

Información Importante

La Universidad de La Sabana informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad de La Sabana.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento para todos los usos que tengan finalidad académica, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le de crédito al documento y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, La Universidad de La Sabana informa que los derechos sobre los documentos son propiedad de los autores y tienen sobre su obra, entre otros, los derechos morales a que hacen referencia los mencionados artículos.

BIBLIOTECA OCTAVIO ARIZMENDI POSADA
UNIVERSIDAD DE LA SABANA
Chía - Cundinamarca

DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS DE ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION PARA
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE JAVAR S.A.S EMPRESA COLOMBIANA
DEDICADA A LA FABRICACION DE EQUIPOS PARA EL PROCESAMIENTO DE
ALIMENTOS

Tesis de grado

Presentado por:

William Andrés Guarín Salazar

Ingeniero Industrial

Directora:

M.S.c. Luz Helena Mancera Méndez

Universidad de La Sabana

Maestría en Diseño y Gestión de Procesos

Énfasis: Sistemas logísticos

Chía, Cundinamarca

2016

CONTENIDO

| | <i>Pág.</i> |
|---|-------------|
| 1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 12 |
| 2 OBJETIVOS..... | 15 |
| 2.1 Objetivo general..... | 15 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 15 |
| 3 JUSTIFICACION..... | 16 |
| 3.1 Justificación económica..... | 16 |
| 3.2 Justificación social..... | 19 |
| 3.3 Contribución al conocimiento..... | 20 |
| 4 MARCO DE REFERENCIA..... | 21 |
| 4.1 Antecedentes..... | 21 |
| 4.2 Marco teórico..... | 24 |
| 4.3 Productividad..... | 24 |
| 4.4 Modelo de productividad | 26 |
| 4.5 Estrategias para mejorar la productividad..... | 28 |
| 4.6 Dinámica de sistemas..... | 30 |
| 4.7 Variables | 31 |
| 4.8 Hipótesis..... | 33 |
| 5 DIAGNOSTICO DE LA EMPRESA REFERENCIA | 34 |
| 6 IDENTIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE ESTRATEGIAS | 40 |
| 6.1 Identificación de metas..... | 41 |
| 6.2 Construcción y validación del modelo de simulación..... | 42 |

| | | |
|-------|---|----|
| 6.3 | <i>Análisis de diagrama causal</i> | 42 |
| 6.4 | <i>Representación Forrester del modelo de simulación</i> | 45 |
| 6.4.1 | <i>Generación de la demanda</i> | 46 |
| 6.4.2 | <i>Generación de los procesos de producción</i> | 50 |
| 6.4.3 | <i>Generación del inventario de producto terminado y las ventas</i> | 53 |
| 6.4.4 | <i>Generación de la capacidad de mano de obra</i> | 55 |
| 6.4.5 | <i>Generación de la decisión de capacidad</i> | 59 |
| 6.4.6 | <i>Generación de los inventarios de materia prima</i> | 64 |
| 6.4.7 | <i>Generación de la decisión de materia prima</i> | 67 |
| 6.4.8 | <i>Generación de los indicadores de productividad</i> | 69 |
| 6.5 | <i>Validación del modelo construido</i> | 72 |
| 6.6 | <i>Simulación de políticas de asignación de capacidad</i> | 74 |
| 6.7 | <i>Análisis de resultados e identificación de estrategias de producción</i> | 75 |
| 6.8 | <i>Reconfiguración del portafolio de productos</i> | 84 |
| 6.9 | <i>Definición de estrategia</i> | 90 |
| 6.10 | <i>Análisis de la estrategia identificada</i> | 94 |
| 7 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 96 |
| 8 | BIBLIOGRAFIA | 98 |

LISTA DE FIGURAS

| | <i>Pág.</i> |
|---|-------------|
| <i>Figura 1. Balanza comercial, año 2016.</i> | <i>16</i> |
| <i>Figura 2. Exportaciones e importaciones de Colombia del sector de metalmecánica y maquinaria.</i> | <i>17</i> |
| <i>Figura 3. Participación industrial PIB (producto interno bruto) en Colombia.</i> | <i>18</i> |
| <i>Figura 4. Número de establecimientos industriales por año.</i> | <i>19</i> |
| <i>Figura 5. Imágenes de planta JAVAR S.A.S.</i> | <i>35</i> |
| <i>Figura 6. Ventas por año.</i> | <i>36</i> |
| <i>Figura 7. Unidades vendidas por año.</i> | <i>37</i> |
| <i>Figura 8 Proceso lógico para identificación de estrategias.</i> | <i>40</i> |
| <i>Figura 9. Diagrama Causal bucle de demanda.</i> | <i>43</i> |
| <i>Figura 10. Diagrama causal bucle de capacidad de aprovisionamiento y consumo.</i> | <i>44</i> |
| <i>Figura 11. Diagrama causal bucle para la generación de la productividad.</i> | <i>45</i> |
| <i>Figura 12. Representación Forrester para generación de la demanda.</i> | <i>47</i> |
| <i>Figura 13. Etapas del proceso de programación en JAVAR S.A.S.</i> | <i>49</i> |
| <i>Figura 14. Representación Forrester para generación de la demanda promedio.</i> | <i>50</i> |
| <i>Figura 15 Generación de los procesos de producción.</i> | <i>51</i> |
| <i>Figura 16. Representación Forrester para generación de los procesos de producción.</i> | <i>52</i> |
| <i>Figura 17. Representación Forrester generación inventarios y unidades vendidas.</i> | <i>54</i> |
| <i>Figura 18. Representación Forrester para la generación la capacidad disponible.</i> | <i>56</i> |
| <i>Figura 19. Representación Forrester para la generación la capacidad usada.</i> | <i>57</i> |
| <i>Figura 20. Representación Forrester para la capacidad disponible.</i> | <i>57</i> |

| | |
|--|-----------|
| <i>Figura 21. Representación Forrester para la capacidad requerida.</i> | <i>58</i> |
| <i>Figura 22. Representación Forrester para la capacidad necesario.</i> | <i>58</i> |
| <i>Figura 23. Representación Forrester para la representación de la decisión de primer nivel.</i> | <i>59</i> |
| <i>Figura 24. Proceso lógico decisión de capacidad de mano de obra de primer nivel</i> | <i>60</i> |
| <i>Figura 25. Representación Forrester para la representación de la decisión de segundo nivel.</i> | |
| <i>60</i> | |
| <i>Figura 26. Proceso lógico decisión de capacidad de mano de obra de segundo nivel.....</i> | <i>61</i> |
| <i>Figura 27. Proceso lógico restricciones mínima política de rotación.....</i> | <i>62</i> |
| <i>Figura 28. Representación Forrester para la representación de la restricción mínima.</i> | <i>63</i> |
| <i>Figura 29 Proceso de decisión restricciones.....</i> | <i>64</i> |
| <i>Figura 30. Representación Forrester para inventario de materia prima.</i> | <i>65</i> |
| <i>Figura 31. Descripción del proceso de decisión de compra MP</i> | <i>66</i> |
| <i>Figura 32. Descripción del proceso de consumo de MP.....</i> | <i>67</i> |
| <i>Figura 33. Representación Forrester para inventario de materia prima.</i> | <i>68</i> |
| <i>Figura 34. Restricción de fabricación por MP.....</i> | <i>68</i> |
| <i>Figura 35. Representación Forrester para cálculo de la productividad.....</i> | <i>69</i> |
| <i>Figura 36. Representación Forrester para la productividad parcial.....</i> | <i>71</i> |
| <i>Figura 37. Proceso lógico para la fabricación molino M12.....</i> | <i>72</i> |
| <i>Figura 38. Gráfico de validación del modelo.....</i> | <i>73</i> |
| <i>Figura 39. Comportamiento de la productividad de materia prima por política.</i> | <i>80</i> |
| <i>Figura 40. Comportamiento del cumplimiento de la demanda por política.</i> | <i>81</i> |
| <i>Figura 41 Comportamiento del tiempo ocioso en horas por estrategia.....</i> | <i>81</i> |
| <i>Figura 42. Comportamiento de la productividad mensual por política.....</i> | <i>82</i> |

| | |
|--|-----------|
| <i>Figura 43. Comportamiento de la productividad mensual por estrategia.....</i> | <i>83</i> |
| <i>Figura 44. Pareto cantidad de unidades producida política actual.....</i> | <i>84</i> |
| <i>Figura 45. Pareto cantidad de unidades producida política actual.....</i> | <i>86</i> |
| <i>Figura 46. Pareto cantidad de unidades producida política actual.....</i> | <i>88</i> |
| <i>Figura 47. Resultados porcentaje cumplimiento de la demanda.</i> | <i>91</i> |
| <i>Figura 48. Resultados productividad operativa.....</i> | <i>92</i> |
| <i>Figura 49. Resultados tiempo ocioso.....</i> | <i>92</i> |
| <i>Figura 50. Resultados utilidad promedio.....</i> | <i>93</i> |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|-----------|
| <i>Tabla 1. Tabla operacionalizacion de variables</i> | <i>31</i> |
| <i>Tabla 2. Calculo de productividad</i> | <i>38</i> |
| <i>Tabla 3. Resultados prueba Anova</i> | <i>76</i> |
| <i>Tabla 4. Resultados prueba Anova productividad mano de obra</i> | <i>77</i> |
| <i>Tabla 5. Resumen Productividad de mano de obra por escenario de demanda.</i> | <i>79</i> |
| <i>Tabla 6 Resultados en cada una de las variables de respuesta.....</i> | <i>83</i> |
| <i>Tabla 7. Resultados cantidad de productos fabricados con modelo de rotación.....</i> | <i>85</i> |
| <i>Tabla 8. Familias descartadas política de rotación.....</i> | <i>85</i> |
| <i>Tabla 9. Resultados cantidad de productos fabricados con modelo de utilidad.....</i> | <i>86</i> |
| <i>Tabla 10. Familias descartadas con menor utilidad.....</i> | <i>87</i> |
| <i>Tabla 11. Resultados cantidad de productos fabricados con modelo de utilidad.....</i> | <i>88</i> |
| <i>Tabla 12. Familias descartadas con menor utilidad.....</i> | <i>89</i> |
| <i>Tabla 13. Resultados eliminación de familia de productos.....</i> | <i>89</i> |
| <i>Tabla 14. Análisis Anova para la variable % de cumplimiento de la demanda.....</i> | <i>91</i> |
| <i>Tabla 15. Análisis Anova para la variable % de cumplimiento de la demanda.....</i> | <i>93</i> |
| <i>Tabla 16. Prioridad de fabricación de equipos propuesto.....</i> | <i>95</i> |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|------------|
| <i>Anexo A. Ventas en unidades del año 2012 a 2014.....</i> | <i>104</i> |
| <i>Anexo B. Pruebas de independencia por familia.....</i> | <i>106</i> |
| <i>Anexo C. Pruebas de bondad de ajuste por familia.....</i> | <i>110</i> |
| <i>Anexo D. Tabla de frecuencia para generación de la demanda.....</i> | <i>114</i> |
| <i>Anexo E. validación del modelo.....</i> | <i>119</i> |
| <i>Anexo F. análisis de varianza por política.....</i> | <i>120</i> |
| <i>Anexo G. calculo de productividad JAVAR S.A.S.....</i> | <i>126</i> |
| <i>Anexo H. análisis de comparación de medias por política sin familia G4 y G5.....</i> | <i>128</i> |

RESUMEN

El sector productor colombiano ha venido reduciendo su participación en el producto interno bruto debido a la masiva entrada de productos de diferentes países, especialmente países que tienen tratados de libre comercio. Esto evidencia la rigidez de las estructuras empresariales, las cuales no han podido aprovechar las nuevas oportunidades que se presentan. Parte del problema es que los empresarios colombianos no tienen herramientas que les permitan tomar decisiones que alineen los objetivos empresariales con las necesidades del mercado, haciendo que los procesos de planeación sean poco efectivos.

El objetivo principal de este trabajo es la identificación de estrategias enfocadas en la planeación de la producción, que tengan un impacto en la productividad operacional, con base en decisiones de demanda, costos, utilidad y productividad parcial.

Como herramienta para la simulación se presenta un modelo dinámico construido a partir la observación de una empresa del sector metalmecánico, que determina la planeación de la producción basada en el comportamiento de la demanda estimada por cada familia de productos, la capacidad disponible y los recursos de materia prima.

Para la validación del modelo se presentan estadísticas del comportamiento real de la demanda de 15 familias de productos fabricados y comercializados por una empresa del sector metalmecánico, dedicada a la fabricación de equipos para el procesamiento de alimentos llamada JAVAR S.A.S, la cual tiene su sede principal ubicada en la ciudad de Bogotá.

INTRODUCCIÓN

El sector manufacturero colombiano, ha venido sufriendo una fuerte desaceleración en los últimos años, por lo cual el país presenta una tendencia a la desindustrialización debido a los bajos niveles de productividad y competitividad, generando el cierre de establecimientos industriales, que solo en el periodo comprendido entre 1997 y 2012 se redujo en un 5 % (DANE; 2014).

Infortunadamente, con los tratados vigentes y los que están en proceso de negociación se espera que el impacto negativo en el sector de fabricación de equipos se agudice de acuerdo con los resultados observados en el 2015, en el cual la balanza comercial registrada fue de US\$ - 15.907 millones de dólares (DIAN, DANE TLC; 2016), además, la participación en el producto interno bruto de la industria se redujo en un 1.7% entre los años 2000 y 2012 (DANE; 2012).

El crecimiento de la producción en los países desarrollados, generada por auge del consumismo, ha despertado la necesidad de realizar una mejor administración de los recursos, por esto, mantener un adecuado balance entre los costos y los ingresos generan un valor adicional en los resultados de la organización. Una eficiente administración de este balance da la entrada al concepto llamado productividad; Sumanth, en su libro ingeniería y administración de la productividad (1990), define la productividad como la razón de los ingresos obtenidos y la suma de todos los factores de insumos, así, la medida de productividad total refleja el impacto conjunto de todos los insumos al fabricar los productos.

Es así como la identificación de estrategias que permitan un uso cada vez más eficiente de los recursos juega un papel fundamental para mantener la participación en el mercado y garantizar la sostenibilidad ante un creciente número de competidores, generando un impacto en la situación laboral de miles de personas que hacen parte del sector manufacturero colombiano, el cual a lo largo de su historia ha estado enfocado en la producción de bienes primarios y no en la

generación de valor agregado y conocimiento que se pueda traducir en un mayor valor de los recursos y en bienestar para la población.

Con base en lo anterior, la presente investigación se enfoca en la determinación de estrategias que en conjunto con herramientas para la planeación y control de la producción generen un impacto en el cumplimiento de la demanda, la disminución del tiempo ocioso, la productividad de la mano de obra, la productividad de materia prima y la utilidad de una empresa dedicada a la fabricación de equipos para el sector de alimentos.

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La globalización, el creciente número de nuevos productos, las nuevas tecnologías, el cambio de condiciones comerciales, entre otros factores, han evidenciado las deficiencias operativas y estratégicas de la industria colombiana. Esto ha obligado a los productores a replantear sus estrategias para alinearse a las nuevas expectativas de los clientes.

La industria metalmecánica colombiana se ve especialmente impactada con la entrada al mercado de productos con un mayor valor agregado, generando grandes retos en cuanto a la administración eficiente de los recursos se refiere. De acuerdo con (Lima, Miguel, Schuschny2007), los efectos sobre los costos de producción y la disponibilidad oportuna de factores productivos, serán elementos clave para aprovechar eficazmente la nueva dinámica generada por los tratados de libre comercio. De acuerdo con el informe de la economía de la región Bogotá-Cundinamarca (2013), uno de los principales problemas que destacan los exportadores son los altos precios frente a sus competidores, por un lado generados por los problemas de productividad, los cuales en comparación con la productividad de una empresa de estados unidos están al 25%, según publicación realizada por Mckinsey & Company (2013).

Cuando se analiza el desempeño económico de un país, intervienen indicadores determinantes como la productividad medida por The Conference Board Total Economy, la cual define el PIB como medida de la productividad de un país, convirtiéndose en un determinante estructural del crecimiento económico. De igual forma en el campo empresarial, este término toma gran relevancia y se ha catalogado como el uso eficiente de los factores de producción, bien sea de la mano de obra, capital físico y/o humano, que posee características especiales cuando se analiza el mercado laboral y la competitividad de un país.

Colombia hace parte del grupo de países de América latina en proceso de desarrollo y aunque cuenta con una riqueza natural no ha conseguido aprovecharla eficientemente. En la

década de los 90 el país empezó a tener una preocupación por ingresar en la dinámica de la economía globalizada, esto puso al descubierto los problemas en competitividad, generados por la falta de flexibilidad y las formas tradicionales de producción de la industria colombiana enfocada en la producción agrícola, y las políticas proteccionistas. Teniendo en cuenta lo expuesto, las principales características de la baja productividad y capacidad administrativa de las pyme son:

- Informalidad y heterogeneidad del sistema gerencial.
- Carencia de cultura de planeación y de un sistema de planeación racional en las áreas críticas financieras, de producción, de ventas y de capacitación de personal.
- Ausencia de información estadística; ya que no se han definido indicadores de productividad y eficiencia con el fin de establecer los costos por unidad producida y las mejoras cíclicas.(Carlos Martínez; 1999)

A estos retos se enfrenta JAVAR S.A.S, empresa del sector metalmecánico colombiano que se dedica a la fabricación de equipos para la industria alimenticia. Es una empresa que tiene una experiencia de más de 30 años en el mercado. En los últimos años ha visto afectada su participación en el mercado, lo que ha llevado a las directivas a reducir sus proyecciones de ventas, bajando su presupuesto, y reduciendo el personal de su planta para poder garantizar la permanencia de la empresa. Esta problemática representa la situación de muchas otras empresas que actualmente se ven afectadas por los altos niveles de importación de maquinaria industrial proveniente especialmente de países como china y estados unidos, especialmente este último por los tratados de libre comercio firmados ha generado valores negativos en la balanza comercial que han llegado a los -15.907 millones de dólares de acuerdo con el informe del DANE del 2015.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, esta investigación busca diseñar estrategias que permitan mejorar los indicadores de productividad operacional, el cumplimiento de la demanda, la utilidad y reducción del tiempo ocioso, tomando como referencia una empresa del sector metalmecánico colombiano llamada JAVAR S.A.S, para lo cual se plantean la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo influyen en variables como: utilidad, tiempo ocioso y demanda insatisfecha las estrategias de producción que buscan mejorar la productividad?

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Definir estrategia(s) para la administración de la producción, con el fin de mejorar la productividad, el cumplimiento de la demanda estimada y la utilidad de empresas del sector metalmeccánico colombiano tomando como referencia una empresa del sector llamada JAVAR S.A.S, empresa dedicada a la fabricación y comercialización de equipos para el procesamiento de alimentos.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico mediante la aplicación del modelo de medición de productividad total, identificando los niveles de productividad, utilidad y demanda, en JAVAR S.A.S.
- Construir y validar un modelo de simulación que represente la situación actual de la empresa tomada como referencia, con el fin de contar con una herramienta que permita la evaluación de estrategias de producción.
- Aplicar diversas políticas de uso de los recursos disponibles en el modelo construido de forma que se cuente con información para la identificación de estrategias que generen un impacto positivo en la utilidad, la satisfacción de la demanda y la productividad de la empresa tomada como referencia.
- Evaluar las estrategias identificadas y seleccionar aquellas que tengan mayor viabilidad de ser implementadas en la empresa de referencia.

3 JUSTIFICACION

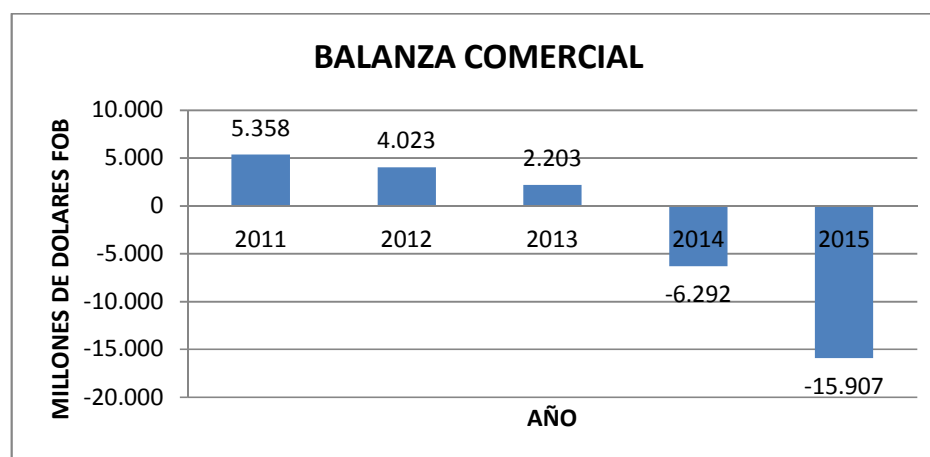
A continuación se presenta la justificación económica, social y contribución al conocimiento que tiene el proyecto.

3.1 Justificación económica

La dinámica en la que se desenvuelven las empresas colombianas del sector metalmeccánico ha generado grandes retos para la industria. La entrada al mercado nacional de productos que buscan persuadir al consumidor con precio y calidad, dándole la posibilidad de elegir entre una gran variedad de equipos los que más se acomoden a sus necesidades y alcance económico ha generado un entorno agresivo, para lo cual las empresas metalmeccánicas colombianas no se encuentran preparadas.

Con los tratados vigentes y los que están en proceso de negociación se espera que el impacto negativo se agudice teniendo en cuentas los resultados observados en el año 2015, que indican que la balanza comercial -15.292 millones de dólares tal como lo muestra la figura 1.

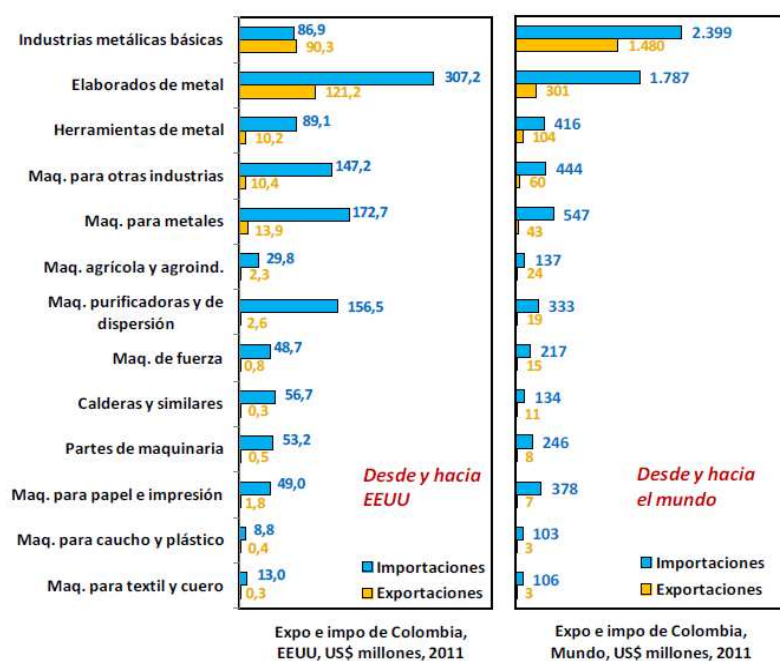
Figura 1. *Balanza comercial, año 2016.*



Fuente: DANE-DIAN, Cálculos DANE (2016).

En el sector de fabricación de equipos se espera un impacto similar, teniendo en cuenta que las importaciones reportadas para el año 2014, ascendieron a US\$ 20.105 millones de dólares de acuerdo con el informe del ministerio de industria y comercio. La tendencia creciente de la problemática se evidencia con los resultados observados en el año 2011, cuando la balanza comercial fue de US\$ -384 millones de dólares, tal como lo muestra la Figura 2.

Figura 2. *Exportaciones e importaciones de Colombia del sector de metalmecánica y maquinaria.*

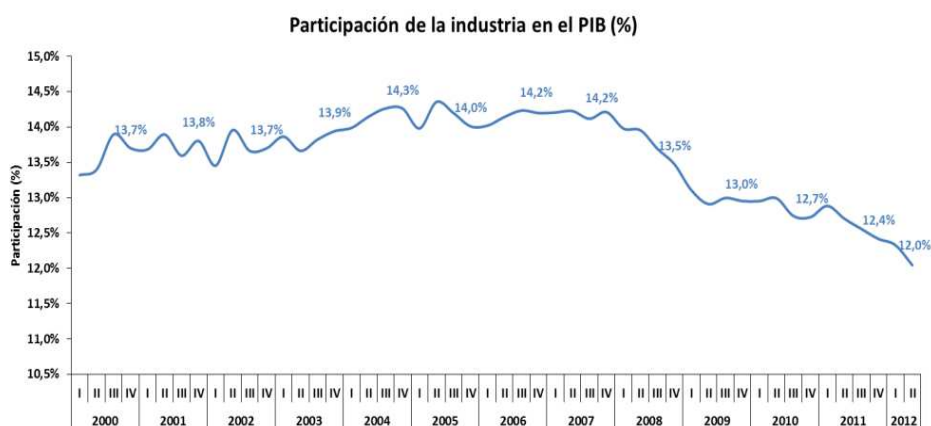


Fuente: DIAN, ANDI (2011).

De acuerdo con Sergio Clavijo, Alejandra Vera, Alejandro Fandiño (2012), se evidencia un nivel elevado de desindustrialización durante los periodos comprendidos entre 1965 y 2012, reflejado en los bajos niveles de participación del sector industrial en el PIB, el cual paso de una participación del 24% en 1965 a un 12% en 2012 y concluyen que debido a los tratados de libre comercio inevitablemente el mercado colombiano se expondrá a una competencia mundial que nunca se había experimentado. Más recientemente se puede ver como la participación en el

producto interno bruto de la industria se redujo en un 1.7% entre los años 2000 y 2012, lo que demuestra una tendencia a la desindustrialización, como lo muestra la figura 3.

Figura 3. *Participación industrial PIB (producto interno bruto) en Colombia.*



Fuente: DANE, 2012. Participación industrial PIB (producto interno bruto) en Colombia.

A menudo la productividad pasa a un segundo plano en las organizaciones, incluso es ignorada, la principal razón es que no se conocen herramientas que faciliten la medición de la productividad, dificultando la identificación de los factores que influyen directamente en el resultado de la organización. Empresas como JAVAR S.A.S. han empezado a ver reducida la participación de los productos fabricados, actualmente solo el 20% de los productos comercializados por esta compañía son nacionales. Las empresas pequeñas a menudo se enfrentan a problemas de abastecimiento de materiales, impactando directamente los procesos de fabricación, obligando a cambiar los planes de producción, generando elevados costos de operación, mantenimiento de stock desproporcionados, compra de materiales a costos elevados, desabastecimiento de materiales y paros en la línea de producción.

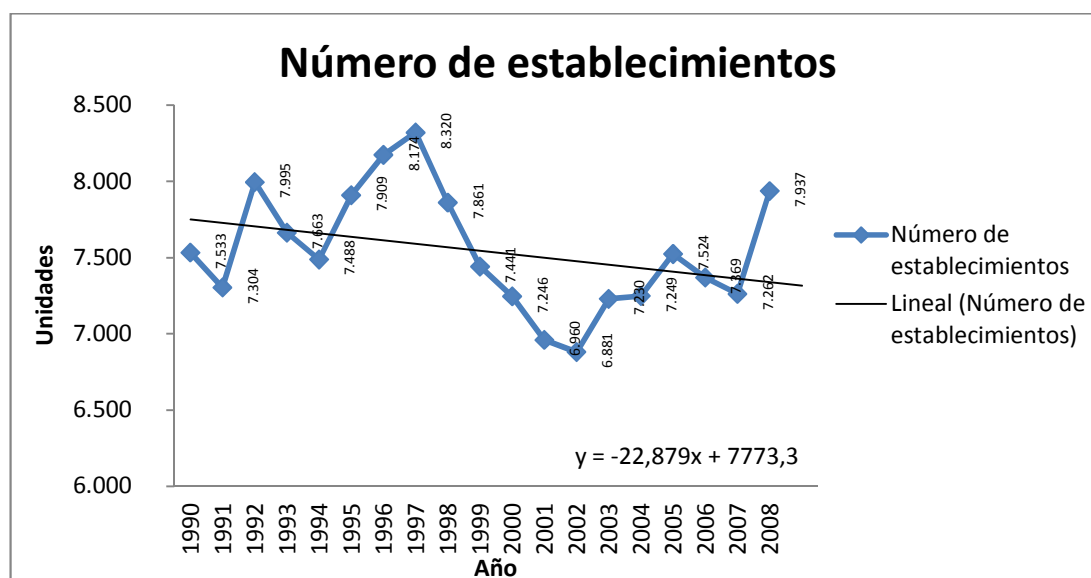
Esto evidencia la necesidad de identificar estrategias enfocadas en procesos de planeación de producción, que permitan identificar oportunidades para la toma de decisiones coherentes enfocadas en mejorar la productividad operacional.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto este proyecto tienen un impacto en el entorno económico; ya que permite la identificación de estrategias que garantizan una mejor administración de los recursos en uno de los sectores económicos que más impacto tiene a nivel de generación de empleo y participación en el PIB.

3.2 Justificación social

Estudios del Departamento Administrativo Nacional de Estadística muestran que la tendencia del país es la desindustrialización, debido a los bajos niveles de productividad y competitividad, esta tendencia se ha visto aumentada por los recientes tratados de libre comercio con países desarrollados como Estados Unidos. Solo en el periodo comprendido entre 1997 y 2009 el número de establecimientos industriales se redujo en un 13.9 % tal como lo muestra la figura 4.

Figura 4. *Número de establecimientos industriales por año.*



Fuente: DANE, (2014)

Las actividades metalmeccánicas y de siderúrgica han contribuido al crecimiento de la producción industrial y este sector ha sido uno de los que más aporta a la generación de empleo

de calidad en los últimos años. De acuerdo con el DANE en el 2012 en Bogotá la cantidad de ocupados sumaba 665.556 con una participación del 13.5% en el sector metalmecánico (89.761) (SENA; 2012).

Un mejor desempeño de las empresas del sector industrial, especialmente el sector metalmecánico, además de generar un impacto en las condiciones macroeconómicas del país, generaría un impacto en la estabilidad de empleo en el sector y por lo tanto una mejora en la calidad de vida de las personas.

3.3 Contribución al conocimiento

Esta investigación aporta al conocimiento, ya que se centra en el estudio del comportamiento de productividad operacional del sector metalmecánico en una empresa de la ciudad de Bogotá con el uso de herramientas de simulación dinámica. Existen algunos documentos con respecto a la caracterización del sector y el impacto económico, de igual forma se encuentran estudios que buscan identificar los determinantes del crecimiento industrial, así como también estudios para identificar los determinantes de la productividad de la industria colombiana y estudios de modelos integrales y dinámicos para el análisis, planeación, programación y control de las capacidades productivas en empresas manufactureras. Sin embargo de acuerdo a la revisión bibliográfica realizada, no se encuentran estudios que abordan el análisis bajo un enfoque dinámico usando estrategias orientadas en la productividad y utilidad en empresas del sector metalmecánico colombiano.

4 MARCO DE REFERENCIA

A continuación los antecedentes encontrados de acuerdo con la revisión bibliográfica realizada, además de las bases conceptuales necesarias para el desarrollo del presente trabajo de investigación. De igual forma se presenta la hipótesis planteada.

4.1 Antecedentes

La productividad es el elemento vital de toda economía y el fundamento de un estándar de vida. La creciente necesidad de tener mejores niveles de vida, desarrollar mejores productos y servicios que satisfacen nuestras necesidades y la dinámica de una economía globalizada, ha generado que el mercado se torne agresivo, haciendo que las organizaciones que no logren niveles competitivos de productividad desaparezcan. Debido a esto, diversos estudiosos han diseñado herramientas que permiten llevar a las organizaciones a tener buenos niveles de productividad y a soportar los desafíos del mercado.

El termino productividad fue usado por primera vez en el año 1766 afirmando que “la regla de conducta fundamental es conseguir la mayor satisfacción con el menor gasto o fatiga” (Quesday, 1766); este concepto está relacionado con el utilitarismo, luego en 1883, se definió el termino de productividad como la “facultad de producir” (Litter, 1883), en 1900 se presentó una definición más cercana a la que se conoce hoy en día; “la relación entre la producción y los medios empleados para lograrla” (Early, 1900). El inicio del desarrollo en torno a la productividad se dio en el siglo XIX tal como lo mencionan los autores Everett. Adam Jr., James C. Hershauer y William A. Ruchr, en su libro Productividad y calidad (Everett. Adam Jr., James C. Hershauer y William A. Ruchr, 1999)

Los principales factores que desde el siglo XX han influido en la productividad incluyen el desarrollo de una ética laboral exigente, la organización científica del trabajo (Taylor, 1911), la

aplicación del criterio de división del trabajo (Fayol, 1930), el desarrollo de herramientas y modelos para el mejoramiento de la productividad como el justo a tiempo (Taiichi Ohno, 1987) y la manufactura esbelta (Taiichi Ohno, 1990), modelos que buscan la reducción de las pérdidas y desperdicios para el mejor aprovechamiento de los recursos.

Actualmente en los países hay una mayor preocupación por mejorar los niveles de productividad, en busca de garantizar mejores estándares de vida. Colombia ha buscado estrategias para mejorar los indicadores de productividad nacional implementando planes como la creación del Colciencias en 1968, ente estatal para el asesoramiento técnico y el apalancamiento de proyectos, la creación de la entidad estatal para la capacitación SENA (Servicio Nacional de aprendizaje) en 1957, para facilitar la formación técnica del talento humano, y el manual de indicadores para la productividad para la PYME en 1988. Países como Brasil han incluido dentro de sus estrategias, el derecho a la participación de los salarios en los resultados de las empresas, realizando modificaciones en su constitución en 1988 como un derecho social de los trabajadores. Según David Sumanth, (Administración para la productividad total, 1999), la complejidad y la incertidumbre de la dinámica mundial es tan enorme que los modelos de administración de ayer pueden volverse obsoletos con rapidez. En cuanto a las herramientas empleadas, la productividad en las empresas y la planeación han sido ampliamente estudiados desde diferentes enfoques como la modelación matemática, la estadística y la simulación continua.

En cuanto a métodos para medición de la productividad Seepo Saari (2006) presenta la operacionalización y conceptualización de la productividad en los negocios, destacando la presentación de un modelo de medición de la productividad basado en el valor agregado para el cálculo de productividad parcial para empresas manufactureras.

Respecto a la productividad en Colombia los autores Juan Echavarría, M Arbeláez y María Rosales (2006) presentan un estudio de la productividad total en la industria colombiana -

usando técnicas semiparamétricas con datos a nivel de planta, de lo cual se puede destacar el impacto que tiene las importaciones y las exportaciones en la productividad del país, como resultado de este estudio se pudo observar que Colombia mejora sus indicadores de productividad cuando el nivel de las importaciones aumenta en comparación con las exportaciones.

Yngrid Velásquez, Miguel Núñez Botini, Carlos Enrique Monroy (2010), realizaron una investigación con el fin de proponer estrategias para fomentar los valores organizacionales que se consideran tiene una mayor influencia en la productividad a través de un análisis jerárquico analítico, resultando con mayor importancia: seguridad del trabajador, disciplina, ética y responsabilidad.

A nivel de la simulación dinámica Thanwadee chinda (2012), presenta un modelo para capturar la interacción entre los principales factores que afectan la productividad sobre un periodo de tiempo, se presentan 5 factores para lograr la maduración a nivel de productividad, los cuales son definidos como administración de los procesos, liderazgo, calidad de la estrategia de planeación, las personas, datos e información, para los cuales se definieron puntuaciones que representan el peso representativo para el logro de la productividad.

En cuanto a evidencia de los principales problemas que afectan la productividad, Cotte Poveda (2015), en su investigación concluye que el principal obstáculo del sector manufacturero colombiano tiene que ver con la excesiva competencia generada por los tratados de libre comercio y la falta de verdaderos estímulos gubernamentales que impiden el crecimiento.

Teniendo en cuenta la problemática en el sector metalmecánico Lombana Sosa y Suarez Gaitan (2015), especifican que los problemas de mayor impacto en la productividad, están relacionados con la demanda de materiales (45,5%) y los métodos de trabajo (31.8%).

Como se evidencia se identificaron algunas investigaciones aplicando herramientas estadísticas, modelación matemática y dinámica de sistemas, no obstante, en la revisión bibliográfica realizada no se evidenciaron investigaciones que presentaran desarrollos a nivel de dinámica de sistemas para la definición de estrategias teniendo en cuenta la productividad, enfocada en variables como utilidad, costo, y demanda.

4.2 Marco teórico

El presente estudio involucra conceptos asociados a la productividad y a las estrategias de administración de la producción en los sistemas productivos, de igual manera usa como herramienta la dinámica de sistemas para determinar el impacto de diversas estrategias en la productividad de la empresa JAVAR S.A.S. A continuación se exponen las bases conceptuales relacionadas con dichas temáticas:

4.3 Productividad

Se entiende por productividad la capacidad que tiene un factor o un conjunto de factores para generar (producir) el bien objeto de la actividad (de producción). Se trata entonces de una relación entre diversas variables (cantidad de mano de obra utilizada durante cierto periodo de tiempo, cantidad de bienes de capital utilizada, gasto realizado en el pago de salarios, inversión en materias primas y otros, etc.) y la variable que defina la producción (volumen o valor) durante un intervalo de tiempo determinado.

La presencia de diferentes niveles de productividad puede deberse a múltiples circunstancias o relaciones, dentro de las cuales pueden mencionarse:

- Volumen y características propias de las materias primas disponibles.
- Periodicidad de abastecimiento.

- Caracterización tecnológica de los equipos de producción y de los procesos mismos que se empleen.
- Estructura, nivel de capacitación y volumen de mano de obra utilizada.
- Grado de desarrollo administrativo y gerencial.
- Estructura organizacional de la empresa.
- Estructura económica general dentro de la cual se desenvuelve la empresa, en cuanto define la magnitud y el comportamiento de los mercados, especialmente de los niveles de precios, debido a que en ellos se van tomando las decisiones que cuantitativamente establecen el marco de referencia para la actividad de cada empresa.
- Otros quizá tienen gran importancia en casos particulares (clima, características agrologicas de la tierra, etc.) pero que son menos generales o no tienen mayor relación con el sector industrial.

Los empresarios colombianos trabajan en estos factores mediante un conjunto de decisiones que se van sucediendo a través del tiempo, atendiendo a las condiciones cambiantes del medio en el cual se desenvuelven y la valorización que se va presentando en sus intereses y expectativas. Según esto, llegar a tener precisión sobre la causa de los diferentes niveles de productividad exige un proceso complejo de análisis, dentro del cual es necesario distinguir la influencia de los diferentes factores y elementos que intervienen.

Por otra parte, con frecuencia el influjo de un factor depende de la presencia de otro, es decir, en dos circunstancias diferentes un factor puede generar resultados diferentes. A manera de ejemplo, se puede mencionar que un mismo volumen de operarios, con niveles de preparación técnica similar, tiene distinta productividad si trabajan con tornos manuales o con tornos movidos por energía eléctrica. Es decir que el análisis de productividad exige la disponibilidad de series o

conjuntos amplios, sobre los cuales desarrollar una evaluación comparativa que permita distinguir y separar el efecto de diferentes variables.

4.4 Modelo de productividad

El modelo de productividad total considera todos los factores, tanto tangibles como intangibles, esta forma de medición de la productividad hace factible engranar estrategias de tecnología con estrategias de negocio, además proporciona un enfoque cuantitativo para enlazar todo, desde la calidad del producto hasta los tiempos del proceso de producción y la satisfacción de los clientes con docenas de otros indicadores importantes de desempeño de la rentabilidad (David Sumanth, 1999).

El modelo de productividad total (TPM) fue desarrollado por David J. Sumanth en 1979. Este modelo define una medida de productividad total que incluye todos los factores de resultados y todos los factores de insumos y se basa en elementos tangibles (medibles o cuantificables).

El modelo proporciona índices de productividad tanto total como parcial y no solo a nivel agregado, por lo cual es posible calcular los índices de productividad de cada uno de los productos o de cada una de las áreas o unidades operacionales e incluso de cada uno de los insumos, dando como resultado información que permite realizar un diagnóstico completo de una organización. Lo anterior hace que este modelo sea uno de los modelos más utilizados para la medición de la productividad a nivel empresarial, debido a su aplicación en cualquier organización en la que existan personas o se usen máquinas, materiales o energía

Considerando las ventajas del modelo ya mencionado, el presente trabajo toma el modelo de la Productividad de Sumanth, enfocado en la medición de la productividad operacional, en la

cual no considera ingresos ni egresos no operacionales, esto teniendo en cuenta que el objetivo de esta investigación se centra en el área de producción de la empresa.

Bajo este enfoque, entre los recursos tangibles están las unidades completamente terminadas y las unidades parcialmente terminadas. Entre los insumos tangibles están los costos del recurso humano, la materia prima y los costos indirectos de fabricación de forma que la productividad operacional es expresada como se muestra en la ecuación (1):

$$TPM = \frac{\text{Resultado operacional tangible total}}{\text{Insumo tangible total}} \quad (1)$$

Por otro lado, para el cálculo de la productividad parcial de un producto determinado Sumanth (1990) indica:

$$PTi = \frac{\text{Produccion total del producto } i}{\text{Insumo total del producto } i} \quad (2)$$

Al desagregar esta ecuación cuando se elaboran i productos en un periodo de tiempo t , se tiene:

$$PT_{i,t} = \frac{P_{i,t}}{IH_{it}+IM_{it}+IC_{it}+IE_{it}+IX_{it}} \quad (3)$$

Donde,

$i = 1,2,3, N$, numero de productos elaborados por la empresa.

$t = 1,2,3, M$, numero de periodos bajo analisis.

$PT_{i,t}$ = productividad total del producto i en el periodo t .

$P_{i,t}$ = producción tangible del producto i en el periodo t .

$IH_{i,t}$ = insumos humanos empleados en la producción del producto i en el periodo t .

$IM_{i,t}$ = insumos de material empleados en la producción del producto i en el periodo t .

$IC_{i,t}$ = insumos de capital empleados en la producción del producto i en el periodo t .

$IE_{i,t}$ = insumos de energía empleados en la producción del producto i en el periodo t .

$IX_{i,t}$ = otros insumos empleados en la producción del producto i en el periodo t .

En este caso particular, debido a la información disponible los insumos fueron agregados en tres grupos: insumo humano, insumo de material y costos indirectos de fabricación.

De forma similar se puede definir la productividad parcial del insumo j , dada por la ecuación (4):

$$PP_{j,t} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{i,t}}{\sum_{i=1}^N I_{i,j,t}} \quad (4)$$

Dónde:

j = Insumos empleados (humano (H), material (M), capital (C), energía(E) y otros(X))

$PP_{j,t}$ = Productividad parcial del insumo j en el mes t .

$P_{i,t}$ = producción tangible del producto i en el periodo t .

$I_{i,j,t}$ = insumo tipo j empleado en la producción del producto i en el periodo t .

4.5 Estrategias para mejorar la productividad

Según Qinn (1993), estrategia “es el patrón o plan que integra las principales metas y políticas de una organización y a la vez, establece la secuencia coherente de las acciones a realizar”. David Sumanth en su libro (Administración para la productividad total. 1999) propone 5 estrategias básicas para la administración de la productividad,

- Aumentar la producción, utilizando el mismo nivel de insumo.
- Aumentar la producción y disminuir los insumos.

- Para el mismo nivel de producción, disminuir los insumos.
- Aumentar la producción a una tasa más rápida que los insumos.
- Disminuir los insumos a una tasa más rápida que la producción.

Medina (2010) en su investigación modelo integral de productividad, aspectos importantes para su implementación, propone dos estrategias que dependen de la situación del mercado; teniendo un mercado con potencial para diversificación de productos, se debe aumentar la cantidad de productos o servicio del mismo tipo y utilizar el total de la capacidad de producción; por el contrario si no hay existencia del mercado potencial, se debe adecuar la producción para mantener la producción estable, en caso de tener una capacidad elevada evaluar la posibilidad de alquilar la capacidad o vender los activos del sistema de producción no necesarios.

Cabe aclarar que para el presente trabajo la identificación de las estrategias fue realizada a través del análisis de los resultados arrojados por la simulación, la cual con la aplicación de diferentes políticas permitió identificar entre otros, los productos que tienen baja prioridad para la producción, así como aquellos en los que se deberían concentrar los recursos para aprovechar de una mejor manera la capacidad productiva de la organización. Estas estrategias están estrechamente relacionadas entre sí como se indicó anteriormente. debido a la existencia de un mercado potencial como lo menciona Medina (2010) y en especial a que un aumento en la producción disminuyendo el tiempo ocioso corresponde a la primera estrategia mencionada por Sumanth: aumentar la producción, utilizando el mismo nivel de insumo.

4.6 Dinámica de sistemas

La aplicación de la dinámica de sistemas para la presente investigación está fundamentada en el hecho de que los sistemas productivos están compuestos de subsistemas los cuales están interrelacionados, generan demoras, tienen flujos de materiales e información, de recursos monetarios, y de mano de obra, entre otros; lo cual tiene un impacto en la planeación de la producción, en los inventarios y en los costos. De igual manera, permite incorporar en el análisis el efecto de variables no controlables, tales como la aleatoriedad de la demanda.

La validación de estrategias organizacionales a través de pruebas en los sistemas productivos es en la mayoría de los casos casi imposible, debido a que en principio muchas de las estrategias requieren una alta inversión financiera, o producen un alto impacto que no es fácilmente cuantificable y que puede ir en detrimento de la organización, por esta razón la dinámica de sistemas provee a los empresarios una herramienta para realizar dichas pruebas a través de la simulación continua, evitando la manipulación del sistema real. Esta simulación se realiza con base en un modelo del sistema. De la correcta definición de este modelo depende en gran medida la validez de los resultados obtenidos, al respecto el modelo construido tiene como variables de respuesta la utilidad, la demanda satisfecha, el tiempo ocioso, la productividad de la mano de obra, la productividad de la materia prima, y la productividad operacional de la empresa, las cuales, en la configuración del modelo son afectadas por variables de entrada tales como los tiempos de aprovisionamiento, las cantidades de pedido, los pronósticos de ventas, entre otras variables de carácter probabilístico o estocástico las cuales, bajo demoras estructurales afectan a las variables de respuesta que se explicaran con mayor detalle en el capítulo 6.

Para la simulación del comportamiento de las variables se usaron los diagramas de Forrester, los cuales están compuesto por variables que se dividen en tres tipos: variables de flujo, variables de nivel, variables auxiliares.

Las variables de nivel están constituidas por las variables cuyo comportamiento generan acumulaciones que tienen un gran impacto en el estudio del problema; las variables de flujo, generan impacto en las variables de nivel ya que representa las variaciones en los mismos, finalmente, las variables auxiliares son variables de información que tienen influencia en los flujos y en las variables de nivel.

4.7 Variables

De acuerdo con lo expuesto en el marco de referencia a continuación se identifican las variables controlables y no controlables consideradas en esta investigación::

Tabla 1. Tabla operacionalizacion de variables

| DESCRIPCION | CONCEPTO | UND METRICA |
|-----------------------------|---|---|
| VARIABLES DE ENTRADA | | |
| INSUMO HUMANO | Son las personas que están dentro de la organización. Estas personas aportan conocimiento para el desenvolvimiento de los procesos de la compañía. Como insumos necesarios para la operación de la compañía se tienen los trabajadores, los empleadores, los administradores, los profesionales. En este caso, debido a que el interés se centra en la productividad operativa se contempló solo este tipo de mano de obra (operarios). Se define como la cantidad de pesos invertidos por la compañía para el pago de los salarios de los trabajadores, por cada periodo evaluado. | Pesos pagados al personal operativo en salarios en el periodo bajo análisis |

| DESCRIPCION | CONCEPTO | UND METRICA |
|-------------------------------|--|---|
| INSUMO DE MATERIAL | Son los elementos que después de los procesos son capaces de transformarse, pueden ser tangibles o intangibles en el resultado final, se mide en costo total de materiales e insumos, por cada periodo evaluado. | Pesos pagados por compra de materiales usados en el periodo bajo análisis |
| CAPITAL DE TRABAJO | El capital de trabajo (inventario, efectivo). Son todos aquellos recursos que necesita la organización para poder realizar sus procesos y obtener de ellos un producto. | Pesos invertidos en capital de trabajo en el periodo bajo análisis. En este caso, de acuerdo con el modelo de Sumanth, esta variable se traduce en el dinero disponible para la compra de materiales y el pago de salarios entre otros gastos necesarios para la operación de la empresa. |
| VARIABLES DE RESPUESTA | | |
| INGRESOS | Son todas las entradas en términos económicos (dinero que ingresa a la empresa). | Ingreso total en pesos en el periodo bajo análisis, en este caso, de acuerdo con el modelo de Sumanth, obtenido únicamente de las ventas de los productos y de los inventarios que queden al final del periodo bajo análisis. |
| SATISFACCION DE LA DEMANDA | Es el porcentaje del cubrimiento de la demanda estimada de los productos. | Porcentaje de cubrimiento de la demanda |
| TIEMPO OCIOSO | Son los tiempos generados por el personal inactivo en tiempo laborable. | Horas de tiempo ocioso |
| UTILIDAD OPERACIONAL | Son las entradas económicas netas generadas después de liquidar la totalidad de los costos operacionales. | Pesos ganados en el periodo bajo análisis |
| COSTO DE PRODUCTO | Está compuesto por los tres elementos del costo de producción, la mano de obra en pesos, materia prima, costos indirectos. | Costo de cada tipo de producto en el periodo bajo análisis |

(David Sumanth, Ph. D. 1999)

4.8 Hipótesis

La(s) estrategia(s) para la administración de la producción enfocada(s) en variables como la utilidad y la productividad parcial de los productos genera(n) un aumento de la productividad operativa de las empresas del sector metalmeccánico dedicadas a la fabricación y comercialización de equipos para el procesamiento de alimentos, al tiempo que aumentan significativamente el cumplimiento de la demanda, la utilidad y disminuyen el tiempo ocioso.

5 DIAGNOSTICO DE LA EMPRESA REFERENCIA

JAVAR S.A.S lleva más de 30 años en el mercado nacional. Ha venido teniendo gran crecimiento gracias a la flexibilidad de sus procesos y a la evolución tecnológica. Esto le ha permitido desarrollar nuevos productos para cubrir la demanda ajustada a las nuevas necesidades de los clientes, así como ampliar su portafolio con productos importados los cuales son cada vez más representativos en el total de productos ofrecidos.

La gama de productos ofrecidas por JAVAR S.A.S está enfocada en la satisfacción de las necesidades tecnológicas para el procesamiento de alimentos de todo tipo, entre sus líneas de productos se pueden encontrar las líneas gastronómica, panadería, refrigeración, pesaje, cárnicos, entre otros. Los clientes más representativos de JAVAR S.A.S se encuentran en el sector hotelero, en las cadenas de supermercados y en distribuidores y clientes más pequeños que compran por unidad para su uso en tiendas de barrio.

Los equipos para el procesamiento de alimentos son fabricados en estructuras completamente en acero inoxidable. Dentro de los productos de fabricación nacional los más destacados son las sierras para carne y los molinos. Dentro de la gama de productos importados los más representativos son los hornos de gastronomía, panadería, batidoras y la línea de refrigeración.

El proceso de fabricación de equipos tiene como base tres procesos operativos generales, que son el proceso de maquinado de lámina, el proceso de mecanizado de piezas, y el proceso de ensamble y adecuación electromecánica.

Para los equipos de fabricación nacional, el proceso comienza con el maquinado de lámina inoxidable, la cual está conformada por corte, doblado y punzonado, de los cuales se generan piezas que componen la estructura del equipo, que son unidas con procesos de soldadura

por arco llamada TIG por sus siglas en inglés (Tungsten Inert Gas), y MIG por sus siglas en inglés (Metal Inert Gas). Otro de los procesos en la fabricación de equipos es el proceso de mecanizado; en el cual se generan piezas con procesos de torno y centro de mecanizado CNC que le dan forma a piezas de metal fundido. Luego de realizar el proceso de fabricación de estructuras y procesos de mecanizados, estas piezas son ensambladas agregando componentes eléctricos y mecánicos necesarios para el funcionamiento y seguridad operacional del equipo.

Figura 5. Imágenes de planta JAVAR S.A.S.



Fuente: Autor

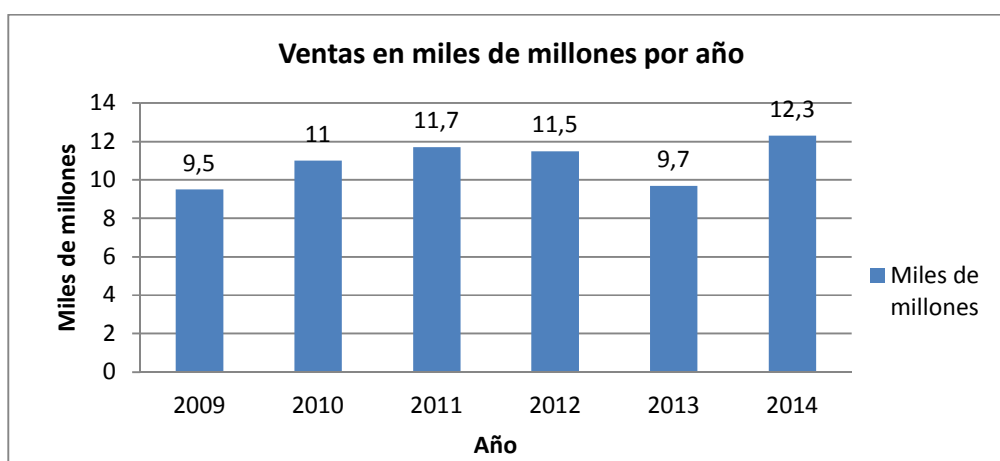
Los equipos importados son en mayor parte provenientes de Italia, China y Estados Unidos. Estos equipos se caracterizan por tener un alto nivel tecnológico, para estos productos importados se realizan de igual forma arreglos electromecánicos con el fin de adecuar los equipos a las condiciones eléctricas y de funcionamiento de la zona de acuerdo con las necesidades del mercado y condiciones de funcionamiento del producto.

La variedad de referencias producidas con el fin de satisfacer las necesidades del mercado hacen que la función de programación de la producción represente un desafío estrechamente ligado a las tendencias del sector, por lo que la asignación de los recursos debe desarrollarse de forma flexible de tal manera que se adecuen a las necesidades de producción dinámica (A. Burbano, D. Lopez, A. Rojas. 2015).

Empresas como JAVAR S.A.S. ven limitado su crecimiento y cobertura del mercado debido a la falta de visión, que impide que las decisiones tomadas a nivel de planeación tengan un marco de referencia que garantice el aprovechamiento de los recursos. Esto se evidencia en bajos niveles de productividad, los retrasos en las entregas de equipos, y la pérdida de la participación del mercado. Lo que en el año 2011 generó una reducción del 30% del personal de planta debido a los bajos niveles de ventas de la compañía. Para el año 2012 esta reducción fue del 19% respecto al año anterior.

La gran variedad de productos que se enfocan en procesos gastronómicos diversos y con niveles tecnológicos variados, ha generado un gran volumen de productos de diferentes líneas, entre las cuales se destacan la línea de refrigeración; que maneja sistemas de refrigeración para diferentes aplicaciones que comprenden islas para ensaladas, neveras industriales para refrigeración, congeladores, abatidores de temperatura, líneas de panadería donde se encuentran equipos como hornos, amasadoras, laminadoras, prensas, cuartos de crecimiento, cámaras de fermentación, entre otros productos, que varían también en capacidad y tecnología.

Figura 6. Ventas por año.



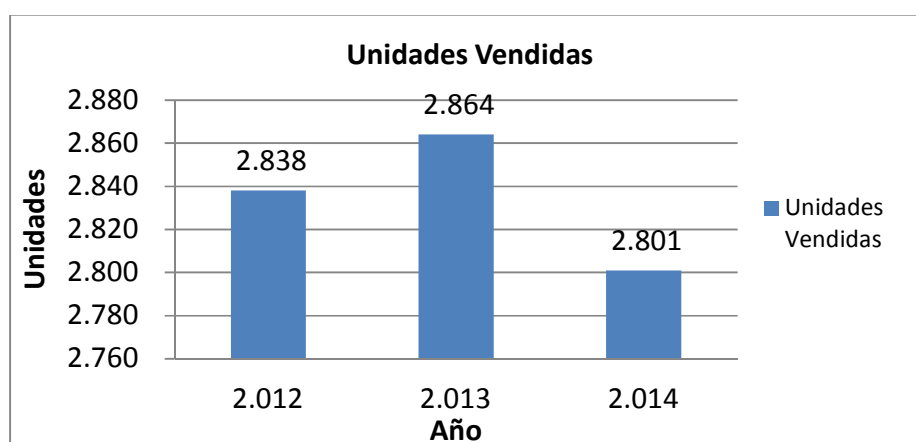
Fuente: Autor

Con los datos arrojados en la graficas se logra evidenciar que desde el año 2011 y hasta el 2013 se empezó a generar una tendencia a la reducción de las ventas, debido a la entrada masiva de equipos provenientes de los países con tratado de libre comercio, especialmente países como estados unidos. Solo en el año 2013 hubo una reducción del 15% de las ventas; debido a esto para el año 2014 se empezó a realizar una fuerte reestructuración de los procesos y una depuración de los productos que dio como resultado que para el año 2014 se generara un aumento del 26.8% en las ventas.

De acuerdo con lo anteriormente mencionado con la diversificación de los productos se logró incrementar las ventas llegando a tener más de 800 productos diferentes. Con la alta cantidad de productos se empezaron a generar inconvenientes relacionados con la disponibilidad de los productos, generando incumplimientos en las entregas y además manejando volúmenes de inventarios altos de equipos de baja rotación o con márgenes demasiado pequeños

Al validar el volumen de ventas se puede identificar que el periodo con mayor cantidad de unidades vendidas fue el año 2013, con 2864 unidades seguidas del año 2012 con 2838 unidades, sin embargo, en el año 2014 se presentó una reducción de las unidades vendidas, las cuales fueron de 2801.

Figura 7. Unidades vendidas por año.



Fuente: Autor

A pesar de la reducción de unidades vendidas en el año 2014 se puede identificar que los ingresos por ventas no se vieron afectados, por el contrario se generó un aumento de ingresos para este periodo. La anterior información da luces acerca del desempeño de la compañía, sin embargo, es la medida de productividad la que indica si este desempeño fue satisfactorio.

Para poder realizar un análisis de los productos comercializados y producidos por JAVAR S.A.S se agruparon los equipos de acuerdo al tipo de familia y costo, dividiéndose en 15 familias diferentes. Para cada una de estas familias fue aplicado el modelo de Productividad de Sumanth, tomando como referencia la información de las ventas anuales del 2012, 2013 y 2014, de acuerdo con los datos relacionados en el anexo H, dando como resultado una productividad operativa del 1.41. La tabla 2 resume los resultados obtenidos.

Tabla 2. Calculo de productividad

| Referencia | Calculo productividad por equipo | | |
|---------------------|--|---|------------------------------|
| | Productividad parcial de la mano de obra | productividad parcial de la materia prima | Productividad parcial equipo |
| Molino M12 | 11,2 | 1,6 | 1,128 |
| Molino M22 | 15,9 | 1,8 | 1,380 |
| Molino M32M | 16,2 | 2,2 | 1,586 |
| Molino M32H | 18,1 | 3,0 | 2,002 |
| Sierra V25 | 6,3 | 1,2 | 0,777 |
| Sierra V30 | 7,4 | 2,8 | 1,337 |
| Sierra V40 | 7,9 | 4,7 | 1,730 |
| Bascula BS60 | 10,7 | 2,0 | 1,299 |
| Bascula BS80 | 15,8 | 2,1 | 1,535 |
| Grupo 1 | 357,2 | 1,8 | 1,766 |
| Grupo 2 | 3322,0 | 1,5 | 1,514 |
| Grupo 3 | 3146,3 | 1,3 | 1,279 |
| Grupo 4 | 1722,2 | 1,2 | 1,192 |
| Grupo 5 | 1139,9 | 1,2 | 1,184 |
| Productividad Total | 1,410 | | |

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla 2, los equipos de mayor productividad son la sierra para carne V40 con 1.73 de productividad, producto del cual solo se comercializan 11 unidades al año. Otro de los productos es el molino M32H con una productividad del 2.0., del cual solo se comercializa 24 unidades al año. A pesar de que estos productos tengan una productividad alta, no tienen una participación significativa en la utilidad, tal es el caso del molino M32H que aporta el 2% de las utilidades totales.

Por otro lado la familia de productos del grupo 1 tiene una productividad de 1.76 y aporta el 67% de las utilidades de la compañía. El 65% de los recursos de la compañía están enfocados en la atención de esta familia, el 3% a la familia de productos del grupo 3 y el 4% a la familia del grupo 4. Las demás familias de productos consumen entre 1% y el 2% de los recursos.

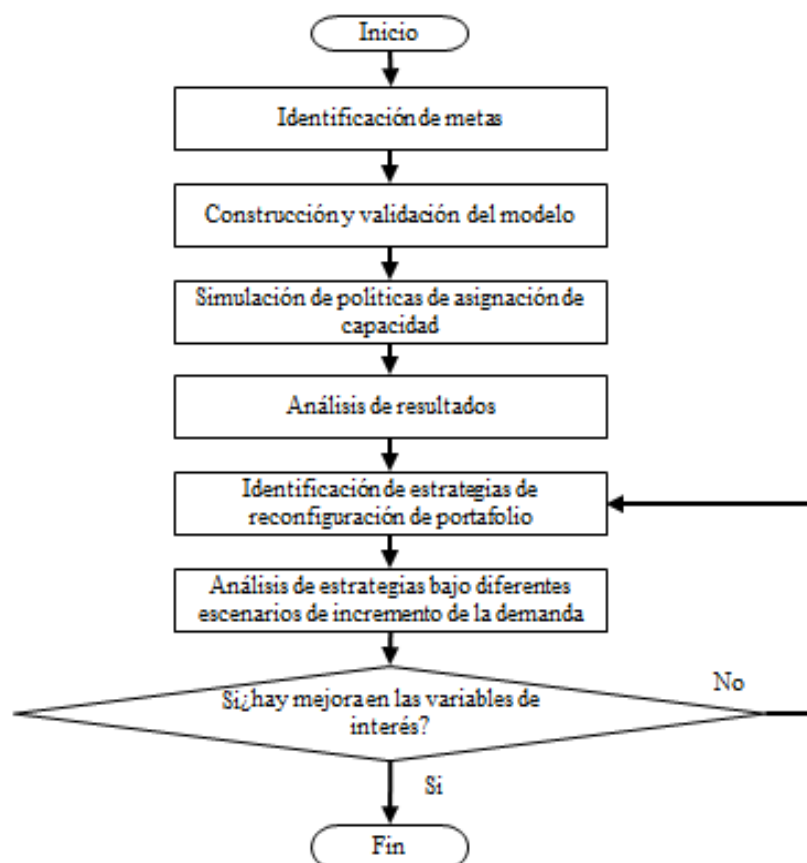
Actualmente la compañía lleva un registro de los procesos de ventas en el cual se puede identificar los estados de las cotizaciones que se realizan por cada uno de los asesores comerciales, uno de los parámetros de seguimiento de la cotización es el tipo de razón para desistir de la compra, entre las razones se encuentran; compra con la competencia, falta de cumplimiento de las especificaciones técnicas del producto, falta de equipos en inventario. Para el presente estudio se tomó la falta de equipos en inventario como referencia para realizar mediciones de los niveles de servicio de la compañía traducido en demanda satisfecha. De acuerdo con la información entregada por el departamento comercial, este porcentaje se encuentra en el 93.3% de cubrimiento de la demanda.

Como se evidencia existen oportunidades de mejora en la empresa que aumenten la productividad operativa e impacten significativamente la utilidad, el tiempo ocioso, la productividad operativa, entre otras.

6. IDENTIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE ESTRATEGIAS

Según Qinn (1993), una estrategia “es el patrón o plan que integra las principales metas y políticas de una organización y a la vez, establece la secuencia coherente de las acciones a realizar”, en este caso estas metas y políticas están enfocadas en la producción. De acuerdo con esta definición, la figura 7 muestra el proceso metodológico seguido para la identificación y validación de estrategias:

Figura 8 Proceso lógico para identificación de estrategias.



Fuente: Autor

6.1 Identificación de metas

La identificación de metas transforma las necesidades de la compañía en tareas descritas de forma afirmativa generando objetivos específicos y medibles que se establecen de forma tal que represente una mejora, generalmente las empresas enfocan las metas hacia la reducción de costos, cobertura de mercado, mejoramiento técnico y tecnológico que se traduce en mayores ganancias para los inversionistas.

Para el caso particular bajo análisis, las metas de la empresa se centran en:

- Aumentar el nivel de servicio, traducido en este caso como el porcentaje de demanda satisfecha: de acuerdo con la información mostrada en el diagnóstico, actualmente la demanda satisfecha de la empresa es de 93.3%. De acuerdo con las directivas de la compañía, un nivel de servicio satisfactorio sería de 100%.
- Aumentar la productividad, lo cual se aborda a través de la productividad operativa de la empresa ya que es allí en donde las estrategias de producción pueden producir un efecto significativo: actualmente la empresa tiene una productividad total de 1.41 (Ver capítulo 6), no se tiene una meta clara de cuánto debe ser la productividad esperada por que nunca se había realizado un estudio de la productividad desde el enfoque abordado en el presente trabajo de grado, sin embargo cualquier incremento en la productividad implica un beneficio para la empresa.
- Reducir el tiempo ocioso que pueda generarse por los desbalances en la producción: en promedio el tiempo ocioso de la empresa representa un 10% de la capacidad disponible, sin embargo, en periodos de baja demanda llega a un 15%.

Para la empresa es ideal aprovechar esta capacidad por lo cual desea disminuir este tiempo a 5% equivalente a 9.6 horas por turno.

6.2 Construcción y validación del modelo de simulación

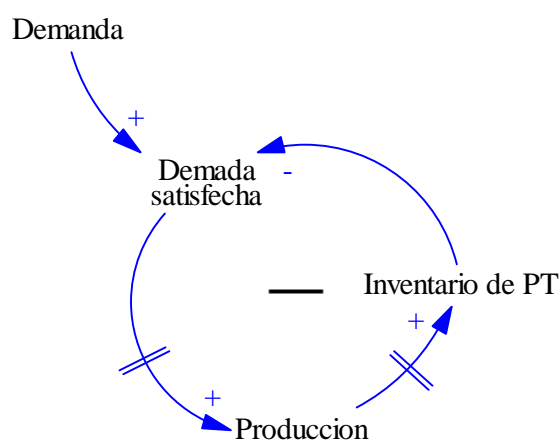
El modelo de simulación se realizó en tres etapas, la primera etapa fue la definición de los diagramas causales del sistema, en la segunda etapa se generó la representación Forrester para la simulación, y por último se realizó la validación del modelo construido. A continuación se expone cada una de estas etapas.

6.3 Análisis de diagrama causal.

El diagrama causal construido consideró a partir de la observación del comportamiento de las variables inmersas en el proceso de planeación de la producción en JAVAR S.A.S, y sus relaciones ya que es allí en donde se espera ver el impacto de las estrategias a evaluar posteriormente.

El proceso inicia con la demanda de producto terminado, la cual activa una orden de producción, para dar inicio a la fabricación. Los procesos de producción generan una demora debida al tiempo de fabricación que varía de acuerdo con la familia de equipos a producir. Esta producción tiene una relación directa con el crecimiento de los inventarios, los cuales a su vez están afectados por la demanda satisfecha, que reduce el inventario a medida que la demanda lo solicite. El bucle generado de la relación de estas variables es negativo debido a que regula los niveles de producción de forma que se pueda cumplir con la demanda.

Figura 9. Diagrama Causal bucle de demanda



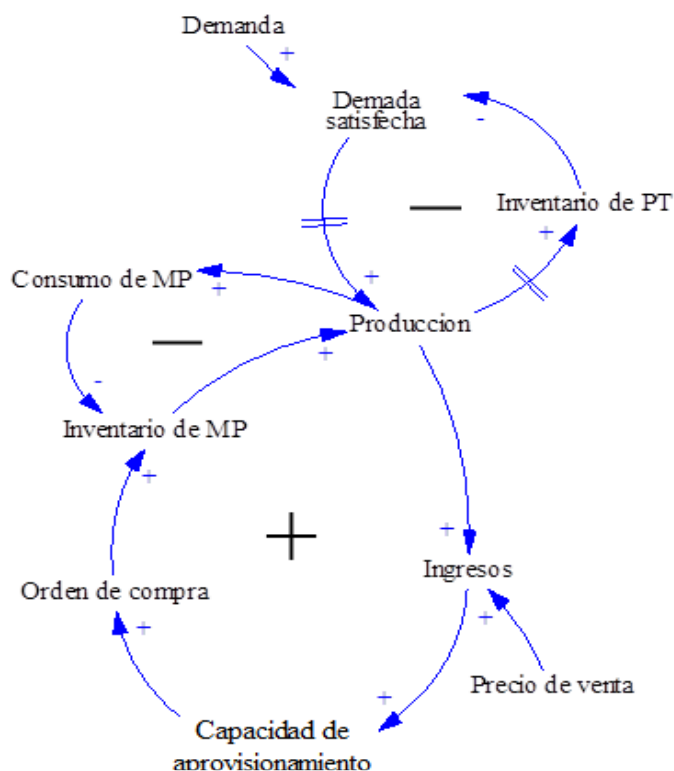
Fuente: Autor

Este bucle tiene un impacto directo en los ingresos de la empresa ya que a mayor producción generada por la demanda, mayores serán las ventas y por lo tanto mayores serán los ingresos.

Los ingresos impactan directamente en la capacidad de aprovisionamiento ya que un porcentaje de este valor es usado para reaprovisionar los inventarios mediante la generación de órdenes de compra. El inventario de materia prima que aumenta por las órdenes de compra, aumenta con relación a la producción; ya que entre mayor cantidad de inventario se tenga disponible mayor será la cantidad de la producción a fabricar generando un bucle de alimentación positivo.

Por otro lado, la producción tiene una relación directa con el consumo de materia prima; ya que este aumenta a medida que la producción crece. Este consumo a su vez afecta los inventarios de materia prima; debido a que a mayor consumo menor serán los inventarios, generando un bucle negativo o de compensación que impide que la producción crezca infinitamente. La figura 10 muestra la representación causal para la capacidad de aprovisionamiento y consumo y su relación con el bucle de producción y demanda.

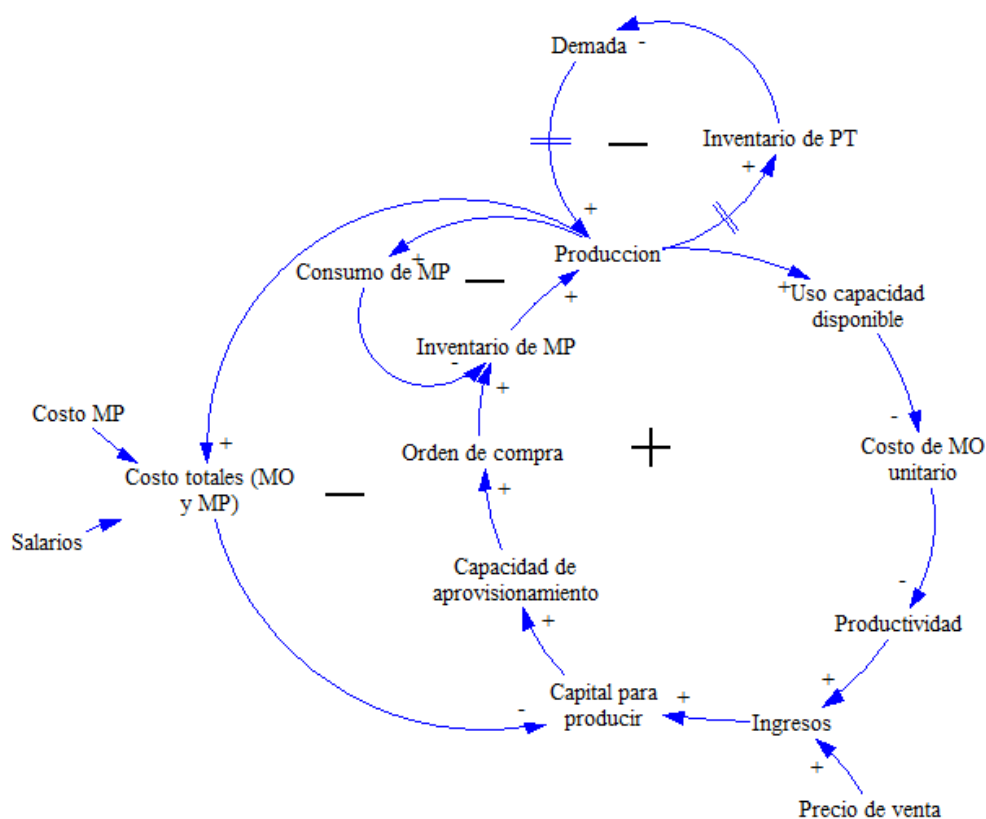
Figura 10. Diagrama causal bucle de capacidad de aprovisionamiento y consumo.



Fuente: Autor

Otro aspecto importante a considerar es la productividad, la cual se ve afectada por los ingresos de forma directamente proporcional, por otro lado, con un aumento en la productividad se espera una disminución del tiempo ocioso y por lo tanto del costo unitario de mano de obra, este último tiene una relación indirecta con la utilidad, la cual afecta el capital de trabajo y por lo tanto la capacidad de la empresa de producir. La relación entre estas variables genera un bucle de realimentación positivo el cual se compensa con el bucle de realimentación negativo generado por la relación entre la producción y los egresos tal como lo muestra la figura 11.

Figura 11. Diagrama causal bucle para la generación de la productividad.



Fuente: Autor

6.4 Representación Forrester del modelo de simulación.

El modelo de Forrester elaborado para el presente trabajo se realizó a partir del análisis causal realizado y de las posibles políticas a emplear para la toma de decisiones de asignación de recursos. El modelo fue construido empleando el software Vensim(R) el cual es de uso libre cuando de fines académicos se trata. A continuación se presenta la secuencia de pasos para la construcción del modelo.

6.4.1 Generación de la demanda

Los datos para la generación de la demanda fueron tomados de las estadísticas de las ventas realizadas en el periodo comprendido entre enero del 2012 y diciembre de 2014 (Ver anexo A).

Considerando la cantidad de referencias que produce la empresa bajo estudio fue necesaria una clasificación de las mismas en familias de productos. Con el fin de analizar el sistema se seleccionaron las familias más representativas para la empresa de acuerdo al origen del producto:

i) De origen nacional para todo lo fabricado; el cual está compuesto por 10 familias de productos de fabricación nacional:

- Molino M12 para carne con motor de 1 hp, capacidad de 190 Kg/hora.
- Molino M22 para carne con motor de 2 hp, capacidad de 280 Kg/hora.
- Molino M32 para carne con motor de 3 hp, capacidad de 600 Kg/hora.
- Molino M32H para carne con motor de 6 hp, capacidad de 3000 Kg/hora.
- Sierra inoxidable para carne V25 motor de 1.5 hp.
- Sierra inoxidable para carne V30 motor de 3.0 hp.
- Sierra inoxidable para carne V40 Motor de 6.0 hp.
- Basculas inoxidables BS60 capacidad de 300 Kg.
- Basculas inoxidables BS80 capacidad de 500 Kg.
- Licuadora LC15, capacidad de 15 litros.

ii) De origen importado; aquellos productos que la empresa importa para ofrecer en el mercado nacional; estos equipos los componen 5 familias de productos:

- Grupo de equipos G1. Equipos importados con costo hasta de \$11.340.856.

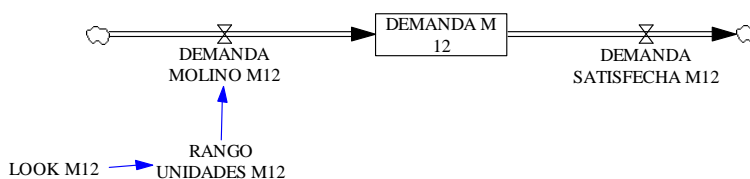
- Grupo de equipos G2. Equipos importados con costos desde \$11.565.914 hasta \$22.363.520.
- Grupo de equipos G3. Equipos importados con costos desde \$23.591.582, hasta \$31.133.582.
- Grupo de equipos G4. Centro de cocción a gas Ref. SCCWE201G importado con costo \$36.017.779.
- Grupo de equipos G5. Centro de cocción a gas Ref. SCCWE202G importado con costo \$57.530.362.

Teniendo en cuenta la presencia de factores aleatorios en las ventas de estos productos, se realizan pruebas de independencia y de bondad de ajuste. En el caso de las pruebas de independencia se realizaron los test de corridas arriba y bajo de la media; con el fin de determinar si las ventas de cada equipo presentaban algún tipo de tendencia en el tiempo. En el anexo B se presentan los resultados de las pruebas en donde se puede observar que no se rechaza la hipótesis nula en ninguno de los casos analizados, es decir que es correcto realizar el análisis de los datos de acuerdo a las agrupaciones de familias por mes propuesta.

Posteriormente se realizaron pruebas de bondad de ajuste para las familias identificadas con el fin de encontrar la función de distribución de probabilidad que mejor se ajusta a los datos de ventas. Las pruebas realizadas fueron chi-cuadrado y Kolmogorov Smirnov (Ver anexo C).

Una vez determinado el comportamiento de los datos fue posible simular la demanda a través de dinámica de sistemas. A manera de ejemplo la figura 12, muestra la representación Forrester para la generación de la demanda aplicada al modelo de molino M12.

Figura 12. Representación Forrester para generación de la demanda.



Fuente: Autor

En esta figura la variable de nivel demanda M12, indica la demanda insatisfecha en unidades, esta variable, es afectada por la tasa de demanda molino M12 y demanda satisfecha M12 de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$DEMANDA M12_k = DEMANDA M12_j + (DEMANDA MOLINO M12_{jk} - DEMANDA SATISFECHA_{jk}) * \delta_t \quad (5)$$

Dónde,

$$DEMANDA M12_k = \text{Demanda acumulada del molino tipo M12 en el momento } k$$

$$DEMANDA MOLINO M12_{jk} = \text{tasa de demanda generada del molino tipo M12 en el intervalo de tiempo } jk$$

$$DEMANDA SATISFECHA M12_{jk} =$$

Tasa demanda satisfecha del molino M12 por ventas, en el intervalo de tiempo } jk

$\delta_t =$ *intervalo de tiempo, usualmente conocido en simulación como delta del tiempo*

De acuerdo con el análisis de la demanda:

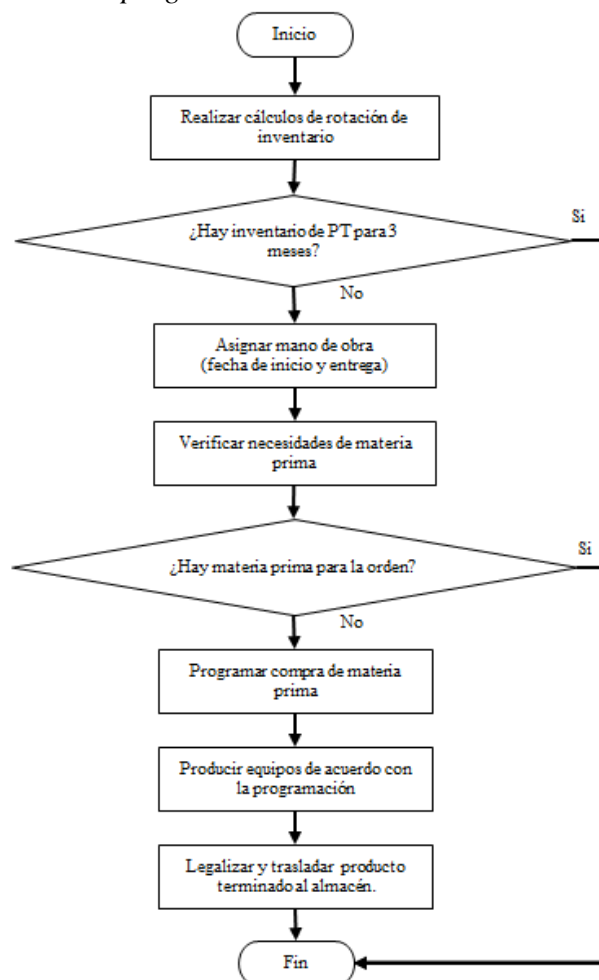
$$DEMANDA MOLINO M12_k = DISTRIBUCION UNIFORME (M12) \quad (6)$$

Para la simulación del comportamiento de las ventas de los equipos, se realizaron tablas de frecuencia con las cuales se generaron datos de entrada para el modelo; el comportamiento de ventas de este producto de acuerdo con los análisis realizados que se escriben en el anexo C¹.

¹¹ A Pesar de identificar las funciones de distribución de probabilidad que mejor se ajustan al comportamiento de las ventas de cada una de las familias de productos (Ver Anexo C), para la simulación fue necesario construir distribuciones empíricas debido a las limitaciones del software empleado para la simulación (Vensim).

Esta demanda tiene un impacto directo en la producción ya que, de acuerdo con las políticas de planeación actuales de la empresa, se genera una orden de producción en caso que el inventario de producto terminado sea menor a la cantidad necesaria para satisfacer la demanda promedio durante tres meses. Para esto la empresa emplea el método de promedio móvil como método de pronóstico de las ventas por esto la información obtenida a partir de su rotación, sirve de entrada para la generación de la información de cantidades de equipos por referencia a fabricar. La figura 13 muestra el proceso típico para la programación de la producción en JAVAR S.A.S.

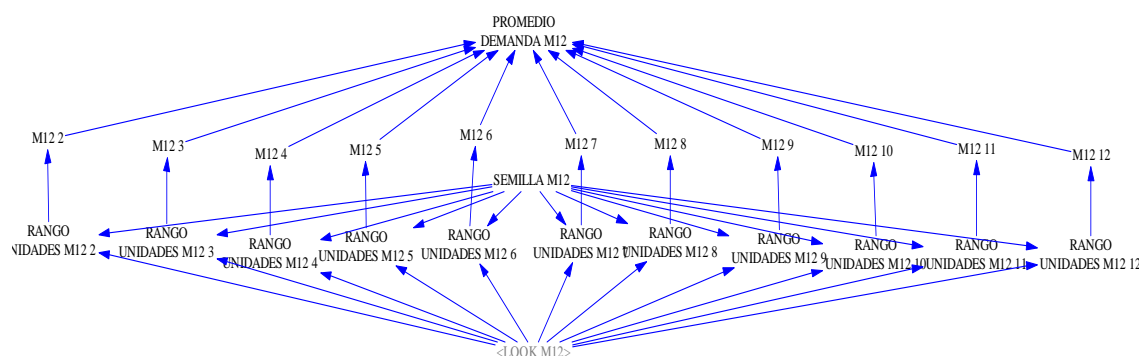
Figura 13. Etapas del proceso de programación en JAVAR S.A.S.



Fuente: Autor.

De acuerdo con lo anterior, a continuación se presenta la representación Forrester para el cálculo del promedio móvil.

Figura 14. Representación Forrester para generación de la demanda promedio.



Fuente: Autor.

En la figura 9. La demanda mensual por cada mes se genera con una demora fija la cual es de un mes para la primera, dos meses para la segunda y así sucesivamente hasta cubrir los 12 meses para el cálculo de la demanda promedio por mes definida por la siguiente ecuación:

$$\text{Demanda Promedio M12} = \frac{M12_{j-1} + M12_{j-2} + M12_{j-n} + \dots + M12_{j-12}}{12} \quad (7)$$

Dónde,

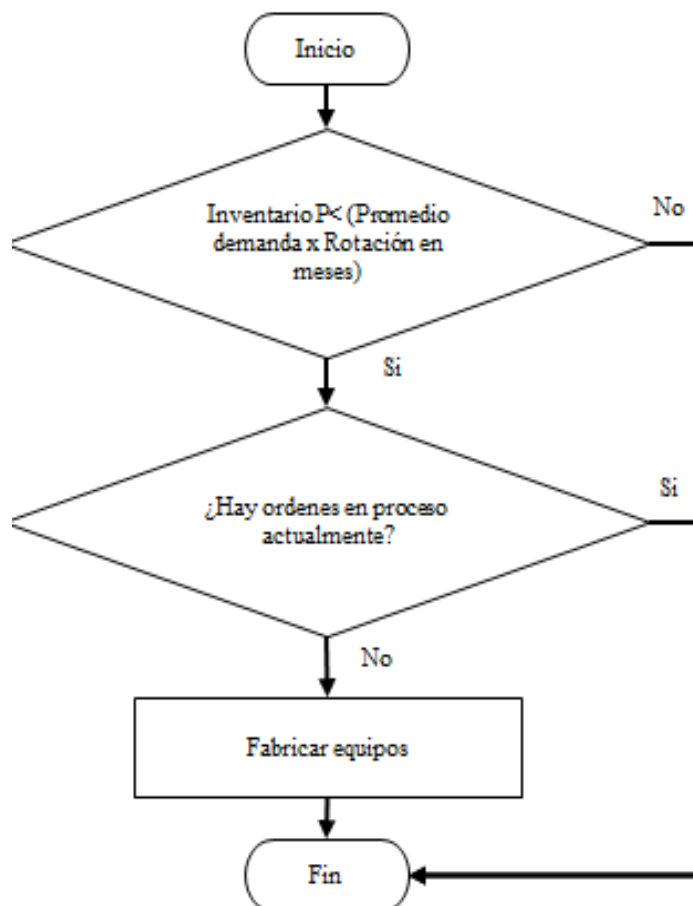
$$M12_{j-n} = \text{Demanda mensual por mes}; j = 1, 2, 3, n, \dots, 12.$$

6.4.2 Generación de los procesos de producción

Luego de realizar la definición de la demanda, se generó la construcción del modelo para los procesos de producción, para tal fin se definió la variable de decisión de fabricación, la cual identifica cuando el inventario no cubre la demanda promedio de 3 meses, tomando valores de uno (1) cuando el inventario es suficiente o cero (0) cuando es insuficiente. Además para tomar la decisión de producir, se tiene en cuenta si hay una orden en proceso de fabricación en curso, generando valores de cero (0) en la variable de decisión de producir cuando se encuentra en

proceso una orden o uno (1) cuando no hay ordenes en proceso. La siguiente figura representa el proceso de decisión simulado:

Figura 15 Generación de los procesos de producción.



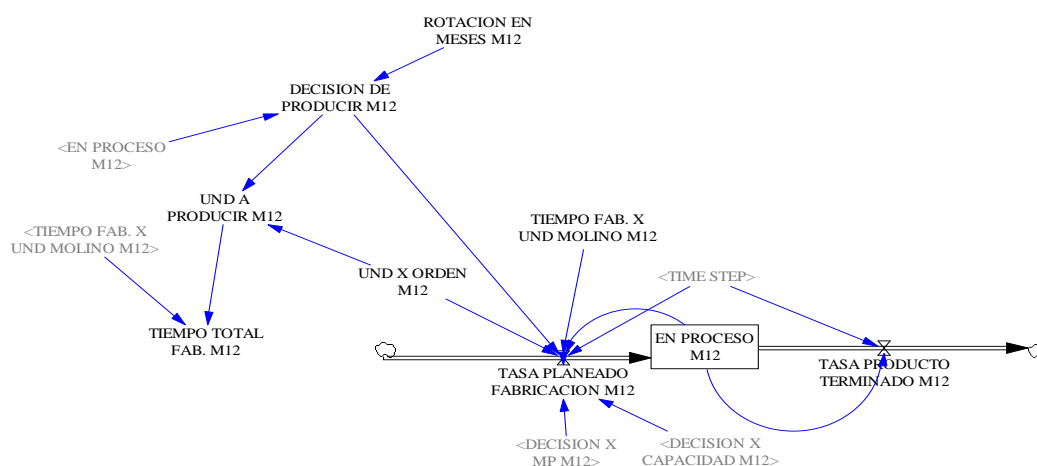
Fuente: Autor.

Dónde,

Rotacion en meses = Tiempo de inventario de seguridad a evaluar.

A continuación se muestra la representación Forrester para la generación de proceso de producción.

Figura 16. Representación Forrester para generación de los procesos de producción.



Fuente: Autor

La variable “*en proceso del producto i*” representa el avance del proceso de fabricación de la familia de productos tipo “*i*” y aumenta a medida que la tasa ingresa valores en porcentaje, indicando el avance de una orden desde su inicio hasta su terminación; es decir que la variable “*en proceso*” toma valores entre 0 y 100%, cuando la variable de nivel llega a 100% se activa la tasa de producto terminado que habilita el proceso para la fabricación de una nueva orden, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$En\ proceso_k = En\ proceso_j + (Tasa\ planeado\ de\ fabricaci3n_{jk} - Tasa\ de\ producto\ terminado_{jk}) * \delta_t \quad (8)$$

D3nde,

En proceso_k = Porcentaje de trabajo realizado acumulado.
Tasa planeado de fabricaci3n_j = Porcentaje de avance por intervalo de tiempo.
Tasa de producto terminado_{jk} = fin de una orden de producci3n

La *tasa planeada fabricaci3n* se ve afectada por dos variables de decisi3n que contemplan la disponibilidad de la mano de obra y la de materia prima, tomando valores de uno (1) cuando

hay disponibilidad de recurso y cero (0) cuando el recurso es insuficiente de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Tasa\ de\ planeado\ fabricacion = \frac{100}{Und\ X\ Orden * tiempo\ fabricacion\ X\ Und * \delta t} * Decision\ X\ MP * Decision\ MO * Decision\ de\ producir \quad (9)$$

Dónde,

Und X Orden = Cantidad de equipos por orden (Tamaño de lote).

Tiempo Fabricacion X Und = tiempo necesario para fabricar por unidad.

$$Decision\ X\ MP = \begin{cases} 0 & \text{si la materia prima disponible es suficiente para la orden de producción} \\ 1, & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

$$Decision\ MO = \begin{cases} 0 & \text{si la mano de obra disponible es suficiente para la orden de producción} \\ 1, & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

$$Decision\ de\ producir = \begin{cases} 0 & \text{si el inventario es suficiente para abastecer la demanda de tres meses} \\ 1, & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

Estas tres últimas variables toman el valor de 0 o 1 ya que la empresa tiene un tamaño de lote definido y no se permite la realización de lotes parciales. La definición de las ecuaciones anteriormente expuestas permite identificar las diferencias entre los tiempos planeados para producir a partir de las necesidades del mercado, y el tiempo de salida de proceso de cada una de las familias de productos.

6.4.3 Generación del inventario de producto terminado y las ventas

Luego de la definición en el modelo dinámico de los sistemas de producción y demanda, se definió el modelo para la generación de inventario de producto terminado y ventas; en este modelo se identifica por cada familia de productos la cantidad de inventario y las ventas en

unidades de productos. Las ventas de productos dependen de los inventarios por familia, cada venta realizada, genera una salida de inventario de producto terminado.

Cuando se termina una orden de producción la variable de nivel de inventario se aumenta de acuerdo al número de equipos fabricados. El comportamiento de la variable de inventario se rige de acuerdo con la siguiente función:

Inventario de producto i_k =

$$\text{Inventario de producto } i_j + (\text{Tasa producción producto } i_{jk} - \text{Tasa venta producto } i_{jk}) * \delta_t \quad (10)$$

Dónde,

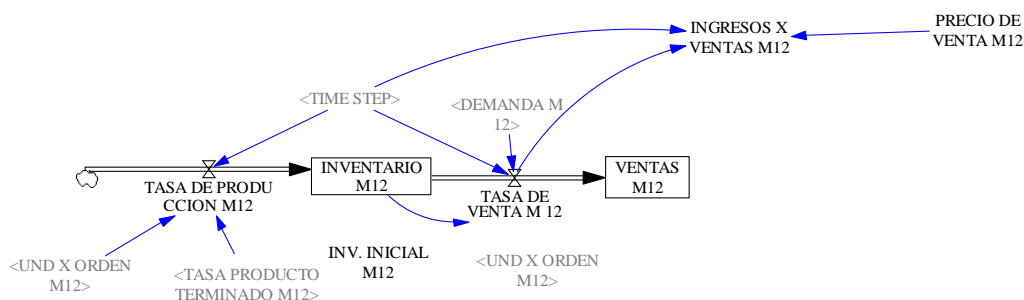
Inventario de producto i_k = *inventario de producto tipo i .*

Tasa producción producto i = *cantidad de producción por periodo de tiempo.*

Tasa de producto terminado i_{jk} = *constante de fabricación de producto i*

En la representación Forrester para la generación del inventario y las ventas, la tasa de producción afecta la variable de inventario; aumentando la cantidad de equipos de acuerdo con las unidades por orden de producción. La tasa de ventas afecta la cantidad de equipos, reduciéndola de acuerdo con el comportamiento de la demanda.

Figura 17. Representación Forrester generación inventarios y unidades vendidas.



Fuente: Autor

La tasa de producción, es la variable encargada de ingresar cantidades al inventario, de acuerdo con las órdenes que se estén fabricando, la siguiente ecuación explica su comportamiento:

$$Tasa\ producto\ Terminado = \frac{Und\ X\ Orden}{\delta t} \quad (11)$$

La tasa de venta, es la variable que se encarga de sacar unidades del inventario, para ser ingresadas en la variable de nivel de ventas donde ingresan las unidades vendidas, afectando la variable de inventario de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Tasa\ ventas = \frac{Demanda}{\delta t} \quad (12)$$

La tasa de ventas también se relaciona con la variable de ingresos, ya que indica las cantidades vendidas en el tiempo y al ser multiplicada por el precio de venta por unidad genera la variable de ingresos que se explica de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Ingresos = Tasa\ Ventas * precio\ de\ venta \quad (13)$$

Dónde,

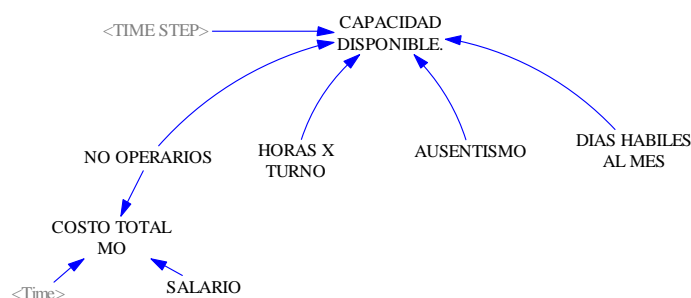
| | |
|-------------------------|---|
| <i>Ingresos</i> | = <i>Los ingresos generados por las ventas de cada familia.</i> |
| <i>Tasa de ventas</i> | = <i>Cantidad de unidades vendidas por periodo.</i> |
| <i>Precio de ventas</i> | = <i>Precio de venta por unidad vendida</i> |

6.4.4 Generación de la capacidad de mano de obra

Para el cálculo de la capacidad de mano de obra fue necesario diferenciarlo de acuerdo con el tipo de capacidad; la capacidad usada, la capacidad instalada, capacidad disponible, capacidad requerida.

La capacidad disponible, es la capacidad teórica disponible al mes en planta, para la definición de esta variable se empleó la cantidad de personal de planta, las horas por turno, los días hábiles al mes y el porcentaje de ausentismo. La siguiente representación de Forrester identifica las relaciones entre las variables:

Figura 18. Representación Forrester para la generación la capacidad disponible.



Fuente: Autor

Con la capacidad disponible se identificó la cantidad de horas disponibles al mes, su comportamiento está definido de por la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad disponible} = \text{No operarios} * \text{Horario X turno} * (1 - \text{ausentismo}) * \text{Dias Habiles mes} * \delta t \quad (14)$$

Donde,

No operarios = Personal disponible en planta.
Horas x turno = Tiempo disponible por cada turno de trabajo.
 δt = Delta del tiempo.
Ausentismo = % del tiempo de ausencia del personal de planta.
Dias habiles por mes = Dias laborales por mes

La capacidad usada está definida por la sumatoria del tiempo usado por cada orden de producción de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad usada} = \sum_{i=1}^n \text{Capacidad usada del producto}_i \quad (15)$$

Donde,

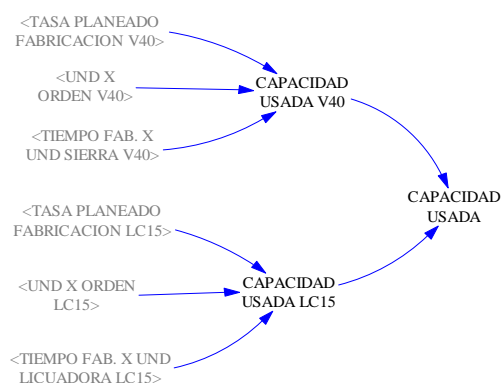
Capacidad usada del producto i = tiempo usado en la producción de producto i.

La capacidad usada del producto “i” solo se activa cuando se está produciendo una orden, en términos de la lógica del modelo esto es cuando la “tasa planeado de fabricación” es mayor a cero (0), y es afectada por el comportamiento de las variables de tasa planeado fabricación, Unid x orden y el tiempo de fabricación por unidad, de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$\text{Capacidad usada producto } i = \text{Und} \times \text{orden} \times \text{tiempo de fabricacion} \times \text{Und}. \quad (16)$$

La representación de Forrester para la generación de la capacidad usada se identifica en la figura 18².

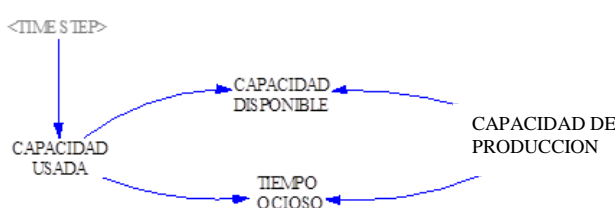
Figura 19. Representación Forrester para la generación la capacidad usada.



Fuente: Autor

La capacidad disponible indica la cantidad de tiempo en horas que se encuentra a disposición para la fabricación de productos, está afectada por las variables de capacidad instalada y capacidad usada.

Figura 20. Representación Forrester para la capacidad disponible.



Fuente: Autor

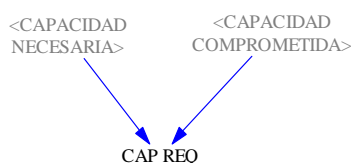
La capacidad disponible se comporta de acuerdo con la siguiente función

$$\text{Capacidad disponible} = \text{Capacidad producción} - \text{Capacidad usada}. \quad (17)$$

² Esta figura es una simplificación del modelo creado ya que en este se consideran todas las familias de productos.

La capacidad requerida, indica la cantidad de tiempo que se necesita para la fabricación de la productos que se planea fabricar y los que ya se encuentran en producción, esta variable busca hacer una provisión del tiempo para la producción con el fin de garantizar que los tiempos de producción de cada familia de productos no excedan los tiempo disponibles; es afectada por el comportamiento de las variables de capacidad necesaria y capacidad comprometida.

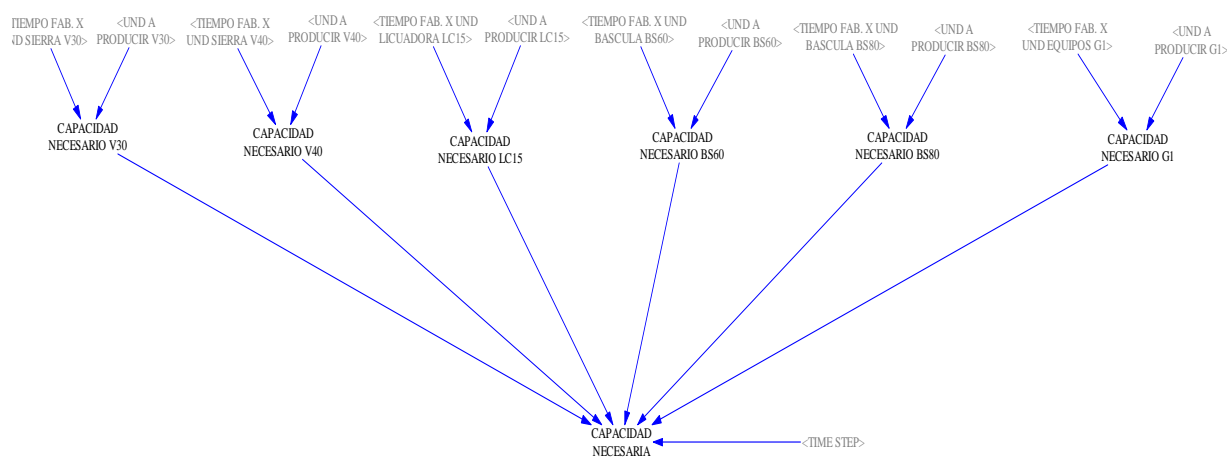
Figura 21. Representación Forrester para la capacidad requerida.



Fuente: Autor

La capacidad necesaria, indica el tiempo total de fabricación de las órdenes de producción que se encuentra en proceso por cada instante de tiempo. Es afectada por las variables de tiempo de fabricación por unidad y unidades a producir.

Figura 22. Representación Forrester para la capacidad necesario.



Fuente: Autor

Toma valores en horas necesarias totales de mano de obra, su comportamiento está definido por la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad necesaria} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{Capacidad necesaria del producto } i \quad (18)$$

Donde,

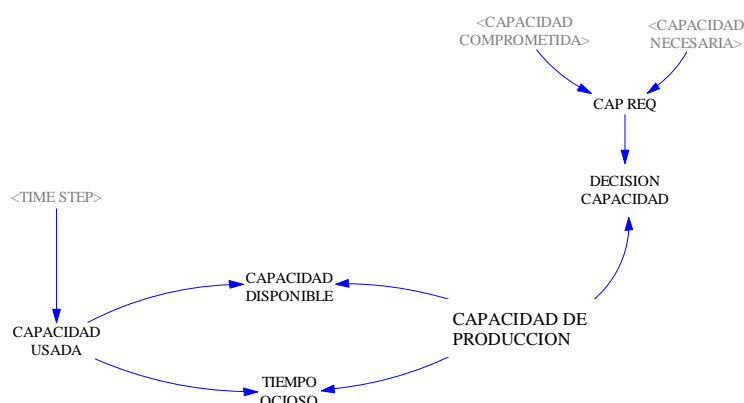
Capacidad del producto i = Tiempo en horas por orden del producto i.

La capacidad comprometida es el tiempo que se tienen comprometido por las órdenes de producción que se encuentran en proceso.

6.4.5 Generación de la decisión de capacidad

La decisión de capacidad es una variable que está dividida en dos niveles de decisión; en el primer nivel evalúa si con la capacidad disponible se puede cubrir la necesidad de fabricación de acuerdo con el siguiente diagrama Forrester.

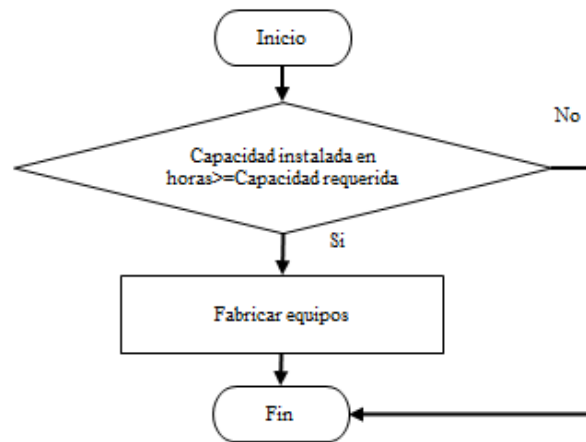
Figura 23. Representación Forrester para la representación de la decisión de primer nivel.



Fuente: Autor

La decisión de capacidad se encuentra afectada por la capacidad requerida y la capacidad instalada, de acuerdo con la siguiente condición:

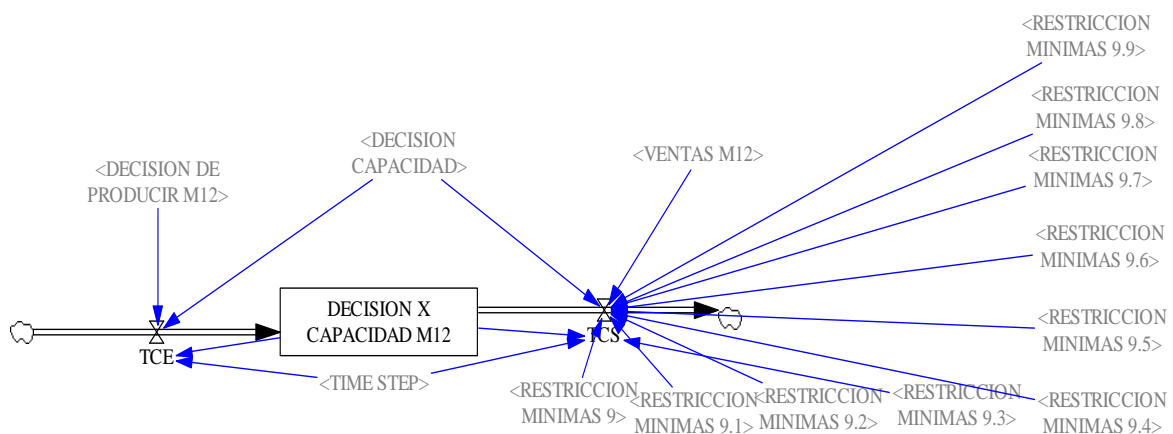
Figura 24. Proceso lógico decisión de capacidad de mano de obra de primer nivel



Fuente: Autor

Cuando la decisión de capacidad toma valor de uno (1), habilita los procesos de fabricación de las familias de productos que se requieran; cuando toma valor de 0 habilita la decisión de capacidad de segundo nivel, la cual afecta cada familia de producto de acuerdo a la siguiente representación de Forrester.

Figura 25. Representación Forrester para la representación de la decisión de segundo nivel.



Fuente: Autor

La decisión de capacidad de segundo nivel, identifica cuál de las familias de productos tiene el indicador de ventas más bajo, con el fin de descartarlo, hasta que la capacidad disponible

pueda cubrir la capacidad necesaria. Para definir este indicador se generó la variable de nivel definida como decisión de capacidad por producto i , la cual está afectada por la variable TCE (tasa de capacidad entrada) y la TCS (tasa de capacidad salida). Esta variable toma valores de cero (0) cuando la capacidad es insuficiente y uno (1) cuando la capacidad es suficiente para los proceso de fabricación. El comportamiento de la decisión de capacidad está definido de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Decision de capacidad}_i = TCE - TCS \quad (19)$$

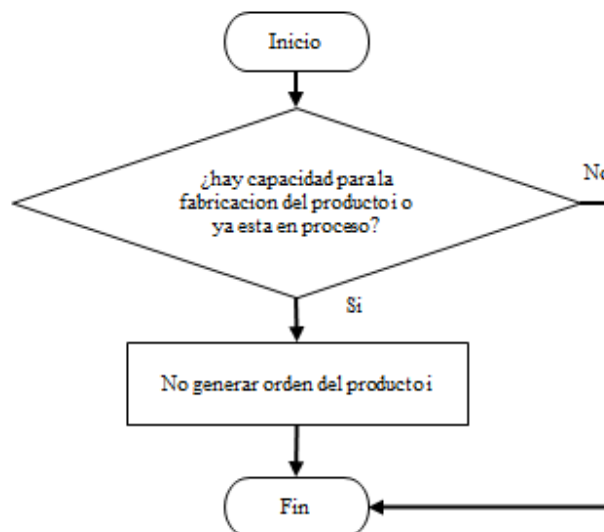
Donde,

$TCE = \text{Tasa de capacidad de entrada}$

$TCS = \text{Tasa de capacidad de salida}$

La TCE, es un indicador que activa la decisión de capacidad de cada familia de producto ingresando valores de 1 en el nivel de decisión de capacidad, está afectada por la variable decisión de producir, la decisión de capacidad y la decisión capacidad del producto i , de acuerdo con la siguiente condición:

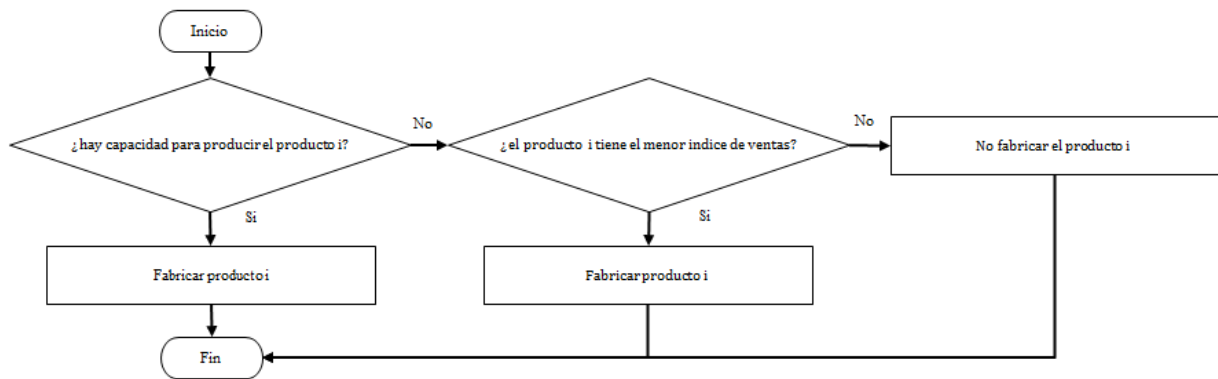
Figura 26. Proceso lógico decisión de capacidad de mano de obra de segundo nivel



Fuente: Autor

La TCS, es un indicador que deshabilita la decisión de capacidad cuando la capacidad no es suficiente para la fabricación, se ve influenciada por la variable decisión de capacidad del producto i , la decisión de la capacidad, y los filtros de restricción llamados restricción mínima. La TCS, se comporta de acuerdo con la siguiente condición:

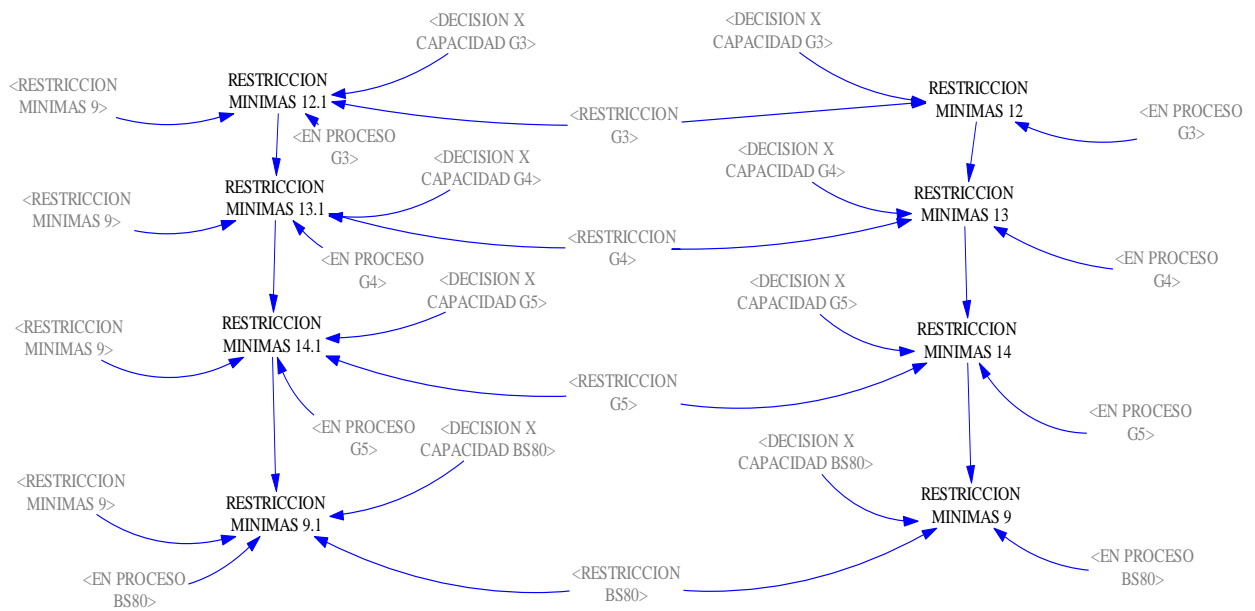
Figura 27. Proceso lógico restricciones mínima política de rotación



Fuente: Autor

Las restricciones mínimas se usan como filtro para identificar los productos que tengan las menores tasas de ventas con el fin de descartarlos cuando la capacidad de producción es insuficiente. La relación de las restricciones está definida de acuerdo con la siguiente representación Forrester:

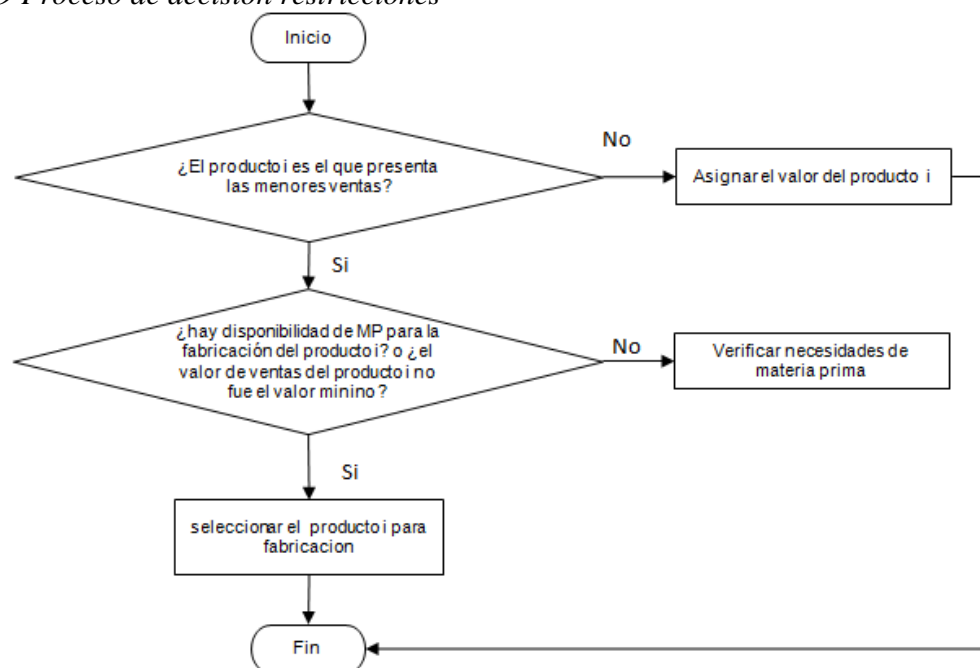
Figura 28. Representación Forrester para la representación de la restricción mínima.



Fuente: Autor

La restricción mínima ij , donde i representa el producto y j la restricción, está afectada por las variables en proceso del producto i , restricción del producto i , decisión de capacidad del producto i , y la restricción mínima $j-1$, el comportamiento de la variable restricción mínima j está determinado por la siguiente figura:

Figura 29 Proceso de decisión restricciones



Fuente: Autor

6.4.6 Generación de los inventarios de materia prima

La variable de materia prima, se definió para representar el capital de trabajo con el que se cuenta para la operación, esta variable se ve afectada por el comportamiento de la tasa de reposición de inventario de materia prima; que se encarga de reaprovisionar el inventario de acuerdo a las necesidades de fabricación y la tasa de consumo de inventario la cual reduce los inventarios de acuerdo con los consumos de los equipos que se encuentran en proceso. El comportamiento de estas variables se define con la siguiente función:

$$Inventario MP_k = Inventario MP_j + (Tasa reposicion Inv_{jk} - Tasa consumo inventario_{jk}) * \delta t \quad (20)$$

Dónde:

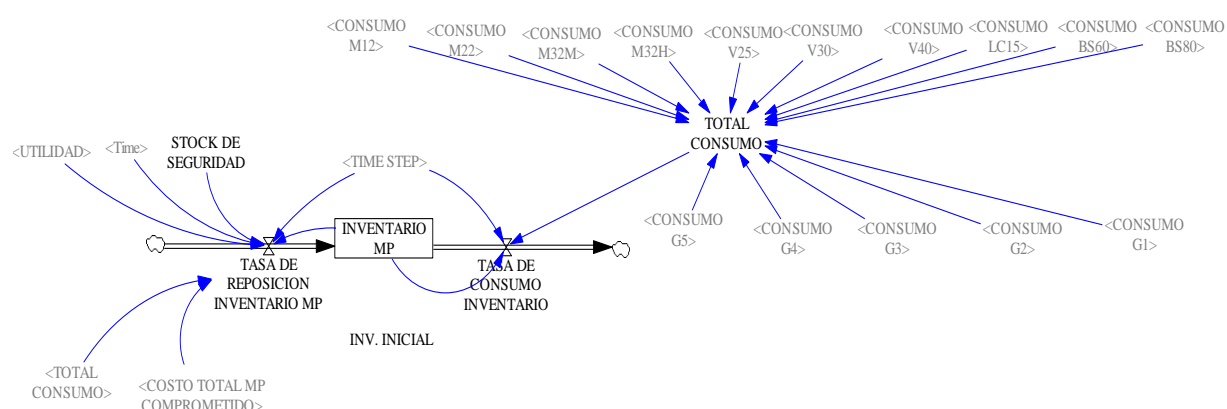
$Inventario MP_k$ = Nivel de inventario de materia prima en millones.

$Tasa reposicion inventario_{jk}$ = Tasa de compra de materiales para producir.

$Tasa consumo inventario_{jk}$ = Tasa de consumo de inventario de materia prima.

La siguiente representación Forrester define las relaciones entre cada una de las variables para el cálculo del inventario.

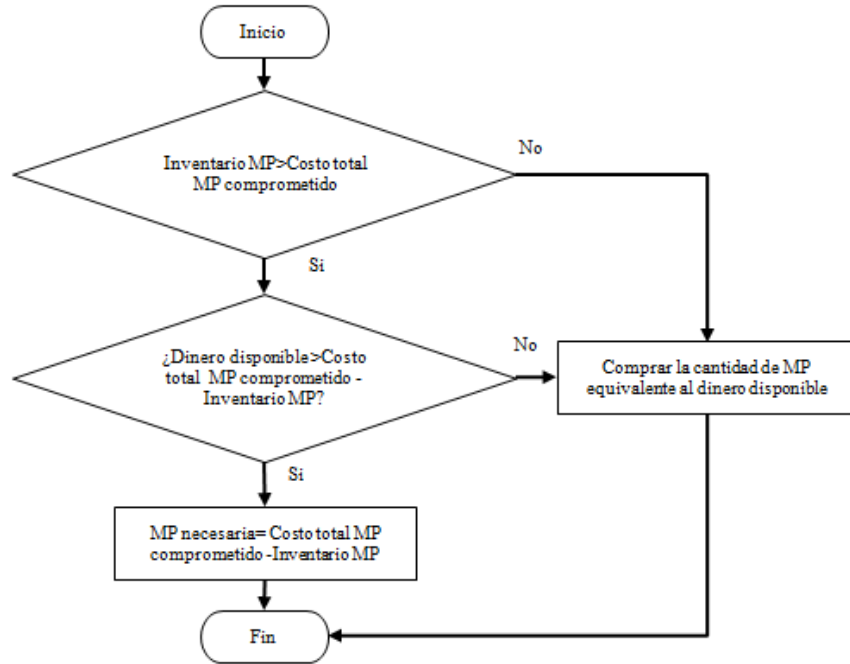
Figura 30. Representación Forrester para inventario de materia prima.



Fuente: Autor

La tasa de reposición de materia prima, indica la cantidad de material que se compra para garantizar el abastecimiento para la fabricación, este valor esta en millones de pesos, se afecta por la utilidad, total consumo, costo total materia prima comprometida y el stock de seguridad. El comportamiento de esta variable está definido por la siguiente condición.

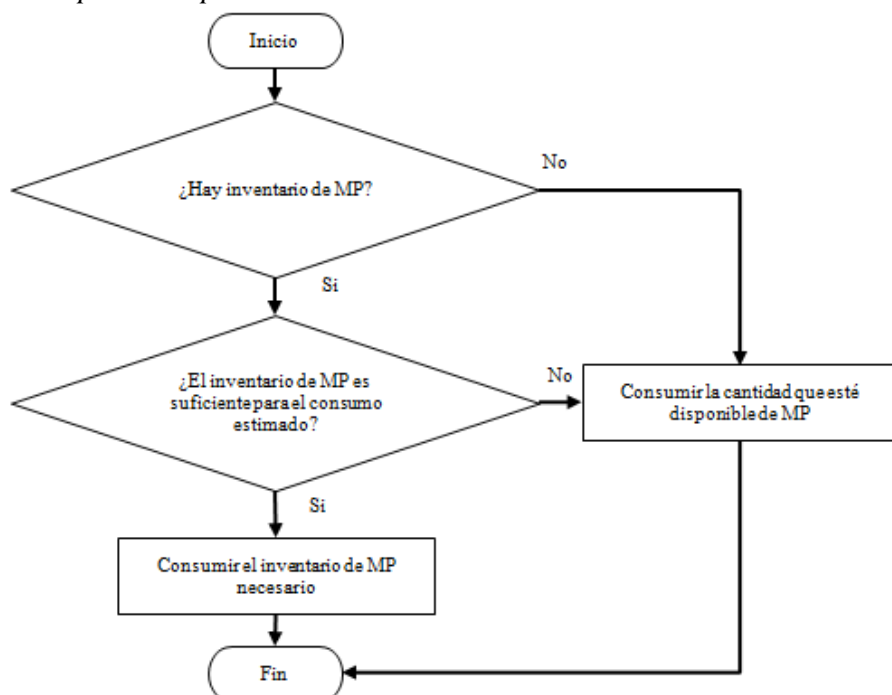
Figura 31. Descripción del proceso de decisión de compra MP



Fuente: Autor

La tasa de consumo inventario indica la cantidad de material que se consumió en los procesos de fabricación de cada familia de producto, está afectada por la sumatoria de los consumos y se define por la siguiente condición.

Figura 32. Descripción del proceso de consumo de MP



Fuente: Autor

La tasa de consumo está definida por la siguiente ecuación.

$$Total\ consumo = \sum_{i=1}^{i=15} Consumo\ producto_i \quad (21)$$

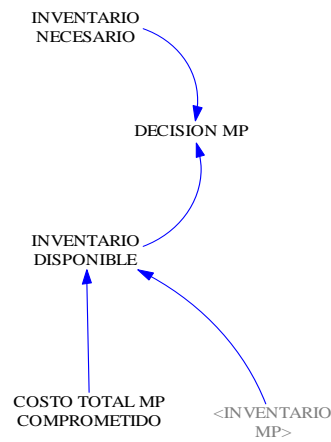
Dónde,

Consumo producto i = consumo en millones por cada familia de producto *i*

6.4.7 Generación de la decisión de materia prima

La decisión de la materia prima es una variable que busca identificar la disponibilidad de materia prima para los procesos de fabricación. Esta variable toma valores de cero (0), cuando el inventario es insuficiente o uno (1), cuando el inventario es suficiente. Esta variable se ve afectada por las variables de inventario necesario e inventario disponible, de acuerdo con la siguiente representación de Forrester.

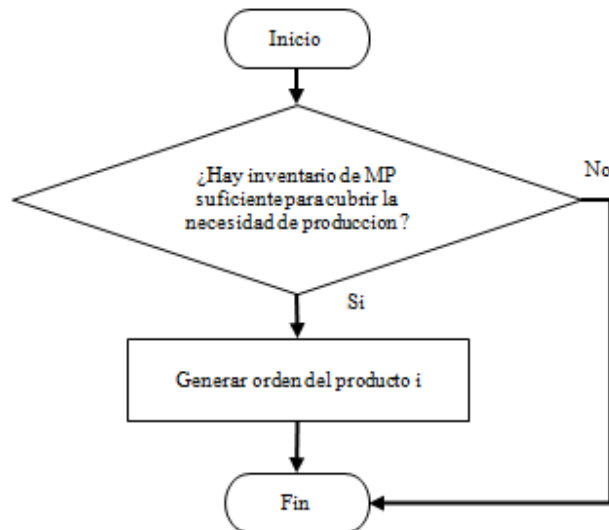
Figura 33. Representación Forrester para inventario de materia prima.



Fuente: Autor

La decisión de materia prima está definida de acuerdo con la siguiente condición.

Figura 34. Restricción de fabricación por MP



Fuente: Autor

La variable de inventario disponible, está influenciada por las variables de costo total MP comprometido y el inventario de MP, de acuerdo con la siguiente función.

$$\text{Inventario disponible} = \text{Inventario MP} - \text{Costo total MP comprometido} \quad (22)$$

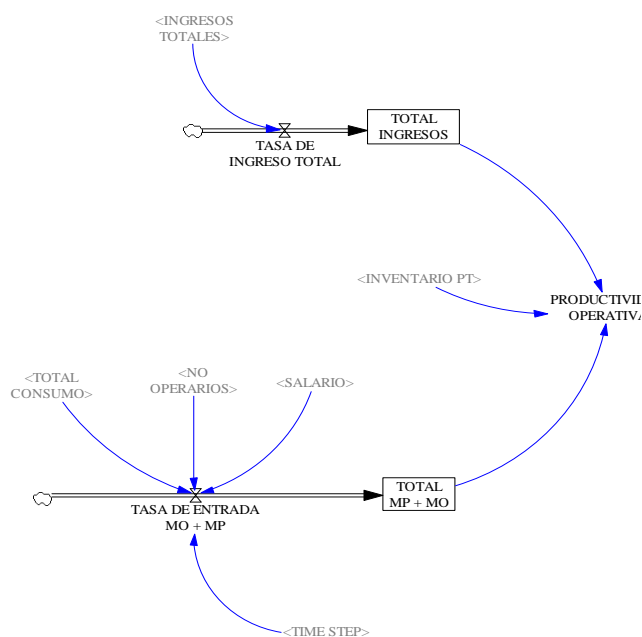
Dónde,

Costo total MP Comprometido =
Costo en millones usado en la fabricacion de produccion i

6.4.8 Generación de los indicadores de productividad

Para la generación de los indicadores de productividad de acuerdo con el modelo de David J. Sumanth, se generaron las variables de productividad operativa, y la productividad parcial por equipo. La productividad operativa mide el desempeño de forma general, es decir teniendo en cuenta los resultados de todos los productos. Las relaciones entre las variables que afectan la productividad total se definen en la siguiente representación de Forrester.

Figura 35. Representación Forrester para cálculo de la productividad.



Fuente: Autor

Para la representación de la productividad operativa se usaron las variables de costo total MP + MO, que indica el costo total de materiales y mano de obra usada en la fabricación, y la variable total ingresos que indica los ingresos totales generados por la sumatoria de las ventas de los equipos y el inventario disponible de producto terminado. El comportamiento de la productividad operativa total está definido por la siguiente ecuación:

$$\text{Productividad Operativa} = \frac{\text{Ingreso total} + \text{Inventario PT}}{\text{Total MP} + \text{MO}} \quad (23)$$

Donde,

Inventario PT = Inventario disponible de productos terminados

Ingreso total = Ingresos generados por las ventas de cada familia de productos

Total MP + MO = Costo total de materia prima y mano de obra consumidos

El ingreso es una variable que indica el valor en millones por concepto de ventas de productos, esta variable se encuentra afectada por la tasa de ingreso total.

El costo Total MO+MP es una variable que indica el valor en millones por concepto de consumo de materiales y mano de obra. Se encuentra afectada por la tasa entrada de MO+MP, esta suma los valores en millones de las variables: total consumo, salario y numero de operarios, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Tasa entrada MP + MO} = \frac{\text{Total consumo}}{\delta t} + \text{salarios} * \text{No operarios} \quad (24)$$

Donde,

Total consumo = Consumo total de materia prima generado por la producción.

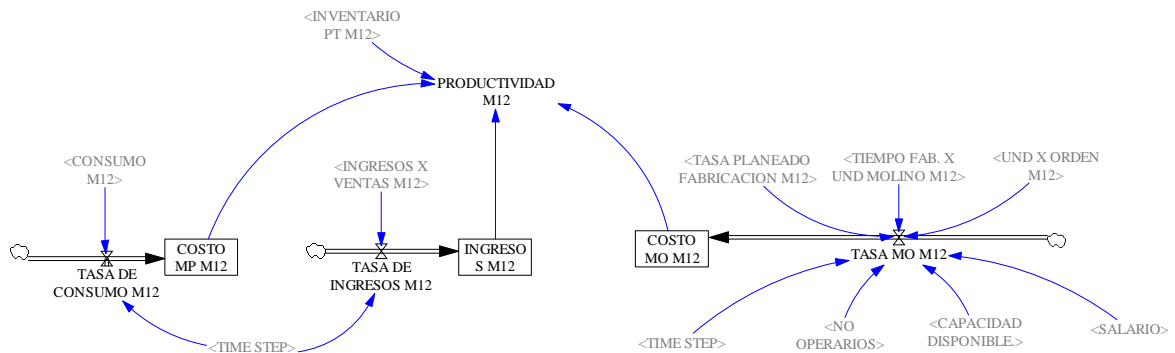
Salario = Salario devengado por los trabajadores por mes.

δt = Delta del tiempo.

No operarios = Cantidad de operarios de planta.

La productividad parcial por equipo es una variable que busca identificar el desempeño de cada producto en este indicador, para su definición se generaron las variables de costo de MP, ingreso y costo MO, las cuales están relacionadas de acuerdo con la siguiente representación Forrester.

Figura 36. Representación Forrester para la productividad parcial.



Fuente: Autor

El comportamiento de la variable de productividad parcial por equipo se encuentra definido por la siguiente ecuación:

$$Productividad\ de\ la\ familia\ i_t = \frac{Ingresos\ de\ la\ familia\ i_t + Inventario\ de\ la\ familia\ i_t}{Costo\ MP\ empleado\ en\ la\ familia\ i_t + Costo\ MO\ para\ la\ familia\ i_t} \quad (25)$$

Donde,

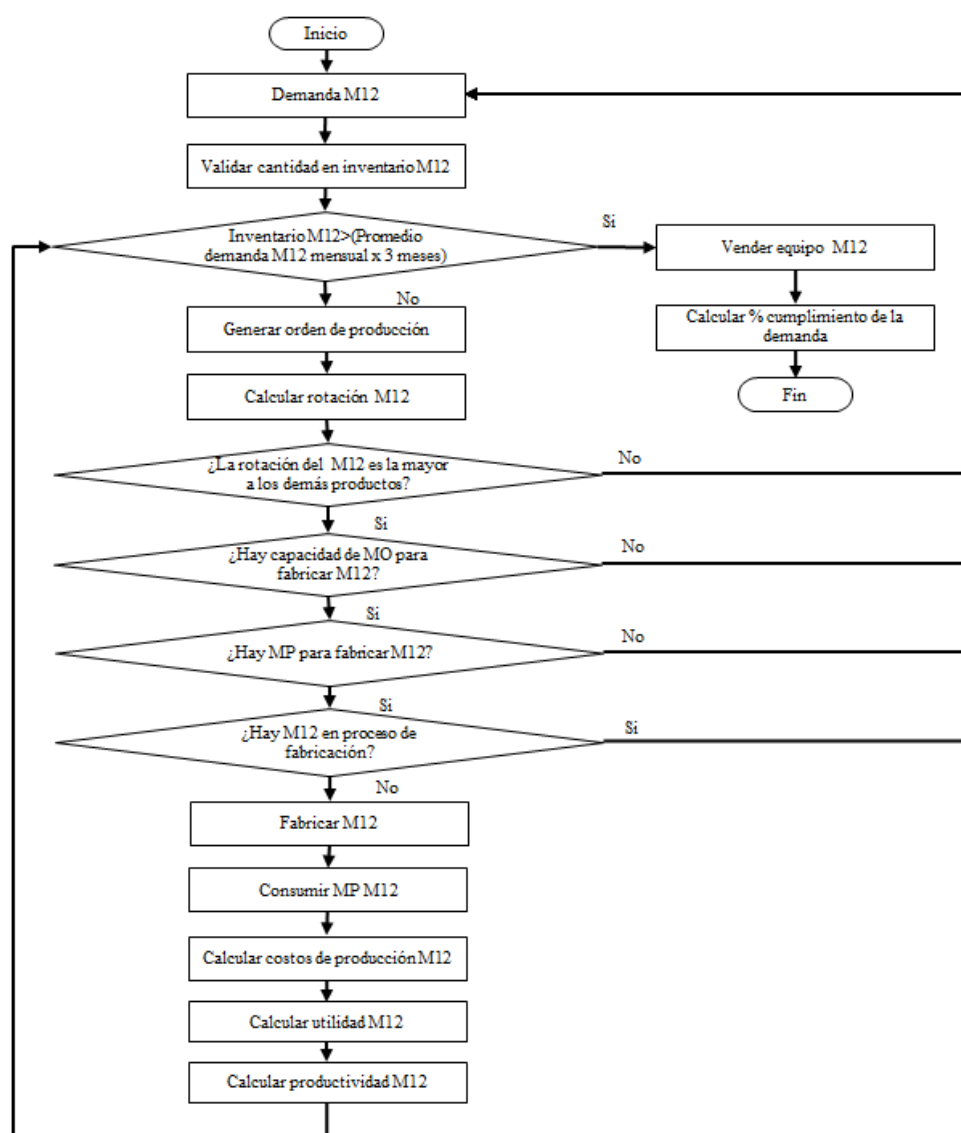
$Ingresos_i$ = Ingresos por ventas de la familia de Productos i

$Costo\ MP_i$ = Costo de materia prima consumida por cada familia de producto i

$Costo\ MO_i$ = Costo de mano de obra consumida por cada familia de productos i

Finalmente, la integración de cada uno de los ítems mencionados da como resultado el modelo total de producción de la empresa bajo análisis. La figura 36 muestra el modelo completo para una familia de productos particular.

Figura 37. Proceso lógico para la fabricación molino M12



Fuente: Autor

6.5 Validación del modelo construido

El modelo de simulación fue validado con los datos correspondientes a las ventas mensuales de cada familia de productos expresadas en millones. En el anexo E se presentan los resultados de las corridas realizadas.

Con el fin de realizar la validación se corrió el modelo 31 veces y se obtuvo su promedio y varianza, con lo cual se calculó el número de corridas necesario tal como lo muestra la ecuación 26.

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{(eY)^2} \quad (26)$$

Donde,

$Z = 1.96$ (Valor del estadístico con un 95% de confiabilidad)

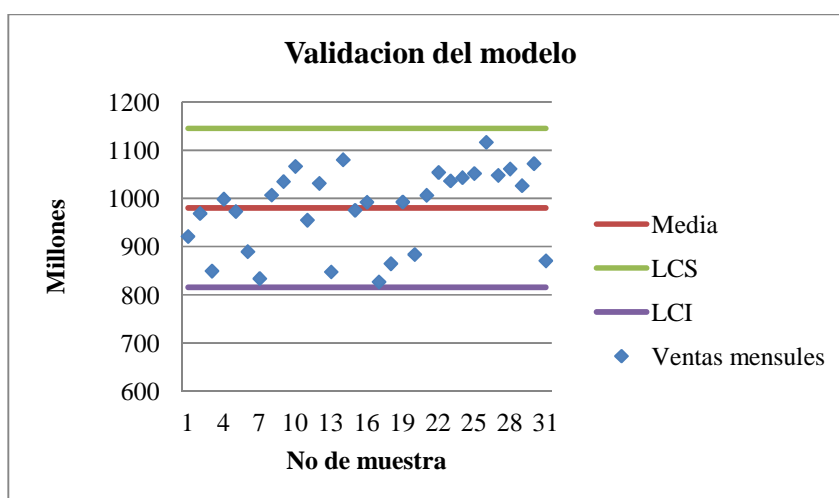
$\sigma^2 = \text{Varianza} = 6758$

$e = \text{error de la muestra} = 0.05$

$Y = \text{Media} = 980.2$

Una vez obtenidos los resultados de las 31 corridas se calcularon los intervalos de confianza, la siguiente grafica presenta los resultados de la validación.

Figura 38. Gráfico de validación del modelo



Fuente: Autor

Como se observa los datos históricos de ventas reales empleados caen en todas los casos dentro del intervalo de confianza generado con los resultados de la simulación, por lo cual se concluye que el modelo representa el sistema real.

6.6 Simulación de políticas de asignación de capacidad.

Con el fin de determinar aquellas acciones que mejoren el desempeño de la empresa en términos de la demanda insatisfecha, el tiempo ocioso, la productividad y la utilidad, fueron implementadas tres políticas de asignación de capacidad en el modelo de simulación construido:

- Asignación de la capacidad disponible de acuerdo con el inventario disponible, decidiendo producir aquellas referencias que tengan un inventario menor a tres meses, considerando las ventas promedio de los últimos 12 meses. Esta política garantiza la mayor disponibilidad de inventario posible para atender la demanda y es la que actualmente emplea la compañía tomada como referencia.
- Asignación de la capacidad disponible de acuerdo con la productividad total por producto, de forma tal que cuando se presente un déficit de capacidad para suplir la demanda, se decida producir aquellas referencias con mayor productividad operacional. Esta política garantiza la fabricación de equipos que generan un mayor aprovechamiento de los recursos sin que necesariamente se garantice el cubrimiento de la demanda en todos los productos.
- Asignación de la capacidad disponible de acuerdo con la utilidad unitaria. Esta política garantiza la disponibilidad de los productos más rentables.

Como es de esperarse, la implementación de estas políticas implicó algunas modificaciones en el modelo de simulación construido; para la política de asignación en que el modelo calcula los inventarios necesarios para garantizar 3 meses de disponibilidad de equipos; es decir que multiplica por tres el valor de las ventas promedio por mes, se generó la representación Forrester de la figura 13, para restringir los equipos con mayor índice de rotación y dar prioridad en el mix de producción. Esta política busca un mayor cumplimiento de la demanda.

Por otro lado, para política que consideraba la productividad parcial por equipo, el modelo cambio la restricción inicial que evaluaba los índices de rotación, por los índices de productividad por producto, haciendo que se priorizara aquellos productos con un nivel de productividad mayor, con el fin de generar un mejor aprovechamiento de los recursos.

Para la política de asignación de la capacidad teniendo en cuenta la utilidad por equipo, se modificó la restricción, de forma que los equipos con mayor margen de utilidad tuvieran la prioridad en el mix de producción, para garantizar un aumento en los niveles de utilidad.

6.7 Análisis de resultados e identificación de estrategias de producción

Teniendo en cuenta el comportamiento de las ventas de cada año y las posibilidades de exportación que se presentan para este tipo de industria con los tratados de libre comercio, se realizaron 31³ corridas del modelo con variaciones de la demanda para 0%, 10%, 20%, 30%, con el fin de evaluar el impacto de las políticas de asignación ante los cambios del mercado. La comparación de los resultados obtenidos se realizó considerando el porcentaje de cumplimiento de la demanda, el tiempo ocioso, la productividad operacional total, la productividad parcial de mano de obra, la productividad parcial de materia prima y la utilidad.

Con el fin de comparar los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza de los resultados arrojados para cada variable de interés por las tres políticas implementadas.

Este análisis permitió determinar que, bajo los niveles de demanda actual, para las variables de respuesta cumplimiento de la demanda, productividad de materia prima, productividad operacional total, tiempo ocioso, y utilidad promedio, no existen diferencias significativas entre las tres políticas analizadas, con lo cual se puede inferir que no hubo un

³ Tamaño de la muestra calculado con una confiabilidad del 95%.

cambio importante en el comportamiento al realizar la validación. La Tabla 3 muestra los resultados de las pruebas.

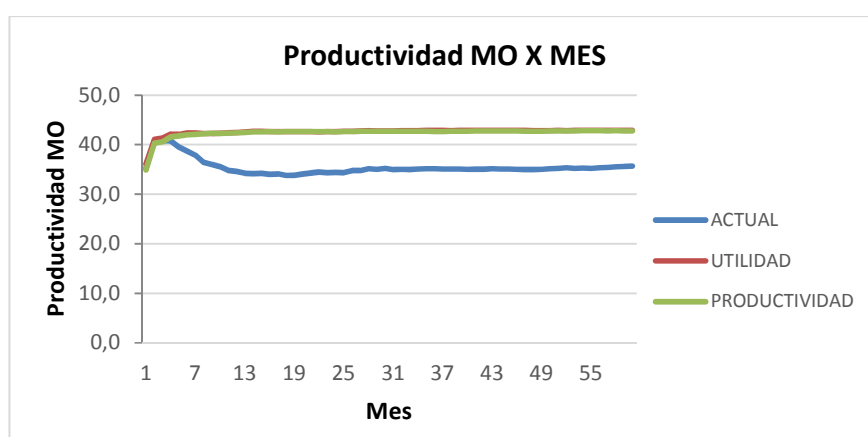
Tabla 3. Resultados prueba Anova

| ANOVA | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------|-----|------------------|-------|-------------|
| % cumplimiento de la demanda | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Entre grupos | ,013 | 2 | ,006 | 1,112 | ,331 |
| Dentro de grupos | 1,004 | 177 | ,006 | | |
| Total | 1,016 | 179 | | | |
| ANOVA | | | | | |
| Productividad MP promedio por mes | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Entre grupos | 5,087 | 2 | 2,544 | 1,569 | ,211 |
| Dentro de grupos | 286,944 | 177 | 1,621 | | |
| Total | 292,031 | 179 | | | |
| ANOVA | | | | | |
| Productividad total | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Entre grupos | 31,039 | 2 | 15,519 | 0,014 | ,986 |
| Dentro de grupos | 194924,841 | 177 | 1101,270 | | |
| Total | 194955,880 | 179 | | | |
| ANOVA | | | | | |
| Tiempo ocioso promedio mes | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Entre grupos | ,337 | 2 | ,168 | 0,019 | ,981 |
| Dentro de grupos | 1562,300 | 177 | 8,827 | | |
| Total | 1562,637 | 179 | | | |
| ANOVA | | | | | |
| Utilidad promedio por mes | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Entre grupos | 156041,645 | 2 | 78020,823 | 1,375 | ,256 |
| Dentro de grupos | 10045827,050 | 177 | 56756,085 | | |
| Total | 10201868,695 | 179 | | | |

Fuente: Autor

Sin embargo para la variable de productividad de la mano de obra hay una diferencia significativa entre los resultados obtenidos en la simulación bajo la política actual y las dos políticas evaluadas de productividad y utilidad. Para las políticas propuestas se logró un nivel de productividad de MO de 42.8, mientras que bajo la política actual solo fue de 35.35. Con estos resultados se puede inferir que con las políticas propuestas, se logra aprovechar mejor el recurso de mano de obra en comparación con la política actual.

Figura 29. Comportamiento de variable de productividad de mano de obra con respecto a la demanda actual.



Fuente: Autor

Los resultados del análisis ANOVA de las variables permiten identificar que existen diferencias significativas para la variable de productividad de la mano de obra. A continuación, se presentan los resultados.

Tabla 4. Resultados prueba Anova productividad mano de obra

| ANOVA | | | | | |
|------------------------|-------------------|-----|------------------|---------|------|
| Productividad MO x mes | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Entre grupos | 1994,777 | 2 | 997,388 | 662,190 | ,000 |
| Dentro de grupos | 266,597 | 177 | 1,506 | | |
| Total | 2261,373 | 179 | | | |

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: VAR00002

HSD Tukey

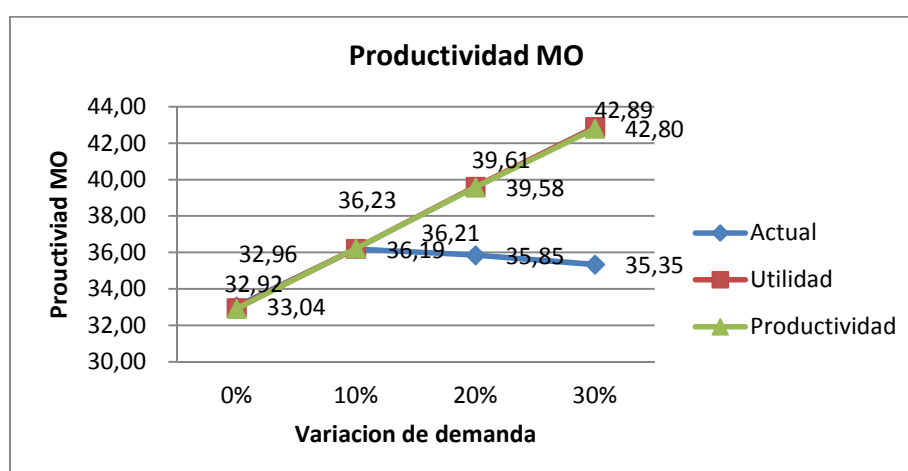
| (I) VAR00001 | | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------------|---|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| 1 | 2 | -7,13688* | ,22407 | ,000 | -7,6665 | -6,6073 |
| | 3 | -6,98430* | ,22407 | ,000 | -7,5139 | -6,4547 |
| 2 | 1 | 7,13688* | ,22407 | ,000 | 6,6073 | 7,6665 |
| | 3 | ,15258 | ,22407 | ,775 | -,3770 | ,6822 |
| 3 | 1 | 6,98430* | ,22407 | ,000 | 6,4547 | 7,5139 |
| | 2 | -,15258 | ,22407 | ,775 | -,6822 | ,3770 |

Fuente: Autor

Estos resultados asumen un nivel de demanda igual al actual, sin embargo al variar porcentualmente los niveles de demanda se evidencia que las políticas basadas en la productividad y la utilidad presentan mejores resultados conforme la demanda aumenta.

Como se puede observar en la figura 30 hay un comportamiento similar de las tres políticas cuando la demanda llega hasta un 10% de variación. La política actual enfocada en la rotación tiene un comportamiento decreciente cuando la demanda aumenta a 20% y 30%, mientras que las políticas de productividad y utilidad tienen comportamiento similar y creciente para los tres escenarios de demanda analizados.

Figura 30. Comportamiento de la productividad de la mano de obra por política.



Fuente: Autor

La política enfocada en la utilidad registró un valor de productividad de mano de obra de 42.89 cuando la demanda cambia, valor muy similar al arrojado por la política basada en la productividad.

Tabla 5. Resumen Productividad de mano de obra por escenario de demanda.

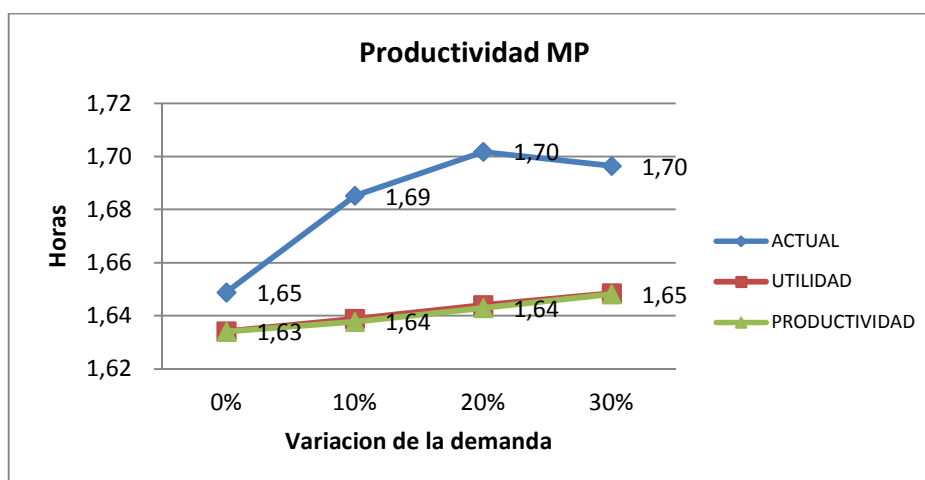
| Política | Productividad MO | | | |
|---------------|------------------|-------|-------|-------|
| | 0% | 10% | 20% | 30% |
| Actual | 33,04 | 36,19 | 35,85 | 35,35 |
| Utilidad | 32,96 | 36,21 | 39,61 | 42,89 |
| Productividad | 32,92 | 36,23 | 39,58 | 42,80 |

Fuente: Autor

Aunque en productividad de la mano de obra las políticas de utilidad y productividad tienen valores con estrecho margen de diferencia, se puede decir que esta diferencia no es significativa, basado en las pruebas ANOVA de la tabla 4.

En cuanto a la productividad de la materia prima, cabe aclarar que aproximadamente el 55% del costo del producto es debido a esta, por lo cual este indicador tiene gran importancia en el resultado final de la operación, de acuerdo con los resultados obtenidos se encontró que la política actual tiene valores superiores a las demás, llegando a un valor de 1.7, sin embargo en su comportamiento se vuelve decreciente cuando la demanda aumenta a más del 20%. Para las políticas de utilidad y productividad el comportamiento de esta variable es creciente para cada variación de la demanda llegando a un valor de 1.65, sin embargo los valores registrados son inferiores a los arrojados por la política actual.

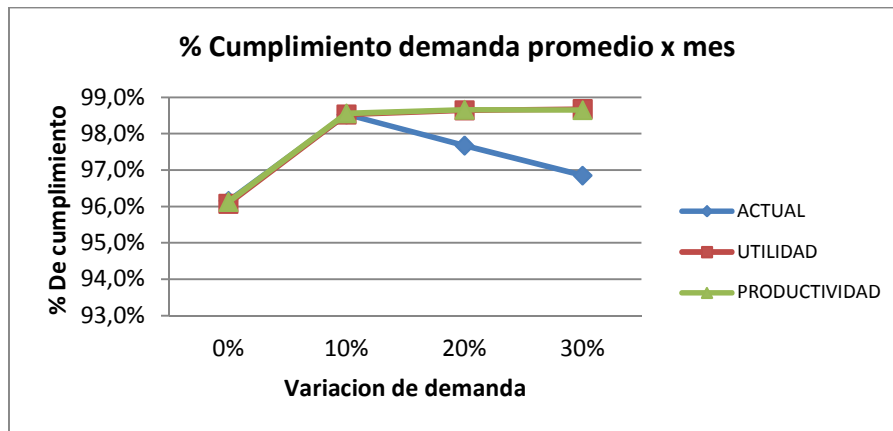
Figura 39. Comportamiento de la productividad de materia prima por política.



Fuente: Autor

De acuerdo con los resultados obtenidos para la variable de cumplimiento de la demanda, la política que mejor comportamiento presenta es la enfocada en la productividad; ya que presenta un comportamiento creciente acorde con las necesidades de la demanda evaluada llegando a un cumplimiento de 98.7%. Para la política actual se identificó un comportamiento decreciente a medida que los escenarios de demanda cambian, siendo la que menos cubrimiento de la demanda generó llegando a un 96.9%. Si se tienen en cuenta los valores de inventario generados por las políticas propuestas, se puede decir que existe una mayor oportunidad de cubrir las necesidades del mercado, sin embargo, de acuerdo con las pruebas Anova no hay diferencias significativas para la variable de cumplimiento de la demanda.

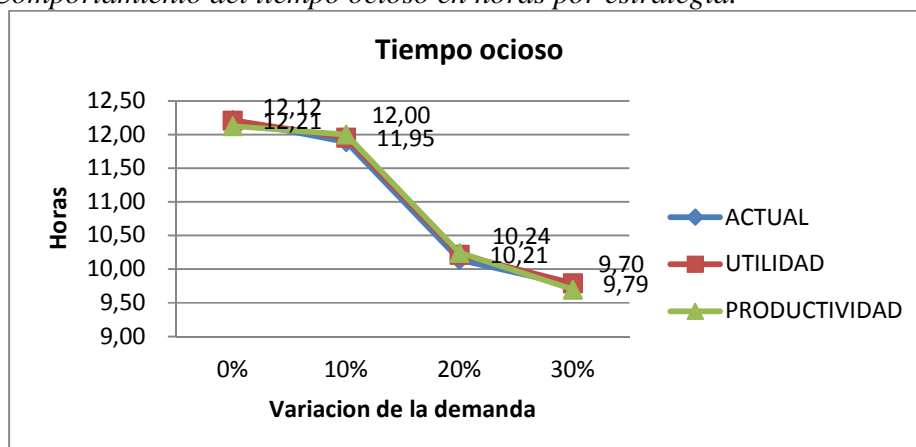
Figura 40. Comportamiento del cumplimiento de la demanda por política.



Fuente: Autor

Para la variable de tiempo ocioso, la política que presenta un mejor comportamiento es basada en la productividad, ya que presenta solo 9.70 horas de tiempo ocioso cuando la demanda aumenta en un 30%. La política actual y la estrategia de utilidad presentan un comportamiento similar, llegando solo a 9.79 horas de tiempo ocioso cuando la demanda aumenta un 30% a pesar que en la figura 33 se observan diferencias, de acuerdo con los datos arrojados al realizar la prueba de Anova, no hay diferencias significativas.

Figura 41 Comportamiento del tiempo ocioso en horas por estrategia.

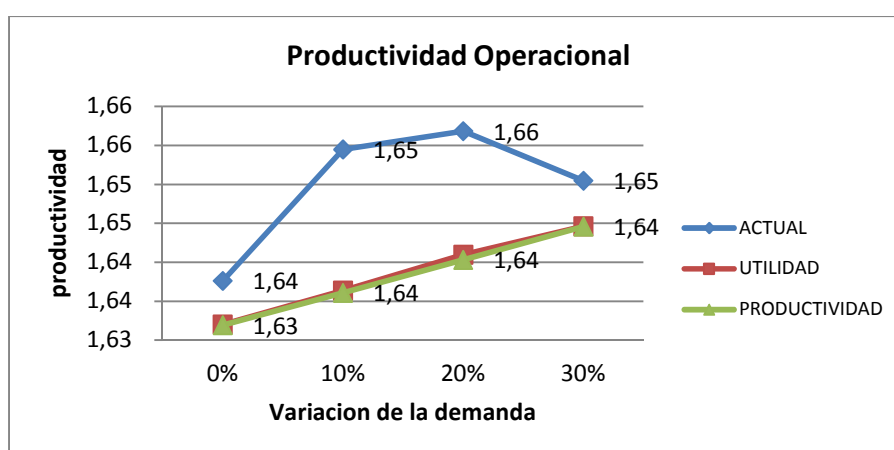


Fuente: Autor

Para el indicador de productividad operacional total, aunque la política actual presenta un mejor comportamiento, con 1.65 cuando la demanda aumenta en un 30%, esta tiene un comportamiento creciente solo cuando la demanda aumenta en un 10%, para aumentos de demanda de 20% y 30%, tiene un comportamiento decreciente.

En cuanto a las políticas enfocadas en la utilidad y la productividad, estas presentan un comportamiento similar, llegando a un nivel de 1.64 cuando la demanda es del 30%. Aunque a diferencia de la política actual el comportamiento es creciente con respecto a los aumentos de la demanda, no hay diferencias significativas de acuerdo con los resultados obtenidos de la prueba de Anova.

Figura 42. *Comportamiento de la productividad mensual por política.*

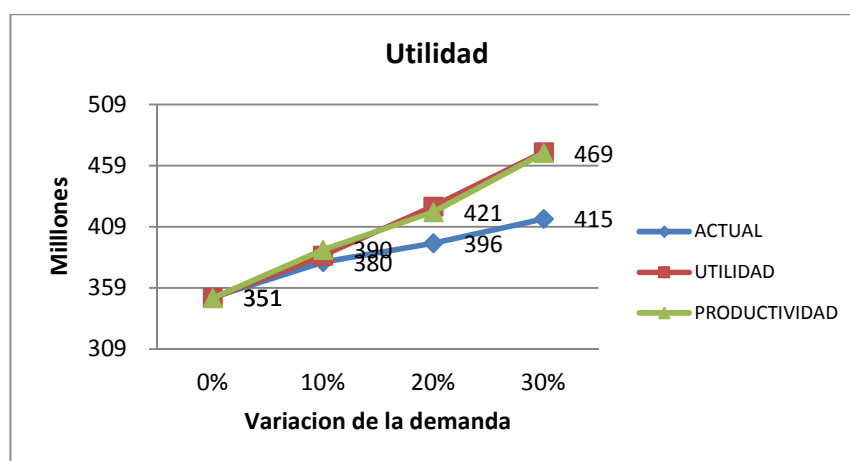


Fuente: Autor

Como es de esperarse, respecto al comportamiento de la utilidad mensual, la política que presenta un mejor comportamiento es la basada en la utilidad; ya que para un aumento de la demanda de 30% presenta una utilidad de 470 millones mensuales. La política de productividad presenta un indicador de 469.26 millones cuando la demanda aumenta en un 30%.

La política actual presenta un mejor comportamiento cuando la demanda aumenta a un 10%, llegando a 385 millones, pero es inferior a las demás estrategias cuando aumenta a un 20% y 30%, llegando solo a una utilidad de 396 y 415 millones respectivamente.

Figura 43. Comportamiento de la productividad mensual por estrategia.



Fuente: Autor

Como se observa, a pesar de no encontrar diferencias significativas, las políticas de productividad y utilidad generan un aumento en los indicadores de la empresa, específicamente en la utilidad estas políticas aumentan en 55 millones aproximadamente la utilidad mensual. La tabla 6 presenta un resumen de la política que mejor resultado generó para cada una de las variables de respuesta analizadas.

Tabla 6 Resultados en cada una de las variables de respuesta

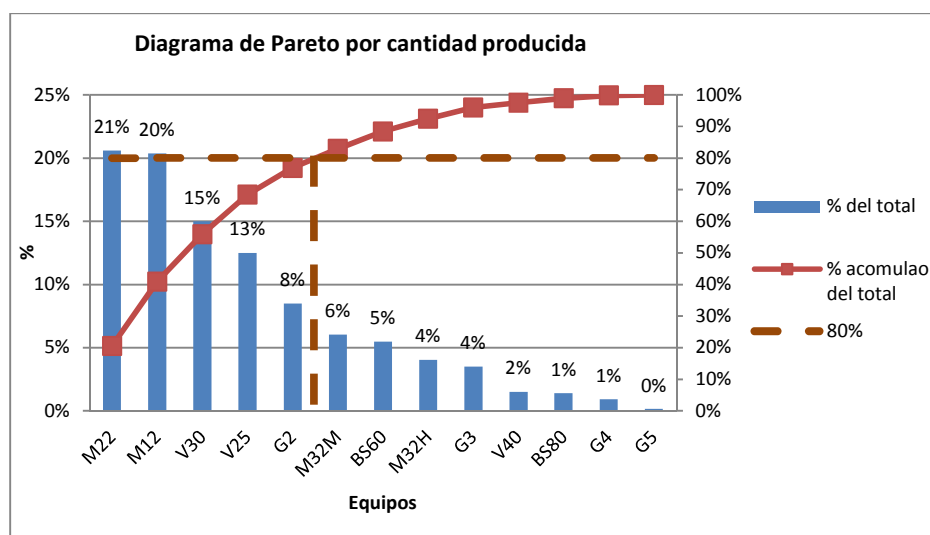
| Política | Satisfacción de la demanda | Utilidad mensual | Productividad operativa | Productividad mano de obra | Productividad materia prima | Tiempo ocioso |
|-------------------------|----------------------------|------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------|
| Actual: rotación | 96,9 | 415 | 1,65 | 35,35 | 1,7 | 10,02 |
| Productividad operativa | 98,7 | 469,26 | 1,64 | 42,8 | 1,65 | 9,74 |
| Utilidad unitaria | 98,7 | 470 | 1,64 | 42,8 | 1,65 | 10,02 |

Fuente: Autor

6.8 Reconfiguración del portafolio de productos

La reconfiguración de portafolio busca la identificación de los equipos que tienen peor desempeño en cada uno de los escenarios identificados en el modelo teniendo en cuenta las políticas de planeación definidas. Para esto se realizó un análisis del comportamiento de cada familia de productos identificando los de peor desempeño por política usando la técnica de graficas de Pareto. Como primer lineamiento estratégico se realizó una identificación de los equipos de mayores niveles de rotación usando cada una de las políticas planteadas, de las cuales se descartaron los equipos que tuvieran la menor cantidad de unidades fabricadas. Este enfoque busca la eliminación de familias que impiden el crecimiento del índice de servicio medido como porcentaje de cumplimiento de la demanda. A continuación se muestran los resultados de la aplicación de la gráfica de Pareto en la política de rotación.

Figura 44. Pareto cantidad de unidades producida política actual



Fuente: Autor

Teniendo en cuenta los resultados de la figura 37 se descartan las familias de equipos M32M, BS60, M32H, G3, V40, BS80, G4, G5. Los cuales para la política de rotación tuvieron la

menor cantidad de equipos fabricados de acuerdo con los datos de la modelación presentados en la siguiente tabla.

Tabla 7. Resultados cantidad de productos fabricados con modelo de rotación

| Familias | Cantidad Fabricada | % del total | % acumulado del total |
|--------------|--------------------|-------------|-----------------------|
| M22 | 816 | 21% | 21% |
| M12 | 807 | 20% | 41% |
| V30 | 594 | 15% | 56% |
| V25 | 496 | 13% | 68% |
| G2 | 336 | 8% | 77% |
| M32M | 240 | 6% | 83% |
| BS60 | 217 | 5% | 88% |
| M32H | 160 | 4% | 92% |
| G3 | 139 | 4% | 96% |
| V40 | 60 | 2% | 98% |
| BS80 | 56 | 1% | 99% |
| G4 | 36 | 1% | 100% |
| G5 | 6 | 0% | 100% |
| Total | 3964 | | |

Fuente: Autor

Posteriormente se realizó la validación de los resultados obtenidos del modelo regido por la política enfocada en la utilidad y la política enfocada en la productividad obteniendo los resultados de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 8. Familias descartadas política de rotación

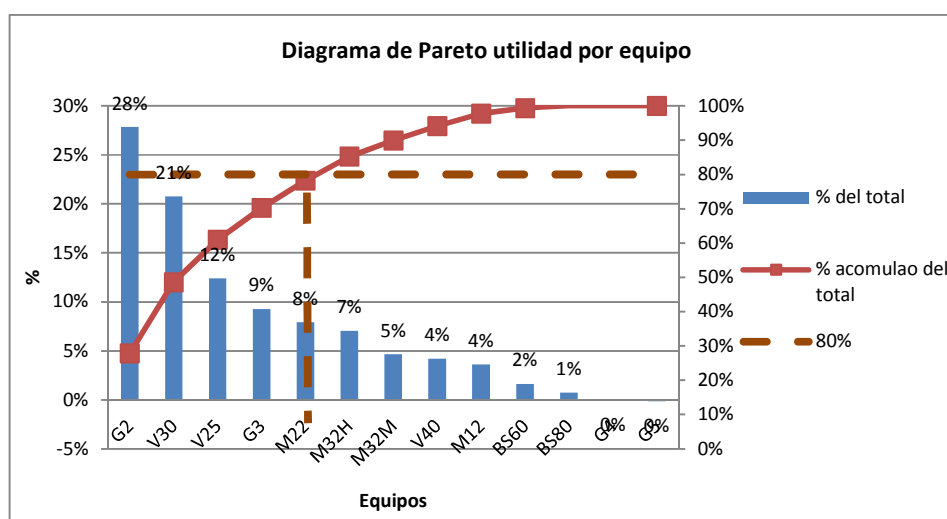
| Equipos | Familia descartadas por política productos de mayor rotación | | |
|---------|--|----------|---------------|
| | Actual | Utilidad | Productividad |
| M22 | | | |
| M12 | | | |
| V30 | | | |
| V25 | | | |
| G2 | | | |
| M32M | X | X | X |
| BS60 | X | X | X |
| M32H | X | X | X |
| G3 | X | X | X |
| BS80 | X | X | X |

| | | | |
|-----|---|---|---|
| V40 | X | X | X |
| G4 | X | X | X |
| G5 | X | X | X |

Fuente: Autor

El siguiente parámetro identificado con respecto al comportamiento de las familias fue la identificación de aquellas que tengan mayores índices de utilidad encontrando los siguientes resultados.

Figura 45. Pareto cantidad de unidades producida política actual



Fuente: Autor

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la figura 38 se logró identificar las familias de mejor desempeño en el índice de utilidad, como las familias M12, M32M, BS60 M32H, BS80, V40, G4 y G5, A continuación se presenta la tabla con la que se construyó la grafica

Tabla 9. Resultados cantidad de productos fabricados con modelo de utilidad

| Equipo | Utilidad promedio mes | % Del total | % Acumulado del total |
|--------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| G2 | 1945,3 | 28% | 28% |
| V30 | 1451,0 | 21% | 49% |

| Equipo | Utilidad promedio mes | % Del total | % Acumulado del total |
|--------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| V25 | 866,5 | 12% | 61% |
| G3 | 647,3 | 9% | 70% |
| M22 | 553,9 | 8% | 78% |
| M32H | 492,2 | 7% | 85% |
| M32M | 326,2 | 5% | 90% |
| V40 | 292,9 | 4% | 94% |
| M12 | 253,3 | 4% | 98% |
| BS60 | 114,4 | 2% | 99% |
| BS80 | 52,0 | 1% | 100% |
| G4 | -0,7 | 0% | 100% |
| G5 | -7,7 | 0% | 100% |
| TOTAL | 6986,7 | | |

Fuente: Autor

Se realizó la validación en los modelos con política de rotación (actual), política de utilidad y productividad encontrando los siguientes resultados.

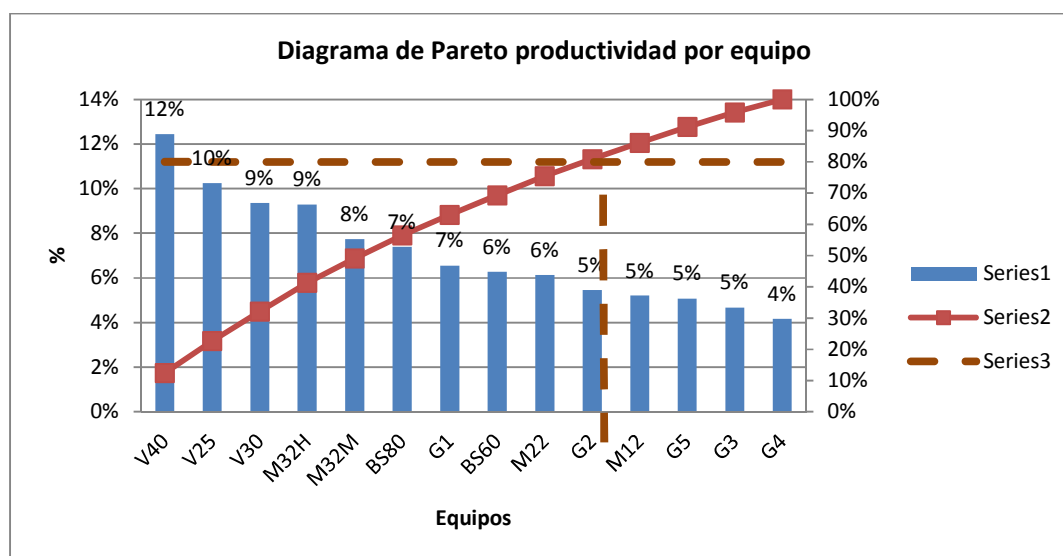
Tabla 10. Familias descartadas con menor utilidad

| Familia descartadas por política productos de menor utilidad | | | |
|--|--------|----------|---------------|
| Equipos | Actual | Utilidad | Productividad |
| M22 | | | |
| M12 | X | X | X |
| V30 | | | |
| V25 | | | |
| G2 | | | |
| M32M | X | X | X |
| BS60 | X | X | X |
| M32H | X | X | X |
| G3 | | | |
| BS80 | X | X | X |
| V40 | X | X | X |
| G4 | X | X | X |
| G5 | X | X | X |

Fuente: Autor

Por último se realizó la identificación de productos con menores índices de productividad para descartar los de menor rendimiento obteniendo los siguientes resultados.

Figura 46. Pareto productividad por equipo



Fuente: Autor

Con base en lo anterior se descartaron las familias de productos M12, G3, G4 y G5. A continuación se muestra los datos con los que se construyó la gráfica.

Tabla 11. Resultados cantidad de productos fabricados con modelo de utilidad

| Equipo | productividad promedio mes | % del total | % acumulado del total |
|--------|----------------------------|-------------|-----------------------|
| V40 | 3,5109 | 12% | 12% |
| V25 | 2,8940 | 10% | 23% |
| V30 | 2,6418 | 9% | 32% |
| M32H | 2,6202 | 9% | 41% |
| M32M | 2,1844 | 8% | 49% |
| BS80 | 2,0842 | 7% | 56% |
| G1 | 1,8504 | 7% | 63% |
| BS60 | 1,7701 | 6% | 69% |
| M22 | 1,7319 | 6% | 75% |
| G2 | 1,5362 | 5% | 81% |
| M12 | 1,4700 | 5% | 86% |
| G5 | 1,4297 | 5% | 91% |
| G3 | 1,3188 | 5% | 96% |
| G4 | 1,1738 | 4% | 100% |
| TOTAL | 28,2162 | | |

Fuente: Autor

Se realizó la validación en los modelos con política de rotación (actual), política de utilidad y productividad encontrando los siguientes resultados.

Tabla 12. Familias descartadas con menor productividad

| Familias descartadas por política productos de mayor productividad | | | |
|--|--------|----------|---------------|
| Equipos | Actual | Utilidad | Productividad |
| M22 | | | |
| M12 | X | X | X |
| V30 | | | |
| V25 | | | |
| G2 | | | X |
| M32M | | | |
| BS60 | | | |
| M32H | | | |
| G3 | X | X | X |
| BS80 | | | |
| V40 | | | |
| G4 | X | X | X |
| G5 | X | X | X |

Fuente: Autor

Al analizar los anteriores resultados de forma conjunta se logró identificar que las familias que siempre fueron descartadas por las políticas identificadas fueron la familia G4 y G5, de acuerdo a los siguientes resultados.

Tabla 13. Resultados eliminación de familia de productos

| Equipos | Familias descartadas por política productos de menor rotación | | | Familias descartadas por política productos de menor utilidad | | | Familias descartadas por política productos de menor productividad | | | No de veces descartada |
|---------|---|----------|---------------|---|----------|---------------|--|----------|---------------|------------------------|
| | Actual | Utilidad | Productividad | Actual | Utilidad | Productividad | Actual | Utilidad | Productividad | |
| M22 | | | | | | | | | | 0 |
| M12 | | | | X | X | X | X | X | X | 6 |
| V30 | | | | | | | | | | 0 |
| V25 | | | | | | | | | | 0 |
| G2 | | | | | | | | | X | 1 |
| M32M | X | X | X | X | X | X | | | | 6 |
| BS60 | X | X | X | X | X | X | | | | 6 |
| M32H | X | X | X | X | X | X | | | | 6 |

| Equipos | Familia descartadas por política productos de menor rotación | | | Familia descartadas por política productos de menor utilidad | | | Familia descartadas por política productos de menor productividad | | | No de veces descartada |
|---------|--|----------|---------------|--|----------|---------------|---|----------|---------------|------------------------|
| | Actual | Utilidad | Productividad | Actual | Utilidad | Productividad | Actual | Utilidad | Productividad | |
| G3 | X | X | X | | | | X | X | X | 6 |
| BS80 | X | X | X | X | X | X | | | | 6 |
| V40 | X | X | X | X | X | X | | | | 6 |
| G4 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 9 |
| G5 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 9 |

Fuente: Autor

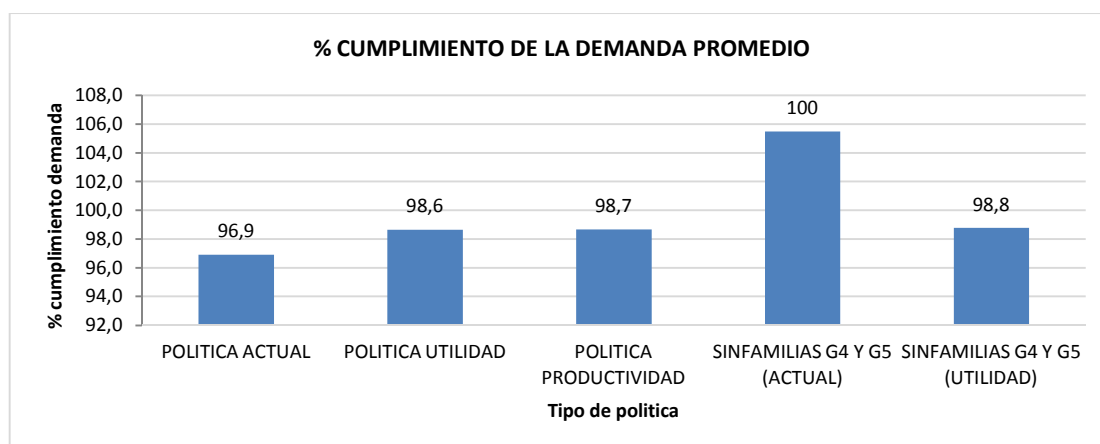
6.9 Definición de estrategia

Teniendo en cuenta los resultados del análisis de productos fabricados la estrategia identificada se basa en el cambio del portafolio de productos, eliminando aquellos que tengan menores índices de utilidad, productividad y rotación, de forma que la capacidad liberada se enfoque en las familias de mejor comportamiento teniendo en cuenta la identificación de la política de mejor desempeño.

Para la identificación de la política de mejor desempeño se realizaron varias corridas en cada uno de los modelos de variación de demanda con cada política definida, eliminando la familia de productos G4 y G5 en cada una de las corridas, y se analizó el comportamiento de cada una de las variables identificadas como son el cumplimiento de la demanda, la productividad de mano de obra, la productividad de materia prima, la productividad total operativa, el tiempo ocioso y la utilidad

En cuanto a la variable de cumplimiento de la demanda, se identificó que la política de mejor comportamiento eliminando las familias de productos G4 y G5 es la política de rotación, ya que logra un indicador del 100% de cubrimiento de la demanda.

Figura 47. Resultados porcentaje cumplimiento de la demanda.



Fuente: Autor

Se realizó un análisis ANOVA encontrando diferencias significativas para la variable de % de cumplimiento de la demanda promedio en los escenarios definidos. Los resultados de la comparación de medias se muestran a continuación (ver anexo H).

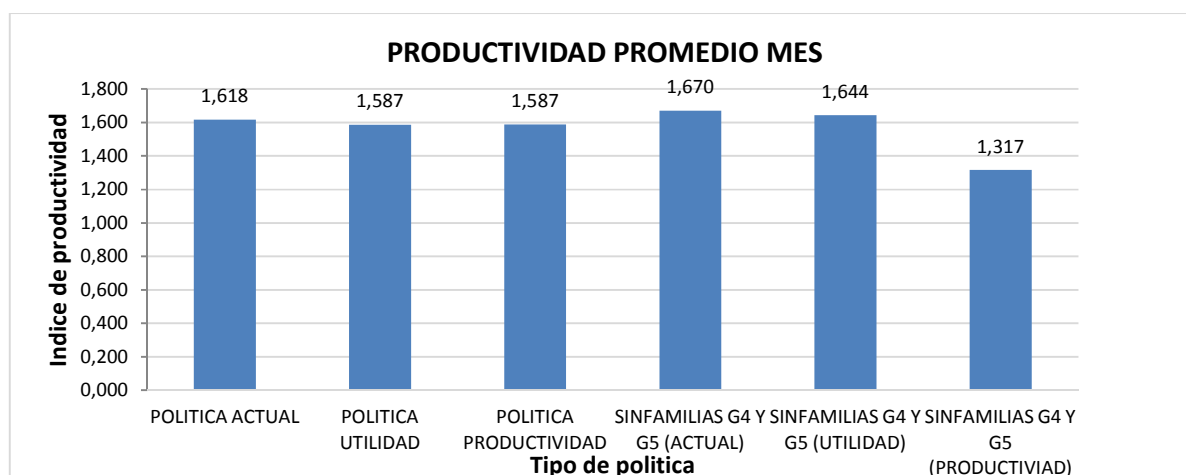
Tabla 14. Análisis Anova para la variable % de cumplimiento de la demanda

| ANOVA | | | | | |
|---|-------------------|-----|------------------|--------|----------|
| % CUMPLIMIENTO DE LA DEMANDA PROMEDIO X MES | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Entre grupos | 1,078 | 5 | 0,216 | 44,707 | 0 |
| Dentro de grupos | 1,703 | 353 | 0,005 | | |
| Total | 2,781 | 358 | | | |

Fuente: Autor

Al realizar la comparación del comportamiento de la variable de productividad operativa total, se logró identificar que la de mejor comportamiento fue la política de rotación con un índice de 1.67, seguida de la política de utilidad con 1.64, mientras que para la política de productividad se genera una productividad de 1.34.

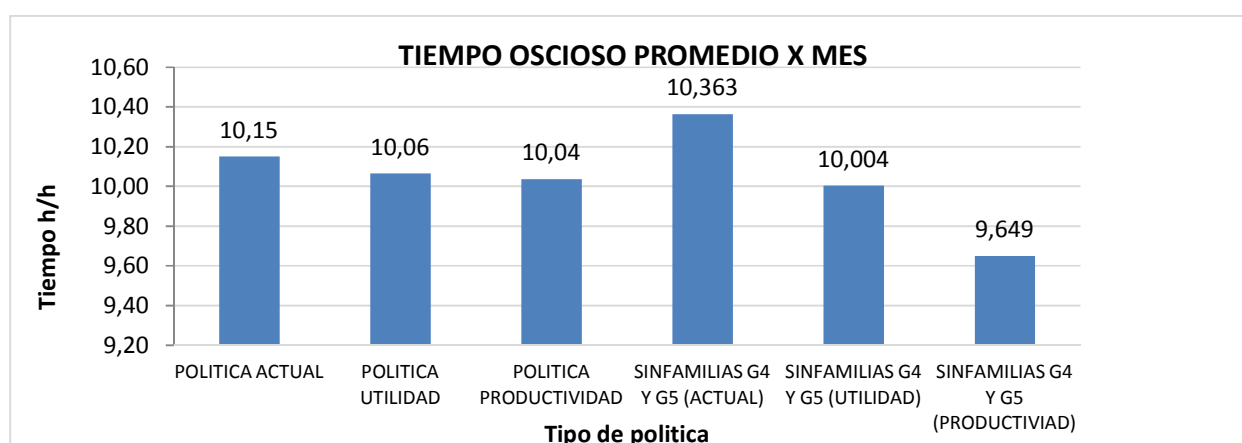
Figura 48. Resultados productividad operativa



Fuente: Autor

En la variable de tiempo ocioso se puede observar que la política de mejor comportamiento fue la política de productividad sin las familias de productos G4 y G5, logrando una reducción de 9.649 h/h de los tiempos muertos, seguida de la política de utilidad sin familias G4 y G5, con un tiempo ocioso de 10.004, esta reducción de tiempo será importante para redistribuirla en las líneas de productos de mejor desempeño.

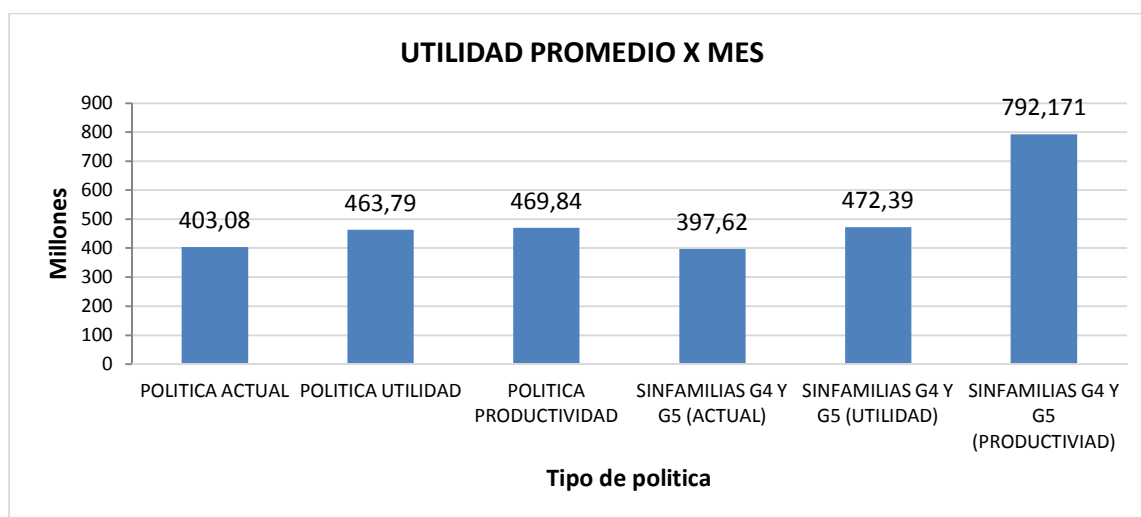
Figura 49. Resultados tiempo ocioso



Fuente: Autor

Los resultados obtenidos para la variable de utilidad muestran que la política de productividad sin las familias G4 y G5, genero mejores resultados con respecto al comportamiento de las demás políticas, logrando una utilidad de 792.171 millones de pesos, por encima de la siguiente mejor que fue la política de utilidad sin las familias G4 y G5 con una utilidad de 472.39 millones, generando una aumento de las utilidades de un 67.6% por encima de la segunda mejor política.

Figura 50. Resultados utilidad promedio



Fuente: Autor

Tras el análisis ANOVA se identificó que la variable de utilidad promedio por mes tiene diferencias significativas con respecto a las muestras tomadas de cada una de las políticas puestas a prueba.

Tabla 15. Análisis Anova para la variable utilidad

| ANOVA | | | | | |
|---------------------------|-------------------|-----|------------------|--------|----------|
| UTILIDAD PROMEDIO MENSUAL | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Entre grupos | 5342216,73 | 5 | 1068443,35 | 37,807 | 0 |
| Dentro de grupos | 10004315,1 | 354 | 28260,777 | | |

| | | |
|-------|------------|-----|
| Total | 15346531,9 | 359 |
|-------|------------|-----|

Fuente: Autor

6.10 Análisis de la estrategia identificada

De acuerdo con los resultados de los análisis de reconfiguración de las familias de productos, donde se realizó una validación de los productos que tenían menores rendimientos en variables como el cumplimiento de la demanda, la productividad y la utilidad por producto. Se logró identificar que las familias G4 y G5 fueron rechazadas en todos los escenarios de políticas establecidas.

Después de la evaluación de los resultados de la variable de utilidad, se identificó que la de mejor desempeño fue la política de la productividad, la cual tiene como restricción la fabricación de aquellos equipos que tengan niveles altos niveles de productividad sin las familias de productos G4 y G5, de esta forma se garantiza una utilidad de 792 millones, es decir 320 millones más que con la mejor de las políticas restantes.

Luego de realizar los estudios pertinentes a la configuración de portafolio y la evaluación de diferentes políticas para dar prioridades a las secuencias de producción, se definió la siguiente estrategia para lograr el mayor aprovechamiento de los recursos y la mayor utilidad:

Con el fin de mejorar las variables de cumplimiento de la demanda, la utilidad y el tiempo ocioso, se establece como estrategia la eliminación de los productos de las familias G4 y G5, las cuales tuvieron los menores rendimientos en comparación con el resto de productos del portafolio. La liberación de los recursos resultantes, se aprovechará en la fabricación de los productos del portafolio cuya rentabilidad y necesidades del mercado lo requieran. La política seguida para la asignación de dicha capacidad debe ser

cambiada empleando el índice de productividad total del producto y no la disponibilidad de inventario basada en las ventas como se ha realizado hasta el momento.

La aplicación de esta política implica que la capacidad liberada debería ser empleada en las siguientes familias en orden de prioridad:

Tabla 16. Prioridad de fabricación de equipos propuesto

| Grupo | Descripción |
|-------|-----------------------|
| G1 | Grupo 1 |
| M22 | Molino M22 |
| V25 | Sierra V25 |
| V30 | Sierra V30 |
| G2 | Grupo 2 |
| M12 | Molino M12 |
| G3 | Grupo 3 |
| M32M | Molino M32 de mesa |
| BS60 | Bascula de 60 x 60 cm |
| M32H | Molino M32H |
| BS80 | Bascula de 80 x 80 cm |
| V40 | Sierra V40 |

Fuente: Autor

Con la aplicación de esta estrategia se espera que la empresa mejore su participación en el mercado pasando de 96.9% con la política actual a un 98.8% de cumplimiento de la demanda, se espera que con la depuración de los productos la mano de obra se enfoque en la fabricación de productos con mejores desempeño reduciendo el tiempo ocioso pasando de 10.15 horas - hombre por mes a 9.649 horas - hombre en promedio. Uno de los indicadores que se espera que tenga mayor impacto es la utilidad la cual puede aumentar en un 96.5% llegando a 792.171 millones por mes de utilidad. Esto garantizará el crecimiento de la empresa y fortalecerá la capacidad de inversión con el fin de aumentar la capacidad tecnológica para garantizar la competitividad en el mercado objetivo.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta que la hipótesis afirma que las estrategias para la administración enfocadas en variables como la utilidad y la productividad, generan un aumento de la productividad operativa de las empresas del sector metalmeccánico dedicadas a la fabricación y comercialización de equipos para el procesamiento de alimentos, al tiempo que aumentan significativamente el cumplimiento de la demanda, la utilidad y disminuyen el tiempo ocioso, se puede concluir que no se rechaza la hipótesis; ya que al realizar la evaluación de la estrategia eliminando las familias de productos G4 y G5, se logró aumentar la productividad operativa pasando de 1.618 en la situación actual con política de rotación a 1.644 de productividad operativa.

Por otro lado se encontraron resultados importantes en variables como la utilidad, la cual aumento de 403,08 millones anuales en la situación actual a 792.171 millones anuales con la política de productividad eliminando las familias G4 y G5, además se logró la reducción del tiempo ocioso pasando de 10.15 Horas-hombre mensuales con la situación actual a 9.646 horas-hombre por mes con la estrategia propuesta.

Al eliminar las familias de productos de menor desempeño, se notó un incremento importante en los indicadores de productividad, tiempo ocioso y utilidad, esta última llegó a los 792 millones, un 96 % de las utilidades en comparación de la política actual sin modificación de portafolio. La redistribución de los recursos usados en productos de menor desempeño garantiza una mejoría en los resultados alcanzados especialmente en la utilidad.

La dinámica de sistemas es una herramienta muy eficiente para el análisis de sistemas productivos, en este caso permitió considerar una gran cantidad de variables como la aleatoriedad de la demanda, los tiempos de aprovisionamiento, los tiempos de fabricación, las diferencias entre la planeación y la ejecución de la producción, la capacidad instalada, entre otras, y su

relación con la satisfacción de la demanda, el tiempo ocioso, la utilidad y la productividad operativa. Lo anterior condujo a un mayor entendimiento del comportamiento de la productividad operativa de la empresa brindando una herramienta útil para la planeación de la producción bajo diferentes estrategias.

Teniendo en cuenta los resultados de la investigación, se plantea como investigación futura determinar el impacto de la aplicación métodos de minimización de costos de materia prima, así como de políticas de inventario de las mismas, partiendo del hecho que la materia prima es en promedio 55% del total de los costos de producción, buscando con esto identificar aquellos materiales que inciden en mayor porcentaje en el costo del producto. De igual forma se plantea enriquecer el modelo con estrategias financieras tales como precios diferenciales por volúmenes de ventas o ventas a crédito, de forma que se complemente la estrategia de producción aquí identificada.

8 BIBLIOGRAFIA

Aiello Francesco, Ricotta Fernanda, (2013). Explaining Total Factor Productivity at Firm Level in Italy: Does Location Matter?, Spatial Economic Analysis.

Amezquita Zarate Pascual. (2007). Efectos del TLC Colombia-EUA en la Pymes colombiana, Análisis económico, Núm. 50, vol. XXII.

Aracil Santoja Javier, (1986). Introducción a la dinámica de sistemas. Alianza Editores, Madrid.

Bain David, (1982). Productividad la solución: a los problemas de la empresa, McGraw-Hill.

Baffore Bonnie Jhon. (2012). The dynamic implications for wage changes on productivity, prices, and employment in developing economy: a structural var analysis.

Blanco Rivero Luis Ernesto, (1999). Productividad factor estratégico de competitividad a nivel global, Editorial escuela colombiana de ingeniería.

Burbano Diego A., D. López, A. Rojas. (2015). Definición de un método para la programación de la producción desde el paradigma de los sistemas holónicos de manufactura. Ingeniería y competitividad, volumen 17.

Cala H. Álvaro, (2005). Situación y Necesidades de la Pequeña y Mediana Empresa. Revista electrónica de difusión científica – Universidad Sergio Arboleda Bogotá – Colombia. Disponible en: <http://www.usergioarboleda.edu.co/civilizar>

Casanova Fernando, (2002). Formación profesional, productividad y trabajo decente Boletín n^a153 Cinterfor Montevideo. [11-2-2008]

Clavijo Sergio, Vera Andrea, Fandiño Alejandro, (2012). La desindustrialización en Colombia, análisis cuantitativo de sus determinantes, ANIF,

Christopher, Martin, (2000). Logística: Aspectos estratégicos. Editorial Limusa, S.A. México, D.F.

Cotte Poveda Alexander, (2015). Crecimiento empresarial y corrupción: un análisis para la industria manufacturera colombiana durante el periodo 2000–2011. Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa.

Deming, W. Edwards. Calidad, (2007). Productividad y competitividad la salida de la crisis. Capítulo 7, tomado de www.eie.fceia.unr.edu.ar. Febrero 15,

Duque Gallego Carlos Alberto y Velasco Alfonso, (2013). Perfil del sector manufacturero, Universidad Santiago de Cali.

Duran J., J. M. Carlos, Schuschuny A. (2007). Los acuerdos comerciales de Colombia, Ecuador y Perú con los Estados Unidos: efectos sobre el comercio, la producción y el bienestar. Revista CEPAL 91.

Echavarría Juan José, Arbeláez María A., María Fernanda Rosales, (2006), La productividad y sus determinantes: el caso de la industria colombiana, DESARROLLO Y SOSTENIBILIDAD 57.

Everett E. Adam, James C. Hershauer, William A. Ruch, (1999). Productividad y calidad su medición como base del mejoramiento. Trillas.

Feres, Sahid. (1998). Logística Pura: más allá de un proceso logístico. Fondo Rotatorio Regional Atlántico Armada Nacional. Colombia.

Forrester, Jay Wright, (1981). Dinámica Industrial. Editorial El Ateneo, Bogotá.

Gómez Jairo Alberto, (2006). Modelos de productividad basada en prácticas de gestión humana, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia).

Kalenatic, Dusko. (2001). Modelo integral y dinámico para el análisis, planeación, programación y control de las capacidades productivas en empresas manufactureras. Editorial Instituto de estudios e investigaciones educativas, Centro de investigación y desarrollo científico, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

Martínez Carlos Eduardo. (1999). Administración de las organizaciones productividad y eficacia. Universidad nacional de Colombia.

Mc Kinsey, C. (2011). Construyendo ciudades, competitivas: La clave para el crecimiento en América Latina.

Medina Jorge Eduardo, 2010, Modelo integral de productividad, aspectos importantes para su implementación, revista EAN.

Ministerio de trabajo y seguridad social. (1996). Antecedentes de productividad. (Colombia)

Mintzerberg Henry, Brain Quinn James, Voyer Jhon, (1997). El proceso estratégico conceptos, contexto y casos. Pierson.

Niebel Benjamín y Andris Freivalds, (2004). Administración de organizaciones productividad y eficacia, segunda edición, impreso por la Universidad Nacional de Colombia.

Lyneis James M. (1998). System Dynamics for business strategy: a phased approach,

Lombana Sosa Rafael, Suarez Gaitán Wilmar, (2015), Diseño e implementación de un modelo de productividad para las pymes metalmecánicas de Bogotá, Clepsidra, Universidad autónoma de Colombia.

Rangel Armenio, Freitas Fernando, (2015). Un análisis comparativo de la productividad en las industrias manufactureras del Brasil y México. Revista CEPAL.

Rodríguez Francisco J., (1989). Dinámica de sistemas. Editorial Tillas

Rojas Miguel D., (2002). Administración para ingenieros, Eco ediciones.

Sanchez Pedro, Sanchez Carmen, Sanchez Francisco, Montserrat Maria, (2014). Innovation and Productivity Manufacturer, Journal of Technology Management & Innovation

Seep Sari, (2006). Theory and measurement in business, Satakunta University of applied sciences.

SENA, (2012). Caracterización del sector metalmecánico y área de soldadura. SENA. Bogotá Colombia.

Sumanth David, PH. D (1999). Administración para la productividad total. Un enfoque sistémico y cuantitativo para competir en calidad precio y tiempo, editorial continental S.A.

Sumanth David, PH. D. (1990). Ingeniería y administración de la productividad, Mac Graw Hill,

Thanwadee Chainda. (2012). A Dynamic Model of Productivity Enhancement in the Thai Food Industry, School of Management Technology.

Vargas Morales German. (1990). Modelos lineales en investigación de operaciones. Universidad distrital.

Velásquez Yngrid, Núñez Botini Miguel, Monroy Carlos Enrique, (2010). Estrategias para el mejoramiento de la productividad.

Anexo B. Pruebas de independencia por familia

Pruebas independencia familia M12 Pruebas independencia familia M22

| runs test on input | | runs test on input | |
|--------------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|
| runs test (above/below median) | | runs test (above/below median) | |
| data points | 36 | data points | 38 |
| points above median | 15 | points above median | 19 |
| points below median | 16 | points below median | 19 |
| total runs | 18 | total runs | 22 |
| mean runs | 16.4839 | mean runs | 20. |
| standard deviation runs | 2.73414 | standard deviation runs | 3.04027 |
| runs statistic | 0.554517 | runs statistic | 0.657836 |
| level of significance | 5.e-002 | level of significance | 5.e-002 |
| runs statistic[2.5e-002] | 1.95996 | runs statistic[2.5e-002] | 1.95996 |
| p-value | 0.579225 | p-value | 0.510643 |
| result | DO NOT REJECT | result | DO NOT REJECT |
| runs test (turning points) | | runs test (turning points) | |
| data points | 32 | data points | 35 |
| turning points | 18 | turning points | 26 |
| mean turnings | 21. | mean turnings | 23. |
| standard deviation turnings | 2.31661 | standard deviation turnings | 2.42899 |
| turnings statistic | 1.295 | turnings statistic | 1.23508 |
| level of significance | 5.e-002 | level of significance | 5.e-002 |
| turnings statistic[2.5e-002] | 1.95996 | turnings statistic[2.5e-002] | 1.95996 |
| p-value | 0.195321 | p-value | 0.216801 |
| result | DO NOT REJECT | result | DO NOT REJECT |

Pruebas independencia familia M32M

Pruebas independencia familia M32H

| runs test on input | | runs test on input | |
|--------------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|
| runs test (above/below median) | | runs test (above/below median) | |
| data points | 38 | data points | 38 |
| points above median | 14 | points above median | 16 |
| points below median | 18 | points below median | 17 |
| total runs | 15 | total runs | 17 |
| mean runs | 16.75 | mean runs | 17.4848 |
| standard deviation runs | 2.73751 | standard deviation runs | 2.82437 |
| runs statistic | 0.639267 | runs statistic | 0.171666 |
| level of significance | 5.e-002 | level of significance | 5.e-002 |
| runs statistic[2.5e-002] | 1.95996 | runs statistic[2.5e-002] | 1.95996 |
| p-value | 0.522649 | p-value | 0.8637 |
| result | DO NOT REJECT | result | DO NOT REJECT |
| runs test (turning points) | | runs test (turning points) | |
| data points | 32 | data points | 34 |
| turning points | 21 | turning points | 23 |
| mean turnings | 21. | mean turnings | 22.3333 |
| standard deviation turnings | 2.31661 | standard deviation turnings | 2.39212 |
| turnings statistic | 0. | turnings statistic | 0.278693 |
| level of significance | 5.e-002 | level of significance | 5.e-002 |
| turnings statistic[2.5e-002] | 1.95996 | turnings statistic[2.5e-002] | 1.95996 |
| p-value | 1. | p-value | 0.78048 |
| result | DO NOT REJECT | result | DO NOT REJECT |

Pruebas independencia familia V25 Pruebas independencia familia V30

| runs test on input | | runs test on input | |
|--------------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|
| runs test (above/below median) | | runs test (above/below median) | |
| data points | 38 | data points | 38 |
| points above median | 15 | points above median | 17 |
| points below median | 17 | points below median | 16 |
| total runs | 12 | total runs | 17 |
| mean runs | 16.9375 | mean runs | 17.4848 |
| standard deviation runs | 2.7712 | standard deviation runs | 2.82437 |
| runs statistic | 1.78172 | runs statistic | 0.171666 |
| level of significance | 5.e-002 | level of significance | 5.e-002 |
| runs statistic(2.5e-002) | 1.95996 | runs statistic(2.5e-002) | 1.95996 |
| p-value | 7.47953e-002 | p-value | 0.8637 |
| result | DO NOT REJECT | result | DO NOT REJECT |
| runs test (turning points) | | runs test (turning points) | |
| data points | 30 | data points | 37 |
| turning points | 19 | turning points | 24 |
| mean turnings | 19.6667 | mean turnings | 24.3333 |
| standard deviation turnings | 2.23855 | standard deviation turnings | 2.50111 |
| turnings statistic | 0.297812 | turnings statistic | 0.133274 |
| level of significance | 5.e-002 | level of significance | 5.e-002 |
| turnings statistic(2.5e-002) | 1.95996 | turnings statistic(2.5e-002) | 1.95996 |
| p-value | 0.765847 | p-value | 0.893977 |
| result | DO NOT REJECT | result | DO NOT REJECT |

Pruebas independencia familia V40 Pruebas independencia familia LC15

| runs test on input | | runs test on input | |
|--------------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|
| runs test (above/below median) | | runs test (above/below median) | |
| data points | 38 | data points | 38 |
| points above median | 19 | points above median | 13 |
| points below median | 19 | points below median | 15 |
| total runs | 23 | total runs | 17 |
| mean runs | 20. | mean runs | 14.9286 |
| standard deviation runs | 3.04027 | standard deviation runs | 2.58254 |
| runs statistic | 0.986754 | runs statistic | 0.80209 |
| level of significance | 5.e-002 | level of significance | 5.e-002 |
| runs statistic(2.5e-002) | 1.95996 | runs statistic(2.5e-002) | 1.95996 |
| p-value | 0.323763 | p-value | 0.422501 |
| result | DO NOT REJECT | result | DO NOT REJECT |
| runs test (turning points) | | runs test (turning points) | |
| data points | 24 | data points | 31 |
| turning points | 21 | turning points | 19 |
| mean turnings | 15.6667 | mean turnings | 20.3333 |
| standard deviation turnings | 1.98606 | standard deviation turnings | 2.27791 |
| turnings statistic | 2.68538 | turnings statistic | 0.585331 |
| level of significance | 5.e-002 | level of significance | 5.e-002 |
| turnings statistic(2.5e-002) | 1.95996 | turnings statistic(2.5e-002) | 1.95996 |
| p-value | 7.24473e-003 | p-value | 0.558325 |
| result | REJECT | result | DO NOT REJECT |

Pruebas independencia familia BS60

| runs test on input | |
|--------------------------------|---------------|
| runs test (above/below median) | |
| data points | 36 |
| points above median | 18 |
| points below median | 18 |
| total runs | 25 |
| mean runs | 19. |
| standard deviation runs | 2.95683 |
| runs statistic | 2.0292 |
| level of significance | 5.e-002 |
| runs statistic[2.5e-002] | 1.95996 |
| p-value | 4.24381e-002 |
| result | REJECT |
| runs test (turning points) | |
| data points | 32 |
| turning points | 25 |
| mean turnings | 21. |
| standard deviation turnings | 2.31661 |
| turnings statistic | 1.72666 |
| level of significance | 5.e-002 |
| turnings statistic[2.5e-002] | 1.95996 |
| p-value | 8.42282e-002 |
| result | DO NOT REJECT |

Pruebas independencia familia BS80

| runs test on input | |
|--|---------------|
| runs test (above/below median) | |
| data points | 36 |
| points above median | 14 |
| points below median | 0 |
| total runs | 1 |
| too few independent data points for normal approximation | |
| runs test (turning points) | |
| data points | 21 |
| turning points | 15 |
| mean turnings | 13.6667 |
| standard deviation turnings | 1.84692 |
| turnings statistic | 0.721923 |
| level of significance | 5.e-002 |
| turnings statistic[2.5e-002] | 1.95996 |
| p-value | 0.470342 |
| result | DO NOT REJECT |

Pruebas independencia familia G1 Pruebas independencia familia G2

| runs test on input | |
|--------------------------------|---------------|
| runs test (above/below median) | |
| data points | 36 |
| points above median | 18 |
| points below median | 18 |
| total runs | 16 |
| mean runs | 19. |
| standard deviation runs | 2.95683 |
| runs statistic | 1.0146 |
| level of significance | 5.e-002 |
| runs statistic[2.5e-002] | 1.95996 |
| p-value | 0.310297 |
| result | DO NOT REJECT |
| runs test (turning points) | |
| data points | 36 |
| turning points | 24 |
| mean turnings | 23.6667 |
| standard deviation turnings | 2.46531 |
| turnings statistic | 0.135209 |
| level of significance | 5.e-002 |
| turnings statistic[2.5e-002] | 1.95996 |
| p-value | 0.892446 |
| result | DO NOT REJECT |

| runs test on input | |
|--------------------------------|---------------|
| runs test (above/below median) | |
| data points | 36 |
| points above median | 15 |
| points below median | 17 |
| total runs | 18 |
| mean runs | 16.9375 |
| standard deviation runs | 2.7712 |
| runs statistic | 0.383408 |
| level of significance | 5.e-002 |
| runs statistic[2.5e-002] | 1.95996 |
| p-value | 0.701418 |
| result | DO NOT REJECT |
| runs test (turning points) | |
| data points | 29 |
| turning points | 23 |
| mean turnings | 19. |
| standard deviation turnings | 2.19848 |
| turnings statistic | 1.81944 |
| level of significance | 5.e-002 |
| turnings statistic[2.5e-002] | 1.95996 |
| p-value | 6.88451e-002 |
| result | DO NOT REJECT |

Pruebas independencia familia G3 Pruebas independencia familia G4

runs test on input

runs test (above/below median)

| | |
|--------------------------|---------------|
| data points | 36 |
| points above median | 15 |
| points below median | 10 |
| total runs | 10 |
| mean runs | 13. |
| standard deviation runs | 2.34521 |
| runs statistic | 1.2792 |
| level of significance | 5.e-002 |
| runs statistic[2.5e-002] | 1.95996 |
| p-value | 0.200825 |
| result | DO NOT REJECT |

runs test (turning points)

| | |
|------------------------------|---------------|
| data points | 22 |
| turning points | 12 |
| mean turnings | 14.3333 |
| standard deviation turnings | 1.89444 |
| turnings statistic | 1.23168 |
| level of significance | 5.e-002 |
| turnings statistic[2.5e-002] | 1.95996 |
| p-value | 0.21807 |
| result | DO NOT REJECT |

runs test on input

runs test (above/below median)

| | |
|---------------------|----|
| data points | 36 |
| points above median | 8 |
| points below median | 0 |
| total runs | 1 |

too few independent data points for normal approximation

runs test (turning points)

| | |
|------------------------------|---------------|
| data points | 13 |
| turning points | 9 |
| mean turnings | 8.33333 |
| standard deviation turnings | 1.41028 |
| turnings statistic | 0.472719 |
| level of significance | 5.e-002 |
| turnings statistic[2.5e-002] | 1.95996 |
| p-value | 0.636413 |
| result | DO NOT REJECT |

Anexo C. Pruebas de bondad de ajuste por familia

Prueba de bondad de ajuste M12

Auto::Fit of Distributions

| distribution | rank | acceptance |
|---------------------------|-----------|---------------|
| Poisson(9.94) | 100 | do not reject |
| Geometric(9.14e-002) | 4.62e-003 | reject |
| Discrete Uniform(4., 29.) | 4.27e-010 | reject |

Prueba de bondad de ajuste M22

Auto::Fit of Distributions

| distribution | rank | acceptance |
|---------------------------|------|------------|
| Poisson(10.6) | 100 | reject |
| Geometric(8.6e-002) | 2.36 | reject |
| Discrete Uniform(2., 24.) | 2.3 | reject |

Prueba de bondad de ajuste M32M

Auto::Fit of Distributions

| distribution | rank | acceptance |
|---------------------------|------|------------|
| Geometric(0.198) | 100 | reject |
| Poisson(4.05) | 21.3 | reject |
| Discrete Uniform(0., 38.) | 0. | reject |

Prueba de bondad de ajuste M32H

Auto::Fit of Distributions

| distribution | rank | acceptance |
|--------------------------|-----------|---------------|
| Geometric(0.33) | 100 | do not reject |
| Poisson(2.03) | 8.78 | do not reject |
| Discrete Uniform(0., 8.) | 6.52e-008 | reject |

Prueba de bondad de ajuste V25

Auto::Fit of Distributions

| distribution | rank | acceptance |
|---------------------------|-----------|---------------|
| Poisson(5.42) | 100 | do not reject |
| Geometric(0.156) | 6.39e-004 | reject |
| Discrete Uniform(2., 13.) | 3.66e-004 | reject |

Prueba de bondad de ajuste V30

Auto::Fit of Distributions

| distribution | rank | acceptance |
|---------------------------|-----------|---------------|
| Poisson(6.55) | 100 | do not reject |
| Geometric(0.132) | 1.45e-002 | reject |
| Discrete Uniform(1., 16.) | 4.28e-003 | reject |

Prueba de bondad de ajuste V40

Auto::Fit of Distributions

| distribution | rank | acceptance |
|--------------------------|-----------|---------------|
| Poisson(0.763) | 100 | do not reject |
| Geometric(0.567) | 99.1 | do not reject |
| Discrete Uniform(0., 3.) | 7.22e-002 | reject |

Prueba de bondad de ajuste LC15

Auto::Fit of Distributions

| distribution | rank | acceptance |
|--------------------------|-----------|---------------|
| Poisson(2.03) | 100 | do not reject |
| Geometric(0.33) | 7.71 | do not reject |
| Discrete Uniform(0., 6.) | 9.87e-002 | reject |

Prueba de bondad de ajuste BS60

Auto::Fit of Distributions

| distribution | rank | acceptance |
|--------------------------|-----------|---------------|
| Geometric(0.319) | 100 | do not reject |
| Poisson(2.14) | 14.4 | do not reject |
| Discrete Uniform(0., 7.) | 2.25e-003 | reject |

Prueba de bondad de ajuste BS80

Auto::Fit of Distributions

| distribution | rank | acceptance |
|--------------------------|-----------|---------------|
| Geometric(0.563) | 100 | do not reject |
| Poisson(0.778) | 34.6 | do not reject |
| Discrete Uniform(0., 5.) | 7.12e-008 | reject |

Prueba de bondad de ajuste G1

Auto::Fit of Distributions

| distribution | rank | acceptance |
|----------------------------|-----------|------------|
| Geometric(5.33e-003) | 100 | reject |
| Discrete Uniform(58., 730) | 5.88e-006 | reject |
| Poisson(187) | 1.5e-006 | reject |

Prueba de bondad de ajuste G2

Auto::Fit of Distributions

| distribution | rank | acceptance |
|---------------------------|-----------|---------------|
| Geometric(0.221) | 100 | do not reject |
| Poisson(3.53) | 45.1 | do not reject |
| Discrete Uniform(0., 19.) | 6.31e-008 | reject |

Prueba de bondad de ajuste G3

Auto::Fit of Distributions

| distribution | rank | acceptance |
|--------------------------|-----------|---------------|
| Geometric(0.36) | 100 | do not reject |
| Poisson(1.78) | 69.8 | do not reject |
| Discrete Uniform(0., 6.) | 8.69e-002 | reject |

Prueba de bondad de ajuste G4

Auto::Fit of Distributions

| distribution | rank | acceptance |
|--------------------------|-----------|---------------|
| Geometric(0.706) | 100 | do not reject |
| Poisson(0.417) | 65.9 | do not reject |
| Discrete Uniform(0., 5.) | 1.95e-011 | reject |

Prueba de bondad de ajuste G5

Auto::Fit of Distributions

| distribution | rank | acceptance |
|--------------------------|-----------|---------------|
| Binomial(1., 5.56e-002) | 100 | do not reject |
| Geometric(0.947) | 100 | do not reject |
| Poisson(5.56e-002) | 100 | do not reject |
| Discrete Uniform(0., 1.) | 5.33e-005 | reject |

Anexo D. Tabla de frecuencia para generación de la demanda

Estas tablas fueron empleadas para aquellas familias cuya demanda se ajusta a funciones de distribución de probabilidad no disponibles en el software Vensim (R).

Intervalos y frecuencias M12

| Intervalo | Rango | | Frecuencia | % | % Acumulado |
|-----------|-------|------|------------|-----|-------------|
| 1 | 0 | 5,9 | 8 | 22% | 22% |
| 2 | 6 | 11,9 | 18 | 50% | 72% |
| 3 | 12 | 17,9 | 7 | 19% | 92% |
| 4 | 18 | 23,9 | 2 | 6% | 97% |
| 5 | 24 | 29 | 1 | 3% | 100% |

Intervalos y frecuencias M22

| Intervalo | Rango | | Frecuencia | % | % Acumulado |
|-----------|-------|------|------------|-----|-------------|
| 1 | 0 | 5,9 | 9 | 24% | 24% |
| 2 | 6 | 11,9 | 13 | 34% | 58% |
| 3 | 12 | 17,9 | 11 | 29% | 87% |
| 4 | 18 | 24 | 5 | 13% | 100% |

Intervalos y frecuencias M32M

| Ventas | Frecuencia | % | % Acumulado |
|--------|------------|-----|-------------|
| 0 | 2 | 5% | 5% |
| 1 | 4 | 11% | 16% |
| 2 | 12 | 32% | 49% |
| 3 | 6 | 16% | 65% |
| 4 | 4 | 11% | 76% |
| 5 | 3 | 8% | 84% |
| 6 | 3 | 8% | 92% |
| 7 | 3 | 8% | 100% |

Intervalos y frecuencias M32H

| Ventas | Frecuencia | % | % Acumulado |
|--------|------------|-----|-------------|
| 0 | 10 | 26% | 26% |
| 1 | 7 | 18% | 45% |
| 2 | 5 | 13% | 58% |
| 3 | 9 | 24% | 82% |
| 4 | 5 | 13% | 95% |
| 5 | 1 | 3% | 97% |
| 6 | 0 | 0% | 97% |
| 7 | 0 | 0% | 97% |
| 8 | 1 | 3% | 100% |

Intervalos y frecuencias V25

| Intervalo | Rango ventas | Frecuencia | % | % Acumulado |
|-----------|--------------|------------|-----|-------------|
| 1 | 0 2,9 | 5 | 13% | 13% |
| 2 | 3 5,9 | 18 | 47% | 61% |
| 3 | 6 8,9 | 11 | 29% | 89% |
| 4 | 9 11,9 | 2 | 5% | 95% |
| 5 | 12 15 | 2 | 5% | 100% |

Intervalos y frecuencias V30

| Intervalo | Rango ventas | Frecuencia | % | % Acumulado |
|-----------|--------------|------------|-----|-------------|
| 1 | 1 2,9 | 6 | 16% | 16% |
| 2 | 4 5,9 | 10 | 26% | 42% |
| 3 | 7 8,9 | 13 | 34% | 76% |
| 4 | 10 11,9 | 4 | 11% | 87% |
| 5 | 13 16 | 5 | 13% | 100% |

Intervalos y frecuencias V40

| Ventas | Frecuencia | % | % Acumulado |
|--------|------------|-----|----------------|
| 0 | 19 | 50% | 50% |
| 1 | 12 | 32% | 82% |
| 2 | 4 | 11% | 92% |
| 3 | 3 | 8% | 100% |

Intervalos y frecuencias LC15

| Ventas | Frecuencia | % | % Acumulado |
|--------|------------|-----|----------------|
| 0 | 8 | 21% | 21% |
| 1 | 7 | 18% | 39% |
| 2 | 10 | 26% | 66% |
| 3 | 6 | 16% | 82% |
| 4 | 5 | 13% | 95% |
| 5 | 0 | 0% | 95% |
| 6 | 2 | 5% | 100% |

Intervalos y frecuencias BS60

| Ventas | Frecuencia | % | % Acumulado |
|--------|------------|-----|----------------|
| 1 | 10 | 36% | 36% |
| 2 | 6 | 21% | 57% |
| 3 | 4 | 14% | 71% |
| 4 | 2 | 7% | 79% |
| 5 | 3 | 11% | 89% |
| 6 | 1 | 4% | 93% |
| 7 | 2 | 7% | 100% |

Intervalos y frecuencias BS80

| Ventas | Frecuencia | % | % Acumulado |
|--------|------------|-----|----------------|
| 0 | 24 | 63% | 63% |
| 1 | 9 | 24% | 87% |
| 2 | 2 | 5% | 92% |
| 3 | 0 | 0% | 92% |
| 4 | 0 | 0% | 92% |
| 5 | 3 | 8% | 100% |

Intervalos y frecuencias GRUPO 1

| Intervalo | Rango ventas | Frecuencia | % | % Acumulado |
|-----------|--------------|------------|----|----------------|
| 1 | 58 | 193 | 25 | 69% |
| 2 | 193 | 328 | 8 | 22% |
| 3 | 328 | 463 | 1 | 3% |
| 4 | 463 | 598 | 1 | 3% |
| 5 | 598 | 733 | 1 | 3% |

Intervalos y frecuencias GRUPO 2

| Intervalo | Rango ventas | Frecuencia | % | % Acumulado |
|-----------|--------------|------------|----|----------------|
| 1 | 0 | 4 | 21 | 58% |
| 2 | 4 | 8 | 11 | 31% |
| 3 | 8 | 12 | 3 | 8% |
| 4 | 12 | 16 | 0 | 0% |
| 5 | 16 | 19 | 1 | 3% |

Intervalos y frecuencias GRUPO 3

| Ventas | Frecuencia | % | % Acumulado |
|----------|------------|-----|-------------|
| 0 | 10 | 28% | 28% |
| 1 | 11 | 31% | 58% |
| 2 | 6 | 17% | 75% |
| 3 | 1 | 3% | 78% |
| 4 | 3 | 8% | 86% |
| 5 | 4 | 11% | 97% |
| 6 | 1 | 3% | 100% |

Intervalos y frecuencias GRUPO 4

| Ventas | Frecuencia | % | % Acumulado |
|----------|------------|-----|-------------|
| 0 | 28 | 78% | 78% |
| 1 | 4 | 11% | 89% |
| 2 | 3 | 8% | 97% |
| 3 | 0 | 0% | 97% |
| 4 | 0 | 0% | 97% |
| 5 | 1 | 3% | 100% |

Intervalos y frecuencias GRUPO 5

| Ventas | Frecuencia | % | % Acumulado |
|----------|------------|-----|-------------|
| 0 | 34 | 94% | 94% |
| 1 | 2 | 6% | 100% |
| 2 | 0 | 0% | 100% |
| 3 | 0 | 0% | 100% |
| 4 | 0 | 0% | 100% |
| 5 | 0 | 0% | 100% |

Fuente: Autor

Anexo E. Validación del modelo

Tabla para el calculo para la validacion

| ITEM | Ventas reales | y^2 | n_i | $(y_i - \bar{y})^2$ |
|-----------|---------------|--------------|--------|---------------------|
| 1 | 921,5 | 849.225,42 | 1 | 3.444,09 |
| 2 | 969,1 | 939.198,16 | 1 | 123,17 |
| 3 | 849,8 | 722.085,02 | 1 | 17.021,07 |
| 4 | 998,8 | 997.520,87 | 1 | 343,69 |
| 5 | 973,3 | 947.251,87 | 1 | 48,33 |
| 6 | 889,9 | 792.010,65 | 1 | 8.148,83 |
| 7 | 834,1 | 695.735,19 | 1 | 21.349,08 |
| 8 | 1.007,2 | 1.014.382,20 | 1 | 726,02 |
| 9 | 1.035,3 | 1.071.774,31 | 1 | 3.029,91 |
| 10 | 1.066,7 | 1.137.873,47 | 1 | 7.480,67 |
| 11 | 955,3 | 912.593,80 | 1 | 621,15 |
| 12 | 1.031,5 | 1.064.016,02 | 1 | 2.630,75 |
| 13 | 848,0 | 719.046,36 | 1 | 17.491,30 |
| 14 | 1.080,3 | 1.166.976,99 | 1 | 10.009,28 |
| 15 | 975,9 | 952.413,59 | 1 | 18,52 |
| 16 | 992,5 | 985.078,93 | 1 | 151,06 |
| 17 | 827,2 | 684.265,66 | 1 | 23.414,25 |
| 18 | 865,1 | 748.381,62 | 1 | 13.254,95 |
| 19 | 993,0 | 986.042,41 | 1 | 163,23 |
| 20 | 884,0 | 781.511,94 | 1 | 9.252,33 |
| 21 | 1.006,7 | 1.013.458,26 | 1 | 701,51 |
| 22 | 1.054,1 | 1.111.023,26 | 1 | 5.450,90 |
| 23 | 1.036,4 | 1.074.217,67 | 1 | 3.161,14 |
| 24 | 1.043,1 | 1.088.036,63 | 1 | 3.952,54 |
| 25 | 1.052,0 | 1.106.736,88 | 1 | 5.154,51 |
| 26 | 1.116,6 | 1.246.825,22 | 1 | 18.602,94 |
| 27 | 1.048,1 | 1.098.551,07 | 1 | 4.610,03 |
| 28 | 1.061,4 | 1.126.553,38 | 1 | 6.588,81 |
| 29 | 1.026,5 | 1.053.707,66 | 1 | 2.142,02 |
| 30 | 1.072,4 | 1.150.062,91 | 1 | 8.498,85 |
| 31 | 871,1 | 758.752,77 | 1 | 11.915,15 |
| Sumatoria | 30386,841 | 29995310,199 | 31,000 | 209500,107 |

Fuente: Autor

Anexo F. Análisis de varianza por política

Prueba ANOVA 3 estrategias para el porcentaje de cumplimiento de la demanda

ANOVA

VAR00002

| | Suma de cuadrados | Gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|-----|------------------|-------|------|
| Entre grupos | ,013 | 2 | ,006 | 1,112 | ,331 |
| Dentro de grupos | 1,004 | 177 | ,006 | | |
| Total | 1,016 | 179 | | | |

Comparaciones múltiples

Variable dependiente:

HSD Tukey

| (I) VAR00001 | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|-----------------|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | Límite inferior | Límite superior |
| 1,00 2,00 | -,01800 | ,01375 | ,392 | -,0505 | ,0145 |
| 1,00 3,00 | -,01750 | ,01375 | ,412 | -,0500 | ,0150 |
| 2,00 1,00 | ,01800 | ,01375 | ,392 | -,0145 | ,0505 |
| 2,00 3,00 | ,00050 | ,01375 | ,999 | -,0320 | ,0330 |
| 3,00 1,00 | ,01750 | ,01375 | ,412 | -,0150 | ,0500 |
| 3,00 2,00 | -,00050 | ,01375 | ,999 | -,0330 | ,0320 |

Donde,

1=Actual, 2=Utilidad, 3=Productividad

Prueba ANOVA 3 estrategias para la productividad de mano de obra

ANOVA

VAR00002

| | Suma de cuadrados | Gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|-----|------------------|---------|------|
| Entre grupos | 1994,777 | 2 | 997,388 | 662,190 | ,000 |
| Dentro de grupos | 266,597 | 177 | 1,506 | | |
| Total | 2261,373 | 179 | | | |

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: VAR00002

HSD Tukey

| (I) VAR0000 | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | | |
|----------------|----------------------------|----------------|--------|-------------------------------|-----------------|---------|
| | | | | Límite inferior | Límite superior | |
| 1 | 2 | -7,13688* | ,22407 | ,000 | -7,6665 | -6,6073 |
| | 3 | -6,98430* | ,22407 | ,000 | -7,5139 | -6,4547 |
| 2 | 1 | 7,13688* | ,22407 | ,000 | 6,6073 | 7,6665 |
| | 3 | ,15258 | ,22407 | ,775 | -,3770 | ,6822 |
| 3 | 1 | 6,98430* | ,22407 | ,000 | 6,4547 | 7,5139 |
| | 2 | -,15258 | ,22407 | ,775 | -,6822 | ,3770 |

* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Donde,

1=Actual, 2=Utilidad, 3=Productividad

Prueba ANOVA 3 estrategias para la productividad de materia prima

ANOVA

VAR00002

| | Suma de cuadrados | Gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|-----|------------------|-------|------|
| Entre grupos | 5,087 | 2 | 2,544 | 1,569 | ,211 |
| Dentro de grupos | 286,944 | 177 | 1,621 | | |
| Total | 292,031 | 179 | | | |

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: VAR00002

HSD Tukey

| (I) VAR0000 | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | | |
|----------------|----------------------------|----------------|--------|-------------------------------|-----------------|-------|
| | | | | Límite inferior | Límite superior | |
| 1 | 2 | ,35350 | ,23246 | ,284 | -,1959 | ,9029 |
| | 3 | ,35967 | ,23246 | ,272 | -,1898 | ,9091 |
| 2 | 1 | -,35350 | ,23246 | ,284 | -,9029 | ,1959 |
| | 3 | ,00617 | ,23246 | 1,000 | -,5433 | ,5556 |
| 3 | 1 | -,35967 | ,23246 | ,272 | -,9091 | ,1898 |
| | 2 | -,00617 | ,23246 | 1,000 | -,5556 | ,5433 |

Donde,

1=Actual, 2=Utilidad, 3=Productividad

Prueba ANOVA 3 estrategias para la productividad total.

ANOVA

VAR00002

| | Suma de cuadrados | Gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|-----|------------------|-------|------|
| Entre grupos | 31,039 | 2 | 15,519 | 0,014 | ,986 |
| Dentro de grupos | 194924,841 | 177 | 1101,270 | | |
| Total | 194955,880 | 179 | | | |

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: VAR00002

HSD Tukey

| (I) VAR0000 1 | | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|---------------------|---|----------------------------|----------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| 1 | 2 | -,03033 | 6,05880 | 1,000 | -14,3509 | 14,2902 |
| | 3 | ,86533 | 6,05880 | ,989 | -13,4552 | 15,1859 |
| 2 | 1 | ,03033 | 6,05880 | 1,000 | -14,2902 | 14,3509 |
| | 3 | ,89567 | 6,05880 | ,988 | -13,4249 | 15,2162 |
| 3 | 1 | -,86533 | 6,05880 | ,989 | -15,1859 | 13,4552 |
| | 2 | -,89567 | 6,05880 | ,988 | -15,2162 | 13,4249 |

Donde,

1=Actual, 2=Utilidad, 3=Productividad

Prueba ANOVA 3 estrategias para el tiempo ocioso.

ANOVA

VAR00002

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|-----|------------------|-------|------|
| Entre grupos | ,337 | 2 | ,168 | 0,019 | ,981 |
| Dentro de grupos | 1562,300 | 177 | 8,827 | | |
| Total | 1562,637 | 179 | | | |

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: VAR00002

HSD Tukey

| (I) VAR0000 | | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|----------------|---|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| 1 | 2 | ,06133 | ,54242 | ,993 | -1,2207 | 1,3434 |
| | 3 | ,10550 | ,54242 | ,979 | -1,1766 | 1,3876 |
| 2 | 1 | -,06133 | ,54242 | ,993 | -1,3434 | 1,2207 |
| | 3 | ,04417 | ,54242 | ,996 | -1,2379 | 1,3262 |
| 3 | 1 | -,10550 | ,54242 | ,979 | -1,3876 | 1,1766 |
| | 2 | -,04417 | ,54242 | ,996 | -1,3262 | 1,2379 |

Donde,

1=Actual, 2=Utilidad, 3=Productividad

Prueba ANOVA 3 estrategias para la utilidad promedio mes

ANOVA

VAR00002

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|-----|------------------|-------|------|
| Entre grupos | 156041,645 | 2 | 78020,823 | 1,375 | ,256 |
| Dentro de grupos | 10045827,050 | 177 | 56756,085 | | |
| Total | 10201868,695 | 179 | | | |

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: VAR00002

HSD Tukey

| (I) VAR0000 1 | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|---------------------|----------------------------|----------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | Límite inferior | Límite superior |
| 2 | -62,99050 | 43,49563 | ,319 | -165,7967 | 39,8157 |
| 3 | -61,91217 | 43,49563 | ,331 | -164,7183 | 40,8940 |
| 1 | 62,99050 | 43,49563 | ,319 | -39,8157 | 165,7967 |
| 3 | 1,07833 | 43,49563 | 1,000 | -101,7278 | 103,8845 |
| 3 | 61,91217 | 43,49563 | ,331 | -40,8940 | 164,7183 |
| 2 | -1,07833 | 43,49563 | 1,000 | -103,8845 | 101,7278 |

Donde,

1=Actual, 2=Utilidad, 3=Productividad

Anexo G. Cálculo de productividad JAVAR S.A.S 2014

| Descripción | Calculo productividad 2014 | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| | M12 | M22 | M32M | M32H | V25 | V30 | V40 |
| Precio de venta | \$ 1.364.100 | \$ 2.013.000 | \$ 3.245.000 | \$ 6.408.000 | \$ 3.495.000 | \$ 5.169.000 | \$ 8.902.000 |
| Costo MP | \$ 855.682 | \$ 1.092.000 | \$ 1.464.000 | \$ 2.172.000 | \$ 2.895.756 | \$ 1.838.000 | \$ 1.887.000 |
| Productividad parcial | 1,59 | 1,84 | 2,22 | 2,95 | 1,21 | 2,81 | 4,72 |
| Costo MO | \$ 122.113 | \$ 126.368 | \$ 200.880 | \$ 354.775 | \$ 552.346 | \$ 699.304 | \$ 1.124.011 |
| Costo MP | \$ 855.682 | \$ 1.092.000 | \$ 1.464.000 | \$ 2.172.000 | \$ 2.895.756 | \$ 1.838.000 | \$ 1.887.000 |
| Costo CIF % | \$ 232.015 | \$ 240.099 | \$ 381.672 | \$ 674.073 | \$ 1.049.458 | \$ 1.328.678 | \$ 2.135.620 |
| Cantidad vendida | \$ 104 | \$ 111 | \$ 64 | \$ 24 | \$ 59 | \$ 87 | \$ 11 |
| Ingresos por ventas | \$ 141.866.400 | \$ 223.443.000 | \$ 207.680.000 | \$ 153.792.000 | \$ 206.205.000 | \$ 449.703.000 | \$ 97.922.000 |
| Costo MO | \$ 12.699.752 | \$ 14.026.848 | \$ 12.856.326 | \$ 8.514.610 | \$ 32.588.426 | \$ 60.839.448 | \$ 12.364.118 |
| Costo MP | \$ 88.990.928 | \$ 121.212.000 | \$ 93.696.000 | \$ 52.128.000 | \$ 170.849.594 | \$ 159.906.000 | \$ 20.757.000 |
| Costo Total | \$ 125.820.209 | \$ 161.889.859 | \$ 130.979.347 | \$ 76.820.368 | \$ 265.356.029 | \$ 336.340.399 | \$ 56.612.941 |
| Productividad MO | 0,09 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,16 | 0,14 | 0,13 |
| Productividad MP | 0,63 | 0,54 | 0,45 | 0,34 | 0,83 | 0,36 | 0,21 |
| Productividad operativa | 1,13 | 1,38 | 1,59 | 2,00 | 0,78 | 1,34 | 1,73 |
| PRODUCTIVIDAD PROMEDIO TOTAL | 1,41 | | | | | | |

Fuente: JAVAR S.A.S

| Descripción | Calculo productividad | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------|---------------|------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| | BS60 | B80 | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 |
| Precio de venta | \$ 1.604.000 | \$ 2.367.000 | \$ 8.929.204 | \$ 83.051.180 | \$ 78.657.407 | \$ 43.056.034 | \$ 68.396.000 |
| Costo MP | \$ 800.000 | \$ 1.107.000 | \$ 4.947.848 | \$ 54.733.520 | \$ 61.410.961 | \$ 36.017.779 | \$ 57.530.362 |
| Productividad parcial | 2,01 | 2,14 | 1,80 | 1,52 | 1,28 | 1,20 | 1,19 |
| Costo MO | \$ 150.000 | \$ 150.000 | \$ 25.000 | \$ 25.000 | \$ 25.000 | \$ 25.000 | \$ 60.000 |
| Costo MP | \$ 800.000 | \$ 1.107.000 | \$ 4.947.848 | \$ 54.733.520 | \$ 61.410.961 | \$ 36.017.779 | \$ 57.530.362 |
| Costo CIF % | \$ 285.000 | \$ 285.000 | \$ 82.500 | \$ 82.500 | \$ 82.500 | \$ 82.500 | \$ 198.000 |
| Cantidad vendida | \$ 23 | \$ 6 | \$ 761 | \$ 12 | \$ 8 | \$ 2 | \$ 1 |
| Ingresos por ventas | \$ 36.892.000 | \$ 14.202.000 | \$ 6.792.147.999 | \$ 996.614.154 | \$ 655.478.389 | \$ 100.464.079 | \$ 45.597.333 |
| Costo MO | \$ 3.450.000 | \$ 900.000 | \$ 19.016.667 | \$ 300.000 | \$ 208.333 | \$ 58.333 | \$ 40.000 |
| Costo MP | \$ 18.400.000 | \$ 6.642.000 | \$ 3.763.663.111 | \$ 656.802.236 | \$ 511.758.009 | \$ 84.041.484 | \$ 38.353.574 |
| Costo Total | \$ 28.405.000 | \$ 9.252.000 | \$ 3.845.434.777 | \$ 658.092.236 | \$ 512.653.842 | \$ 84.292.318 | \$ 38.525.574 |
| Productividad MO | 0,09 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Productividad MP | 0,50 | 0,47 | 0,55 | 0,66 | 0,78 | 0,84 | 0,84 |
| Productividad operativa | 1,30 | 1,54 | 1,77 | 1,51 | 1,28 | 1,19 | 1,18 |
| PRODUCTIVIDAD PROMEDIO TOTAL | 1,41 | | | | | | |

Fuente: JAVAR S.A.S

Anexo H. ANOVA por política sin familias G4 y G5

Los grupos hacen referencia a cada una de las políticas y están identificados de acuerdo con la siguiente descripción:

1: Política de rotación (actual)

2: Política utilidad

3: Política Productividad

4: Política rotación sin familia G4 y G5

5: Política de utilidad sin familias G4 y G5

6: Política de Productividad sin familias G4 y G5

| Variable dependiente: | % CUMPLIMIENTO DE LA DEMANDA PROMEDIO X MES | | | | | Intervalo de confianza al 95% | |
|-----------------------|---|-----------------|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | (I) VAR00001 | (J) VAR00001 | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Límite inferior | Límite superior |
| HSD | | | | | | | |
| Tukey | 1 | 2 | -0,02 | 0,01 | 0,76 | -0,05 | 0,02 |
| | | 3 | -0,02 | 0,01 | 0,75 | -0,05 | 0,02 |

| | | | | | | |
|---|---|----------|------|-------------|-------|-------|
| | 4 | -,10198* | 0,01 | 0,00 | -0,14 | -0,07 |
| | 5 | -0,02 | 0,01 | 0,74 | -0,05 | 0,02 |
| | 6 | ,08677* | 0,01 | 0,00 | 0,05 | 0,12 |
| 2 | 1 | 0,02 | 0,01 | 0,76 | -0,02 | 0,05 |
| | 3 | 0,00 | 0,01 | 1,00 | -0,04 | 0,04 |
| | 4 | -,08488* | 0,01 | 0,00 | -0,12 | -0,05 |
| | 5 | 0,00 | 0,01 | 1,00 | -0,04 | 0,04 |
| | 6 | ,10387* | 0,01 | 0,00 | 0,07 | 0,14 |
| 3 | 1 | 0,02 | 0,01 | 0,75 | -0,02 | 0,05 |
| | 2 | 0,00 | 0,01 | 1,00 | -0,04 | 0,04 |
| | 4 | -,08483* | 0,01 | 0,00 | -0,12 | -0,05 |
| | 5 | 0,00 | 0,01 | 1,00 | -0,04 | 0,04 |
| | 6 | ,10392* | 0,01 | 0,00 | 0,07 | 0,14 |
| 4 | 1 | ,10198* | 0,01 | 0,00 | 0,07 | 0,14 |
| | 2 | ,08488* | 0,01 | 0,00 | 0,05 | 0,12 |
| | 3 | ,08483* | 0,01 | 0,00 | 0,05 | 0,12 |
| | 5 | ,08457* | 0,01 | 0,00 | 0,05 | 0,12 |
| | 6 | ,18875* | 0,01 | 0,00 | 0,15 | 0,23 |
| 5 | 1 | 0,02 | 0,01 | 0,74 | -0,02 | 0,05 |
| | 2 | 0,00 | 0,01 | 1,00 | -0,04 | 0,04 |
| | 3 | 0,00 | 0,01 | 1,00 | -0,04 | 0,04 |
| | 4 | -,08457* | 0,01 | 0,00 | -0,12 | -0,05 |
| | 6 | ,10418* | 0,01 | 0,00 | 0,07 | 0,14 |
| 6 | 1 | -,08677* | 0,01 | 0,00 | -0,12 | -0,05 |
| | 2 | -,10387* | 0,01 | 0,00 | -0,14 | -0,07 |
| | 3 | -,10392* | 0,01 | 0,00 | -0,14 | -0,07 |
| | 4 | -,18875* | 0,01 | 0,00 | -0,23 | -0,15 |
| | 5 | -,10418* | 0,01 | 0,00 | -0,14 | -0,07 |

| Variable dependiente: PRODUCTIVIDAD TOTAL PROMEDIO MES | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|----------------------------------|-------------------|-------|-------------------------------------|--------------------|
| | (I) VAR00001 | (J) VAR00001 | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Games- Howell | 1 | 2 | 0,10 | 0,43 | 1,00 | -1,15 | 1,35 |
| | | 3 | 0,16 | 0,39 | 1,00 | -0,97 | 1,30 |
| | | 4 | -3,96 | 4,11 | 0,93 | -16,06 | 8,13 |
| | | 5 | -4,54 | 4,75 | 0,93 | -18,53 | 9,46 |
| | | 6 | -3,40 | 3,96 | 0,96 | -15,06 | 8,27 |
| | 2 | 1 | -0,10 | 0,43 | 1,00 | -1,35 | 1,15 |
| | | 3 | 0,06 | 0,41 | 1,00 | -1,12 | 1,25 |
| | | 4 | -4,06 | 4,11 | 0,92 | -16,16 | 8,04 |
| | | 5 | -4,63 | 4,75 | 0,92 | -18,63 | 9,36 |
| | | 6 | -3,50 | 3,96 | 0,95 | -15,16 | 8,17 |
| | 3 | 1 | -0,16 | 0,39 | 1,00 | -1,30 | 0,97 |
| | | 2 | -0,06 | 0,41 | 1,00 | -1,25 | 1,12 |
| | | 4 | -4,12 | 4,11 | 0,92 | -16,21 | 7,97 |
| | | 5 | -4,70 | 4,75 | 0,92 | -18,68 | 9,29 |
| | | 6 | -3,56 | 3,96 | 0,95 | -15,22 | 8,10 |
| | 4 | 1 | 3,96 | 4,11 | 0,93 | -8,13 | 16,06 |
| 2 | | 4,06 | 4,11 | 0,92 | -8,04 | 16,16 | |
| 3 | | 4,12 | 4,11 | 0,92 | -7,97 | 16,21 | |

| | | | | | | | |
|--|---|---|----------|---------|------|----------|---------|
| | | 5 | -0,58 | 6,27 | 1,00 | -18,74 | 17,59 |
| | | 6 | 0,56 | 5,69 | 1,00 | -15,93 | 17,05 |
| | 5 | 1 | 4,54 | 4,75 | 0,93 | -9,46 | 18,53 |
| | | 2 | 4,63 | 4,75 | 0,92 | -9,36 | 18,63 |
| | | 3 | 4,70 | 4,75 | 0,92 | -9,29 | 18,68 |
| | | 4 | 0,58 | 6,27 | 1,00 | -17,59 | 18,74 |
| | | 6 | 1,14 | 6,17 | 1,00 | -16,75 | 19,03 |
| | 6 | 1 | 3,40 | 3,96 | 0,96 | -8,27 | 15,06 |
| | | 2 | 3,50 | 3,96 | 0,95 | -8,17 | 15,16 |
| | | 3 | 3,56 | 3,96 | 0,95 | -8,10 | 15,22 |
| | | 4 | -0,56 | 5,69 | 1,00 | -17,05 | 15,93 |
| | | 5 | -1,13845 | 6,17249 | 1 | -19,0304 | 16,7535 |

Variable dependiente: TIEMPO OSCIOSO PROMEDIO MES

| | (I) VAR00003 | (J) VAR00003 | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|------------------|-----------------|-----------------|----------------------------------|-------------------|------|-------------------------------------|--------------------|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Games- Howell | 1 | 2 | 0,05 | 0,56 | 1,00 | -1,56 | 1,66 |
| | | 3 | 0,05 | 0,55 | 1,00 | -1,55 | 1,65 |
| | | 4 | -0,07 | 0,55 | 1,00 | -1,65 | 1,52 |
| | | 5 | 0,06 | 0,55 | 1,00 | -1,52 | 1,65 |

| | | | | | | |
|---|---|----------|---------|-------|---------|--------|
| | 6 | 0,36 | 0,56 | 0,99 | -1,26 | 1,98 |
| 2 | 1 | -0,05 | 0,56 | 1,00 | -1,66 | 1,56 |
| | 3 | 0,00 | 0,55 | 1,00 | -1,60 | 1,61 |
| | 4 | -0,12 | 0,55 | 1,00 | -1,71 | 1,48 |
| | 5 | 0,01 | 0,55 | 1,00 | -1,58 | 1,61 |
| | 6 | 0,31 | 0,56 | 0,99 | -1,32 | 1,94 |
| 3 | 1 | -0,05 | 0,55 | 1,00 | -1,65 | 1,55 |
| | 2 | 0,00 | 0,55 | 1,00 | -1,61 | 1,60 |
| | 4 | -0,12 | 0,54 | 1,00 | -1,70 | 1,46 |
| | 5 | 0,01 | 0,54 | 1,00 | -1,57 | 1,59 |
| | 6 | 0,31 | 0,56 | 0,99 | -1,31 | 1,92 |
| 4 | 1 | 0,07 | 0,55 | 1,00 | -1,52 | 1,65 |
| | 2 | 0,12 | 0,55 | 1,00 | -1,48 | 1,71 |
| | 3 | 0,12 | 0,54 | 1,00 | -1,46 | 1,70 |
| | 5 | 0,13 | 0,54 | 1,00 | -1,43 | 1,70 |
| | 6 | 0,43 | 0,55 | 0,97 | -1,17 | 2,03 |
| 5 | 1 | -0,06 | 0,55 | 1,00 | -1,65 | 1,52 |
| | 2 | -0,01 | 0,55 | 1,00 | -1,61 | 1,58 |
| | 3 | -0,01 | 0,54 | 1,00 | -1,59 | 1,57 |
| | 4 | -0,13 | 0,54 | 1,00 | -1,70 | 1,43 |
| | 6 | 0,30 | 0,55 | 1,00 | -1,31 | 1,90 |
| 6 | 1 | -0,36 | 0,56 | 0,99 | -1,98 | 1,26 |
| | 2 | -0,31 | 0,56 | 0,99 | -1,94 | 1,32 |
| | 3 | -0,31 | 0,56 | 0,99 | -1,92 | 1,31 |
| | 4 | -0,43 | 0,55 | 0,97 | -2,03 | 1,17 |
| | 5 | -0,29535 | 0,55324 | 0,995 | -1,8982 | 1,3075 |

| Variable dependiente: | | UTILIDAD PROMEDIO MENSUAL | | | | | |
|-----------------------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------|-------------|-------------------------------------|--------------------|
| | (I) VAR00005 | (J) VAR00005 | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Games- Howell | 1 | 2 | -61,26 | 30,32 | 0,34 | -149,18 | 26,65 |
| | | 3 | -62,62 | 29,96 | 0,30 | -149,49 | 24,25 |
| | | 4 | 7,03 | 33,98 | 1,00 | -91,40 | 105,47 |
| | | 5 | -63,62 | 31,02 | 0,32 | -153,52 | 26,28 |
| | | - | | | | | |
| | 2 | 6 | 353,16722* | 33,27 | 0,00 | -449,54 | -256,79 |
| | | 1 | 61,26 | 30,32 | 0,34 | -26,65 | 149,18 |
| | | 3 | -1,36 | 26,64 | 1,00 | -78,55 | 75,84 |
| | | 4 | 68,30 | 31,09 | 0,25 | -21,88 | 158,47 |
| | | 5 | -2,35 | 27,83 | 1,00 | -82,99 | 78,28 |
| | 3 | 6 | 291,90322* | 30,32 | 0,00 | -379,79 | -204,01 |
| | | 1 | 62,62 | 29,96 | 0,30 | -24,25 | 149,49 |
| | | 2 | 1,36 | 26,64 | 1,00 | -75,84 | 78,55 |
| | | 4 | 69,65 | 30,74 | 0,22 | -19,51 | 158,81 |
| | | 5 | -1,00 | 27,43 | 1,00 | -80,48 | 78,49 |
| | 4 | 6 | 290,54622* | 29,95 | 0,00 | -377,39 | -203,70 |
| | | 1 | -7,03 | 33,98 | 1,00 | -105,47 | 91,40 |
| | | 2 | -68,30 | 31,09 | 0,25 | -158,47 | 21,88 |
| | | 3 | -69,65 | 30,74 | 0,22 | -158,81 | 19,51 |
| | | 5 | -70,65 | 31,77 | 0,24 | -162,75 | 21,45 |

| | | | | | | | |
|--|---|---|------------|----------|-------------|----------|----------|
| | | - | | | | | |
| | 5 | 6 | 360,19993* | 33,97 | 0,00 | -458,62 | -261,78 |
| | | 1 | 63,62 | 31,02 | 0,32 | -26,28 | 153,52 |
| | | 2 | 2,35 | 27,83 | 1,00 | -78,28 | 82,99 |
| | | 3 | 1,00 | 27,43 | 1,00 | -78,49 | 80,48 |
| | | 4 | 70,65 | 31,77 | 0,24 | -21,45 | 162,75 |
| | | - | | | | | |
| | 6 | 6 | 289,54888* | 31,01 | 0,00 | -379,43 | -199,67 |
| | | 1 | 353,16722* | 33,27 | 0,00 | 256,79 | 449,54 |
| | | 2 | 291,90322* | 30,32 | 0,00 | 204,01 | 379,79 |
| | | 3 | 290,54622* | 29,95 | 0,00 | 203,70 | 377,39 |
| | | 4 | 360,19993* | 33,97 | 0,00 | 261,78 | 458,62 |
| | | 5 | 289,54888* | 31,01163 | 0,00 | 199,6717 | 379,4261 |

* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Autor