

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial



**Análisis y Propuesta de Mejora para la línea de producción
de Botes 585 Faena y Asalto PUMAR® de ASMAR Planta
Valparaíso.**

Por

**Dominique Alejandra Aparicio Cruces
Esteban Alberto Sánchez Urzúa**

Trabajo de Título para optar al Grado de Licenciado en Ciencias
de la Ingeniería y título de Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía Eduardo Lara

Diciembre, 2017

Primero que todo, agradezco a Dios por darme la vida y permitir que esté viviendo el término de este largo proceso formativo.

También doy gracias a mis ángeles, tata Lalo, mamita Margarita y mamita Tina, que desde el cielo cuidan de mí y de mi familia; sé que están presentes en cada momento, y siempre han sido un pilar fundamental en mi vida, estoy más que segura que en este momento están celebrando conmigo la alegría que siento. Nunca olvidaré cuando le dije a mi tata que quería ser actriz y me quedo mirando raro ...bueno, con el tiempo cambié de decisión y ahora soy Ingeniero Civil Industrial.

Agradezco a mis padres Miguel Aparicio y Elizabeth Cruces, quienes me han dado la oportunidad de estudiar y ser un profesional, gracias por siempre confiar en mí y en mis capacidades, por el apoyo incondicional en los momentos de debilidad y frustración, y por sus felicitaciones en los momentos exitosos, por enseñarme que las cosas no siempre se dan como uno quiere, pero que con esfuerzo y perseverancia todo se puede lograr si uno se lo propone ...son mi ejemplo a seguir.

A mis hermanos Nicol Aparicio y Miguel Aparicio, por enseñarme que lo más importante es educarse lo más que uno pueda, para crecer en lo profesional y personal, y así alcanzar cierto grado de satisfacción, gracias porque ustedes también son mi ejemplo a seguir, son mi ejemplo de sabiduría, dedicación, esfuerzo, perseverancia, de querer es poder, y de que los cambios siempre son buenos y no hay que temer emprender nuevos caminos y comenzar de cero.

A mi compañero de vida, Justo Torres, quien ha estado presente en cada momento, desde el primer año de universidad hasta ahora, quien siempre me ha dado fuerzas, me ha apoyado y ayudado ...creo que en este momento se merece un doble título de ingeniero, sin duda, fue un gran apoyo en este proceso, gracias por tu sabiduría y dedicación, y palabras de aliento y contención cuando me sentía triste. Siempre te he admirado, y valoro mucho la persona que eres, sobre todo por ser un buen padre y un buen marido.

A mi hija Trinidad Torres, la bendición más grande que Dios me ha dado, por ser el motor que día a día me impulsa a continuar. Por hacer de mis días los mejores de mi vida, por levantarme el ánimo con solo una mirada inocente, pura y sincera; por tu amor puro e incondicional ...te amo hasta el infinito y más allá. Gracias te doy por entender mis ausencias, los días que me perdí porque debía cumplir también con mi deber de estudiar e ir a clases, gracias por siempre portarte bien con nuestra mami Lucy, a quien también agradezco enormemente por ayudarme en tu crianza, sin ella, yo no hubiese estado tranquila y no me hubiese ido como esperaba.

A mi hij@ menor, que a pesar de que llevas un par de meses dentro de mi vientre, eres partícipe de la alegría que hoy siento. Tú, al igual que Trinidad, me impulsas a continuar ...te amo, y gracias por existir.

A todos los profesores que contribuyeron a mi formación como ingeniero, en especial a nuestro profesor guía Eduardo Lara, gracias por su apoyo y consejos. También agradezco a nuestro profesor informante, Luis Seccatore, por su sabiduría, y por hacernos pensar como ingenieros antes de serlo.

En fin, agradezco a todas las personas que estuvieron conmigo en este largo proceso, y que realmente, cada uno aportó en el desarrollo de unos de mis mayores sueños, ser quien soy.

Dominique Aparicio Cruces

Al finalizar este largo proceso universitario debo agradecer en primer lugar a mi familia por su constante apoyo incondicional, a mi pareja quien constantemente me apoyó en mi carrera universitaria, a mi compañera de tesis Dominique Aparicio que ha sido un constante apoyo y persona ejemplar, a mis profesores a quienes tengo en especial recuerdo en las clases que me impartieron, al profesor Eduardo Lara y Luis Seccatore por su constante lucha por forjar ingenieros con competencias acordes a un profesional de excelencia y por su rigurosidad en todo momento.

Agradezco la instancia que me dio la Universidad de conocer gente con valores, principios y empatía que difícilmente se puede encontrar en otro lugar, además de tener bastante afinidad con muchos. Agradezco poder decir que conocí amigos, con los cuales si bien, por temas de tiempo he dejado de ver, sin lugar a dudas sé que cuento con ellos para cualquier asunto.

Agradezco la posibilidad de haber estudiado gratis en una Universidad de Prestigio y reconocimiento a nivel nacional y, además, que me entregasen becas de alimentación y mantención las cuales me ayudaron bastante en este largo proceso de aprendizaje constante.

Finalmente agradezco a Dios que, pese a todo, sigue siendo el principal impulsor en mi vida.

Esteban Sánchez Urzúa

Índice

Lista de Abreviaturas	6
Lista de Figuras	7
Lista de Tablas.....	9
Introducción.....	11
1. Descripción de la empresa.....	12
1.1. Misión	13
1.2. Visión.....	13
1.3. Competidores.....	13
➤ SOCIBER.....	13
➤ ASENAV.....	13
➤ MARCO.....	14
1.4. ASMAR Valparaíso	14
1.4.1. Organigrama ASMAR Valparaíso	15
1.4.2. PUMAR	16
1.4.2.1. Organigrama PUMAR.....	16
1.4.2.2. Productos.....	17
➤ Botes inflables.....	17
➤ Botes Semirrígidos.....	17
➤ Productos Especiales	17
1.4.2.3. Competidores.....	17
1.4.2.4. Clientes	18
2. Planteamiento del Problema.....	20
2.1. Análisis del Problema: Situación Actual.....	20
2.1.1. Procesos Productivos	26
2.1.2. Línea de producción Botes 585 Faena y 585 Asalto	30
2.2. Formulación del Problema	36
3. Objetivos	39
3.1. Objetivo General.....	39
3.2. Objetivos Específicos.....	39

4. Marco Teórico	40
4.1. Teoría de Colas	40
4.1.1. Descripción de un sistema de colas	40
4.1.2. Características de los sistemas de cola.....	41
4.1.3. Patrón de llegada de los clientes	41
4.1.4. Patrones de servicio de los servidores	42
4.1.5. Disciplina de cola.....	42
4.1.6. Capacidad del sistema	42
4.1.7. Número de canales del servicio	42
4.1.8. Etapas de servicio	43
4.2. Simulación	44
4.2.1. Tipos de simulaciones	45
4.2.2. Metodología de Simulación.....	46
4.2.3. Aplicaciones y alternativas de Softwares de simulación de procesos	49
4.2.4. Elección de Software de simulación.....	51
4.2.5. Software Arena	52
5. Aplicación de la Metodología.....	53
5.1. Recolección de datos.....	53
5.2. Construcción del modelo.....	53
5.3. Verificación del modelo.....	76
5.4. Validación de los resultados	83
5.5. Diseño de experimentos y análisis de resultados	86
5.6. Elección de alternativa.....	114
6. Conclusiones.....	124
Bibliografía	127
Anexos	129
Anexo A: Historia ASMAR.....	129
Anexo B: Políticas de ASMAR.....	130
Anexo C: Catálogo actualizado de Botes PUMAR.....	131
Anexo D: Clientes Actuales y Potenciales.....	133
Anexo E: Porcentaje de fabricación Botes Especiales, Inflables y Semirrígidos	136

Anexo F: Tiempo de Fabricación Botes 585	137
Anexo G: Datos Diagrama de Pareto.....	139
Anexo H: Frecuencias Efectos Indeseables	140
Anexo I: Recolección de Datos	150
Anexo J: Reporte Software Arena con los tiempos acumulados (Modulo Record)	157
Anexo K: Datos para validar modelo.....	157
Anexo L: Reportes Escenarios.....	162
Anexo M: Maquina de Corte	170
Anexo N: Maquina de Pegado.....	175
Anexo O: Remuneraciones.....	176
Anexo P: Inversión	177
Anexo Q: Depreciación de Activos	179
Anexo R: Tasa de Descuento.....	182
Anexo S: Evaluaciones Económicas.....	186

Glosario

1. CAPM: es un modelo financiero que vincula, linealmente, la rentabilidad de cualquier activo financiero con el riesgo de mercado de ese activo.
2. Carena: se denomina al volumen limitado por el casco y por la superficie de flotación en un buque. También puede denominarse carena al volumen sumergido.
3. Casco: armazón o estructura interna de una embarcación, el cual puede ser de madera, hierro, acero, goma, fibra de vidrio, aluminio, entre otros materiales.
4. Compartimento estanco: es la zona o sección de una embarcación que se puede aislar por medio de compuertas, especialmente para que no pase el agua en caso de inundación.
5. Maderamen: conjunto de maderas que forman parte de la estructura del bote.
6. Pruebas SAT: pruebas de puerto.
7. Pruebas HAT: pruebas de mar.
8. Queue: tiempos de espera que se produce en la construcción del bote.
9. Quilla: pieza que se ubica de proa a popa por la parte inferior del barco y en la que se asienta todo su armazón.
10. Soporte espejo: soporte donde se monta el motor.
11. Tubo: es la parte inflable del bote construida con Hypalon.

Lista de Abreviaturas

ASMAR: Astilleros y Maestranzas de la Armada.

BNA: Beneficio Neto Actualizado

CAPM: Capital Asset Pricing Model.

CLP: Peso chileno.

CMI: Cuadro de mando integral.

DIRECTEMAR: Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante de Chile.

EIDES - EI: Efectos indeseables.

HAT: Harbour-Acceptance Tests.

HH: Horas Hombre.

MARCO: Marine Construction and Design Company.

SAT: Sea Acceptance Tests.

SII: Servicio de Impuestos Internos.

SOCIBER: Sociedad Iberoamericana de Reparaciones Navales Limitada.

TIR: Tasa Interna de Retorno.

TOC: Teoría de Restricciones.

VAN: Valor Actual Neto.

Lista de Figuras

Figura 1.1: Organigrama de la Empresa.	12
Figura 1.2: Organigrama de ASMAR (V).....	15
Figura 1.3: Organigrama de PUMAR.....	16
Figura 1.4: Cantidad de Botes comprados por clientes desde 2004-2013.	19
Figura 2.1: Ventas período 2004-2013.	21
Figura 2.2: Porcentaje de producción de Botes periodo 2004-2013.....	22
Figura 2.3: Cantidad de botes vendidos por cada año.	23
Figura 2.4: Cantidad de botes vendidos según clasificación.....	24
Figura 2.5: Cantidad de botes 585 construidos y porcentaje total de producción.	25
Figura 2.6: Diagrama de Pareto.	26
Figura 2.7: Proceso de Bote Inflable.....	27
Figura 2.8: Proceso de Bote Semirrígido.	28
Figura 2.9: Proceso de Producto Especial.....	29
Figura 2.10: Estaciones de proceso productivo de botes 585	31
Figura 2.11: Árbol de la realidad actual.	37
Figura 4.1: Sistema de cola tipo.....	40
Figura 4.2: Sistema mono-canal.	43
Figura 4.3: Sistema multicanal.	43
Figura 4.4: Sistema Multietapa con retroalimentación.	43
Figura 4.5: Metodología de simulación de Hoeger.	48
Figura 5.1: Modelo de simulación de escenario actual	54
Figura 5.2: Entrada de la Orden.....	55
Figura 5.3: Módulo Create y configuración.	55
Figura 5.4: Módulo Separate y configuración.	56
Figura 5.5: Fase 2 del Proceso.	57
Figura 5.6: Configuración módulo process Estación 1 “Trazado y Corte”.....	59
Figura 5.7: Configuración módulos process Estación 2 “Fabricación de Tubos”.....	60
Figura 5.8: Configuración módulos process Estación 3 “Fabricación Maderamen Espejo”....	61
Figura 5.9: Configuración módulos process Estación 4 “Fabricación Piso”.....	62
Figura 5.10: Configuración módulos process Estación 5 “Confección de Accesorios”.....	63
Figura 5.11: Módulo decide “Prueba de Calidad 1”.	64
Figura 5.12: Configuración módulo Decide “Prueba de Calidad 1”.	64
Figura 5.13: Módulos Match.	66
Figura 5.14: Módulos Batch.....	68
Figura 5.15: Fase 3 del Proceso.....	69
Figura 5.16: Configuración módulos process “Armado del Bote Etapa No. 1”.....	70
Figura 5.17: Configuración módulos process “Armado del Bote Etapa No. 2”.....	71

Figura 5.18: Configuración módulo match “Encuentro de Materiales 3” y módulo batch “Unión de Materiales 3”	72
Figura 5.19: Configuración módulos process “Armado del Bote Etapa No. 3”	73
Figura 5.20: Configuración módulos decide “Prueba de Calidad 2”	74
Figura 5.21: Módulo Dispose	75
Figura 5.22: Función de Arena Date y Clock	75
Figura 5.23: Incorporación Módulos Record	78
Figura 5.24: Configuración Run Setup para verificación del modelo	79
Figura 5.25: Configuración Modulo Create	80
Figura 5.26: Cola del proceso productivo	81
Figura 5.27: Cola del proceso productivo	81
Figura 5.28: Cola del proceso productivo	82
Figura 5.29: Salida del Proceso productivo	83
Figura 5.30: Intervalos de confianza para la media	85
Figura 5.31: Reporte simulación para validar modelo	85
Figura 5.32: Intervalo de confianza para el tiempo de permanencia en el proceso	86
Figura 5.33: Configuración Run Setup para experimentos	87
Figura 5.34: Modelo Escenario Actual	90
Figura 5.35: Recursos Escenario 1	91
Figura 5.36: Modelo Escenario 1	93
Figura 5.37: Recursos Escenario 2	94
Figura 5.38: Modelo Escenario 2	96
Figura 5.39: Recursos Escenario 3	97
Figura 5.40: Modelo Escenario 3	100
Figura 5.41: Procesos Escenario 4	101
Figura 5.42: Recursos Escenario 4	102
Figura 5.43: Modelo Escenario 4	105
Figura 5.44: Procesos Escenario 5	106
Figura 5.45: Recursos Escenario 5	107
Figura 5.46: Modelo Escenario 5	109
Figura 5.47: Recursos Escenario 6	111
Figura 5.48: Modelo Escenario 6	113

Lista de Tablas

Tabla 2.1: Historia de Producción Botes 585.....	25
Tabla 2.2: Tiempos de producción en estaciones de trabajo.....	34
Tabla 5.1: Tiempo de Estaciones extraídos de Software Arena.....	80
Tabla 5.2: Tiempo de Estación extraídos de Software Arena.....	81
Tabla 5.3: Tiempo de Estación extraídos de Software Arena.....	82
Tabla 5.4: Tiempo de Estación extraídos de Software Arena.....	82
Tabla 5.5: Queue Time Escenario Actual.....	88
Tabla 5.6: Queue Time Escenario 1.....	92
Tabla 5.7: Queue Time Escenario 2.....	95
Tabla 5.8: Queue Time Escenario 3.....	98
Tabla 5.9: Queue Time Escenario 4.....	102
Tabla 5.10: Queue Time Escenario 5.....	107
Tabla 5.11: Queue Time Escenario 6.....	111
Tabla 5.12: Comparación de Escenarios según resultado operacional unitario.....	122
Tabla 5.13: Tiempos de espera de Estaciones por cada Escenario.....	123

Resumen Ejecutivo

El presente trabajo de título surgió por la necesidad de prestar apoyo a la Subgerencia de Producción de los Astilleros y Maestranzas de la Armada, específicamente al departamento PUMAR, el cual está encargado de la línea de producción de los botes inflables más representativos y vendidos de la marca, los del tipo 585 Faena y Asalto. Cabe mencionar que además de este tipo de embarcaciones menores, existen también los tipos de botes semirrígidos y productos especiales fabricados únicamente en la Planta ubicada en Valparaíso.

Dicha necesidad, conllevó a realizar un levantamiento de información, el cual permitió comprender el sistema, su comportamiento en el tiempo, y en relación a esto, se analizó la situación actual. Todo con la finalidad de entender los procesos de fabricación de botes, para así, dar una propuesta de mejora a los mismos.

Al comienzo del trabajo de título se presentó la empresa y se dio a conocer la participación de ésta en el mercado, lo cual se denominó “Descripción de la Empresa”. En este capítulo es donde se inició el levantamiento de información, el cual fue fundamental para el segundo capítulo denominado “Planteamiento del Problema”, en donde se identificaron los efectos indeseados y con ayuda del Árbol de la Realidad Actual se llegó al problema raíz que afecta actualmente a PUMAR. Haciendo énfasis en la necesidad de contar con una herramienta de simulación, en el tercer capítulo denominado “Objetivos”, se estableció el objetivo general y los objetivos específicos del presente trabajo de título. El Capítulo 4, hizo referencia al marco teórico que sustenta el estudio. En el Capítulo 5 se presentó la metodología utilizada; se explicó y aplicó cada punto de ésta, se expuso el trabajo realizado con los datos y cómo se construye el modelo de simulación que representa la situación actual. Además, se experimentó con el modelo en distintos escenarios, los cuales fueron evaluados y comparados en base a los estados de resultados y mediante análisis de costo-beneficio, y en aquellos casos de inversión, se realizó la evaluación económica correspondiente.

Finalmente se cumplió el objetivo general y los objetivos específicos del trabajo de título, y en el Capítulo 6 se presentaron las conclusiones a las que se llegaron en el capítulo anterior para solucionar el problema de PUMAR.

Introducción

La producción en serie surgió como un proceso revolucionario en la producción industrial, y correspondía a la forma de organizar la producción, en la que cada trabajador se especializaba en una función específica, manejando máquinas y herramientas, lo que permitió elevar la calidad de los productos y disminuir los tiempos de producción por unidad. La base de la producción en serie es la cadena de montaje, también conocida como línea de ensamblado o línea de producción. Dicho concepto, es utilizado para describir el método por el cual se fabrican grandes cantidades de un solo artículo estandarizado.

Las líneas de producción son importantes para el desarrollo industrial de las organizaciones, ya que, mejora a gran escala el proceso de producción haciéndolo más fluido, reduciendo costos y aminorando tiempos, en consecuencia, generando mayores utilidades.

El siguiente trabajo de título se desarrolló en el proceso productivo de botes inflables de tipo 585 Asalto y Faena, aunque para diferenciar estos tipos de botes se expuso los botes inflables en su totalidad, semirrígidos y especiales marca PUMAR®, que pertenece a Astilleros y Maestranzas de la Armada (ASMAR), específicamente al astillero ubicado en la ciudad de Valparaíso, Quinta región.

Lo que se buscó en el trabajo de título, fue analizar los actuales procesos productivos de fabricación de botes inflables 585 y en relación a ello entregar una propuesta de mejora actual y futura que permita agregar valor a cada una de las etapas, y lo más importante, que dichas propuestas logren satisfacer mayores niveles de producción.

Las propuestas, tuvieron relación con el diseño y creación de un modelo de simulación de revisión continua, el cual fue verificado, validado y evaluado en diversos escenarios, y finalmente se seleccionó aquel escenario que llevó a la mejora del sistema productivo.

1. Descripción de la empresa

Los Astilleros y Maestranzas de la Armada constituyen una persona jurídica de derecho público, de administración autónoma y de patrimonio propio. Se dedican a la reparación y carena de las unidades de combate y de apoyo de la Armada, a la reparación y carena de naves y artefactos navales no militares nacionales y extranjeros, a fabricar y reparar artículos industriales para fines de seguridad nacional y construir naves y artefactos navales para la Armada y Terceros.

Para ello, la Empresa está organizada por un Consejo Supervisor, una Dirección Corporativa y tres plantas industriales ubicadas en las ciudades de Valparaíso, donde se encuentra actualmente la Dirección Corporativa; en Talcahuano, que es la planta industrial con mayor infraestructura y capacidad; y en Punta Arenas donde se encuentra "El Astillero más Austral del Mundo". Su organización se presenta a continuación en la Figura 1.1.

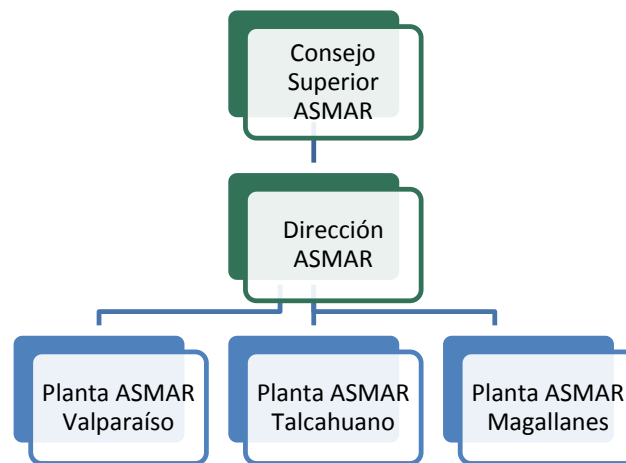


Figura 1.1: Organigrama de la Empresa.
Fuente: ASMAR.

ASMAR cuenta con una dotación permanente de aproximadamente 3.000 personas, distribuida entre ingenieros, técnicos, administrativos y personal calificado, los cuales corresponden a calidad jurídica armada, planta, provisorios y honorarios.

Para mayor información sobre la historia de ASMAR y Políticas, revisar Anexos A y B.

1.1. Misión

Astilleros y Maestranzas de la Armada, ASMAR, es una Empresa del Estado, de administración autónoma, del área de la industria naval y de defensa, cuya actividad principal es satisfacer eficientemente las necesidades de reparaciones, carenas y construcciones de la Armada de Chile y efectuar reparaciones, carenas y construcciones de naves y artefactos navales para terceros.

1.2. Visión

La visión de ASMAR es tener una administración, infraestructura, procesos y personal capacitado, para mantener en los niveles que le compete a las unidades de la Marina, poniendo a disposición de la Armada de Chile y de las empresas navieras del mundo sus capacidades de reparación y construcción naval, con el objeto de lograr su pleno empleo, alcanzando costos que la transformen en una Empresa más competitiva y rentable.

1.3. Competidores

A continuación, se presenta una descripción de aquellas empresas que ASMAR considera como sus competidores directos.

➤ **SOCIBER**

La "Sociedad Iberoamericana de Reparaciones Navales Limitada" fue fundada en el año 1981 como una sociedad entre ASMAR y NAVANTIA S.A ("Empresa Nacional de Construcciones Navales Militares S.A."), con el objeto de construir un Dique Flotante en la Planta Industrial de ASMAR Talcahuano, para posteriormente trasladarlo a la Bahía de Valparaíso el año 1985.

Hoy en día es un astillero de reparaciones navales cuya labor es varar y reparar naves en el puerto de Valparaíso.

➤ **ASENAV**

ASENAV fue creada en el año 1972 y se ubica en la ciudad de Valdivia, se destaca por sus construcciones navales de vanguardia, como dragas, lanchas de patrullaje marítimo,

lanchas para prácticos, entre otros. Construye naves especiales a la medida y de acuerdo con los requerimientos específicos de sus clientes.

➤ **MARCO**

Astilleros MARCO es una empresa fundada en 1960 en Iquique, Chile, como filial de Marine Construction and Design Company (MARCO) de Seattle, USA. Actualmente cuenta con astilleros en las ciudades de Iquique y Talcahuano.

Es una empresa dedicada al diseño, construcción, reparación y transformación de naves. También provee servicios de consultorías en ingeniería y arquitectura naval.

1.4. ASMAR Valparaíso

La Planta Industrial ASMAR Valparaíso, cuenta con diversos talleres y laboratorios apropiados para entregar a sus clientes los servicios de reparación integral a flote y fabricación de embarcaciones inflables, semirrígidas y especiales marca PUMAR® para diferentes aplicaciones en el ámbito militar y civil.

Además, está certificado en las Normas Internacionales de Calidad ISO 9001:2008, de Seguridad y Salud Ocupacional OHSAS 18001:2007 y de Medio Ambiente ISO 14001:2004.

Sus clientes se clasifican en Armada y Terceros, siendo estos nacionales y extranjeros.

1.4.1. Organigrama ASMAR Valparaíso

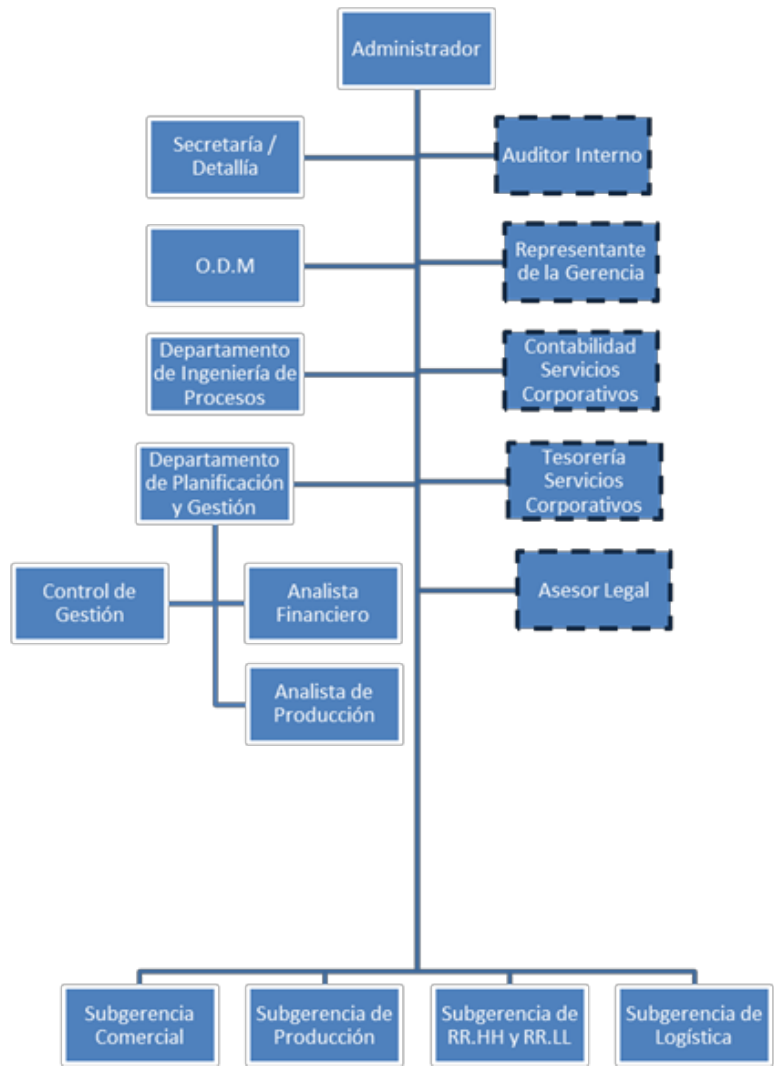


Figura 1.2: Organigrama de ASMAR (V).
Fuente: ASMAR.

1.4.2. PUMAR

ASMAR Valparaíso con la experiencia obtenida en construcción naval menor, comenzó la fabricación de botes plegables, de casco rígido y productos especiales de la marca PUMAR® hace más de 20 años, con el objeto de satisfacer la demanda del mercado nacional y extranjero.

Hoy en día ofrece sus productos a clientes de las Fuerzas Armadas Chilenas, Carabineros y también a clientes civiles y militares en Chile, Argentina, Ecuador y Paraguay.

Cabe mencionar, que dentro de la Subgerencia de Producción se encuentran seis departamentos y entre ellos está el Departamento de PUMAR, como se puede apreciar en la Figura 1.3, en el desglose del organigrama de la Planta.

1.4.2.1. Organigrama PUMAR

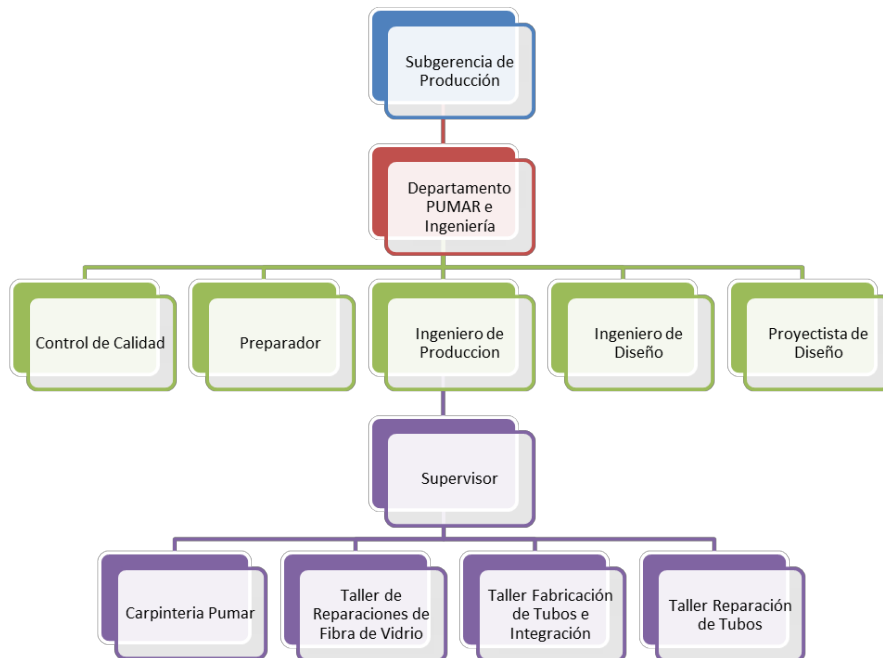


Figura 1.3: Organigrama de PUMAR.

Fuente: ASMAR.

1.4.2.2. Productos

El portafolio de productos que ofrece PUMAR está compuesto por:

➤ **Botes inflables**

Los botes inflables son construidos con tela Hypalon con piso interior desmontable de madera o aluminio dependiendo del modelo, estos botes se emplean como embarcaciones de trabajo, para uso militar y turismo.

➤ **Botes Semirrígidos**

Los botes semirrígidos poseen doble casco de fibra de vidrio reforzado unido y sellado, que conforman un compartimiento estanco con una importante reserva de flotabilidad. Además, cuentan con un tubo inflable fabricado en base a compartimentos estancos que le proveen una reserva de flotabilidad adicional y contribuye a darle gran estabilidad y a amortiguar el impacto de la navegación en malas condiciones de mar.

➤ **Productos Especiales**

ASMAR Valparaíso ha desarrollado la capacidad de diseño y construcción para fabricar embarcaciones especiales, las que se adecuan a exigencias puntuales de sus clientes.

Para mayor información revisar Catalogo actualizado de Botes PUMAR junto a sus características en Anexo C.

1.4.2.3. Competidores

➤ **Zodiac**

La empresa nace el 22 de diciembre de 1896 por el aeronauta Maurice Mallet con el nombre de *Société Mallet, Melandri y de Pitray*. En sus comienzos la organización se

especializaba en el diseño y construcción de globos y años más tarde se dedicó a la fabricación de aeronaves más pesadas, entre ellos, aviones.

En el año 1911, la empresa cambio su nombre por Zodiac y fue en el año 1934 que desarrollo el primer prototipo de botes inflables.

Hoy en día Zodiac® es el líder mundial en la fabricación y distribución de embarcaciones neumáticas y semirrígidas, y está presente en 90 países a través de una red de 1.600 puntos de venta en todo el mundo.

➤ **Falcon**

La organización fue fundada a mediados de 1970, por Marius Heyneman quien sentó las bases para la incorporación de botes inflables en la industria sudafricana. En 1985 la demanda alcanzó un punto en el cual era posible la manufactura de este de forma profesional.

Actualmente la industria Falcon, botes inflables y rígidos, están disponibles en alrededor de 40 países. El rango de usos va desde usos recreacionales, hasta ingeniería personalizada, en el contexto médico, militar y aplicaciones comerciales.

➤ **AVON**

Avon fue creada en el año 1959, y a lo largo de los años ha producido alrededor de 200.000 botes inflables y rígidos. Fue fundada en Bradford, Inglaterra.

Sus productos están disponibles globalmente por medio de una red internacional de distribuidores, agentes y negociadores, lo que les ha permitido llegar a clientes en más de 60 países.

Todos los barcos están hechos con telas recubiertas de Hypalon®.

1.4.2.4. Clientes

PUMAR desde el año 2004 ha ido aumentando su cartera de clientes llegando a tener un registro de aproximadamente 106 compradores, entre ellos clientes eventuales y frecuentes. Algunos de sus clientes frecuentes son DIRECTEMAR, la Dirección de Abastecimiento de la Armada, y los que se presentan en el gráfico de la Figura 1.4, en donde

los clientes han sido ordenados de acuerdo a la cantidad de botes que han comprado. Cabe mencionar que la mayoría de los clientes de PUMAR son eventuales, como por ejemplo el Instituto de Fomento Pesquero, Pesquera San José S.A., entre otros, los cuales no han comprado más de 2 botes.

En el Anexo D, se presenta mayor información de la cartera de clientes de PUMAR.

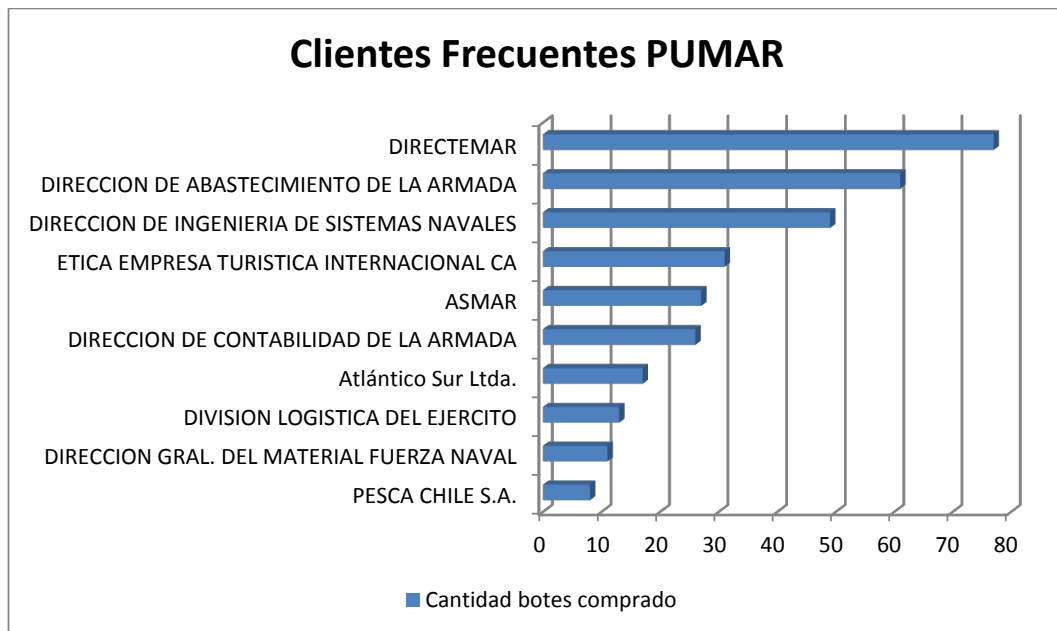


Figura 1.4: Cantidad de Botes comprados por clientes desde 2004-2013.
Fuente: ASMAR.

2. Planteamiento del Problema

2.1. Análisis del Problema: Situación Actual

En el año 1991 ASMAR comenzó a fabricar los primeros botes PUMAR, los cuales buscaban satisfacer las necesidades de la Armada de Chile, su principal cliente en ese entonces. Dichos botes se crearon específicamente con el objetivo de dar apoyo a los buques, como también, para actividades marítimas de las Fuerzas Armadas. El primer bote que crearon fue de tipo inflable, el cual era parecido al actual MI-585.

La fabricación de botes PUMAR ha sido variable, ya que durante los primeros años producían únicamente a pedido, contando con un catálogo reducido de botes. Con los años, PUMAR agregó mayor cantidad de productos a su oferta, llegando a conformar el catálogo que poseen hoy en día.

Llevando más de veinte años dedicados a la producción de botes, los procesos aun no son automatizados incorporando nuevas tecnologías. Pese a esto, existen esfuerzos individuales que buscan potenciar la producción, por medio de alternativas tales como, automatización, cambio de layout, perfeccionamiento de mano de obra, entre otras, debido a que existe un mercado que espera una mayor oferta de botes.

Pese a lo anterior, PUMAR ha crecido de alguna manera, ya que, a partir del año 2013 comenzó a producir en serie dos tipos de botes inflables. Los más vendidos desde el año 2004, correspondiente a los modelos “585 Faena” y “585 Asalto”. Dicha información se refleja en la Figura 2.1, donde se presenta la cantidad de botes vendidos por modelo desde el año 2004 hasta mayo de 2013, en donde se puede apreciar, que los más vendidos corresponden a los modelos inflables, siguiendo los semirrígidos y finalmente los productos especiales fabricados en una cantidad menor.

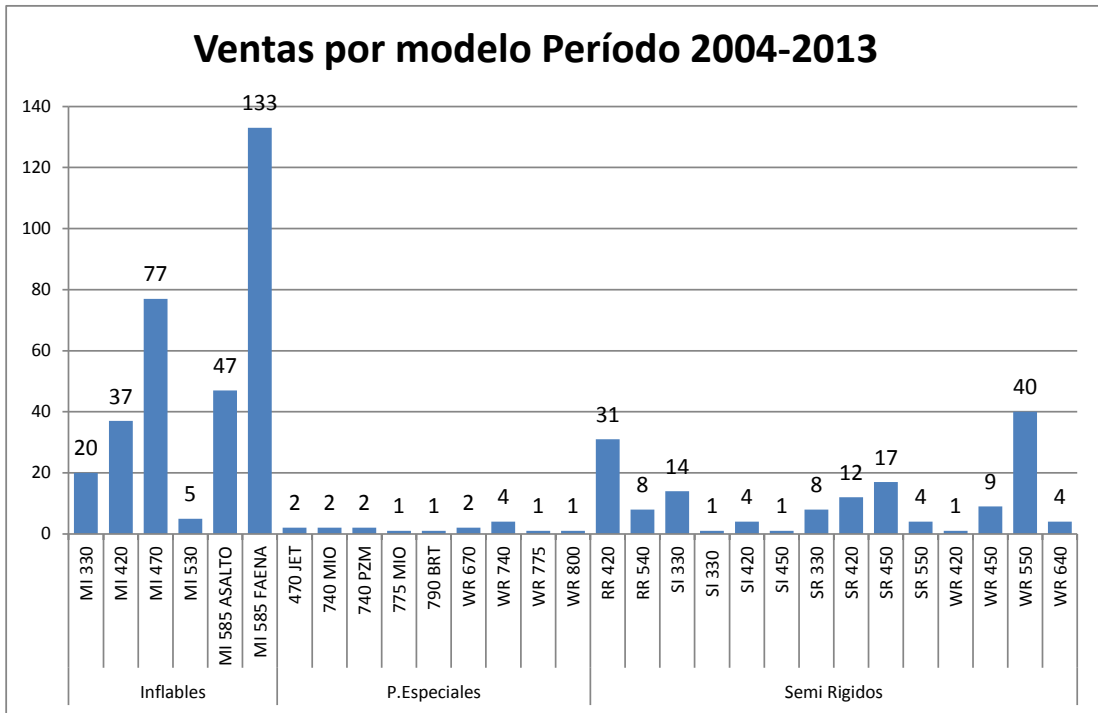


Figura 2.1: Ventas período 2004-2013.
Fuente: ASMAR.

En el gráfico de la Figura 2.2 se representa la producción de cada tipo de bote, desde 2004 a mayo de 2013; se observa que el bote más fabricado es el MI- 585, en donde 37% de la producción está destinada a su elaboración, siguiendo el modelo MI-470 con un 16%, y el resto está por debajo del 8%.

En el Anexo E está disponible la tabla de porcentaje de fabricación de botes especiales, inflables y semirrígidos, detallada por modelo de botes.

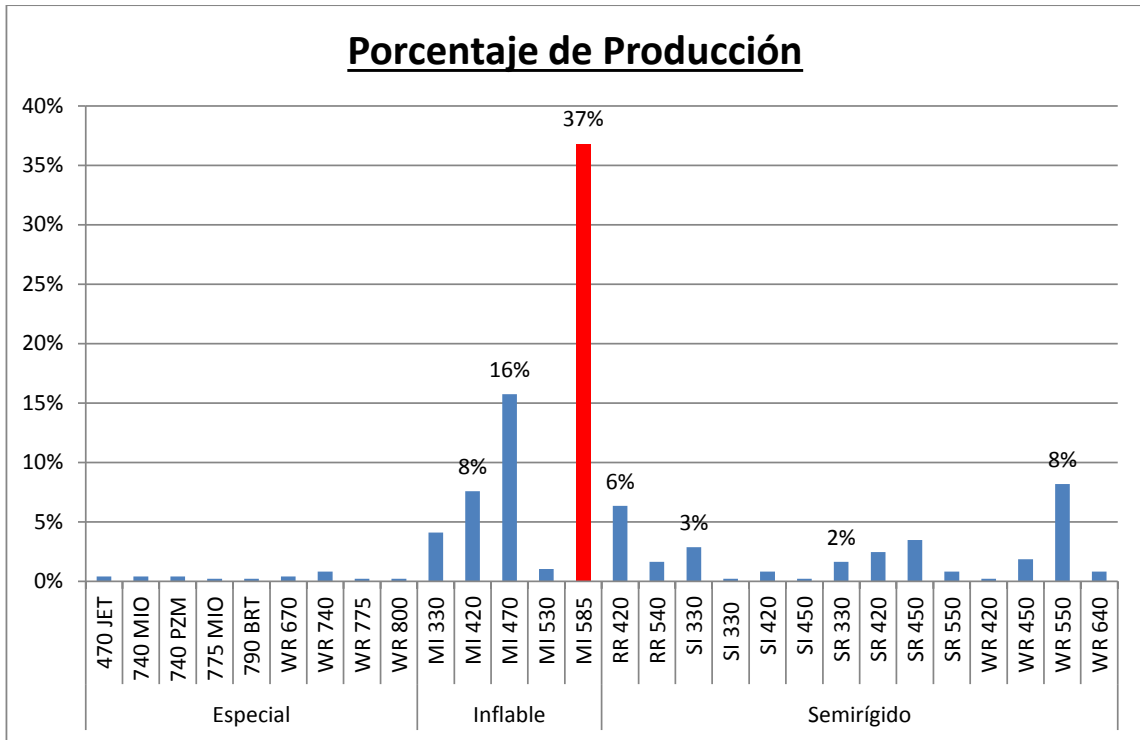


Figura 2.2: Porcentaje de producción de Botes periodo 2004-2013.
Fuente: PUMAR.

PUMAR, en el año dos mil diez sufrió cambios importantes, entre ellos, se incorporó nuevo personal a la Planta, lo que conllevó además, a planificar la producción de tal manera de incrementar la producción anual, como se puede observar la tendencia del gráfico de la Figura 2.3.

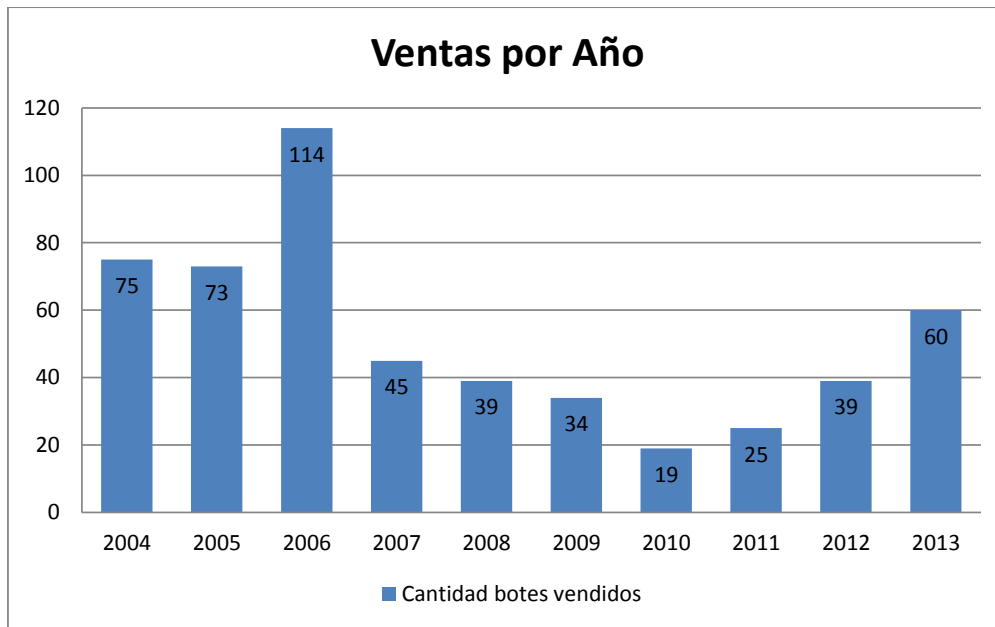


Figura 2.3: Cantidad de botes vendidos por cada año.
Fuente: ASMAR.

Además, en el gráfico de la Figura 2.4, es posible apreciar la proporción de botes vendidos según su clasificación durante los años 2004-2013, en donde, se observa que la mayor producción de botes corresponde a inflables, en excepción del año 2010, en donde existe una mayor producción de botes semirrígidos.

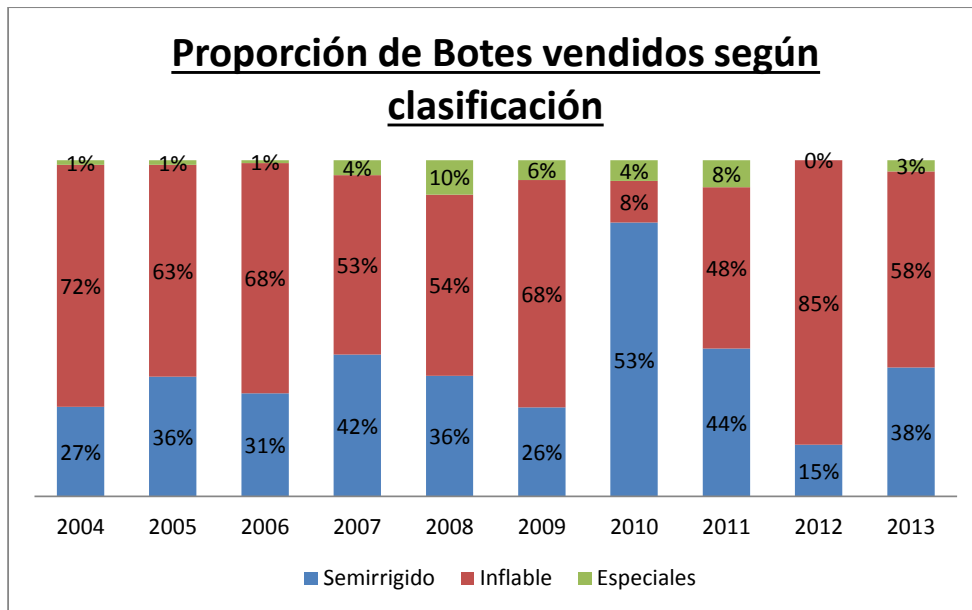


Figura 2.4: Cantidad de botes vendidos según clasificación.
Fuente: ASMAR.

En los primeros años desde que se cuenta con registros (2004 a 2006), existe una alta cantidad de botes fabricados respecto de los otros años, debido a que la Dirección de Abastecimiento de la Armada Chilena, uno de sus principales clientes, por temas de remodelación, cambió de sus embarcaciones menores, de esta forma, el 37% de la producción corresponde a la fabricación de botes 585 en el año 2004. A partir del 2007 hubo una disminución de un 57% respecto del año anterior, pero aun así el bote 585 fue el que se produjo en mayor cantidad. Dicha situación se mantuvo hasta el año 2010, año en que producen cambios, tanto con el personal de la Planta como con la planificación del proceso productivo. También, a partir de este año la producción de botes 585 aumenta considerablemente cada año, como es posible apreciar en la Tabla 2.1 y en la Figura 2.5, en donde las abscisas del gráfico representa los años, y las ordenadas representa el porcentaje de producción respecto del total de botes.

En el Anexo F se encuentra el detalle de fabricación de los botes 585.

Tabla 2.1: Historia de Producción Botes 585

Año producción	Cantidad
2004	27
2005	26
2006	28
2007	12
2008	12
2009	11
2010	5
2011	10
2012	29
2013	20

Fuente: ASMAR

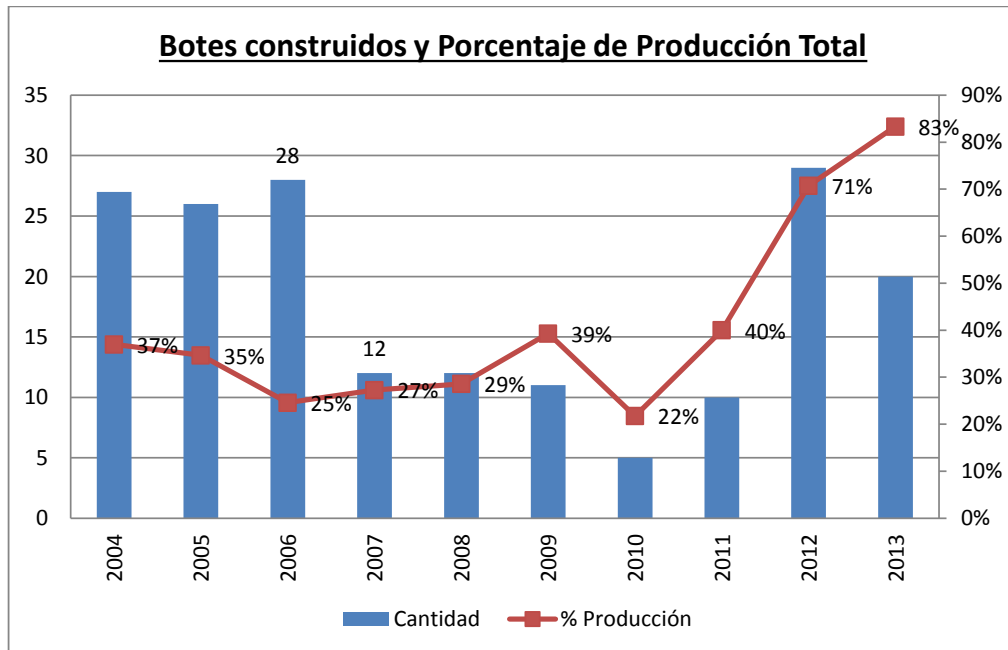


Figura 2.5: Cantidad de botes 585 construidos y porcentaje total de producción.
Fuente: PUMAR.

Es posible analizar por medio de un diagrama Pareto cuáles son los botes que representan en mayor medida a PUMAR como marca registrada (Figura 2.6).

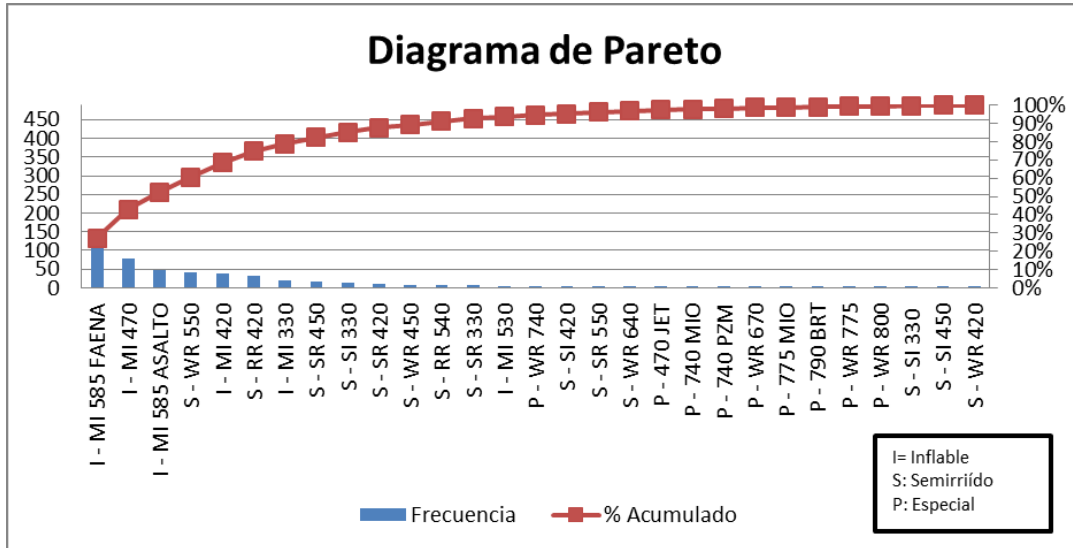


Figura 2.6: Diagrama de Pareto.
Fuente: Elaboración Propia.

El 80% de las ventas son generadas por el 20% de los botes disponibles en el catálogo de PUMAR, es decir, por los 6 modelos botes presentados en la figura 2.6 de izquierda a derecha, en donde destaca el modelo 585-Faena con una mayor frecuencia.

Los datos con los cuales se realizaron los cálculos para la elaboración del diagrama de Pareto se encuentran disponibles en Anexo G.

2.1.1. Procesos Productivos

A continuación, se presenta la representación gráfica de los procesos productivos correspondiente a los botes semirrídidos, botes inflables y productos especiales.

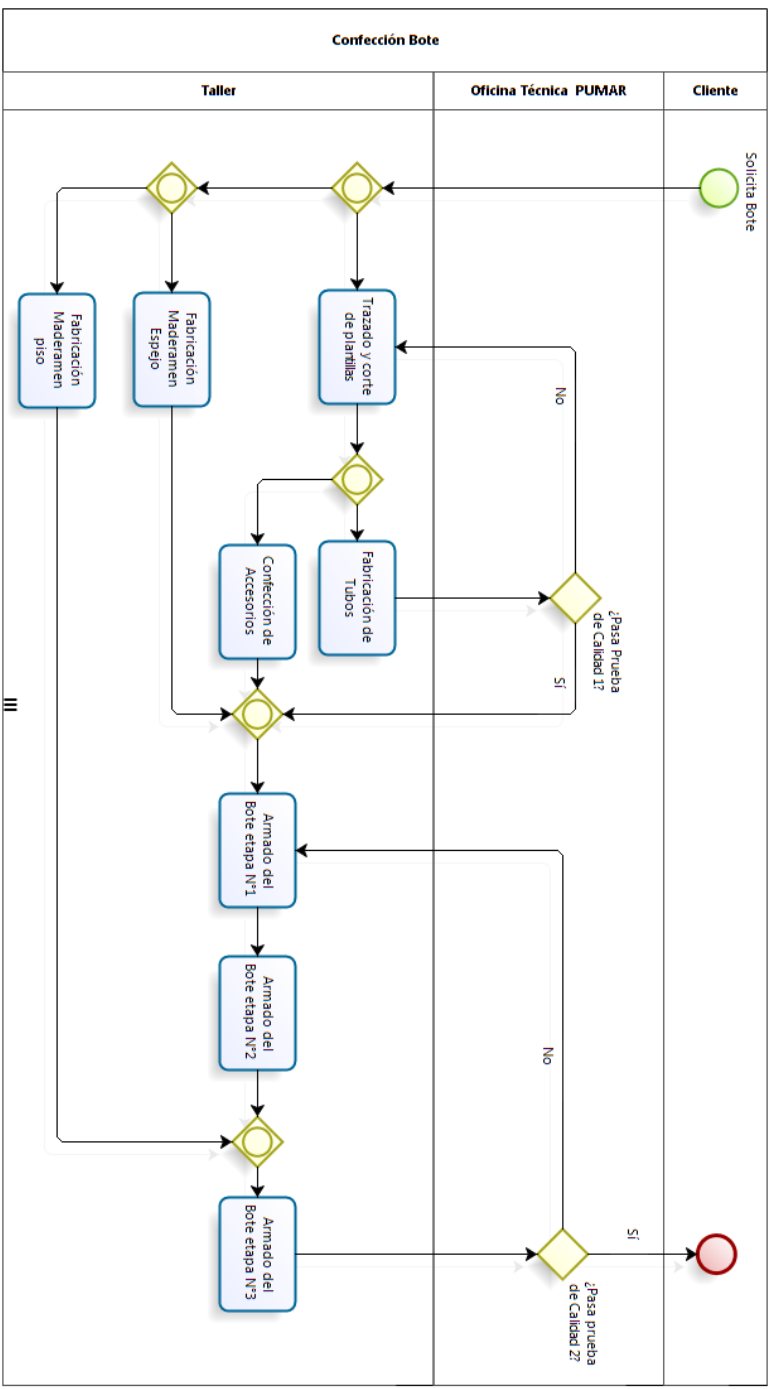


Figura 2.7: Proceso de Bote Inflable.
Fuente: PUMAR.

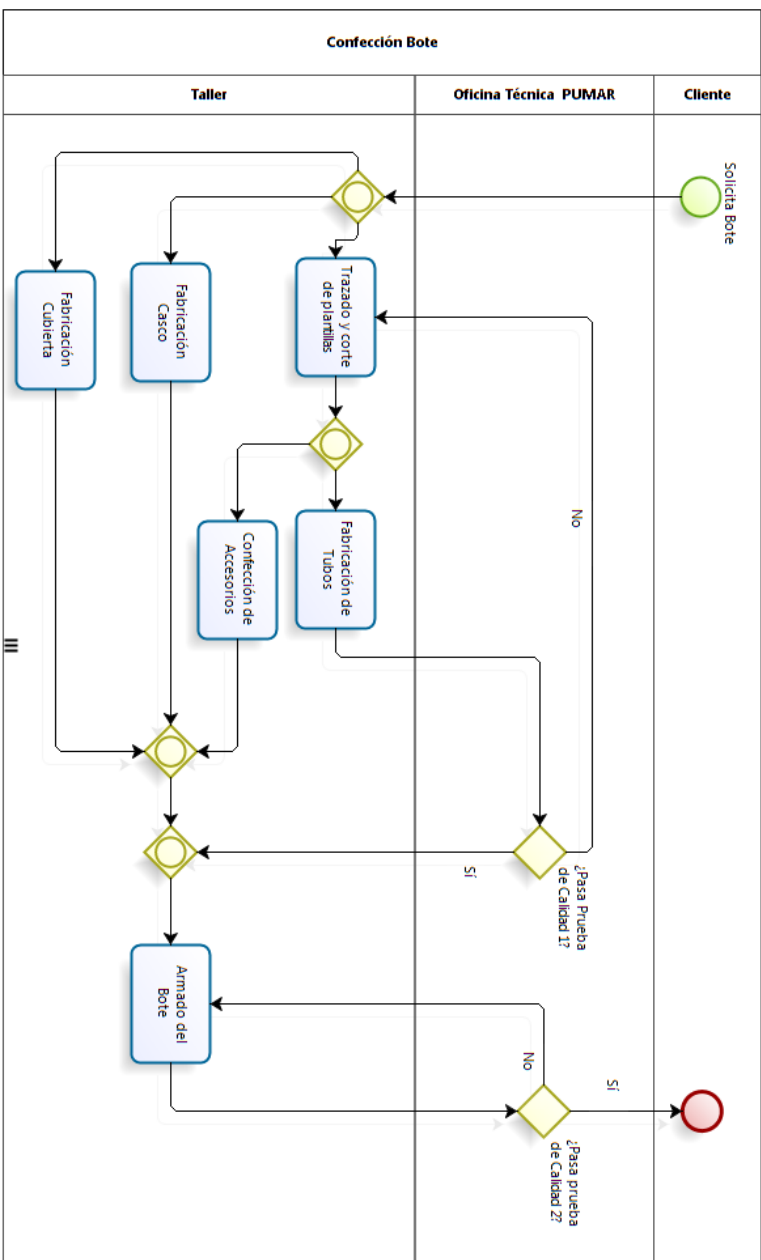


Figura 2.8: Proceso de Bote Semirrígido.
Fuente: PUMAR.

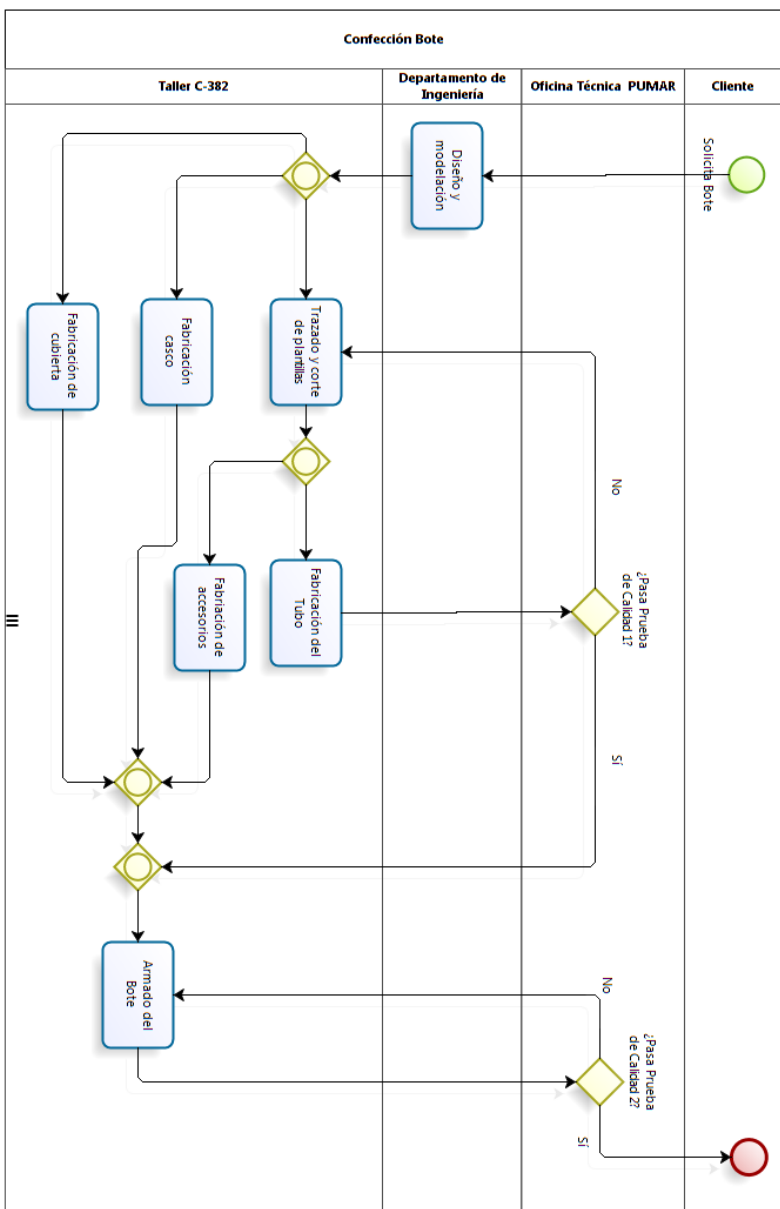


Figura 2.9: Proceso de Producto Especial.
Fuente: PUMAR.

2.1.2. Línea de producción Botes 585 Faena y 585 Asalto

El proceso de fabricación del bote 585 se divide en ocho estaciones de trabajo, en donde las labores en cada una de ellas son realizadas por uno o más trabajadores de manera artesanal.

Cada trabajador es polivalente, esto se debe a que ellos son rotados cada cierto tiempo para que su labor no sea rutinaria, lo que crea operarios altamente especializados en el diseño de las operaciones de manufactura, especialmente para el armado final del producto.

Cabe mencionar, que las pruebas de calidad no son consideradas como estaciones independientes, ya que están definidas como tareas dentro de otras estaciones. Así, la Prueba de Calidad 1 forma parte de la Estación 2 Fabricación de Tubos, y la Prueba de Calidad 2 forma parte de la Estación 8 Armado del Bote etapa número 3.

La Figura 2.10, contiene las 8 estaciones con su respectivo nombre, cantidad de trabajadores y tiempo de trabajo.

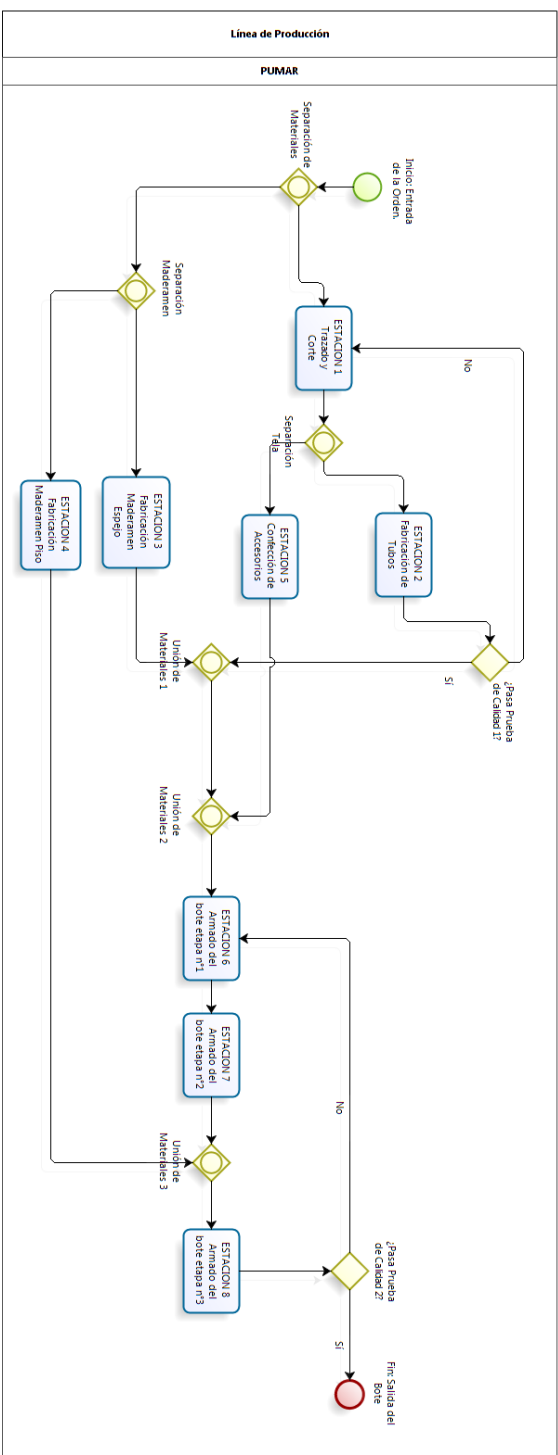


Figura 2.10: Estaciones de proceso productivo de botes 585
Fuente: ASMAR

Fase 1:

1. Entrada de la orden.
2. Separación del paquete de trabajo según tipo de material, es decir de acuerdo a madera o tela de hypalon.

Fase 2:

Una vez separado el paquete de trabajo de acuerdo a tipo de material (punto 2 de la fase 1):

1. El paquete que contiene la tela de hypalon es llevado al lugar de trabajo donde se efectúa el trazado y corte (Estación 1).
2. El paquete de madera es separado de acuerdo a su aplicación, es decir, para la fabricación de espejo (Estación 3) y para la fabricación de piso (Estación 4).
3. Una vez cortada la tela de hypalon en la Estación 1, las piezas resultantes son separadas y llevadas hasta la Estación 5 para la confección de accesorios y hasta la Estación 2 para la fabricación de tubos.
4. La Estación 2 considera la realización de la Prueba de Calidad 1, proceso en el cual se realizan pruebas de estanqueidad total al tubo (prueba de presión al tubo completo entre 2.8 y 3.5 psi por un tiempo de 24 horas), prueba de presión de las cámaras estancas (prueba de presión entre 3.5 y 5.1 psi por un tiempo de 30 minutos a cada compartimento estanco del bote) y prueba de sobrepresión de válvulas (se prueba y regula la abertura y cierre de todas las válvulas grifo. Éstas deben quedar reguladas de modo que abran antes de los 5.1 psi).
 Si la Prueba de Calidad 1 tiene resultados satisfactorios, los tubos se juntan con el espejo fabricado en la Estación 3, de lo contrario, si los resultados de la Prueba de Calidad 1 no son satisfactorios, el tubo es devuelto a la Estación 1 con el objetivo de encontrar el problema y planificar las acciones correctivas.
5. Considerando que la Prueba de Calidad 1 tuvo resultados satisfactorios, el tubo confeccionado en la Estación 2 se encuentra con el espejo fabricado en la Estación 3 y luego con los accesorios de la Estación 5.

Fase 3

1. Una vez finalizada la Fase 2 del proceso, se procede al primer ensamble, Estación 6: Armado del bote etapa n°1. Para esto, y como se explicó en la fase 2, primero se ensamblan los tubos fabricados en la Estación 2 con el espejo fabricado en la Estación 3, y finalmente se incorporan los accesorios provenientes de la Estación 5.
2. Cuando las tareas de la Estación 6 son terminadas, se procede al segundo ensamble en la Estación 7. Luego el producto ensamblado hasta ese momento se junta con el piso proveniente de la Estación 4, para finalmente unirse en la Estación 8 (Armado del bote etapa n°3), siendo la última etapa del proceso.

3. Una vez ensamblado el bote en su totalidad en la Estación 8, se realiza la Prueba de Calidad 2.

Sí la Prueba de Calidad 2 tiene resultados satisfactorios, el bote terminado sale del sistema, de lo contrario, sí los resultados de la Prueba de Calidad 2 son no satisfactorios, el armado de la Estación 8 se vuelve a la Estación 6 para detectar la falla y planificar las acciones correctivas.

De la Figura 2.10 se aprecia que el sistema está conformado por los siguientes elementos:

- Entrada: Corresponde al ingreso de las órdenes de producción de botes.
- Actividades: Corresponden a las diversas tareas que se realizan en todas las estaciones durante un tiempo determinado.
- Salida: Corresponde a la salida del bote terminado, listo para ser vendido.

Para lograr definir el sistema, es necesario definir los siguientes puntos:

- Objetivo del Sistema.

El objetivo del sistema es la fabricación de botes a través de una secuencia lógica de etapas a seguir, en donde se agrega valor a cada una de ellas.

- Políticas del Sistema.

Las políticas del sistema se consideran de la siguiente forma y con las siguientes medidas:

- Utilización de recursos: cantidad de trabajadores en cada estación.
- Trabajo: la jornada laboral es de 40,75 horas semanales, distribuidas de lunes a viernes de 08.00 a 17:00 horas, que son interrumpidas en 45 minutos para colación.
- Tiempo en estaciones: el tiempo en cada estación es medido en horas y es aleatorio. Sin embargo, PUMAR no registra el tiempo por estación para cada fabricación de bote, pero sí registra el tiempo total del proceso.

En la Tabla 2.2 se puede revisar el tiempo promedio en cada estación, en base al desglose de las tareas correspondiente a la línea de producción, con la respectiva cantidad de trabajadores.

Tabla 2.2: Tiempos de producción en estaciones de trabajo.

Estación	N° trabajadores	Total Horas	Horas por tarea	Tareas por Estación
Estación 1 "Trazado y Corte"	1	41	4	Retirar Materiales
			23	Trazar y Cortar Bote
			6	Raspar Piezas de Armado de Bote
			8	Raspar paños del Tubo
Estación 2 "Fabricación de Tubos"	3	76	6	Pegar bisagras y estancos
			10	Pegar paños del tubo
			6	Encintar traslapes
			6	Armar válvulas de inflado
			4	Conectar válvulas
			14	Cerrar estancos y tubo
			6	Encintar Tubo
			16	Marcar y raspar tubo
Estación 3 "Fabricación Maderamen Espejo"	1	20	2	Retirar materiales
			8	Fabricar espejo
			4	Fabricar Tablón de levante
			2	Fabricar Listón de tope
			2	Fabricar tabla de sacrificio
			2	Aplicar Primera mano de pintura
Estación 4 "Fabricación Piso"	1	24	2	Retirar materiales
			4	Cortar perfiles de madera
			6	Armar paneles
			6	Fabricar Volets
			4	Rebajar gomas de largueros y perfiles
			2	Realizar terminaciones correspondientes
Estación 5 "Confección de Accesorios"	2	54	2	Retirar Materiales
			2	Marcar y cortar accesorios del bote
			16	Fabricar accesorios
			6	Marcar, cortar y raspar quillas, estabilizadores y encintados
			28	Armar y cerrar quilla y estabilizadores
Estación 6	3	58	2	Retirar Materiales

"Armado Del Bote Etapa N°1"			34	Pegar accesorios
			8	Instalar espejo
			10	Instalar bisagras de fondo
			4	Armar tablón de levante
Estación 7 "Armado Del Bote Etapa N°2"	2	52	4	Instalar tablón de levante
			16	Instalar tela de fondo
			8	Instalar bisagra de estabilizadores.
			24	Instalar estabilizadores y polleras
Estación 8 "Armado Del Bote Etapa N°3"	1	55	12	Pegar perfil triangular
			4	Instalar paraguas y manguera de estabilizadores
			10	Aplicar segunda y tercera mano de pintura
			16	Instalar herrajes y realizar terminaciones correspondientes
			3	Armar kit de reparaciones
			6	Embalar Bote
			4	Realizar Inspección final
Total	14	380		

Fuente: ASMAR

➤ Variables endógenas controlables

Las variables controlables del sistema son:

- Recursos disponibles.
- Horarios de trabajo.
- La unidad de medida del tiempo estará en horas.

➤ Variables exógenas no controlables

- Fenómenos naturales que afecten el normal funcionamiento de las operaciones de la empresa.

2.2. Formulación del Problema

En el entorno productivo de la confección de botes 585 existen diversos síntomas llamados efectos indeseables, en los cuales subyace un problema general conocido como causa raíz, que no ha podido ser enfrentado, lo cual afecta en gran medida al desarrollo y al mejoramiento continuo de PUMAR.

Para desentrañar la causa raíz que actualmente está generando problemas en la línea de producción de botes 585, se elaboró un árbol de la realidad actual (ARA), herramienta con la cual se obtienen las principales causas generadoras de conflicto.

Se ha detectado 10 efectos indeseables, los cuales se presentan a continuación:

- [E11]: El tiempo de producción del diseño actual, es mayor que el promedio en un 33%.
- [E12]: Baja capacidad productiva, lo cual conlleva a no poder satisfacer a los clientes simultáneamente.
- [E13]: Incumplimiento a clientes en un 33%, en términos de plazo de entrega.
- [E14]: En un 32% de los casos, la distribución de los trabajadores es menor a lo requerido para cumplir con el tiempo de fabricación promedio.
- [E15]: El Índice de ausentismo laboral es de un 5%.
- [E16]: Incumplimiento de las metas de producción en un 70%.
- [E17]: No se mantiene stock de seguridad.
- [E18]: Inadecuada gestión de inventarios.
- [E19]: 19,4% de los botes no pasan la Prueba de Calidad 1 o la Prueba de Calidad 2.
- [E110]: 2,2% de los botes no pasan la Prueba de Calidad 1 y la Prueba de Calidad 2.

Los datos para el cálculo de frecuencias de los efectos indeseables están disponibles en el Anexo H, y en la Figura 2.11 se expone el árbol de la realidad actual, cuya causa raíz es la falta de un rediseño al proceso productivo.

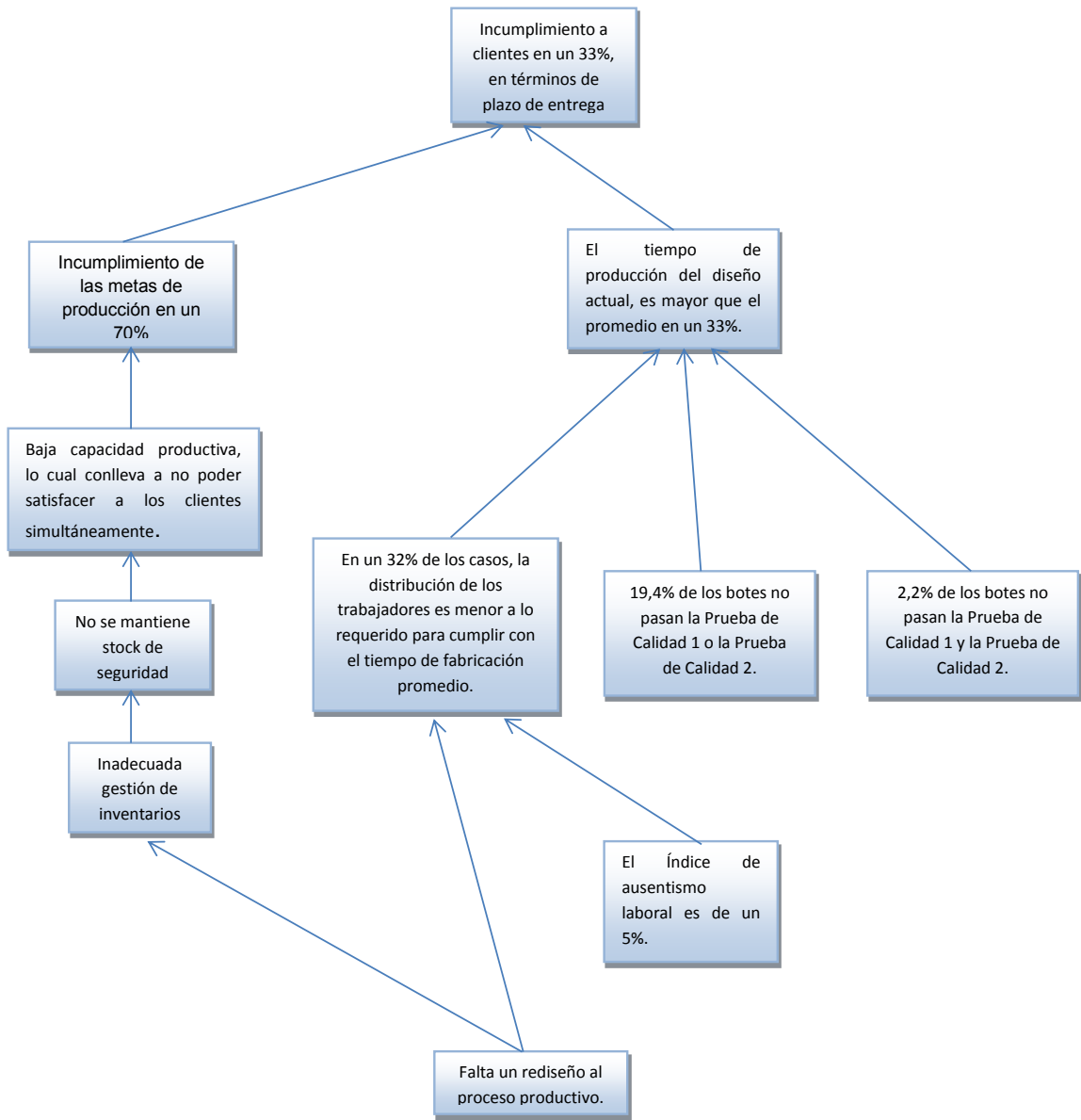


Figura 2.11: Árbol de la realidad actual.
Fuente: Elaboración Propia.

Para atacar el problema identificado, se optará por simular el proceso de la línea de producción de botes inflables 585. De esta forma se podrá representar el proceso actual e identificar las estaciones con problemas y los posibles cuellos de botella, es decir, imitar la realidad.

Se podrá además analizar el comportamiento que tendría en distintos escenarios, anticiparía lo que pasa si se cambian variables como cantidad de trabajadores, maquinarias, entre otras.

Por último, en base a los resultados de los escenarios experimentados, tomar decisiones.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Rediseñar la línea de producción de Botes 585 Faena y Asalto PUMAR® de ASMAR Planta Valparaíso.

3.2. Objetivos Específicos

- Identificar los factores críticos que impiden un correcto funcionamiento del proceso productivo de la línea.
- Diseñar un modelo que represente la situación actual de la línea de producción de Botes 585 Faena y Asalto PUMAR®.
- Verificar y validar el modelo.
- Analizar resultados en diversos escenarios y entregar propuesta.

4. Marco Teórico

En el presente capítulo se procederá a entregar el marco teórico, el cual consiste en describir las técnicas que se utilizarán en la memoria.

4.1. Teoría de Colas

4.1.1. Descripción de un sistema de colas

La teoría de colas fue originariamente un trabajo práctico. La primera aplicación de la que se tiene noticia es del matemático danés Erlang sobre conversaciones telefónicas en 1909, para el cálculo de tamaño de centralitas. Después se convirtió en un concepto teórico que consiguió un gran desarrollo, y desde hace unos años se vuelve a hablar de un concepto aplicado, aunque exige un importante trabajo de análisis para convertir las fórmulas en realidades, o viceversa. [García01]

Un sistema de colas se puede describir como: “clientes” que llegan buscando un servicio, esperan, si éste no es inmediato, luego abandonan el sistema una vez que han sido atendidos. En algunos casos se puede admitir que los clientes abandonan el sistema si se cansan de esperar. El término “cliente” se usa con un sentido general y no implica que sea un ser humano, puede significar piezas esperando su turno para ser procesadas o una lista de trabajo esperando para imprimir en una impresora en red. [García01]

A continuación, la Figura 4.1 muestra un sistema de cola básico.

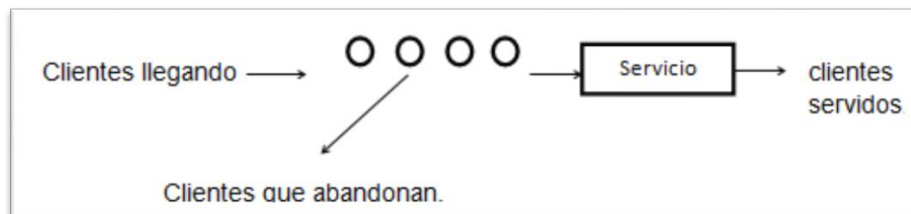


Figura 4.1: Sistema de cola tipo.
Fuente: [García01]

Aunque la mayor parte de los sistemas se puedan representar como en la Figura 4.1, debe quedar claro que una representación detallada exige definir un número elevado de parámetros y funciones.

4.1.2. Características de los sistemas de cola

Seis son las características básicas que se deben utilizar para describir adecuadamente un sistema de colas:

- Patrón de llegada de los clientes
- Patrón de servicio de los servidores
- Disciplina de cola
- Capacidad del sistema
- Número de canales de servicio
- Número de etapas de servicio

Algunos autores incluyen una séptima característica que es la población de posibles clientes. [García01]

4.1.3. Patrón de llegada de los clientes

En situaciones de cola habituales, la llegada es estocástica, es decir la llegada depende de una cierta variable aleatoria, en este caso es necesario conocer la distribución probabilística entre dos llegadas sucesivas de clientes. Además, habría que tener en cuenta si los clientes llegan independiente o simultáneamente. En este segundo caso (es decir, en lotes) habría que definir la distribución probabilística de éstos.

Por último, es posible que el patrón de llegada varíe con el tiempo. Si se mantiene constante se le llama estacionario, si por ejemplo varía con las horas del día es no-estacionario. [García01]

4.1.4. Patrones de servicio de los servidores

Los servidores pueden tener un tiempo de servicio variable, en cuyo caso hay que asociarle, para definirlo, una función de probabilidad. También pueden atender en lotes o de modo individual.

El tiempo de servicio también puede variar con el número de clientes en la cola, trabajando más rápido o más lento, y en este caso se llama patrones de servicio dependientes. Al igual que el patrón de llegadas el patrón de servicio puede ser no-estacionario, variando con el tiempo transcurrido. [García01]

4.1.5. Disciplina de cola

La disciplina de cola es la manera en que los clientes se ordenan en el momento de ser servidos de entre los de la cola. Cuando se piensa en colas se admite que la disciplina de cola normal es FIFO (atender primero a quien llegó primero). Sin embargo, en muchas colas es habitual el uso de la disciplina LIFO (atender primero al último). También es posible encontrar reglas de secuencia con prioridades, como por ejemplo secuenciar primero las tareas con menor duración o según tipos de clientes. [García01]

4.1.6. Capacidad del sistema

En algunos sistemas existe una limitación respecto al número de clientes que pueden esperar en la cola. A estos casos se les denomina situaciones de cola finitas. Esta limitación puede ser considerada como una simplificación en la modelización de la impaciencia de los clientes. [García01]

4.1.7. Número de canales del servicio

Es evidente que es preferible utilizar sistemas multiservidos con una única línea de espera para todos que con una cola por servidor. Por tanto, cuando se habla de canales de servicio paralelos, se habla generalmente de una cola que alimenta a varios servidores mientras que el caso de colas independientes se asemeja a múltiples sistemas con sólo un servidor. En la Figura 4.2 se dibujó un sistema mono-canal, en la Figura 4.3 se presenta dos variantes de sistema multicanal. El primero tiene una sola cola de espera, mientras que el segundo tiene una sola cola para cada canal. [García01]

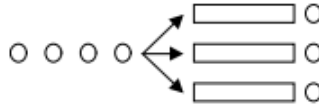


Figura 4.2: Sistema mono-canal.
Fuente: [García01]



Figura 4.3: Sistema multicanal.
Fuente: [García01]

4.1.8. Etapas de servicio

Un sistema de colas puede ser unietapa o multietapa. En los sistemas multietapa el cliente puede pasar por un número de etapas mayor que uno. Una peluquería es un sistema unietapa, salvo que haya diferentes servicios (manicura, maquillaje) y cada uno de estos servicios sea desarrollado por un servidor diferente.

En algunos sistemas multietapa se puede admitir la vuelta atrás o "reciclado", esto es habitual en sistemas productivos como controles de calidad y reprocesos.

Un sistema multietapa se ilustra en la Figura 4.4.

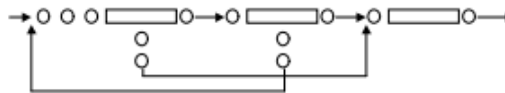


Figura 4.4: Sistema Multietapa con retroalimentación.
Fuente: [García01]

4.2. Simulación

La simulación es la imitación o réplica del comportamiento de un sistema o de una situación, usando un modelo que lo representa de acuerdo al objetivo por el cual se estudia el sistema. Para hacer este estudio se requiere el conocimiento de los datos relacionados con el sistema o problema, que sean relevantes.

Para esto, construye modelos representativos de la situación, objeto o sistema que se desea estudiar. Estos modelos están conformados por un conjunto de funciones que interrelacionan variables exógenas, de estado, parámetros y constantes, entre sí y con variables endógenas, para describir el sistema.

Sobre la base de información histórica, la simulación construye una historia de estados del sistema, de acuerdo a los valores que en el tiempo toman las variables de estado. Tales valores están relacionados con los atributos o características de esas variables. [Berger, 00]

¿Cuándo es necesario simular?

Es necesario simular cuando se presenta lo siguiente:

- Cuando el sistema real no existe, o sea de carácter peligroso, costoso, imposible de construir y requiera el consumo de mucho tiempo.
- Cuando la experimentación con el sistema real sea complicado, costoso, peligrosos o pueda causar desajustes graves en el sistema.
- Cuando sea necesario realizar un estudio del pasado, presente o futuro del sistema en tiempo real, el tiempo expandido o tiempo comprimido.
- Cuando el sistema sea tan complejo que su evaluación analítica sea prohibitiva, ya sea porque el modelo matemático no posea solución analítica o numérica simple y práctica o bien porque el modelamiento matemático sea imposible.
- Cuando el modelo de simulación puede ser validado satisfactoriamente.

Sin embargo, es necesario ser cuidadoso a la hora de realizar una simulación, ya que existen diversos errores que se producen en ésta, como los siguientes: [Hoeger05]

- a) Nivel de detalle inapropiado: Un modelo analítico es menos detallado que un modelo de simulación. Un análisis requiere de muchos supuestos y simplificaciones. El detalle en un modelo de simulación está limitado por el tiempo disponible para desarrollarlo.
- b) Lenguaje inapropiado: Lenguajes de simulación de propósito especial requieren menos tiempo para implementar el modelo y facilitan actividades como verificación (mediante el uso de opciones de trazado) y análisis estadístico.
- c) Lenguajes de propósito general son más portables y proveen mejor control sobre la eficiencia y el tiempo de corrida de la simulación.

- d) Modelos no verificados: Los modelos de simulación son generalmente programas grandes, que, si no se tienen las precauciones respectivas, es posible tener errores de programación que hagan las conclusiones sin sentido.
- e) Modelos inválidos: Aun cuando no haya errores de programación, puede que el modelo no represente al sistema real adecuadamente por supuestos incorrectos en su formulación. Es esencial que el modelo sea validado para asegurar que las conclusiones a las que se pueda llegar sean las mismas que se obtendrían del sistema real. Todo modelo de simulación debe estar bajo sospecha hasta que se pruebe lo contrario por modelos analíticos, mediciones, o intuición.
- f) Tratamiento incorrecto de las condiciones iniciales: Generalmente la parte inicial de una corrida de simulación no es representativa del comportamiento de un sistema en estado estable, por lo tanto, debe ser descartada.
- g) Simulaciones muy cortas: Por tratar de ahorrar tiempo de análisis y de computación, las corridas de simulación pueden ser muy cortas. Los resultados en estos casos dependen de las condiciones iniciales y pueden no representar al sistema real. El tiempo de corrida adecuado depende de la exactitud deseada y de la varianza de las cantidades observadas.
- h) Generadores de números aleatorios inadecuados: Las simulaciones requieren de cantidades aleatorias que son producidas por procedimientos llamados generadores de números aleatorios. Es mejor usar generadores que han sido bien analizados a usar los de uno mismo. Aun buenos generadores presentan problemas.
- i) Selección de semillas inadecuadas: Los generadores de números aleatorios son procedimientos que dado un número aleatorio generan otro. El primer número aleatorio de la secuencia se llama semilla y debe ser proporcionada por el analista. Las semillas deben ser cuidadosamente seleccionadas para mantener independencia entre las distintas secuencias. Los analistas usualmente usan una misma secuencia para diferentes procesos o usan la misma semilla para todas las secuencias. Esto introduce correlación entre los procesos y puede llevar a conclusiones erróneas.

4.2.1. Tipos de simulaciones

Hay muchas maneras de clasificar modelos de simulación, pero una forma útil es a través de estas tres dimensiones [Domínguez08]:

- **Según tiempo**

Estático contra dinámico: el tiempo no desempeña un papel natural en los modelos estáticos, pero sí en los dinámicos. La mayoría de los modelos operativos son dinámicos.

- **Según Tipos de Variables**

Continuo contra discreto: en un modelo continuo el estado del sistema puede cambiar continuamente en el tiempo; un ejemplo es el nivel de una presa conforme entra y sale el agua, y conforme suceden la precipitación y la evaporación. Sin embargo, en un modelo discreto el cambio puede ocurrir sólo en puntos separados en el tiempo, tal como un sistema de fabricación con partes que llegan y se van en tiempos específicos, máquinas que se apagan y encienden en momentos específicos y descansos para los trabajadores. Se pueden tener elementos tanto del cambio continuo como del discreto en el mismo modelo, el cual recibe el nombre de modelo combinado continuo-discreto; un ejemplo es una refinería cuya presión cambia continuamente dentro de los recipientes y tiene cierres de ocurrencia discreta.

- **Según aleatoriedad**

Determinista contra estocástico: los modelos que no tienen entradas aleatorias son deterministas: la operación estricta de una agenda de citas con tiempos de servicio fijos es un ejemplo, por otra parte, los modelos estocásticos, operan con al menos algunas entradas aleatorias como un banco con clientes que llegan de forma aleatoria y que requieren tiempos de servicio variados. Un modelo puede tener tanto entradas deterministas como aleatorias en diferentes componentes; qué elementos se modelan como deterministas como aleatorias en diferentes componentes; que elementos se modelan como deterministas y cuales como aleatorios son temas de realismo en el modelo en cuestión.

4.2.2. Metodología de Simulación

Según Hoeger [Hoeger10], la metodología de simulación comprende las siguientes etapas:

1. Formulación del problema y plan de estudio: Todo estudio debe comenzar definiendo sus objetivos, ya sean de las alternativas de diseño a cubrir, los criterios de evaluación, y mayores detalles específicos. Es necesario realizar una planificación del estudio en términos de recursos como costos, personal a utilizar y tiempo.
2. Recolección de datos y definición del modelo: Es necesario realizar una recolección de los datos del sistema de interés para ser utilizados en la determinación de aspectos de carácter operativo y para la creación de variables aleatorias a usar en el modelo. Se recomienda comenzar con un modelo sencillo que pueda ser refinado posteriormente si es necesario.

3. ¿Valido?: La validación debe efectuarse durante todo el estudio, sin embargo, hay ciertos puntos en el estudio en que es particularmente apropiada. Los modeladores deben interactuar estrechamente con las personas conocedoras del sistema y con los tomadores de decisiones. Esto incrementa la validez y la credibilidad del modelo. También deben usarse técnicas estadísticas para verificar las distribuciones de las variables aleatorias usadas.
4. Construcción del programa y verificación: Esta etapa consiste en seleccionar el lenguaje a utilizar para el estudio. Es necesario asegurarse de contar con generadores de números aleatorios adecuados y de generar las distribuciones necesarias de forma correcta. Además, hay que verificar el programa.
5. Corridas piloto: Consiste en realizar puestas en marcha al modelo creado con el objeto de validar el modelo verificado anteriormente. Las corridas piloto pueden ser usadas para determinar la sensibilidad del modelo a pequeños cambios en los parámetros de entrada. Los cambios importantes implican que una mejor estimación de estos parámetros debe ser obtenida.
6. Diseño de experimentos: En esta etapa hay que decidir que diseños del sistema serán simulados y durante qué tiempo se ejecutará dicha simulación, también es necesario determinar las condiciones iniciales, el número de replicaciones, entre otros.
7. Corridas de producción: Al igual que las corridas pilotos, son puestas en marcha, pero estas tienen el objeto de producir datos para medir el desempeño de los diseños de interés.
8. Análisis de salidas: Consiste en la utilización de técnicas estadísticas usadas para analizar las salidas entregadas por las corridas de producción. Usualmente se crean intervalos de confianza sobre medidas de desempeño para seleccionar al mejor diseño entregado.
9. Documentación, presentación e implementación de los resultados: Consiste en documentar tanto los puestos realizados, así como el programa mismo. Muchas veces un modelo es usado para varias replicaciones. Un estudio de simulación cuyos resultados no sean implementados usualmente es un fracaso. Durante el desarrollo del modelo de simulación hay que asegurarse de que el modelo sea correctamente implementado y que sea representativo del sistema real. Estos dos pasos se denominan verificación y validación del modelo respectivamente.

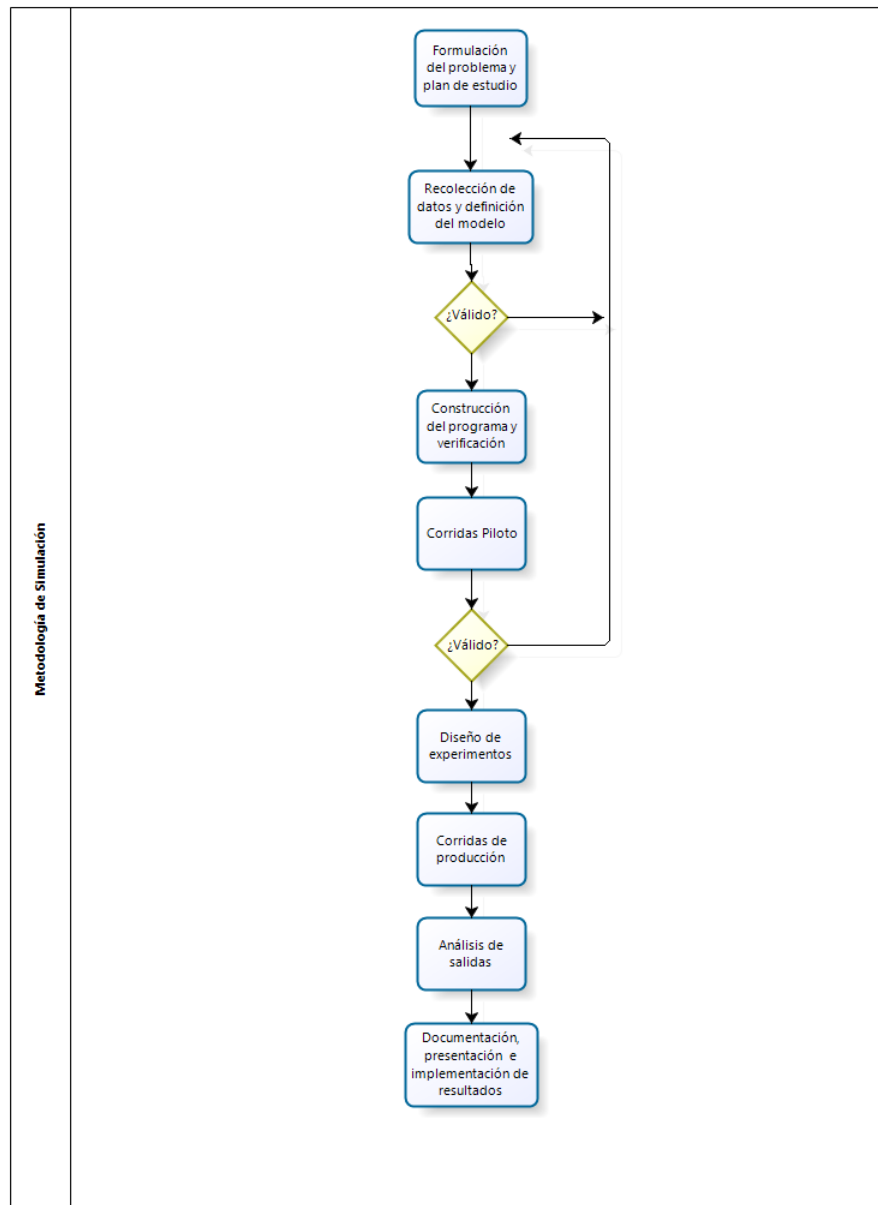


Figura 4.5: Metodología de simulación de Hoeger.
Fuente: [Hoeger10]

4.2.3. Aplicaciones y alternativas de Softwares de simulación de procesos

No es fácil describir las aplicaciones que se han hecho de la simulación. Se han utilizado virtualmente en todas las ramas de la ciencia e ingeniería, al grado que en toda la literatura técnica se encuentran descripciones de estudios de simulación. Algunas de ellas son: [Rendón, 04].

- Optimización con simulación.
- Diseño de experimentos.
- Simulación de sistemas de servicio.
- Simulación de sistemas de salud (clínicas y hospitales).
- Programación de la producción con ayuda de simulación (el problema clásico de "Scheduling").
- Sistemas de Logística.
- Simulación para no ingenieros.
- Entrenamiento de astronautas.
- Validación de los sistemas de los automóviles.
- Ensayo de las características técnicas de nuevos aparatos.
- Sistemas bancarios.
- Simuladores de vuelo.
- Robótica, entre otras.

Entre algunos paquetes de software se encuentran los siguientes:

1) Simio

Simio es un Software de simulación dinámica por eventos discretos para flujos de procesos industriales y logísticos. Simio es un software de modelización, simulación y animación 3D de flujos de procesos por eventos discretos, basado en un enfoque mixto objetos-procedimientos. Esto quiere decir que:

- Modeliza: captura y describe un funcionamiento, un comportamiento de un sistema real o imaginario.
- Simula: permite estudiar resultados, respuestas del sistema ante nuevas situaciones hipotéticas o futuras.
- Anima 3D: presenta los resultados en animaciones 3D gráficamente muy atractivas, además de informes numéricos de todo tipo.
- Hay varios programas de simulación en la misma categoría que Simio, desde el puramente procedimental (100% procedimientos, no existen los objetos) a algunos más orientados a objetos, con inteligencia añadida mediante una programación propia para cada objeto). [Anylogic].

2) FlexSim

FlexSim es un software para la simulación de eventos discretos, que permite modelar, analizar, visualizar y optimizar cualquier proceso industrial, desde procesos de manufactura hasta cadenas de suministro. Además, Flexsim es un programa que permite construir y ejecutar el modelo desarrollado en una simulación dentro de un entorno 3D desde el comienzo. Actualmente, es usado por empresas líderes en la industria para simular sus procesos productivos antes de llevarlo a ejecución real. Actualmente, existe mucha gente implicada en este proyecto y su uso se encuentra muy extendido en EE. UU. y México. De esta manera posee un extenso grupo o comunidad de desarrolladores (muchos de ellos desinteresados) que han aumentado y mejorado las competencias del software. [Anylogic].

3) ProModel

ProModel Es un simulador con animación para computadoras personales. Permite simular cualquier tipo de sistemas de manufactura, logística, manejo de materiales, etc. Puede simular bandas de transporte, grúas viajeras, ensamble, corte, talleres, logística, etc. [Anylogic].

Es un paquete de simulación que no requiere programación, aunque sí lo permite. Tiene la combinación perfecta entre facilidad de uso y flexibilidad para aplicaciones complejas. Puede simular Justo a Tiempo, Teoría de Restricciones, Sistemas de Empujar, Jalar, Logística, etc. Prácticamente, cualquier sistema puede ser modelado.

Una vez hecho el modelo, éste puede ser optimizado para encontrar los valores óptimos de los parámetros claves del modelo. Algunos ejemplos incluyen determinar la mejor combinación de factores para maximizar producción minimizando costo, minimizar el número de camiones sin disminuir la calidad del servicio, etc.

El módulo de optimización ayuda a encontrar rápidamente la solución óptima, en lugar de solamente hacer prueba y error. ProModel cuenta con 2 optimizadores disponibles y permite de esta manera explotar los modelos de forma rápida y confiable.

4) Simul8

Simul8 es un software de bajo costo que destaca en la modelización conceptual de los sistemas (diagramas de flujos, Business Process Reengineering, etc.). Generalmente, la modelización conceptual se aplica a las fases de anteproyecto de una instalación para

analizar los flujos y medir las necesidades de almacenamiento y recursos diversos.

Es ideal ya que es fácil de aprender y permite desarrollar el pensamiento crítico sobre los procesos de un negocio sin grandes dificultades de aprendizaje, reteniendo la habilidad de crear modelos complejos durante un corto tiempo. [Anylogic].

5) Arena

Arena es un sistema cuyo objetivo es brindar un entorno de trabajo integrado para construir modelos de simulación en una amplia variedad de campos; integra, en un ambiente fácilmente comprensible, con las funciones necesarias para desarrollar una simulación exitosa.

Arena facilita la disponibilidad del software el cual está formado por módulos de lenguaje (lenguaje de simulación).

Este programa combina las ventajas de los simuladores de alto nivel con la flexibilidad de lenguajes generales como Microsoft, visual Basic.

Arena también incluye animaciones dinámicas en el mismo ambiente del trabajo y prevé apoyo integrado, incluyendo gráficas para los diseños estadísticos y analiza aspectos que son parte del estudio. [Anylogic].

4.2.4. Elección de Software de simulación

Se ha seleccionado el Software Arena, debido a los antecedentes que a continuación se mencionan:

- ✓ Arena es una aplicación del sistema operativo de Windows de Microsoft.
- ✓ Arena se puede descargar desde la web de forma gratuita sin ninguna restricción. Simio también se puede descargar de forma gratuita, pero con la restricción de que es una versión de prueba y no se pueden guardar los modelos.
- ✓ Arena da la posibilidad de trabajar de manera más simple con submodelos, haciendo que un modelo complejo pueda trabajarse como uno sencillo. Mientras que en Promodel, por ejemplo, el trabajo por submodelos es algo más complejo, pues estos deben modificarse para ser adecuados al modelo que se quiere adaptar.
- ✓ La forma de visualizar el modelo facilita su montaje, debido a que la definición del proceso puede verse de manera secuencial en forma de diagrama de flujo.
- ✓ Arena posee programas de apoyo para el análisis de datos: Input Analyzer y Process Analyzer.

- ✓ Arena permite encontrar los errores de manera sencilla, ya que señala la línea de programación en la que se presenta el error.

4.2.5. Software Arena

“Arena es una aplicación del sistema operativo de Windows de Microsoft, así que su apariencia y percepción resultarán familiares pues todas las características y operaciones usuales se encuentran en él. Además, Arena es totalmente compatible con otros softwares de Windows, como procesadores de texto, hojas de cálculo y paquetes CAD, así que los datos pueden moverse con facilidad hacia adelante y hacia atrás.” [Kelton 08]

Arena fue desarrollado por el Modelado de Sistemas y adquirido por Rockwell Automation en el año 2000. Utiliza SIMAN procesador y como lenguaje de simulación. Su característica principal es adecuar un sistema al nivel de programación necesario en cada caso, incluso dentro de un mismo modelo.

En Arena, el usuario construye un modelo de experimento, mediante la colocación de módulos (cajas de diferentes formas) que representan los procesos o la lógica. Líneas de conexión se utilizan para unir los módulos entre sí y se especifica el flujo de las entidades.

Mientras que los módulos tienen acciones específicas en relación con las entidades, el flujo, y el momento, la representación exacta de cada módulo y la entidad en relación con los objetos de la vida real está sujeta al modelo. Los datos estadísticos, tales como tiempo de ciclo y WIP (trabajo en proceso) los niveles, se pueden grabar y emitir como informes.

5. Aplicación de la Metodología

5.1. Recolección de datos

Se han extraído datos de la empresa mediante bases históricas que arroja Omega, correspondientes a los meses de enero 2004 a mayo 2013.

- La base entregada por Omega se limpia, sacando toda aquella información que para efectos del trabajo no sirven y se dejan aquellas columnas que contienen la información necesaria, en este caso la fecha real de inicio y la fecha real de término de cada bote, para poder calcular el tiempo de permanencia en el proceso productivo.
- Cuando se tienen los datos necesarios, se trabajan en términos de unidad de medida. Al tener la fecha real de inicio y la fecha real de término, es posible calcular los días laborales que hay entre ambas fechas, y al resultado se le multiplica 8,15, que son las horas que tiene un día laboral, ya que se necesita tener una base homogénea en horas.
- Al manejar datos en la misma unidad de medida, se comienza un análisis de los datos para la posterior validación.

La base de datos está disponible en el Anexo I.

5.2. Construcción del modelo.

A continuación, se procederá a explicar el modelo configurado por el software Arena para la situación actual del proceso, el cual se aprecia en la Figura 5.1.

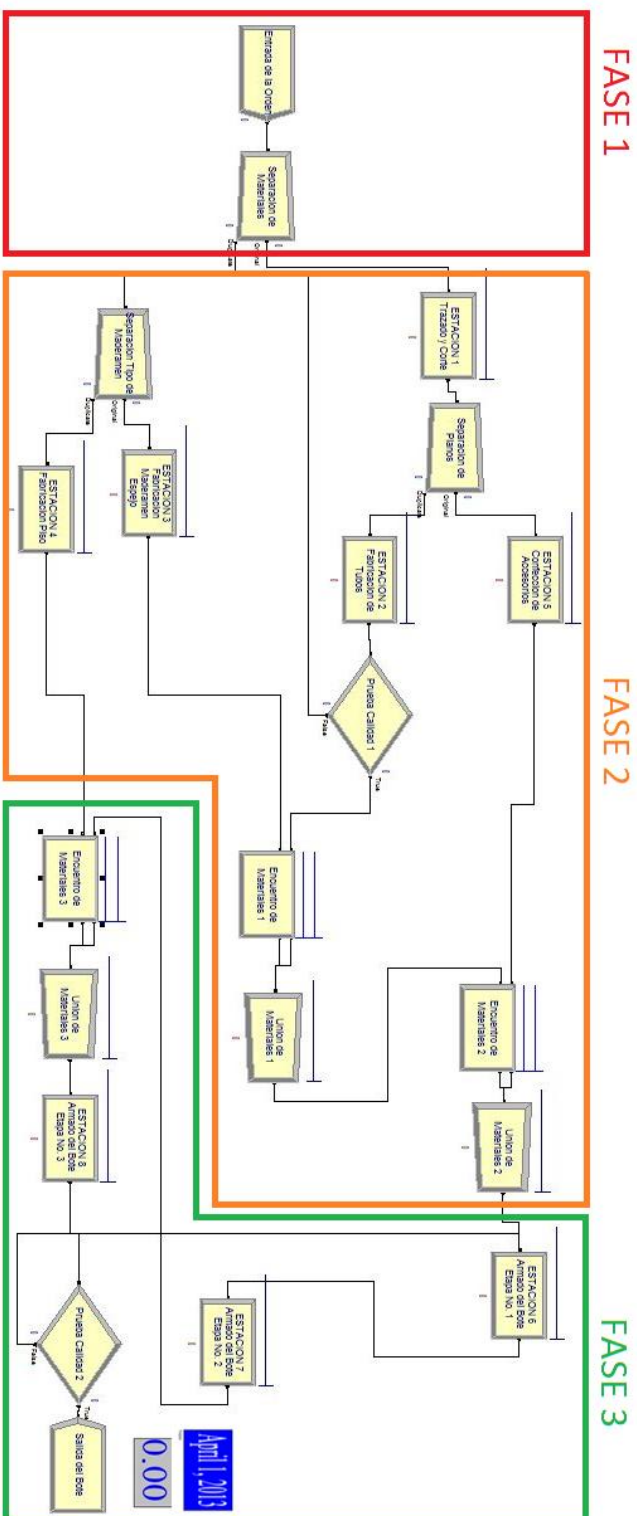


Figura 5.1 : Modelo de simulación de escenario actual
Fuente: Software Arena.

Fase 1

Entrada de la orden, ver Figura 5.2

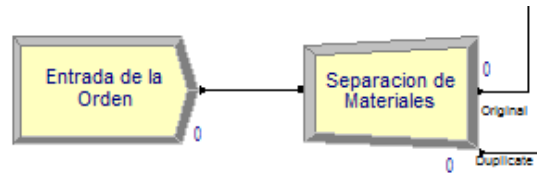


Figura 5.2: Entrada de la Orden.
Fuente: Software Arena.

El módulo “create” da comienzo a la fabricación de un bote y se ha denominado “Entrada de la Orden”. Es posible apreciar en la Figura 5.3 la configuración para “Time Between Arrivals”, en donde se asigna una constante de 41 horas; es decir cada 41 horas estará ingresando una nueva orden. Se ha seleccionado esta constante, ya que es el tiempo correspondiente al término de las tareas de ESTACION 1 “Trazado y Corte”; entonces una vez transcurrida las 41 horas, el material pasará a la siguiente estación, permitiendo el ingreso de otra orden. Las asignaciones de los atributos están configuradas para que entre un bote por arribo (Entities per Arrival), para que no haya un límite de arribos (Max Arrivals) y para que el primer ingreso de datos sea en el tiempo 0.0 (First Creation).

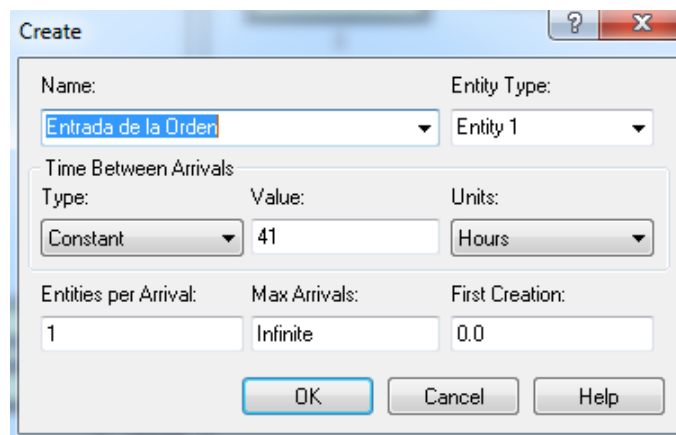


Figura 5.3: Módulo Create y configuración.
Fuente: Software Arena.

Una vez ingresada la orden, se utiliza el módulo “separate”, con objeto de separar de forma temporal los materiales que conforman el paquete de trabajo, es decir, se separa de acuerdo a maderamen o tela de hypalon. Ver Figura 5.4.

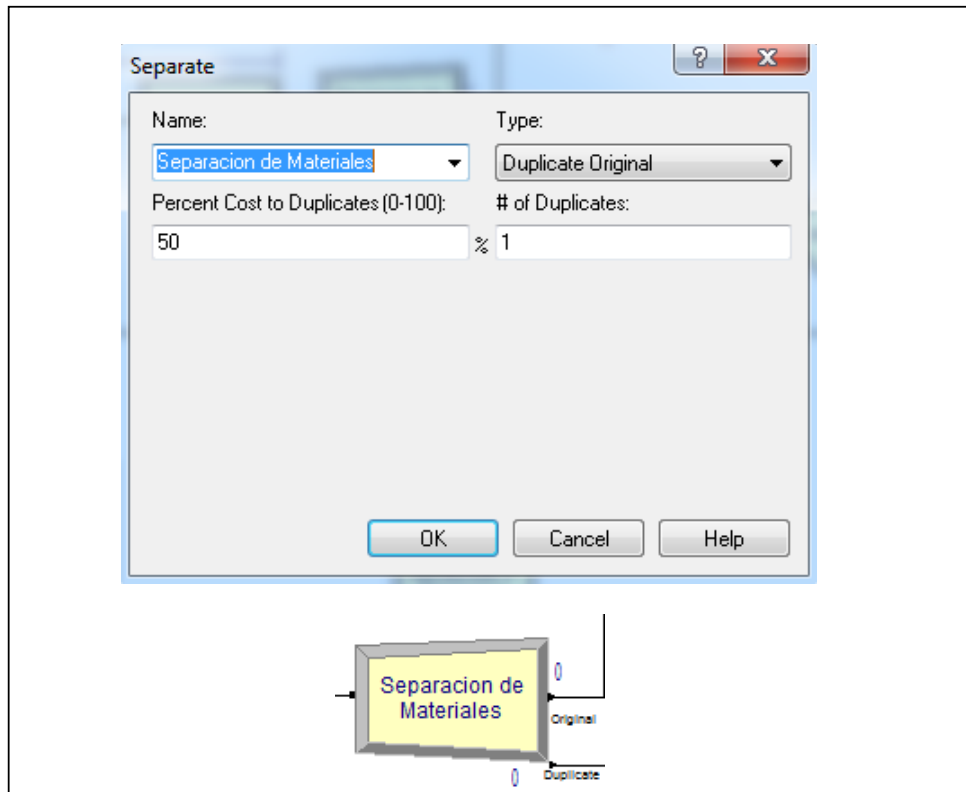


Figura 5.4: Módulo Separate y configuración.
Fuente: Software Arena.

Fase 2

Una vez separado el paquete de trabajo de acuerdo a tipo de material, comienza las tareas de la ESTACION 1 “Trazado y corte”, esta situación ha sido representada por un módulo “process”. A su vez el paquete de madera se separa mediante un módulo “separate”, de esta forma, la madera necesaria para la fabricación de espejo es dirigida al “process” ESTACION 3 y la madera necesaria para la fabricación del piso es llevada hacia el “process” ESTACION 4.

Cuando se han terminado las tareas de la ESTACION 1, las telas cortadas se separan mediante un módulo “separate”, de esta forma, los cortes necesarios para la confección de accesorios son dirigidos al “process” ESTACION 5, y los cortes necesarios para la fabricación de tubos son dirigidos hacia el “procesos” ESTACION 2.

Todo lo anterior es representado en la Figura 5.5.

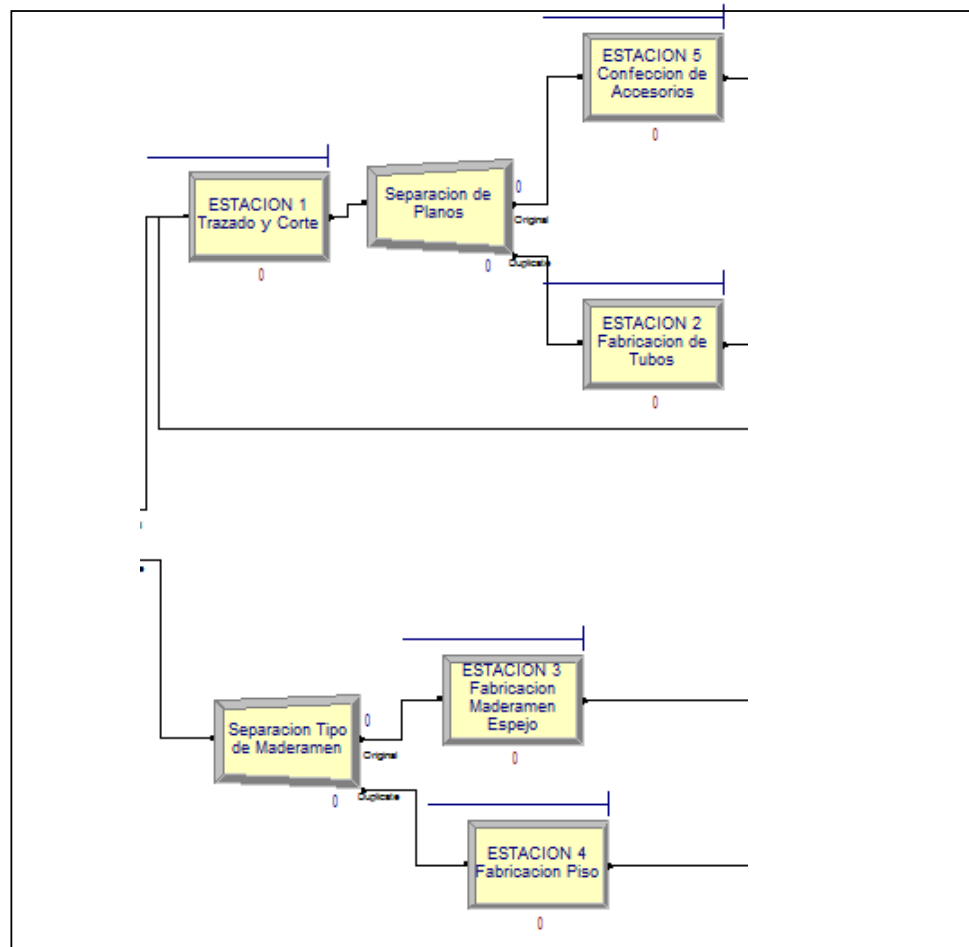


Figura 5.5: Fase 2 del Proceso.
Fuente: Software Arena.

El material que llega a cada uno de los procesos es recibido por la acción “Seize” de cada uno de ellos, esta acción permite que el material capture al recurso solo si está disponible para ello. El material se mantiene en el proceso de acuerdo al tiempo promedio de cada estación, lo cual se representa con la acción “Delay”. Mientras el recurso esté

ocupado por el material, todos los otros materiales pasan por una cola de espera que se denomina "Queue". Finalmente, el material se libera por la acción "Release".

La cantidad de trabajadores al interior de cada proceso será identificada en la configuración "Resource" atributo "Capacity".

El tiempo en cada proceso es determinado de acuerdo a los siguientes parámetros:

- a. Delay type: indica de qué forma se va a mantener el recurso en el proceso por medio de un tiempo determinado. En este caso en particular, se utilizará la distribución triangular, utilizando un valor medio, un mínimo y un máximo; tiempos promedios entregados por PUMAR. El valor medio corresponde al tiempo de cada una de las estaciones, el valor mínimo y máximo corresponden a un valor de $\pm 0,5$ horas respecto del valor medio.
- b. Units: unidades de tiempo para los parámetros de retardo (delay), en este caso horas.
- c. Allocation: determina como se asigna el tiempo de procesado y el costo del proceso a la entidad.

De esta forma, se han configurado los "process" ESTACION 1 "Trazado y Corte", ESTACION 2 "Fabricación de Tubos", ESTACION 3 "Fabricación Maderamen Espejo", ESTACION 4 "Fabricación Piso" y ESTACION 5 "Confección de Accesorios", como es posible observar en las Figuras 5.6, 5.7, 5.8, 5.9 y 5.10 respectivamente.

Cabe mencionar que para incorporar variabilidad en el proceso se utilizará distribución triangular.

Process

Name: ESTACION 1 Trazado y Corte Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

Resource, Trabajador Corte, 1
<End of list>

Add...
Edit...
Delete

Delay Type: Triangular Units: Hours Allocation: Value Added

Minimum: 40.5 Value (Most Likely): 41 Maximum: 41.5

Report Statistics

OK Cancel Help

Figura 5.6: Configuración módulo process Estación 1 “Trazado y Corte”.
Fuente: Software Arena.

The image shows a 'Process' configuration window with the following details:

- Name:** ESTACION 2 Fabricacion de Tubos
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Medium(2)
- Resources:**
 - Resource, Trabajador Fabricacion Tubos, 1
 - <End of list>
- Delay Type:** Triangular
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Minimum:** 75.5
- Value (Most Likely):** 76
- Maximum:** 76.5
- Report Statistics

Figura 5.7: Configuración módulos process Estación 2 “Fabricación de Tubos”.
Fuente: Software Arena.

The image shows a 'Process' configuration window with the following details:

- Name:** ESTACION 3 Fabricacion Maderamen Espejo
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Medium(2)
- Resources:**
 - Resource, Trabajador Espejo, 1
 - <End of list>
- Delay Type:** Triangular
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Minimum:** 19.5
- Value (Most Likely):** 20
- Maximum:** 20.5
- Report Statistics

Figura 5.8: Configuración módulos process Estación 3 “Fabricación Maderamen Espejo”.
Fuente: Software Arena.

The image shows a 'Process' configuration dialog box with the following fields and values:

- Name:** ESTACION 4 Fabricacion Piso
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Medium(2)
- Resources:**
 - Resource, Trabajador Piso, 1
 - <End of list>
- Delay Type:** Triangular
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Minimum:** 23.5
- Value (Most Likely):** 24
- Maximum:** 24.5
- Report Statistics

Buttons: OK, Cancel, Help

Figura 5.9: Configuración módulos process Estación 4 “Fabricación Piso”.
Fuente: Software Arena.

The image shows a 'Process' configuration window with the following details:

- Name:** ESTACION 5 Confeccion de Accesorios
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Medium(2)
- Resources:**
 - Resource, Trabajador Confeccion Accesorios, 1
 - <End of list>
- Delay Type:** Triangular
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Minimum:** 53.5
- Value (Most Likely):** 54
- Maximum:** 54.5
- Report Statistics

Figura 5.10: Configuración módulos process Estación 5 “Confección de Accesorios”.
Fuente: Software Arena.

Como se ha mencionado anteriormente, en la ESTACION 2 “Fabricación de Tubos”, se realiza la primera prueba de calidad, efectuando pruebas de estanqueidad, de tubos pegados, entre otras. Una vez concluidas las tareas de la ESTACION 2, y efectuadas las pruebas sigue el módulo “decide” “Prueba Calidad 1” que representará la aceptación o rechazo de las pruebas efectuadas al tubo. Esta etapa se ve representada a continuación en la Figura 5.11.

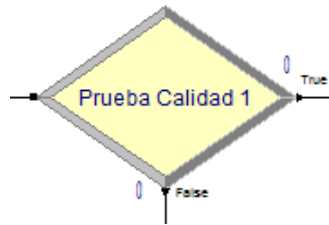


Figura 5.11: Módulo decide “Prueba de Calidad 1”.

Fuente: Software Arena.

En este caso, la decisión estará basada en una probabilidad de aceptar (true conditions) de un 90% (Figura 5.12).

Dicha probabilidad se calcula en base a información suministrada por PUMAR en relación a los resultados de no conformidad de la Prueba de Calidad 1 (Anexo H).

Figura 5.12: Configuración módulo Decide “Prueba de Calidad 1”.

Fuente: Software Arena.

Si el resultado de la “Prueba de Calidad 1” es satisfactorio, el tubo sigue su trayecto de forma normal, pero si el resultado de la “Prueba de Calidad 1” es no satisfactorio (False), el tubo es devuelto a la ESTACION 1 “Trazado y Corte”.

Considerando que la “Prueba de Calidad 1” tuvo resultados satisfactorios, el tubo se junta con el material proveniente del módulo ESTACION 3 “Fabricación Maderamen Espejo”. Antes de juntarse deben agruparse de una en una por medio del módulo “match”. Este módulo permite hacer las agrupaciones de tal manera, que el material va llegando a

través de sus entradas y se va colocando en las colas definidas, una correspondiente al material que viene de la ESTACION 3 y otra correspondiente al material que viene de la ESTACION 2. En el instante en el que haya una unidad en cada una de las colas, el módulo match “Encuentro de Materiales 1”, deja pasar una unidad de cada una de las colas al módulo “batch” que le sigue, denominado “Unión de materiales 1”, en donde los materiales se juntan de forma permanente. El módulo “batch” permite unir de forma permanente o temporal 2 o más entidades. Cumple la misma función que el módulo “separate” pero es lo contrario. Es necesario que, en este caso, que el módulo “batch” esté unido a un módulo “match” para que las entidades entren de 2 en 2 de forma coordinada.

De igual forma, en el “match” denominado “Encuentro de Materiales 2” se agrupa el material proveniente del proceso ESTACION 5 “Fabricación de Accesorios” con la nueva entidad representativa proveniente de los módulos ESTACION 2 “Fabricación de tubos” y ESTACION 3 “Fabricación Maderamen Espejo”, para luego unirse por medio del “batch” denominado “Unión de Materiales 2”.

A continuación, en la Figura 5.13, se presenta la configuración de los módulos “match” “Encuentro de Materiales 1” y “Encuentro de Materiales 2”.

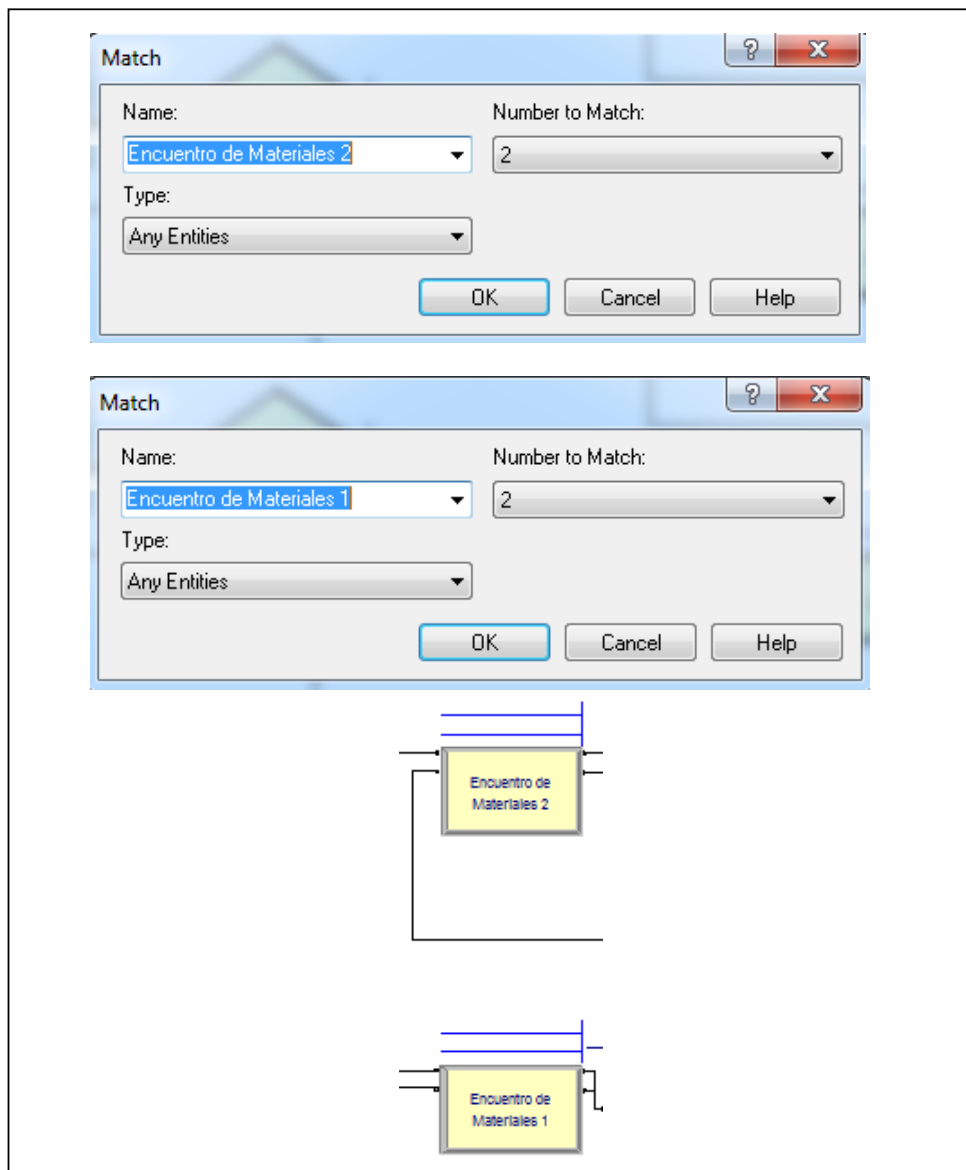


Figura 5.13: Módulos Match.
Fuente: Software Arena.

Parámetros del módulo "Match":

- Name: parámetro que identifica al módulo. En este caso los nombres son "Encuentro de Materiales 1" y "Encuentro de Materiales 2"

- Type: indica si la agrupación de las entidades debe ser en base a cualquier entidad, o basado en atributos, en este caso, es en base a cualquier entidad.
- Number To Match: indica el número de agrupaciones que deben salir de este módulo, es decir 2.

En la Figura 5.14, se presenta la configuración de los módulos “batch” “Unión de Materiales 1” y “Unión de Materiales 2”.

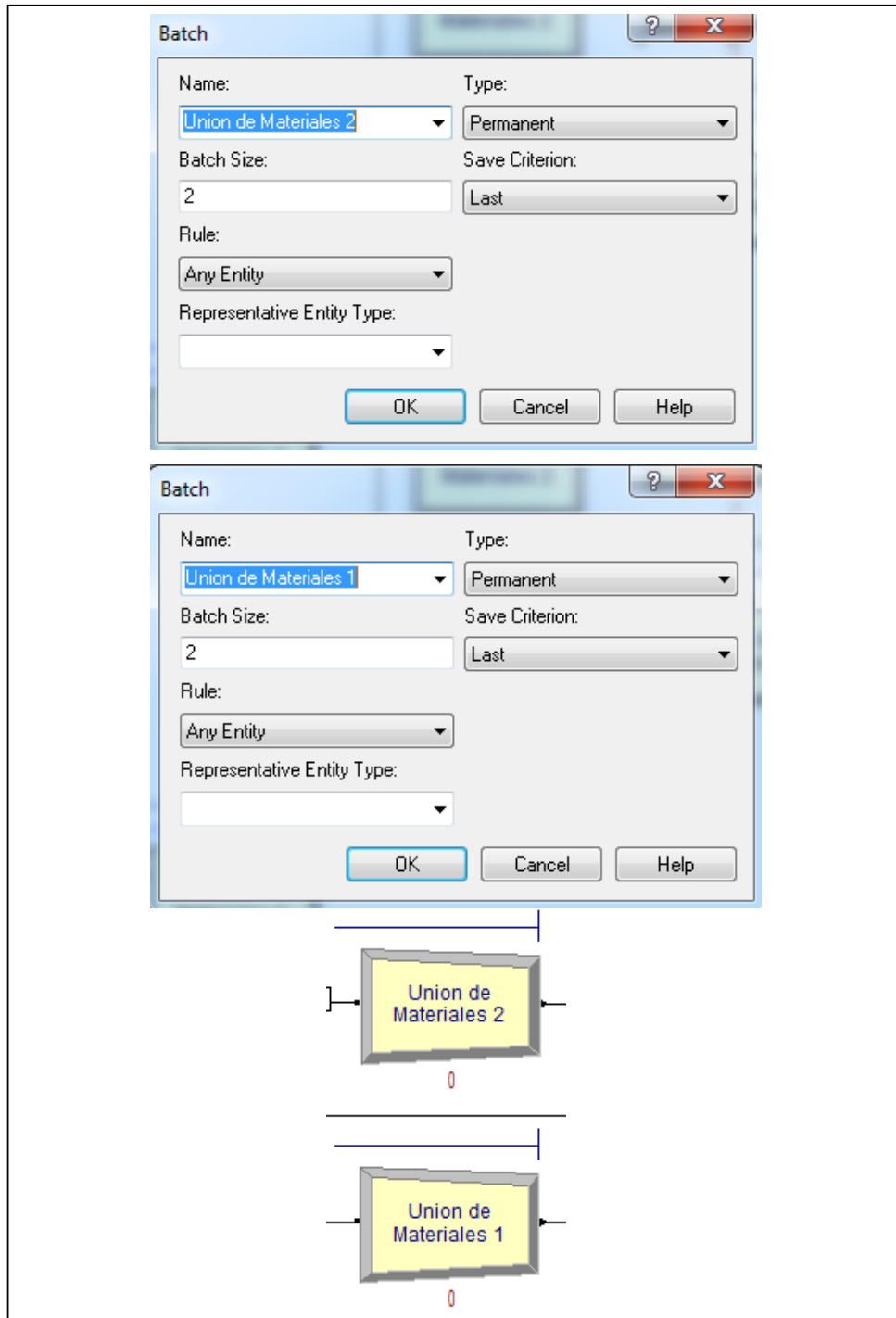


Figura 5.14: Módulos Batch.
Fuente: Software Arena.

Parámetros del módulo “Batch”:

- Name: Parámetro que identifica al módulo. En este caso los nombres son “Unión de Materiales 1” y “Unión de Materiales 2”
- Type: Indica si la agrupación de las entidades va a ser temporal o permanente. Para este modelo, la agrupación será permanente.
- Batch Size: Tamaño del “batch”.
- Rule: Indica si la agrupación va a ser en base a cualquier entidad o hay condición de atributos. Para este caso la agrupación será en base a cualquier entidad.
- Representative Type 1: Indica si se va a hacer en base a la entidad principal. Al no haber una condición de atributos, este parámetro no se configura.

Fase 3

La fase 3 es representada en la Figura 5.15 a continuación.

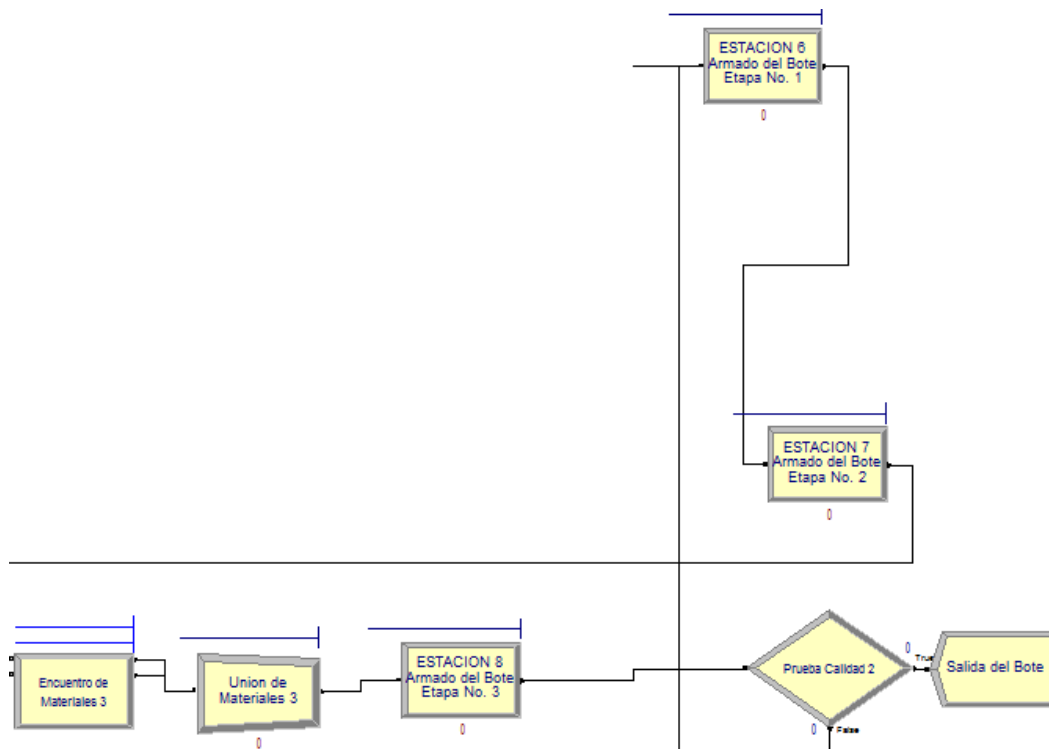


Figura 5.15: Fase 3 del Proceso.
Fuente: Software Arena.

La fase 3 del proceso productivo es la que involucra todos los ensambles. El primer ensamble se realiza en la ESTACION 6 “Armado del Bote Etapa n°1”, es aquí donde se unen tubos fabricados en la ESTACION 2 con el espejo fabricado en la ESTACION 3, y los accesorios provenientes de la ESTACION 5. En la Figura 5.16 es posible revisar la configuración de la ESTACION 6.

Una vez finalizadas las tareas de la ESTACION 6, se procede al segundo ensamble en la ESTACION 7, cuya configuración es posible revisar en la Figura 5.17.

The screenshot shows the 'Process' configuration dialog box. The 'Name' field is 'ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No. 1' and the 'Type' is 'Standard'. The 'Logic' section has 'Action' set to 'Seize Delay Release' and 'Priority' set to 'Medium(2)'. The 'Resources' list contains 'Resource: trab. arm. 1, 1'. The 'Delay Type' is 'Triangular', 'Units' is 'Hours', and 'Allocation' is 'Value Added'. The 'Minimum' value is 57.5, 'Value (Most Likely)' is 58, and 'Maximum' is 58.5. The 'Report Statistics' checkbox is checked. The dialog has 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons at the bottom.

Figura 5.16: Configuración módulos process “Armado del Bote Etapa No. 1”.
Fuente: Software Arena.

The screenshot shows the 'Process' configuration window with the following details:

- Name:** ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No. 2
- Type:** Standard
- Action:** Seize Delay Release
- Priority:** Medium(2)
- Resources:** Resource, Trabajador Armado 2, 1
- Delay Type:** Triangular
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Minimum:** 51.5
- Value (Most Likely):** 52
- Maximum:** 52.5
- Report Statistics:**

Figura 5.17: Configuración módulos process “Armado del Bote Etapa No. 2”.
Fuente: Software Arena.

El bote ensamblado en la ESTACION 7 es agrupado con el piso proveniente de la ESTACION 4 a través del módulo “match” denominado “Encuentro de Materiales 3”. Una vez agrupadas ambas partes, estas son unidas a través del módulo “batch” denominado “Unión de Materiales 3”. Estos módulos son configurados de la misma forma que el “Encuentro de Materiales 1”, “Encuentro de Materiales 2”, “Unión de Materiales 1” y “Unión de Materiales 2, y se podrá revisar en la Figura 5.18.

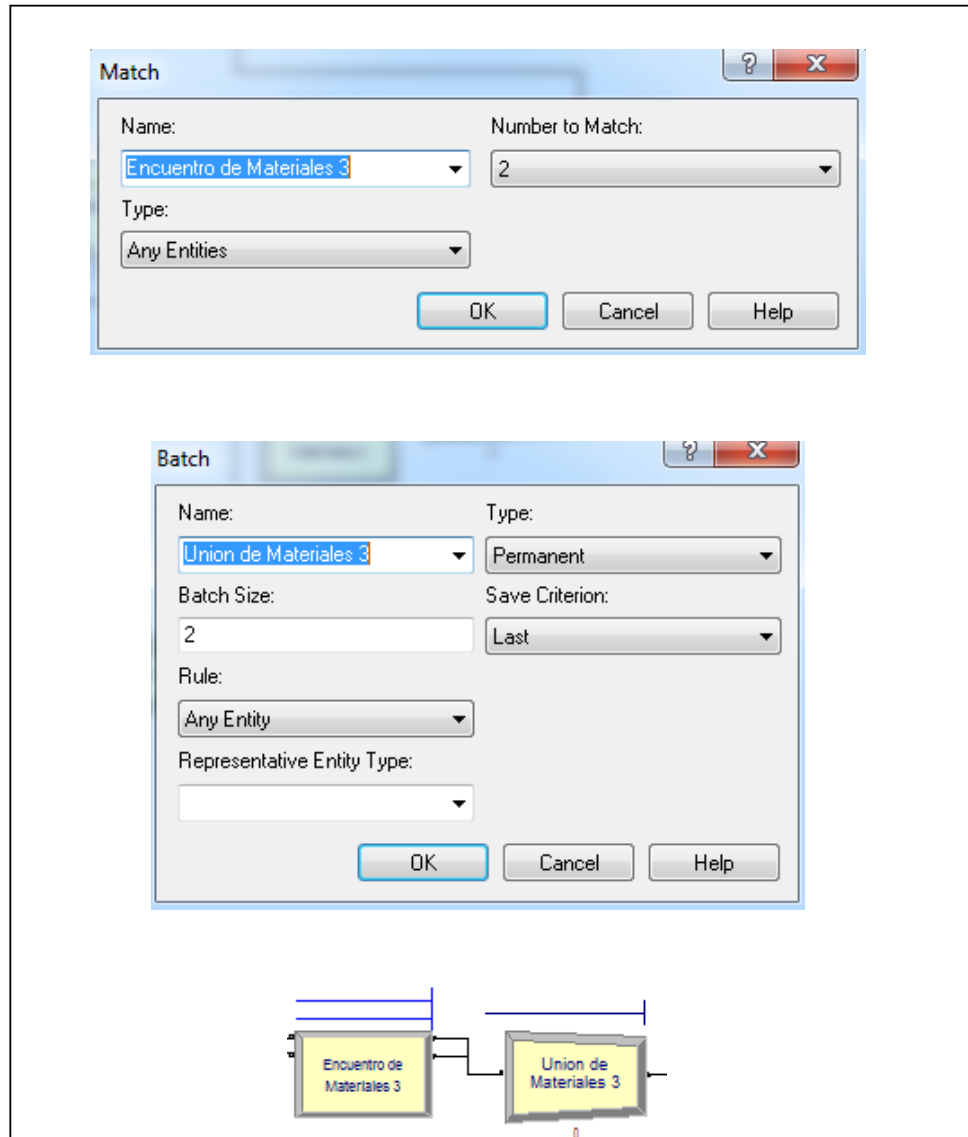


Figura 5.18: Configuración módulo match “Encuentro de Materiales 3” y módulo batch “Unión de Materiales 3”.

Fuente: Software Arena.

La entidad resultante en la “Unión de Materiales 3” pasa a la ESTACION 8 “Armado del Bote Etapa número 3”. En esta última estación, se realiza la segunda prueba de calidad, en donde se inician las pruebas SAT y HAT. Una vez concluidas las tareas de la ESTACION 8, y efectuadas las pruebas sigue el módulo “decide” “Prueba Calidad 2” que representará la aceptación o rechazo de las pruebas efectuadas.

La configuración del módulo process ESTACION 8, es posible apreciarlo en la Figura 5.19. Como se ha comentado anteriormente, la Prueba de Calidad 2 es parte de la ESTACION 8 y toma un tiempo de 4 horas.

La configuración del módulo decide “Prueba de Calidad 2” se puede revisar en la Figura 5.20. En este caso, la decisión estará basada en una probabilidad de aceptar (true conditions) de un 90%, porcentaje calculado en base a información suministrada por PUMAR en relación a los resultados de no conformidad de la Prueba de Calidad 2 (Anexo H).

The image shows a 'Process' configuration window with the following details:

- Name:** ESTACION 8 Armado del Bote Etapa No. 3
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Medium(2)
- Resources:** Resource, Trabajador Armado 3, 1
- Delay Type:** Triangular
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Minimum:** 54.5
- Value (Most Likely):** 55
- Maximum:** 55.5
- Report Statistics

Figura 5.19: Configuración módulos process “Armado del Bote Etapa No. 3”.
Fuente: Software Arena.

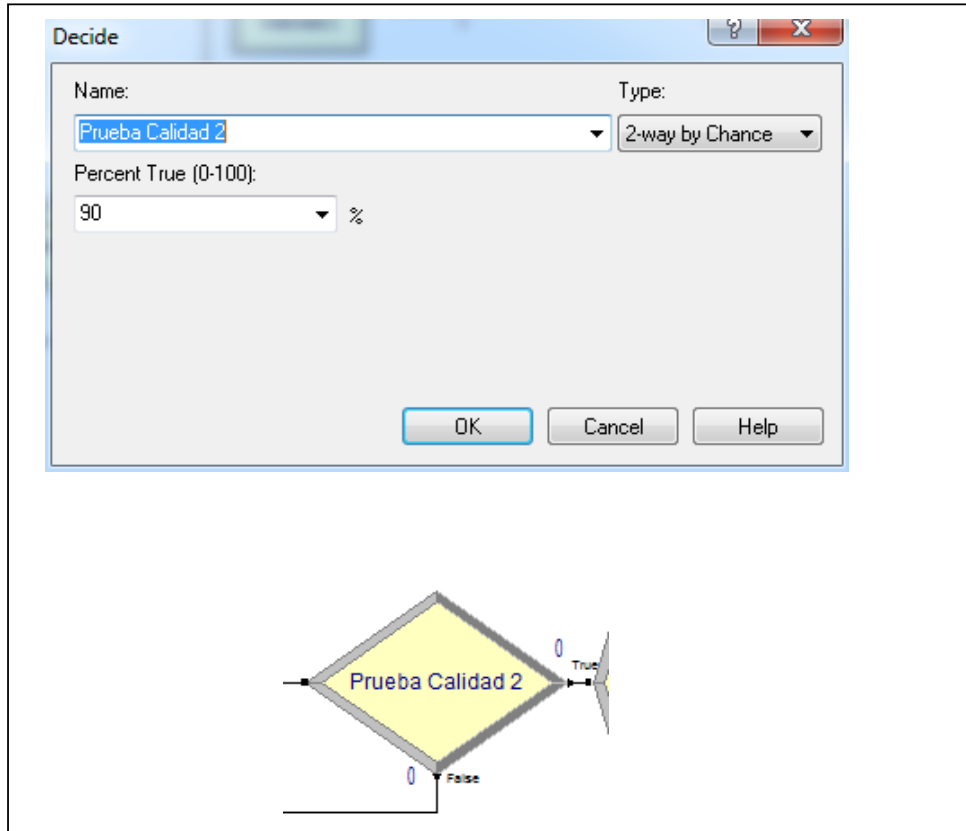


Figura 5.20: Configuración módulos decide “Prueba de Calidad 2”.
Fuente: Software Arena.

Si las pruebas de calidad resultan reprobadas, se retorna a la “ESTACION 6 “Armado del Bote Etapa número 1”. De lo contrario, si los resultados de la prueba son favorables, el bote terminado sale del sistema.

Se ha asignado el módulo “Dispose”, que registra y entrega la salida del bote del sistema, y está asociado con una variable cuya expresión se denomina “SalidaDelBote.NumberOut” (Figura 5.21).

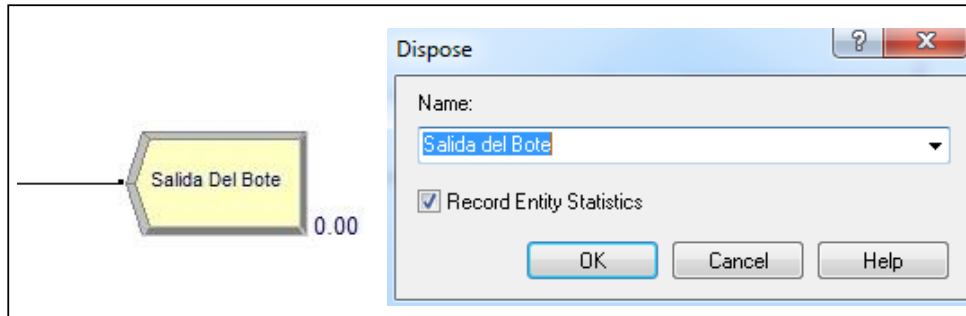


Figura 5.21: Módulo Dispose.
Fuente: Software Arena.

Parámetros del módulo Dispose:

- Name: parámetro que identifica al módulo, en este caso, el nombre es Salida del Bote.
- Record Entity Statistics: parámetro que por defecto está activado el cual entrega las estadísticas efectuadas por la entidad en el proceso.

Finalmente, el modelo presenta 2 animaciones, que representan por un lado una “variable” que establece el número de salidas del proceso y por el otro representa el tiempo expresado en “month day, year” (Figura 5.22).



Figura 5.22: Función de Arena Date y Clock.
Fuente: Software Arena.

5.3. Verificación del modelo

Por verificación se entiende como el proceso encaminado a establecer que la lógica operacional del modelo computacional corresponda adecuadamente con la lógica del modelo conceptual, es decir, si el programa que lo representa funciona adecuadamente. Para esto se verificará el modelo chequeando que se realizan todos los pasos, desde que se genera una orden y hace ingreso el material hasta la culminación del producto.

Pasos:

1. El paquete de materiales (hypalon y maderamen) ingresa al proceso en un tiempo determinado medido en horas (Entrada de la Orden).
2. El paquete de materiales es separado según el tipo de material. De esta forma, la tela de hypalon es llevada a la “ESTACION 1 Trazado y Corte” y el maderamen es separado según uso en “Separación de Tipo de Maderamen”.
Una vez cortadas las telas de hypalon en la “ESTACION 1 Trazado y Corte”, estas son separadas en dos, de esta forma los cortes necesarios para la fabricación de tubos son llevados a la “ESTACION 2 Fabricación de Tubos” y los cortes necesarios para la fabricación de accesorios son llevados a la “ESTACION 5 Confección de Accesorios”.
El maderamen necesario para la fabricación del piso es llevado a la “ESTACION 4 Fabricación Piso” y el maderamen necesario para la fabricación del espejo es llevado a la “ESTACION 3 Fabricación Maderamen Espejo”.
3. Al terminar el trabajo efectuado en “ESTACION 3 Fabricación Maderamen Espejo” el material pasa a “Encuentro de Materiales 1”, donde debe esperar el tubo proveniente de “ESTACION 2 Fabricación de Tubos”, para finalmente unirse en “Unión de Materiales 1”.
4. El material proveniente de la estación “ESTACION 5 Confección de Accesorios”, pasa a “Encuentro de Materiales 2”, donde debe esperar que el tubo se una al espejo en “Unión de Materiales 1”.
5. Luego de la “Unión de Materiales 2”, las piezas son llevadas a la “ESTACION 6 Armado del Bote etapa No.1”. Esta estación incluye la “Prueba de Calidad 1”.
6. Si la primera prueba de calidad tiene resultados satisfactorios y no hay defectos en el producto ensamblado hasta ese momento, se pasa a la “Estación 7 Armado del Bote etapa No. 2”. Por el contrario, si no pasa las pruebas de calidad, se retorna a la “ESTACION 1 Trazado y Corte”.
7. El producto ensamblado hasta ese momento (“ESTACION 7 Armado del Bote etapa No.2”), se dirige hacia el “Encuentro de Materiales 3”.
8. Una vez encontradas las partes en “Encuentro de Materiales 3” y unidos en “Unión de Materiales 3” el producto ensamblado hasta ese momento pasa a “ESTACION 8 Armado del Bote Etapa No. 3”, proceso que incluye la “Prueba de Calidad 2. Si la segunda prueba de calidad tiene resultados satisfactorios, el bote puede finalizar su

recorrido como un bote terminado, listo para ser enviado al cliente o guardar en stock según sea el caso. Si el producto no pasa las pruebas de calidad, se devuelve a la "ESTACION 6 Armado del Bote etapa No.1".

Chequeo:

Para poder iniciar la verificación, se ha incorporado al modelo 8 Módulos Record, los cuales, registrarán el intervalo de tiempo entre una estación y otra. Ver Figura 5.23.

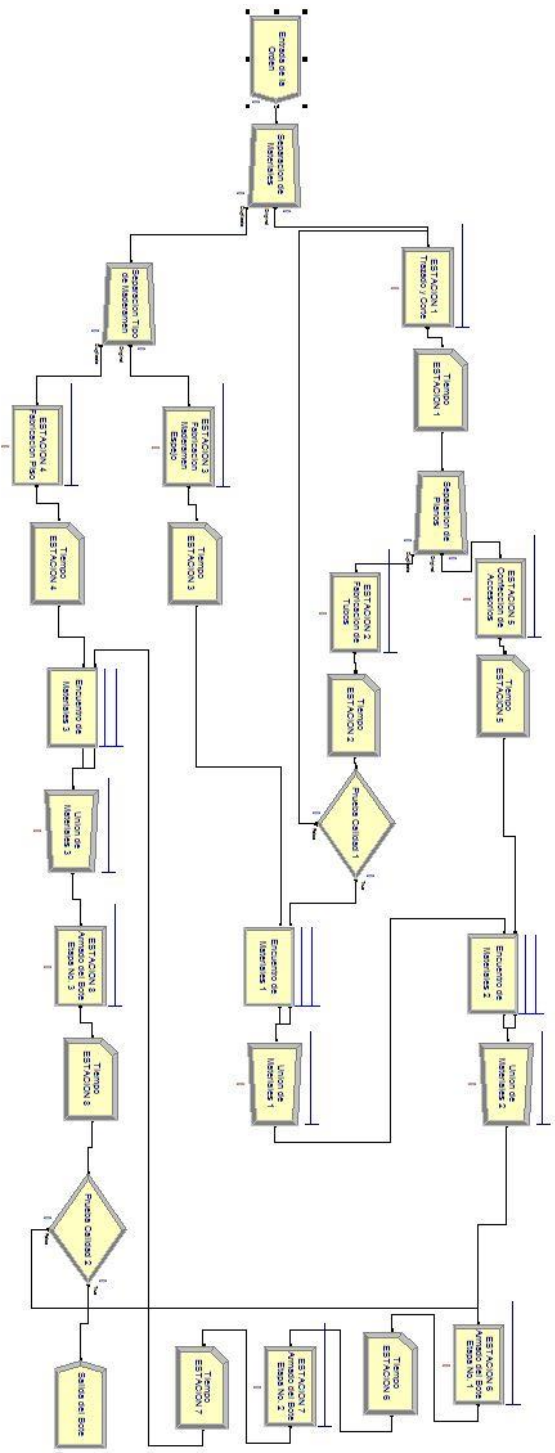


Figura 5.23: Incorporación Módulos Record.
Fuente: Software Arena.

En base a los pasos descritos anteriormente, se ha configurado el software de simulación en 11 años (21.516 horas), con un warm up de 1 año (1.956 horas), pero para efectos de verificación el largo de replicación corresponderá al tiempo de fabricación de 1 bote, por lo tanto el warm up será de 0, como se muestra en la Figura 5.24.

The image shows the 'Run Setup' dialog box in Arena software. The 'Replication Parameters' tab is active. The 'Number of Replications' is set to 40. The 'Start Date and Time' is set to 'martes , 27 de septiembre de 2016 23:31:50'. The 'Warm-up Period' is set to 0, and the 'Time Units' are set to 'Hours'. The 'Replication Length' is set to 380, and the 'Time Units' are set to 'Hours'. The 'Hours Per Day' is set to 8.15. The 'Base Time Units' are set to 'Hours'. The 'Terminating Condition' field is empty. The 'Initialize Between Replications' section has 'Statistics' and 'System' checked. The dialog box has buttons for 'Aceptar', 'Cancelar', 'Aplicar', and 'Ayuda'.

Figura 5.24: Configuración Run Setup para verificación del modelo.
Fuente: Software Arena.

1. En el primer paso el paquete de materiales ingresa al proceso cada 41 horas (Figura 5.25).

Figura 5.25: Configuración Modulo Create.
Fuente: Software Arena.

2. El punto dos se verifica gracias a los datos en horas que se obtienen de los reportes de Arena. Los resultados se aprecian en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1: Tiempo de Estaciones extraídos de Software Arena

Estación	Tiempo promedio simulado (horas)	Tiempo real (horas)
ESTACION 1 Trazado y Corte	40,63	41
ESTACION 2 Fabricación de Tubos	75,79	76
ESTACION 3 Fabricación Maderamen Espejo	19,55	20
ESTACION 4 Fabricación Piso	23,59	24
ESTACION 5 Confeccción de Accesorios	53,93	54

Fuente: Elaboración propia.

3. En el paso tres expuesto anteriormente, el material proveniente de “Fabricación Maderamen Espejo” debe esperar en “Encuentro de Materiales 1” al tubo que viene desde “Fabricación de Tubos”, en este encuentro se forma una cola, tal como se aprecia en la Figura 5.26.

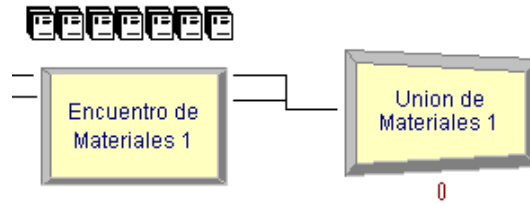


Figura 5.26: Cola del proceso productivo.
Fuente: Software Arena.

4. En este paso, los accesorios provenientes de la estación ESTACION 5, pasa a “Encuentro de Materiales 2”, donde debe esperar que el tubo se una al espejo en “Unión de Materiales 1”. En este segundo encuentro se forma otra cola, la cual es posible apreciar en la Figura 5.27.

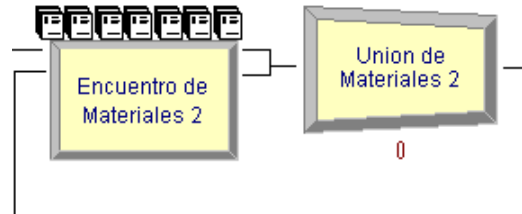


Figura 5.27: Cola del proceso productivo.
Fuente: Software Arena.

5. Para verificar este punto, se ha registrado el dato en horas que se obtiene de los reportes de Arena. El resultado se aprecia en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2: Tiempo de Estación extraídos de Software Arena

Estación	Tiempo promedio simulado (horas)	Tiempo real (horas)
ESTACION 6 Armado del bote, etapa número 1	57,92	58

Fuente: Elaboración propia.

Este tiempo comprende la prueba de calidad efectuada, en donde el 90% pasa al siguiente proceso.

- Para la ESTACION 7 “Armado del Bote, etapa número 2” se ha registrado el dato en horas que se obtiene de los reportes de Arena. El resultado se aprecia en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3: Tiempo de Estación extraídos de Software Arena

Estación	Tiempo promedio simulado (horas)	Tiempo real (horas)
ESTACION 7 Armado del bote, etapa número 2	51,91	52

Fuente: Elaboración propia.

- En el “Encuentro de Materiales 3”, se genera otra cola (ver Figura 5.28), pues el piso proveniente de “Fabricación Piso” debe esperar el ensamble del “Armado del Bote, etapa número 2”.

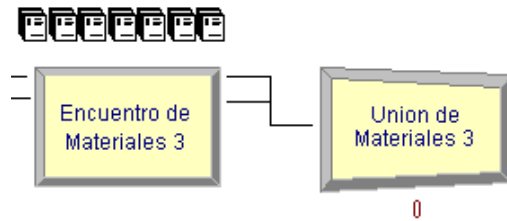


Figura 5.28: Cola del proceso productivo.
Fuente: Software Arena.

- Para verificar el “Armado del Bote, etapa número 3” se ha registrado el dato en horas que se obtiene de los reportes de Arena. El resultado se aprecia en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4: Tiempo de Estación extraídos de Software Arena

Estación	Tiempo promedio simulado (horas)	Tiempo real (horas)
ESTACION 8 Armado del Bote, etapa número 3	55,04	55

Fuente: Elaboración propia.

El tiempo de la estación “Armado del Bote, etapa número 3” comprende la segunda prueba de calidad efectuada, en donde el 90% pasa la prueba. Luego el bote está terminado en esta etapa de armado y sale del proceso. En la Figura 5.29, se aprecia que han salido del proceso 31 productos como botes construidos.

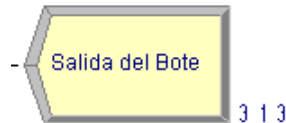


Figura 5.29: Salida del Proceso productivo.

Fuente: Software Arena.

El reporte Tally de Arena, que permite obtener el tiempo en las estaciones, está disponible en el Anexo J.

5.4. Validación de los resultados

En esta etapa se debe comprobar que el modelo de simulación construido es una representación aproximada del sistema real. La validación es el proceso que sirve para determinar el grado de semejanza entre el modelo de simulación y la realidad que pretende representar considerando la finalidad para la que se implementa.

La validación se puede abordar desde varias perspectivas, pero principalmente de manera conceptual, lo que quiere decir, que, si un modelo es válido, entonces debe permitir tomar decisiones sobre el sistema real. Otra perspectiva es que, la facilidad o dificultad de validar un modelo dependerá de su complejidad y de si existen versiones anteriores del sistema representado, pero este no es el caso de PUMAR, ya que nunca se ha simulado la línea de producción de Botes 585.

Para validar el modelo de simulación se entregan estadísticas que confirmen que la simulación produce resultados similares a los del sistema real. Esto necesita de una recolección de datos adicional acerca de promedios de largos de colas, tiempo de ocupación y tiempos de espera, los que se confrontarán con los obtenidos mediante la simulación.

En este caso, se ha considerado una variable X (promedio de tiempo de permanencia en el proceso), la cual se distribuye de manera normal en la población PUMAR con varianza " σ^2 " conocida. Se consideró el tamaño de la población correspondiente a 180 pedidos de botes y la media muestral " μ " es conocida, tal que:

$$X \rightarrow N(\mu, \sigma)$$

Se ha determinado el intervalo de confianza para la media poblacional, considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Prueba de Hipótesis

H_0 = La media de la simulación está dentro del intervalo de confianza.

H_1 = La media de la simulación no está dentro del intervalo de confianza.

Considerando los datos extraídos del Anexo H:

$$\bar{X} = 380,039 \text{ horas}$$

$$z = 1,96$$

$$\sigma = 285,5 \text{ horas}$$

$$N = 180 \text{ botes}$$

Y reemplazando los datos en la fórmula:

$$\left(380,039 - 1,96 * \frac{285,5}{\sqrt{180}} ; 380,039 + 1,96 * \frac{285,5}{\sqrt{180}} \right)$$

Se obtiene el intervalo de confianza:

$$(338,054; 422,024)$$

Se puede observar la gráfica del intervalo de confianza en la Figura 5.30.

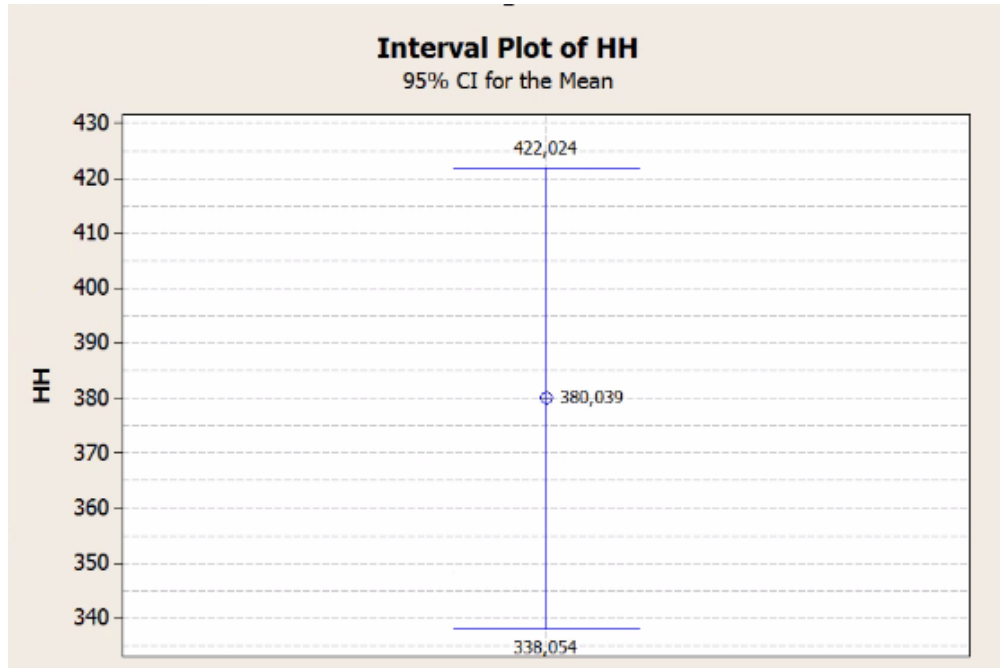


Figura 5.30: Intervalos de confianza para la media.
Fuente: Minitab 16.

- **Comparación con simulación del modelo**

La Figura 5.31 contiene el resultado de la simulación en la construcción de 1 bote, correspondiente a 402,08 horas.

22:36:00 **Category Overview** septiembre 1, 2016
Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 40 Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	402.08	0,84	398.13	408.19	377.69	1135.93

Figura 5.31: Reporte simulación para validar modelo.
Fuente: Software Arena.

El promedio de tiempo de permanencia en el proceso obtenido de la simulación (402,08 horas) está dentro del intervalo de confianza, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y el modelo es válido.

Además se realizó un gráfico con la simulación de 70 réplicas (Figura 5.32), en donde se observa que todas las medias están dentro del intervalo de confianza del 95%, esto se debe a que dentro de cada una de las estaciones hay una variación de más menos 0,5 horas, esto entregado por los tiempos en cada una de las estaciones del proceso de construcción de botes, por ende la varianza es baja y a más réplicas en el sistema, mayor estabilidad (basta con 40 réplicas para que el modelo se estabilice).

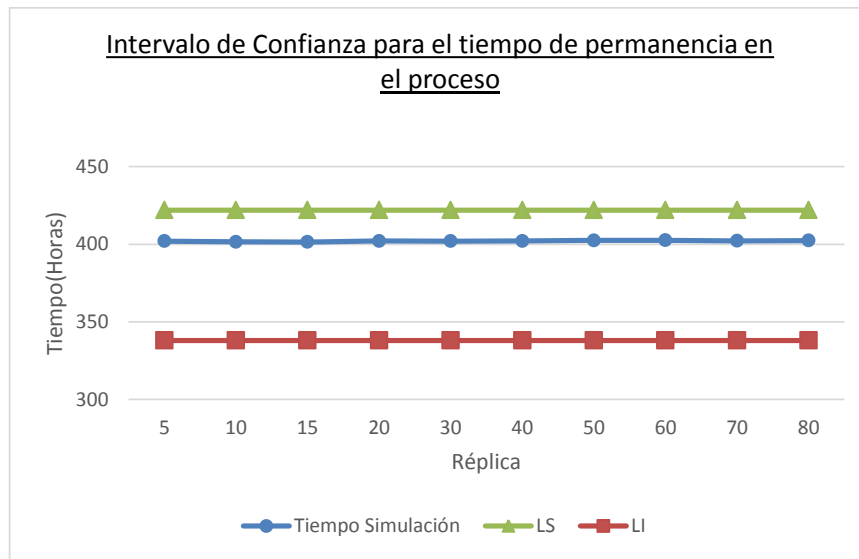


Figura 5.32: Intervalo de confianza para el tiempo de permanencia en el proceso.
Fuente: Elaboración Propia.

En el Anexo K se encuentran los datos de población, los que fueron utilizados para el cálculo del intervalo de confianza.

5.5. Diseño de experimentos y análisis de resultados

En esta etapa se va a iniciar la simulación durante 11 años (21.516 horas) con una condición inicial de arranque "Warm up" de 1 año (1.956 horas), con el objetivo de obtener la producción a 10 años, y como se ha determinado anteriormente, el número de replicaciones será de 40.

La configuración del Run Setup se muestra en la Figura 5.33.

The image shows a 'Run Setup' dialog box with the following configuration:

- Number of Replications:** 40
- Start Date and Time:** martes, 27 de septiembre de 2016 23:17:35
- Warm-up Period:** 1956
- Replication Length:** 21516
- Hours Per Day:** 8.15
- Base Time Units:** Hours
- Terminating Condition:** (empty field)
- Initialize Between Replications:** Statistics, System

Buttons at the bottom: Aceptar, Cancelar, Aplicar, Ayuda.

**Figura 5.33: Configuración Run Setup para experimentos.
Fuente: Software Arena.**

Escenario actual

Al finalizar la simulación del modelo actual, es posible apreciar en la Figura 5.34 las colas que se generan en ESTACION 1, Encuentro de Materiales 1, Encuentro de Materiales 2, Encuentro de Materiales 3 y ESTACIÓN 8, sin embargo, al revisar los reportes, también se generan colas en ESTACION 6 y ESTACION 7, pero estos tiempos son despreciables por tratarse de minutos.

Se ha registrado el tiempo de espera en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5: Queue Time Escenario Actual.

Módulos	Queue Time (horas)
ESTACION 1 Trazado y Corte	989,83
Encuentro de Materiales 1	1.181,15
Encuentro de Materiales 2	1.105,74
Encuentro de Materiales 3	414,01
ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No.1	0
ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No.2	0
ESTACION 8 Armado del Bote Etapa No.3	2.783,43

Fuente: Software Arena.

En la “ESTACION 1 Trazado y Corte” se genera cola debido a dos factores. Un factor, es que las órdenes ingresan cada 41 horas y la estación está configurada con una expresión triangular en donde el valor máximo es de 41,5 horas. Otro factor, es que a la estación además llegan los tubos que no pasan la “Prueba de Calidad 1” (10% de los botes realizados, no pasan la prueba y son devueltos, revisar Anexo H).

La cola que se genera en el módulo “Encuentro de Materiales 3” es consecuencia de que el material proveniente de la “ESTACION 4 Fabricación Piso” debe esperar al material que viene de la “ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No.2”. Y para que el material llegue a la estación anteriormente mencionada, transcurre determinado tiempo para que se junten los materiales provenientes de 3 estaciones anteriores: “ESTACION 5 Confección de Accesorios”, “ESTACION 2 Fabricación de Tubos” y “ESTACION 3 Fabricación Maderamen espejo”, materiales que luego serán ensamblado en la ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No.1”. En resumen, la espera se genera ya que el piso se encuentra listo cuando el proceso que incluye las estaciones anteriores lleva un 11% de avance.

La cola que se forma en el módulo “Encuentro de Materiales 2” es consecuencia de que los accesorios confeccionados en la “ESTACION 5 Confección de Accesorios”, debe esperar las piezas que se encuentran en el módulo “Encuentro de Materiales 1” (tubo y

espejo). De esta forma, los accesorios están listos cuando el proceso lleva un 71% de avance.

La cola del módulo “Encuentro de Materiales 1”, es formada debido a que el espejo fabricado en la “ESTACION 3 Fabricación Maderamen espejo” debe esperar el tubo proveniente de la “ESTACION 2 Fabricación de Tubos”, y además se debe considerar el tiempo de la “ESTACION 1 Trazado y Corte”, y el espejo está listo cuando el proceso de fabricación lleva un 20% de avance.

Bajo la simulación de la situación actual, se concluye que la capacidad de producción anual en promedio es de 31 botes. Los reportes de salidas del sistema y tiempos de espera se encuentran disponibles en el Anexo L.

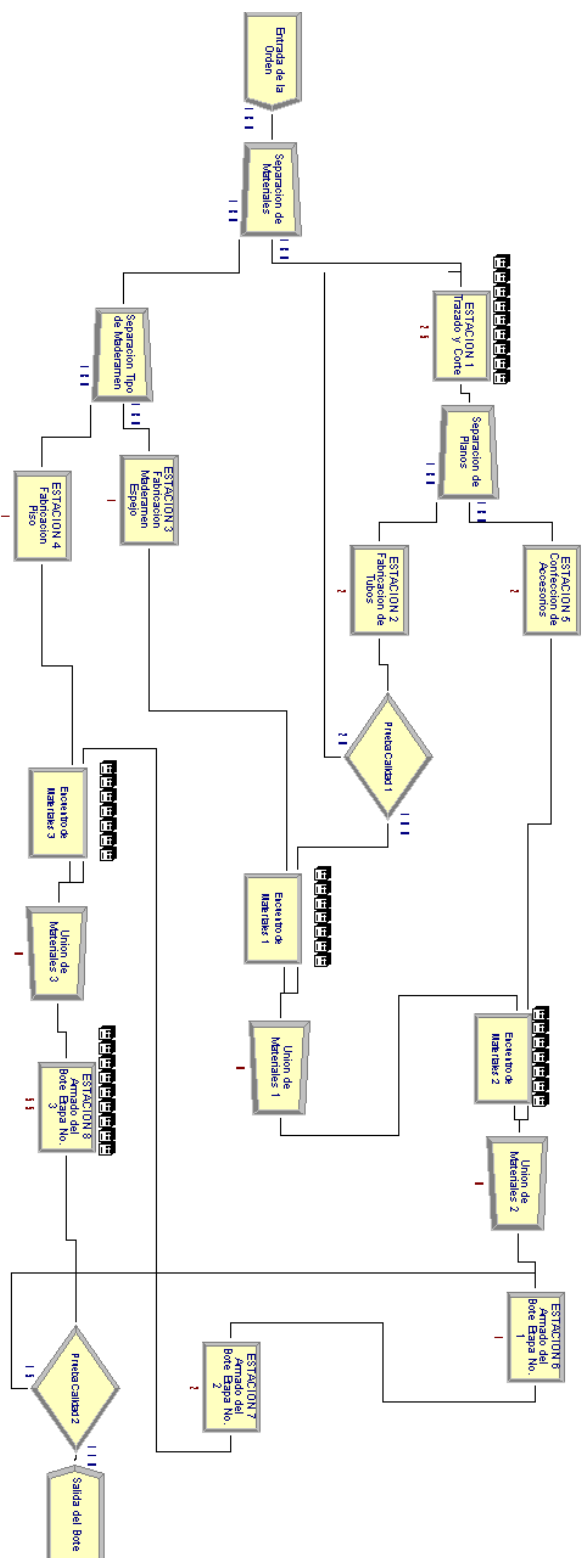


Figura 5.34: Modelo Escenario Actual.
Fuente: Software Arena.

Escenario 1 - Aumento de productividad en un 35% mediante el cambio en la distribución de los trabajadores

Se busca incrementar la productividad, en este caso, aumentar la producción con los recursos disponibles, es decir, manteniendo la cantidad de trabajadores del proceso y tiempos de fabricación de cada estación constante.

Una vez analizado el comportamiento del proceso productivo del escenario actual, se concluye que la "ESTACIÓN 8 Armado el Bote Etapa número 3" es la que presenta más tiempo de espera en comparación al resto de las estaciones, lo que impide que una mayor cantidad de botes salgan del sistema como productos terminados, y este atochamiento se debe a que se cuenta con solo un recurso. Por lo tanto, para conseguir que del sistema productivo salgan más botes, es necesario disminuir la cola, para lo cual, considerando que los trabajadores son polivalentes, y en la ESTACION 2 Fabricación de Tubos no hay tiempo de espera, un trabajador de esta estación pasará a formar parte de la ESTACION 8. De esta forma, la distribución de trabajadores de este escenario se muestra en la Figura 5.35.

Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	Trabajador Corte	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Trabajador Confeccion Accesorios	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Trabajador Fabricacion Tubos	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Trabajador Espejo	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Trabajador Piso	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Trabajador Armado 3	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Trabajador Armado 1	Fixed Capacity	3	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
8 ▶	Trabajador Armado 2	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.35: Recursos Escenario 1.
Fuente: Software Arena.

Una vez simulado el escenario, se puede apreciar que ha disminuido la cola de la ESTACION 8 (según Figura 5.36), y es posible corroborarlo gracias a los reportes de Arena, los cuales se encuentran disponibles en el Anexo L y se resumen en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6: Queue Time Escenario 1.

Módulos	Queue Time (horas)
ESTACION 1 Trazado y Corte	1.062,09
Encuentro de Materiales 1	1.266,88
Encuentro de Materiales 2	1.191,64
Encuentro de Materiales 3	318,95
ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No.1	0
ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No.2	1,7019
ESTACION 8 Armado del Bote Etapa No.3	0

Fuente: Software Arena.

El tiempo de espera de la ESTACION 8, al incorporar un recurso disminuyó en un 99,98%, lo cual permitió una mayor producción de botes, ya que, del sistema sale un total de 42 productos terminados, lo que implica un aumento de la producción anual en un 35,48%, respecto del escenario actual. Los reportes de salidas del sistema también se encuentran disponibles en el Anexo L.

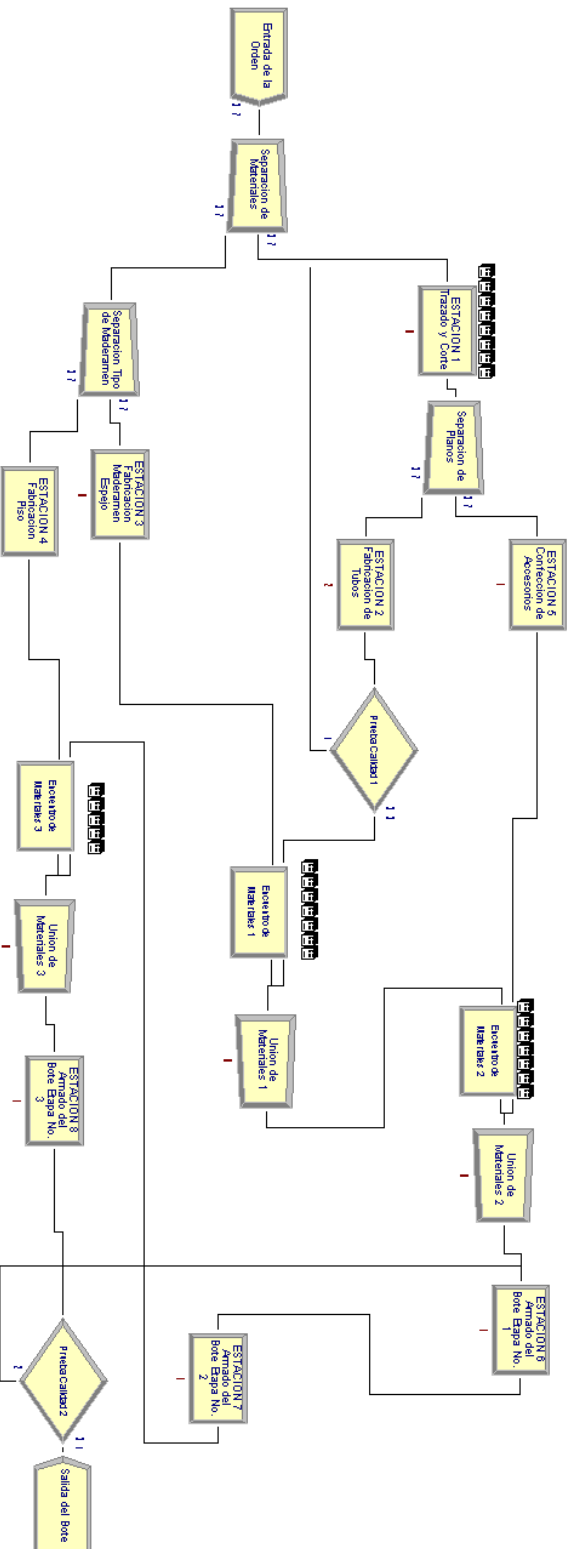


Figura 5.36: Modelo Escenario 1.
Fuente: Software Arena.

Escenario 2 - Aumento de productividad en un 38% mediante el cambio en la distribución de los trabajadores

Volviendo con el análisis de los reportes que Arena entrega respecto a la situación actual, se observa que además de la cola formada en la “ESTACIÓN 8 Armado el Bote Etapa número 3”, se forma también una cola en la “ESTACION 1 Trazado y Corte”. Ésta es generada debido a que las telas de hypalon van entrando al proceso cada 41 horas, y la estación opera en un rango de tiempo de entre 40,5 y 41,5 horas, en donde aparentemente el proceso está tardando el máximo permitido. Además, a esto se debe agregar aquellos rehechos producto de los tubos que no pasan la Prueba de Calidad 1. Y finalmente considerar que esta estación cuenta con un trabajador.

En base a lo anterior, para conseguir que una mayor cantidad de botes salgan del proceso, y disminuir las colas hasta en lo posible eliminarlas, se cambiará la distribución de trabajadores. De esta forma, y considerando que la “ESTACION 2 Fabricación de Tubos” y la “ESTACIÓN 6 Armado el Bote Etapa número 1” no generan tiempo de espera, un trabajador de cada una de ellas pasará a formar parte de la ESTACION 8 y ESTACION 1 respectivamente.

La distribución de trabajadores del escenario 2 se muestra en la Figura 5.37.

Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	Trabajador Corte	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
2	Trabajador Confeccion Accesorios	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
3	Trabajador Fabricacion Tubos	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
4	Trabajador Espejo	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
5	Trabajador Piso	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
6	Trabajador Armado 3	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
7	Trabajador Armado 1	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
8 ▶	Trabajador Armado 2	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓

Figura 5.37: Recursos Escenario 2.
Fuente: Software Arena.

Una vez concluida la simulación del modelo del escenario 2, se puede apreciar en la Figura 5.38 que ha disminuido la cola de la ESTACION 1, pero se ha formado una nueva cola en la ESTACION 2. Esta información se puede corroborar en la

Tabla 5.7, elaborada en base a la información que entrega los reportes de Arena, los cuales se encuentran disponibles en el Anexo L.

Tabla 5.7: Queue Time Escenario 2.

Módulos	Queue Time (horas)
ESTACION 1 Trazado y Corte	0
ESTACION 2 Fabricación de Tubos	326,55
Encuentro de Materiales 1	471,38
Encuentro de Materiales 2	1.442,34
Encuentro de Materiales 3	498,50
ESTACION 5 Confección de Accesorios	2,1294
ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No.1	3,4291
ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No.2	0
ESTACION 8 Armado del Bote Etapa No.3	0

Fuente: Software Arena

Al quitar un trabajador de la ESTACION 6 se genera tiempo de espera que la situación actual no había, pero esto es debido a que uno de los trabajadores de la ESTACION 6 paso a formar parte de la ESTACION 1, en la cual, el tiempo en cola de la ha disminuido en un 99,99%, y esto se debe a que, el paquete de hypalon puede capturar a cualquiera de los 2 recursos, dependiendo el que se encuentre disponible para ello.

A pesar de que en la ESTACION 2 se genera una cola que en el escenario 1 no existía, por el hecho de mover un trabajador a la ESTACION 8, eliminando el tiempo de espera de esta última, la producción aumentó en un bote, es decir anualmente se estarían fabricando 43 botes en promedio. Por lo tanto, bajo este escenario se ha aumentado la productividad en un 2,38% respecto del escenario 1 y un 38,71% respecto al escenario actual, por el hecho de incrementar la producción con los mismos recursos.

Los reportes de salidas de este escenario, también se encuentran disponibles en el Anexo L.

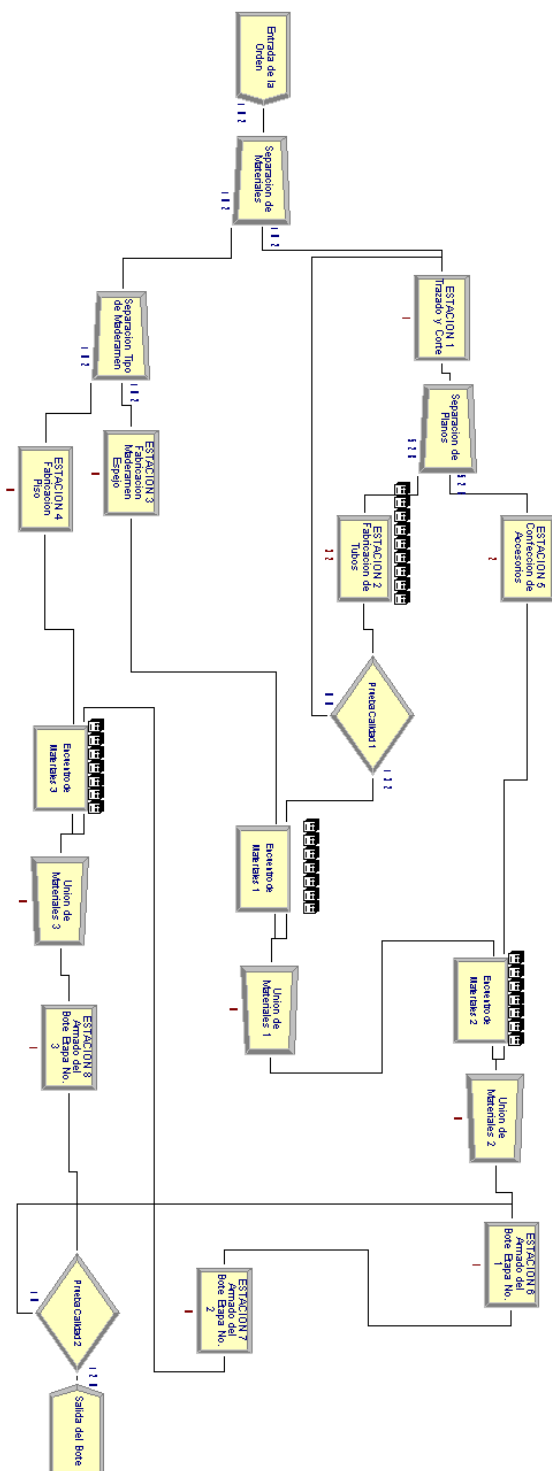


Figura 5.38: Modelo Escenario 2.
Fuente: Software Arena.

Escenario 3 - Aumento de productividad en un 45% mediante el cambio en la distribución de los trabajadores e incorporación de un trabajador en “Estación 8 Armado el Bote Etapa número 3”

En varios experimentos, se intentó aumentar la producción manteniendo los 14 trabajadores disponibles y cambiando la distribución en diversas estaciones, pero solo se logró resultados positivos en dos casos, los expuestos en los escenarios 1 y 2. Es por eso, que se aumentará los recursos para analizar el comportamiento del sistema en cuanto a obtener una mayor producción.

De este modo, se contratará un trabajador que formará parte de la “ESTACIÓN 8 Armado el Bote Etapa número 3”, lo que provocará que una mayor cantidad de botes salgan del sistema. Además, y considerando que en la situación actual la “ESTACIÓN 6 Armado el Bote Etapa número 1” no presenta cola, un trabajador de los tres disponibles en esta estación pasará a formar parte de la “ESTACION 1 Trazado y Corte”, que como se ha mencionado anteriormente, es una estación que genera tiempo de espera, pues las tareas específicas del proceso están tardando el máximo permitido. También se debe considerar aquellos tubos que no pasan la Prueba de Calidad 1, y para todo esto se cuenta con solo un trabajador.

Estos cambios de distribución de trabajadores se pueden revisar a continuación en la Figura 5.39

Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	Trabajador Corte	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
2	Trabajador Confeccion Accesorios	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
3	Trabajador Fabricacion Tubos	Fixed Capacity	3	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
4	Trabajador Espejo	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
5	Trabajador Piso	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
6	Trabajador Armado 3	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
7	Trabajador Armado 1	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
8 ▶	Trabajador Armado 2	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓

Figura 5.39: Recursos Escenario 3.

Fuente: Software Arena.

Una vez simulado el modelo del escenario 3, se puede notar en la Figura 5.40 que en la ESTACION 2 ha disminuido la cola respecto al escenario 2, lo cual se corrobora además con los reportes de Arena, los cuales se resumen en la Tabla 5.8, y que muestran que el tiempo de espera de la ESTACION 2 es 0,5 horas, lo cual presenta una disminución de un 99,85%.

Revisando y comparando los resultados respecto a la situación actual y a los cambios efectuados en este escenario, se concluye que los tiempos de espera de la ESTACION 1 y ESTACION 8 han disminuido en un 100%, es decir, no se genera cola. Pero se ha generado una cola en la ESTACION 6, y esto se debe a que un trabajador de esta estación pasó a formar parte de la ESTACION 1.

Al igual que en los escenarios anteriores, se siguen generando colas en los módulos “Encuentros de Materiales”, y la explicación es la misma expuesta en la situación actual; la cola del “Encuentro de Materiales 3” es generada debido a que el material terminado en la “ESTACION 4 Fabricación Piso” debe esperar que los materiales fabricados y provenientes de las estaciones “ESTACION 5 Confección de Accesorios”, “ESTACION 2 Fabricación de Tubos” y “ESTACION 3 Fabricación Maderamen espejo” se ensamblen en la “ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No.1”, y luego continúen su ensamble en la “ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No.2”. Pese a esto, se ha logrado disminuir el tiempo de espera en un 31% respecto del escenario 2 y un 19% respecto del escenario actual.

El tiempo de espera del “Encuentro de Materiales 2” se ha logrado disminuir en un 18% respecto al escenario 2, pero ha aumentado un 7% respecto al escenario actual. Se sigue generando espera, debido a que el material proveniente de la “ESTACION 5 Confección de Accesorios” debe esperar de los materiales que se reúnen en el módulo “Encuentro de Materiales 1”.

El tiempo de espera del módulo “Encuentro de Materiales 1” se logró disminuir en un 76% respecto al escenario 2 y un 91% respecto al escenario actual, de esta forma el espejo fabricado en la “ESTACION 3 Fabricación Maderamen espejo” debe esperar menos tiempo por el tubo proveniente de la “ESTACION 2 Fabricación de Tubos”, gracias a la incorporación del nuevo trabajador en esta estación.

Tabla 5.8: Queue Time Escenario 3.

Módulos	Queue Time (horas)
ESTACION 1 Trazado y Corte	0
ESTACION 2 Fabricación de Tubos	0
Encuentro de Materiales 1	110,97
Encuentro de Materiales 2	1.184,68
Encuentro de Materiales 3	344,97
ESTACION 5 Confección de Accesorios	2,7341
ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No.1	4,6906
ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No.2	0
ESTACION 8 Armado del Bote Etapa No.3	0

Fuente: Software Arena

En este escenario se fabrican 45 botes en promedio al año, esto es, 2 botes más respecto al escenario 2, lo que representa un aumento de un 4,65%. En comparación a la situación actual, bajo este escenario se fabrican 14 botes más, lo que significa un aumento de productividad en un 45,16%.

Los reportes de salidas del sistema y tiempos de espera del Escenario 3 se encuentran disponibles en el Anexo L.

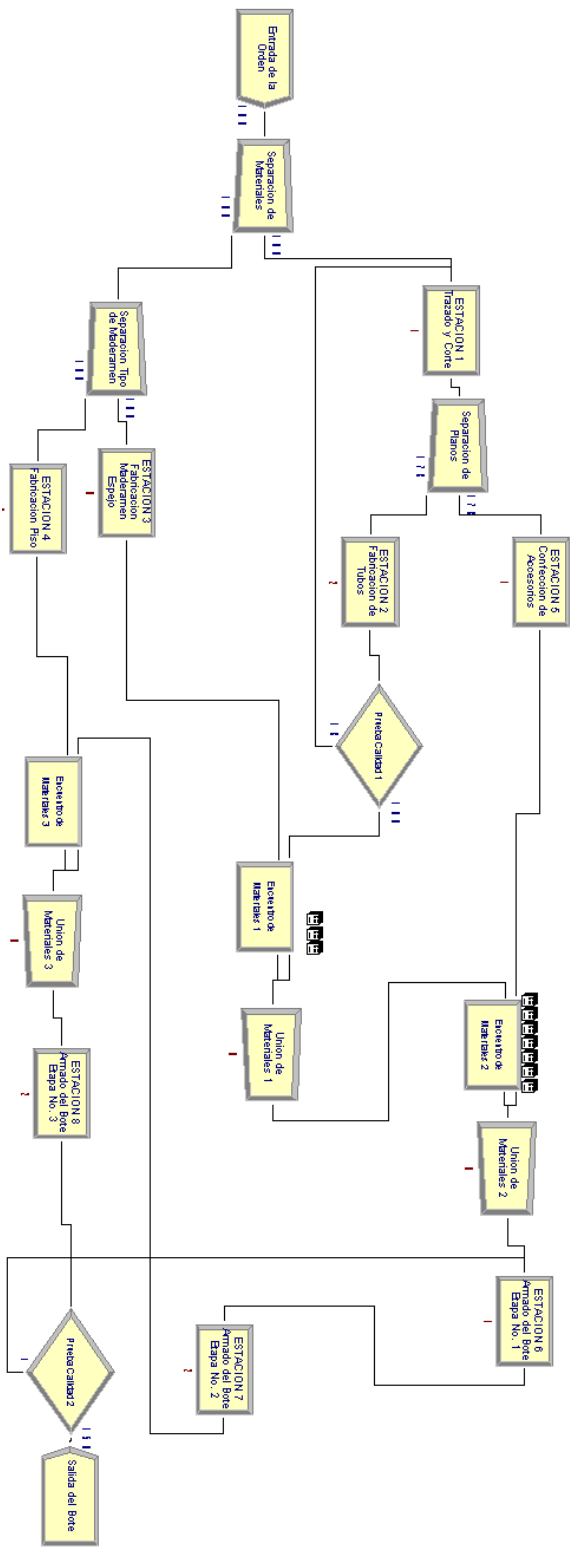


Figura 5.40: Modelo Escenario 3.
Fuente: Software Arena.

Escenario 4 - Aumento de producción en un 116% mediante automatización de la “Estación 1 Trazado y Corte” e incorporación de un trabajador en “Estación 8 Armado el Bote Etapa número 3”

Debido a que no se logró aumentar la producción cambiando la distribución de los 14 trabajadores, ni tampoco aumentando la dotación, exceptuando los escenarios 1 y 2, se experimentará con la automatización de la “ESTACION 1 Trazado y Corte” mediante la adquisición de una máquina de corte. Esto se justifica ya que, al realizar las tareas en forma manual y artesanal, y en ciertos casos de manera imprecisa, se ha debido rehacer el proceso de la estación por diversos problemas, como cortes incorrectos y producto de esto, defecto en el material de hypalon. Además, que, al incorporar una máquina de corte, el tiempo de fabricación será de 12 horas (Figura 5.41), es decir, se disminuye el tiempo de la estación en un 71%. De esta forma, las órdenes irán entrando al sistema cada 12 horas. En el Anexo M se encuentra disponible la oferta técnico-económica de la máquina.

Al contar con la máquina de corte, será necesario sólo un trabajador, el cual estará encargado de operarla. Para efectos de simulación se agregará el recurso denominado Maquina Corte, tal como se muestra en la Figura 5.42.

Se contratará un trabajador que pasará a formar parte de la “ESTACIÓN 8 Armado el Bote Etapa número 3”, ya que es el proceso con mayor tiempo de espera según los reportes de Arena, respecto de la situación actual. Además, de esta forma saldrán más botes del proceso productivo, pues se desatochará la estación.

Process - Basic Process												
Name	Type	Action	Priority	Resources	Delay Type	Units	Allocation	Minimum	Value	Maximum	Report Statistic	
1	ESTACION 1 Trazado y Corte	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Triangular	Hours	Value Added	11.5	12	12.5	<input checked="" type="checkbox"/>
2	ESTACION 5 Confeccion de Accesorios	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Hours	Value Added	53.5	54	54.5	<input checked="" type="checkbox"/>
3	ESTACION 2 Fabricacion de Tubos	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Hours	Value Added	75.5	76	76.5	<input checked="" type="checkbox"/>
4	ESTACION 3 Fabricacion Maderamen Espejo	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Hours	Value Added	19.5	20	20.5	<input checked="" type="checkbox"/>
5	ESTACION 4 Fabricacion Piso	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Hours	Value Added	23.5	24	24.5	<input checked="" type="checkbox"/>
6	ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No. 1	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Hours	Value Added	57.5	58	58.5	<input checked="" type="checkbox"/>
7	ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No. 2	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Hours	Value Added	51.5	52	52.5	<input checked="" type="checkbox"/>
8	ESTACION 8 Armado del Bote Etapa No. 3	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Hours	Value Added	54.5	55	55.5	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.41: Procesos Escenario 4.
Fuente: Software Arena.

Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	Trabajador Corte	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Trabajador Confeccion Accesorios	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Trabajador Fabricacion Tubos	Fixed Capacity	3	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Trabajador Espejo	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Trabajador Piso	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Trabajador Armado 3	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Trabajador Armado 1	Fixed Capacity	3	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Trabajador Armado 2	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Maquina Corte	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.42: Recursos Escenario 4.
Fuente: Software Arena.

Al finalizar la simulación del escenario 4, se generan colas en la mayoría de las estaciones, según se observa en la Figura 5.43. Además, en la Tabla 5.9 se presenta el tiempo de espera de cada estación.

Tabla 5.9: Queue Time Escenario 4.

Módulos	Queue Time (horas)
ESTACION 1 Trazado y Corte	529.90
ESTACION 2 Fabricación de Tubos	6.160,50
ESTACION 3 Fabricación Espejo	4.692,71
ESTACION 4 Fabricación Piso	5.868,10
Encuentro de Materiales 1	3.434,45
Encuentro de Materiales 2	496.61
Encuentro de Materiales 3	1,414.73
ESTACION 5 Confección de Accesorios	6,508.67
ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No.1	1,3544
ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No.2	50,8532
ESTACION 8 Armado del Bote Etapa No.3	314,86

Fuente: Software Arena

Bajo este escenario, se fabrican 67 botes en promedio en un año, es decir, la producción ha aumentado en un 48,89% respecto al escenario 3 y en un 116% respecto a la situación actual.

Refiriéndose a los tiempos de espera en las estaciones 1 y 8, en las cuales se realizaron cambios, el tiempo de espera aumentó en un 100% en para el caso de la ESTACION 1 y disminuyó en un 89% para el caso de la ESTACION 8, respecto a la situación actual. Además, ocurrió algo particular que no se había visto en los escenarios anteriores, esto es, aumentó de manera significativa el tiempo de espera en las Estaciones 2 y 5, en las cuales el material proveniente de la "ESTACION 1 Trazado y

Corte” se dirige ya seccionado hacia la “ESTACION 5 Confección de Accesorios” y hacia la “ESTACION 2 Fabricación de Tubos” cada 12 horas, tiempo que representa un 29,27% respecto del tiempo a los escenarios anteriores. Bajo estas condiciones se procedió a calcular el número medio de materiales en ambas colas, tanto en la ESTACION 2 como en la 5 de acuerdo a la fórmula de Little [J. Rodríguez-Aragón]:

$$Lq = Wq * \lambda$$

Donde,

Lq = Número medio de material en la cola

Wq = Variable aleatoria continua que representa el tiempo que pasa el material en la cola.

λ = Tasa de llegada constante del material proveniente de la ESTACION 1 “Trazado y Corte”.

Considerando los datos de la Tabla 5.9 para Wq en la “ESTACION 2 Fabricación de tubos” se tiene:

$$Lq = 6160[hr] * \frac{1}{12} \left[\frac{material}{hr} \right]$$

$$Lq = 513 \text{ material}$$

Y para la “ESTACION 5 Confección de accesorios”:

$$Lq = 6509[hr] * \frac{1}{12} \left[\frac{material}{hr} \right]$$

$$Lq = 542 \text{ material}$$

Los materiales que quedan en espera son 513 en la ESTACION 2 y 542 en la ESTACION 5 respectivamente, y se debe a que las telas de hypalon van llegando cada 12 horas en promedio a cada una de las estaciones. Para el caso de la ESTACION 2, cuyo tiempo de proceso es de 76 horas, se va recibiendo el material para una nueva fabricación de tubos cuando el proceso en vigor lleva solo un 16% de avance. Es similar para el caso de la ESTACION 5, el tiempo de proceso es de 54 horas, y va recibiendo las telas para la siguiente confección de accesorios cuando el proceso en curso lleva un 22% de avance. Esta explicación es válida también para la ESTACION 3 y ESTACION 4; la ESTACION 3 recibe madera para fabricar un nuevo espejo cuando la confección en curso lleva un 60% de avance, y a la ESTACION 4 llega madera para fabricar un nuevo piso cuando el proceso lleva un 50% de avance.

En cuanto a los “Encuentros de Materiales 1, 2 y 3” se sigue generando colas, y es debido a que la única modificación que se ha considerado en este escenario es la entrada de órdenes y el tiempo de la ESTACION 1, es decir los módulos “Encuentro de Materiales” genera tiempo de espera debido a la explicación entregada en el escenario

anterior. La cola generada en el módulo “Encuentro de Materiales 1” es consecuencia de que el espejo fabricado en la “ESTACION 3 Fabricación Maderamen espejo”, cuyo tiempo de proceso es de 20 horas, debe esperar a que el tubo proveniente de la “ESTACION 2 Fabricación de Tubos” llegue al encuentro. Considerar que una vez que entra la orden al sistema, los materiales son separados según su tipo (en hypalon y maderamen), y la ESTACION 1 comienza a trabajar en paralelo con la ESTACION 3 y ESTACION 4, por lo tanto el proceso previo al “Encuentro de Materiales 1” considera el tiempo de fabricación de la ESTACION 1 más el tiempo de fabricación de la ESTACION 2, y el espejo fabricado en la ESTACION 3 está listo cuando el proceso de corte más confección de tubos lleva un 22% de avance.

La cola del “Encuentro de Materiales 2” se genera debido a que los accesorios fabricados en la ESTACION 5 deben esperar los materiales reunidos en el módulo “Encuentro de Materiales 1”. Considerar además que la ESTACION 5 comienza a trabajar en paralelo con la ESTACION 2, por lo que dicha cola es principalmente producto de que el tiempo de la ESTACION 5 pasa al “Encuentro de Materiales 2” cuando a la ESTACION 2 le falta un 29% para finalizar su proceso de fabricación.

La cola del “Encuentro de Materiales 3” es generada debido a que el material terminado en la “ESTACION 4 Fabricación Piso”, cuyo tiempo es de 24 horas, debe esperar prácticamente todas las estaciones del proceso productivo, es decir, el piso está listo cuando los procesos previos llevan un avance del 12%.

Los reportes de salidas del sistema y tiempos de espera del Escenario 4 se encuentran disponibles en el Anexo L.

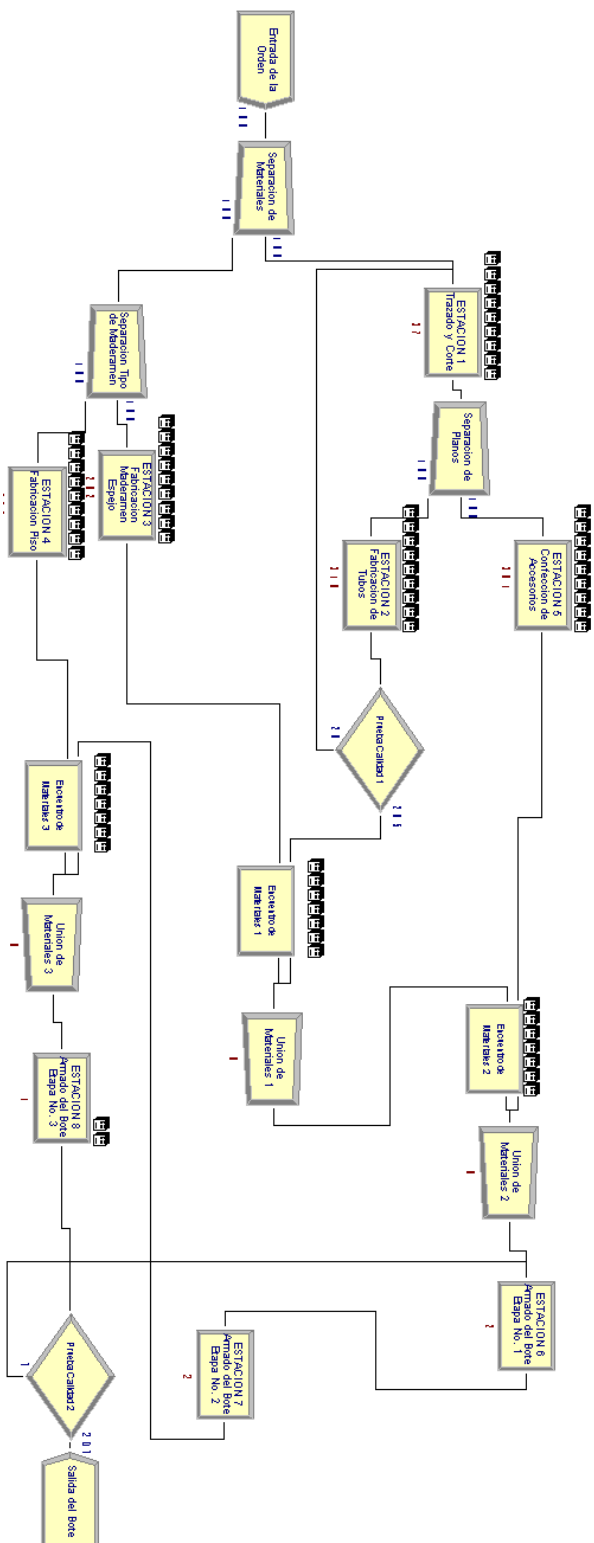


Figura 5.43: Modelo Escenario 4.
Fuente: Software Arena.

Escenario 5 - Aumento de producción en un 245% mediante automatizaciones de la “Estación 1 Trazado y Corte” y la “Estación 2 Fabricación de Tubos”, cambio en la distribución de trabajadores e incorporación de un trabajador en “Estación 8 Armado el Bote Etapa número 3”

Para aumentar la producción por año, se experimentará disminuyendo el tiempo total de fabricación de un bote. Para ello, este escenario mantendrá todas las características del escenario 4, ya que conlleva a una mejora al haber un aumento en la cantidad de botes fabricados, es decir:

- Se automatizará la “ESTACION 1 Trazado y Corte” mediante la adquisición de una máquina de corte cuyo tiempo de operación será de 12 horas, y las órdenes irán entrando al sistema cada 12 horas. Para efectos de simulación se agregará el recurso denominado Maquina Corte.
- Se contratará un trabajador que pasará a formar parte de la “ESTACIÓN 8 Armado el Bote Etapa número 3”, ya que así saldrán más botes del proceso productivo.

Adicional a esto, se disminuirá el tiempo de producción de la ESTACION 2. Para ello, se incorporará una maquina pegadora de Hypalon, la cual permitirá que el tiempo de fabricación sea de 16 horas, 8 horas correspondiente a la unión de telas y 8 horas correspondiente a la “Prueba de Calidad 1” (Figura 5.44). En el Anexo N se encuentra disponible la oferta técnico-económica de la máquina y para efectos de simulación se agregará el recurso denominado Maquina Pegado, tal como se muestra en la Figura 5.45.

Al contar con la máquina de pegado, será necesario sólo un trabajador, el cual estará encargado de operarla, por lo tanto, los otros dos trabajadores formarán parte de la “ESTACION 5 Confección de Accesorios”, ya que es el proceso con mayor tiempo de espera después de haber incorporado la máquina de corte en la ESTACION 4.

Process - Basic Process												
	Name	Type	Action	Priority	Resources	Delay Type	Units	Allocation	Minimum	Value	Maximum	Report Statistic
1	ESTACION 1 Trazado y Corte	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Triangular	Hours	Value Added	11.5	12	12.5	<input checked="" type="checkbox"/>
2	ESTACION 5 Confeccion de Accesorios	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Hours	Value Added	53.5	54	54.5	<input checked="" type="checkbox"/>
3	ESTACION 2 Fabricacion de Tubos	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Triangular	Hours	Value Added	7.5	8	8.5	<input checked="" type="checkbox"/>
4	ESTACION 3 Fabricacion Maderamen Espejo	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Hours	Value Added	19.5	20	20.5	<input checked="" type="checkbox"/>
5	ESTACION 4 Fabricacion Piso	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Hours	Value Added	23.5	24	24.5	<input checked="" type="checkbox"/>
6	ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No. 1	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Hours	Value Added	57.5	58	58.5	<input checked="" type="checkbox"/>
7	ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No. 2	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Hours	Value Added	51.5	52	52.5	<input checked="" type="checkbox"/>
8	ESTACION 8 Armado del Bote Etapa No. 3	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Hours	Value Added	54.5	55	55.5	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.44: Procesos Escenario 5.
Fuente: Software Arena.

Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
2	Trabajador Confeccion Accesorios	Fixed Capacity	4	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
3	Trabajador Fabricacion Tubos	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
4	Trabajador Espejo	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
5	Trabajador Piso	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
6	Trabajador Armado 3	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
7	Trabajador Armado 1	Fixed Capacity	3	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
8	Trabajador Armado 2	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
9	Maquina Corte	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
10▶	maquina pegado	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓

Figura 5.45: Recursos Escenario 5.
Fuente: Software Arena.

Tabla 5.10: Queue Time Escenario 5.

Módulos	Queue Time (horas)
ESTACION 1 Trazado y Corte	517,5
ESTACION 2 Fabricación de Tubos	480,1
ESTACION 3 Fabricación Maderamen Espejo	815,3
ESTACION 4 Fabricación Piso	1275,6
Encuentro de Materiales 1	1540,2
Encuentro de Materiales 2	468,8
Encuentro de Materiales 3	1.180,20
ESTACION 5 Confección de Accesorios	502,7
ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No.1	0
ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No.2	27,9
ESTACION 8 Armado del Bote Etapa No.3	285,1

Fuente: Software Arena.

Bajo este escenario, se fabrican 107 botes en promedio en un año, es decir, la producción ha aumentado en un 59 % respecto al escenario 4 y un 245% en relación a la situación actual.

Respecto al escenario 4, en este escenario se ha disminuido el tiempo en cola de la “ESTACION 2 Fabricación de Tubos” y de la “ESTACION 5 Confección de Accesorios” en un 92%, el tiempo en cola de la “ESTACION 3 Fabricación Maderamen Espejo” en un 83% y la “ESTACION 4 Fabricación Piso” en un 78%. Esto es consecuencia de la disminución de tiempos de las estaciones 1 y 2 debido a la automatización. En cuanto a los “Encuentros de Materiales 1, 2 y 3” se sigue generando tiempos de espera en cada módulo, pero han disminuido en un 55% en el “Encuentro de Materiales 1” y un 17% en el “Encuentro de Materiales 3”.

Respecto a la situación actual, el tiempo de espera de la ESTACION 1 disminuyo en un 48% y en la ESTACION 8 disminuyo en un 90%. Además, se genera tiempo de espera en al ESTACION 2 y ESTACION 5, que en la situación actual no había.

Los reportes de salidas del sistema y tiempos de espera del Escenario 5 se encuentran disponibles en el Anexo L.

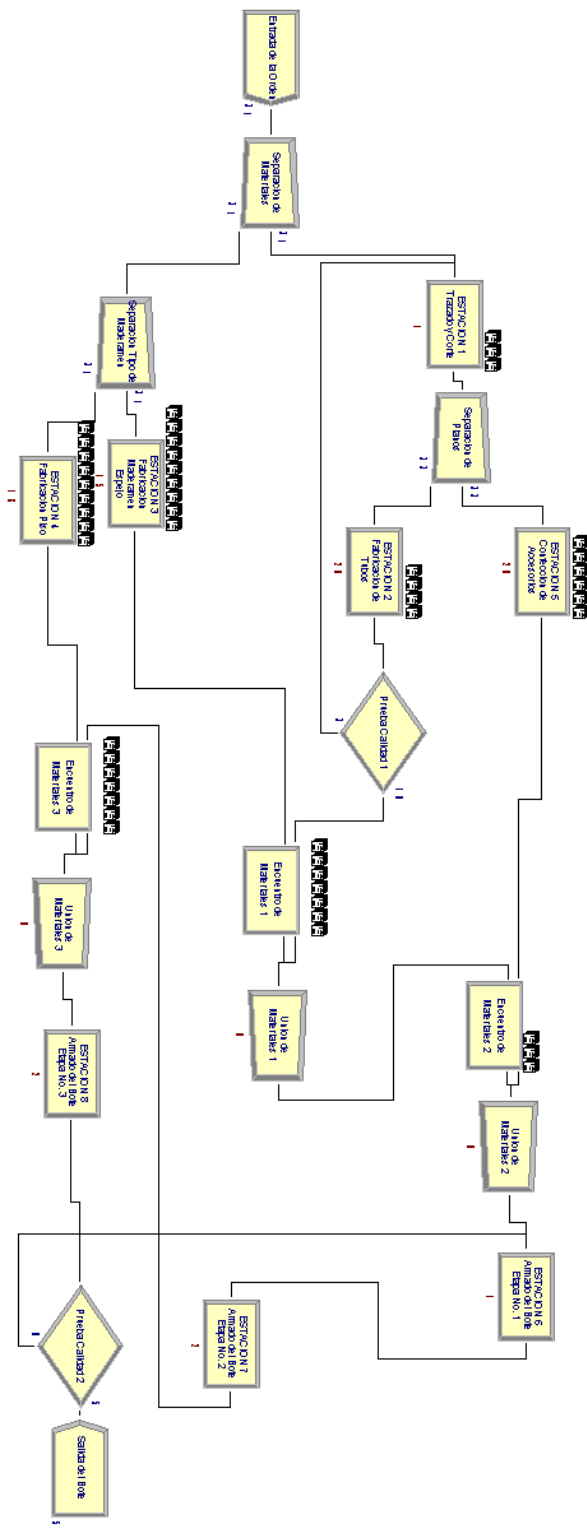


Figura 5.46: Modelo Escenario 5.
Fuente: Software Arena.

Escenario 6 - Aumento de producción en un 400% mediante automatización “Estación 1 Trazado y Corte”, automatización “Estación 2 Fabricación de Tubos”, cambio en la distribución de trabajadores e incorporación de 15 trabajadores

Para llegar a los resultados del escenario 6, previamente se experimentó con distintos escenarios intermedios, considerando que para aumentar la fabricación de botes es necesario reducir las colas de las estaciones. Se simuló con las siguientes características:

Escenario 6-A

- ESTACION 1
Automatización de la estación, con la adquisición de 1 máquina de corte, la cual contará con 1 trabajador.
- ESTACION 2
Automatización de la estación, con la adquisición de 1 máquina de pegado, la cual contará con 1 trabajador, por lo cual los otros 2 trabajadores formaran parte de la ESTACION 5.
- ESTACION 3
Se considera un trabajador adicional (en total serán 2).
- ESTACION 4
Se considera un trabajador adicional (en total serán 2).

Bajo este escenario se logran disminuir las colas de las estaciones anteriormente mencionadas, sin embargo, la cantidad de botes fabricados por año se mantiene, debido a que las estaciones que se encuentran al final de proceso productivo se mantuvieron constante respecto del escenario 5. Es por esto que adicional a los cambios del Escenario 6-A, se realizaran los siguientes cambios:

Escenario 6-B

- ESTACION 5
Se considera un trabajador adicional (en total serán 5).
- ESTACION 6
Se consideran tres trabajadores adicionales (en total serán 6).
- ESTACION 7
Se consideran tres trabajadores adicionales (en total serán 5).
- ESTACION 8
Se consideran cuatro trabajadores adicionales (en total serán 5).

Bajo este escenario se fabrican 110 botes.

Escenario 6-C

- ESTACION 1
Contará con 2 máquinas de corte.
Se consideran 2 trabajadores, uno encargado de operar cada máquina.
- ESTACION 2
Contará con 2 máquinas de pegado
Se consideran 2 trabajadores, uno encargado de operar cada máquina.

Los recursos mencionados anteriormente se han ingresado al software Arena como se muestra en la Figura 5.47.

Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	Trabajador Corte	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
2	Trabajador Confeccion Accesorios	Fixed Capacity	5	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
3	Trabajador Fabricacion Tubos	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
4	Trabajador Espejo	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
5	Trabajador Piso	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
6	Trabajador Armado 3	Fixed Capacity	5	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
7	Trabajador Armado 1	Fixed Capacity	6	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
8	Trabajador Armado 2	Fixed Capacity	5	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
9	Maquina Corte	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
10	Maquina Pegado	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓

Figura 5.47: Recursos Escenario 6.
Fuente: Software Arena.

Al simular el proceso productivo se obtienen como resultados el tiempo en cola que muestra la Tabla 5.11.

Tabla 5.11: Queue Time Escenario 6.

Módulos	Queue Time (horas)
ESTACION 1 Trazado y Corte	0,023 ≈ 0
ESTACION 2 Fabricación de Tubos	0,64 ≈ 0
ESTACION 3 Fabricación Maderamen Espejo	0
ESTACION 4 Fabricación Piso	3,59
Encuentro de Materiales 1	11,90
Encuentro de Materiales 2	1.059,28
Encuentro de Materiales 3	428,32
ESTACION 5 Confección de Accesorios	99,99
ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No.1	1,01
ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No.2	2,50
ESTACION 8 Armado del Bote Etapa No.3	0,44 ≈ 0

Fuente: Software Arena.

Bajo este escenario, se fabrican 155 botes en promedio en un año, es decir, la producción ha aumentado en un 44,86% respecto al escenario 5 y un 400% respecto a la situación actual.

Los reportes de salidas del sistema y tiempos de espera de este escenario se encuentran disponibles en el Anexo L.

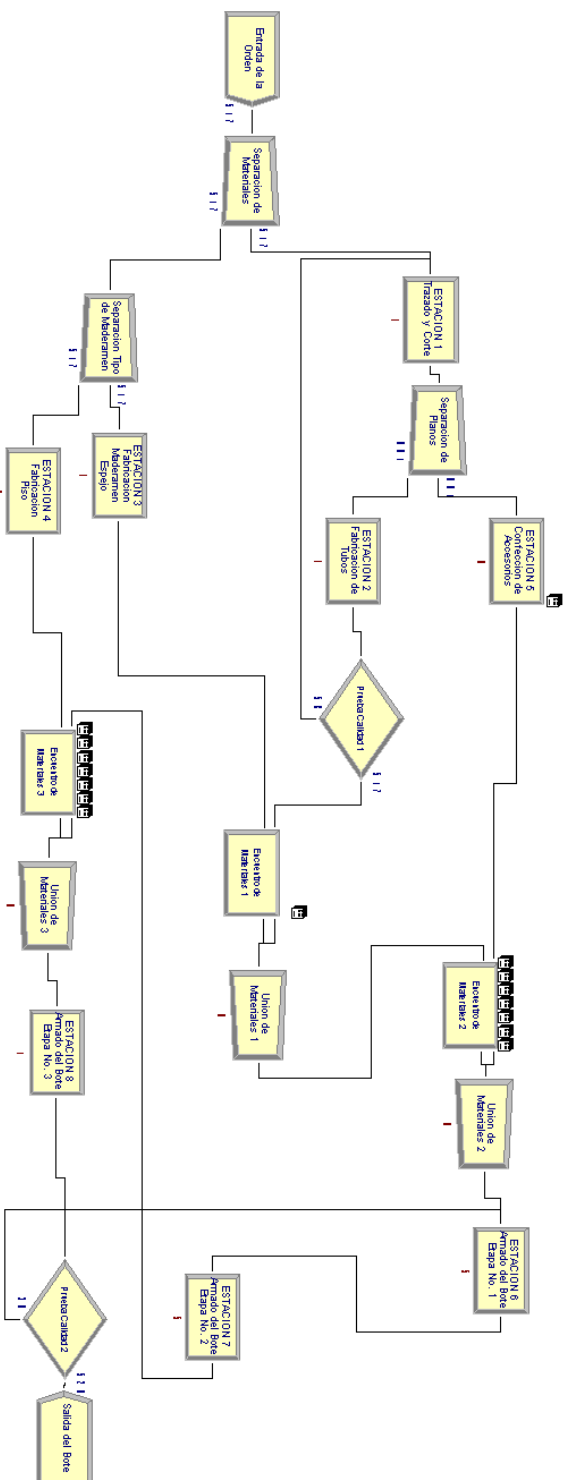


Figura 5.48: Modelo Escenario 6.
Fuente: Software Arena.

5.6. Elección de alternativa

Una vez experimentados y validados técnicamente los 6 escenarios, se procederá a evaluar en términos económicos cada uno de ellos, para posteriormente compararlos con la situación actual.

Para ello, y considerando que en los escenarios 1 y 2 no hay inversión y solo se reorganiza a los trabajadores, se obtendrá el estado de resultados y en base a la información que entrega, se hará un análisis costo-beneficio.

En los escenarios 3, 4, 5 y 6 se trabajará mediante evaluación económica, pues se considera inversión tanto de maquinarias como de personal. Para el caso del escenario 3, en donde solo se contrata un trabajador, se considera solo la inversión en capital de trabajo, correspondiente a la remuneración mensual que percibirá ese trabajador.

A. Ítems a considerar en los estados de resultados

1. Precio de venta unitario
\$13.150.000
2. Costo de venta unitario
\$5.439.700
3. Cantidad de botes fabricados
Corresponde a las salidas entregadas en el reporte del Software Arena.
4. Cantidad de botes en proceso
Corresponde a aquellos botes que quedan dentro del proceso productivo como productos no terminados, y se deben considerar ya que se debió incurrir en costos y gastos para poder realizar su fabricación.
5. Costos mano de obra anual
Corresponde a la suma de las remuneraciones de los trabajadores.

B. Ítems a considerar en las evaluaciones económicas

Adicional a todos los ítems mencionados anteriormente (precio de venta unitario, costo de venta unitario, cantidad de botes fabricados, cantidad de botes en proceso y costo de mano de obra anual), se agregan los siguientes:

1. Inversión
Se considera la adquisición de maquinaria de corte y/o pegado, cuyas ofertas comerciales y técnicas se encuentran en el Anexo J.
Cabe mencionar que, tanto para la máquina de corte, como para la máquina de pegado, se cuenta con las propuestas comerciales en condición Ex-Works (en

fábrica) cuyos precios son €50.931 y €45.900 respectivamente. Pero, además, se debe considerar como parte de la inversión todos los costos asociados para la implementación y puesta en servicio de cada una de ellas, es decir, se debe incluir el valor del transporte marítimo, seguros, derechos de ad valorem, agente de aduana, manejo aduanero, costos bancarios y transporte local. Adicional a esto, se ha solicitado a los fabricantes, el diseño de las plantillas, por lo tanto, los montos de inversión ascienden a €64.120,58 y €53.304 respectivamente (detalle se encuentra en el Anexo P). Luego, el valor en euro es convertido a pesos de acuerdo con el tipo de cambio del euro observado del 29 de mayo de 2017 de \$749,05, obteniendo un valor de inversión de \$48.029.520,45 y \$39.927.361,20.

Al ser una inversión se realizará una evaluación de proyecto, que incluye una evaluación económica, la cual asume que el proyecto está totalmente financiado con capital propio de PUMAR, por lo que no es necesario solicitar un crédito bancario.

2. Capital de Trabajo
Involucra los costos que la empresa necesita absorber mientras no existen ingresos. Para este caso solo se considera la remuneración de los nuevos trabajadores correspondiente a un mes.
3. Gastos de Administración y Ventas
Considera las remuneraciones de los trabajadores, el costo de productos no terminados.
4. Depreciación
La depreciación de los activos fijos considera el monto de la inversión y la vida útil tributaria del activo, la cual se obtiene de la Nueva Tabla de Vida Útil fijada por el Servicio de Impuestos Internos para bienes físicos del activo inmovilizado, la cual se encuentra disponible en el Anexo Q.
Tomando en cuenta el costo de la(s) máquina(s) y la vida útil, se calcula la depreciación acumulada. Para obtener el valor en libros, se resta la depreciación acumulada a la fecha al costo de compra, tal como se muestra en el Anexo Q.
5. Tasa de Descuento
Dado que el proyecto se financiará sólo con capital propio, la tasa de descuento estará representada por el CAPM, y es de un 5,74% (Revisar Anexo R).
6. Impuesto a la Renta de Primera Categoría
Según el Artículo 20 Ley de Impuesto a la Renta, en el año Comercial 2017, la tasa general del Impuesto de Primera Categoría a aplicar es de un 25%.
7. Horizonte del Proyecto
El horizonte del proyecto será 10 años, ya que corresponde a la vida útil de los activos fijos.

Escenario Actual

Se procede a obtener el estado de resultados de la situación actual considerando la siguiente información:

- Cantidad de botes fabricados : 31
- Cantidad de botes en proceso : 16
- Costos mano de obra anual : \$100.320.000

Estado de Resultados

Ingresos	\$ 407,650,000
Costo de Ventas	-168,630,700
Margen Bruto	\$ 239,019,300
Sueldo 14 trabajadores	-\$ 100,320,000
Costo 16 botes no fabricados	-\$ 87,035,200
Resultado Antes de Impuesto	\$ 51,664,100
Impuesto	-\$ 12,916,025
Resultado Después de Impuesto	\$ 38,748,075

El resultado después de impuestos es de MM\$38 al año, lo cual da un resultado de MM\$1,2 por bote fabricado.

Del estado de resultados también es posible obtener que los egresos son MM\$368. De esta forma la relación costo-beneficio es 1,11, y esto es debido a que los ingresos son superiores a los egresos. En otras palabras, los beneficios (ingresos) son mayores a los sacrificios (egresos).

Escenario 1 - Aumento de productividad en un 35% mediante el cambio en la distribución de los trabajadores

Este escenario consideró la reorganización de los trabajadores, de esta forma un trabajador de la ESTACION 2 Fabricación de Tubos pasa a formar parte de la ESTACION 8. Por lo tanto, adicional al precio de venta unitario y costo de venta unitario, se requiere la siguiente información para obtener el resultado operacional de este escenario:

- Cantidad de botes fabricados : 42
- Cantidad de botes en proceso : 5
- Costos mano de obra anual : \$100.320.000

Estado de Resultados

Ingresos	\$ 552,300,000
Costo de Ventas	-228,467,400
Margen Bruto	\$ 323,832,600
Sueldo 14 trabajadores	-\$ 100,320,000
Costo 5 botes no fabricados	-\$ 27,198,500
Resultado Antes de Impuesto	\$ 196,314,100
Impuesto	-\$ 49,078,525
Resultado Después de Impuesto	\$ 147,235,575

El resultado después de impuestos es de MM\$147 al año, obteniendo un resultado de MM\$3,5 por bote fabricado, es decir, un 180% superior al resultado de la situación actual.

Del estado de resultados se extrae que los egresos son MM\$405. De esta forma la relación costo-beneficio es 1,36, cociente que es mayor al calculado en la situación actual, por lo tanto y considerando que la relación es mayor a 1, reorganizar los trabajadores de modo que un operario de la ESTACION 2 pase a formar parte de la ESTACION 8 es recomendable para PUMAR puesto que, aumenta la productividad, lo cual se ve reflejado en la relación costo-beneficio.

Escenario 2 - Aumento de productividad en un 38% mediante el cambio en la distribución de los trabajadores

Este escenario consideró solo la reorganización de los trabajadores. Por lo tanto, un trabajador de la ESTACION 2 pasa a formar parte de la ESTACION 8, y un trabajador de la ESTACION 1 pasa a formar parte de la ESTACION 8.

Adicional al precio de venta unitario y costo de venta unitario, se requiere la siguiente información para obtener el resultado operacional de este escenario:

- Cantidad de botes fabricados : 43
- Cantidad de botes en proceso : 4
- Costos mano de obra anual : \$100.320.000

Estado de Resultados

Ingresos	\$ 565,450,000
Costo de Ventas	-233,907,100
Margen Bruto	\$ 331,542,900

Sueldo 14 trabajadores	-\$ 100,320,000
Costo 4 botes no fabricados	-\$ 21,758,800
Resultado Antes de Impuesto	\$ 209,464,100
Impuesto	-\$ 52,366,025
Resultado Después de Impuesto	\$ 157,098,075

El resultado de explotación es de MM\$157 al año, obteniendo por bote fabricado un resultado de MM\$3,6, un 192% más respecto de la situación actual.

Del estado de resultados se extrae que los egresos son MM\$408. De esta forma la relación costo-beneficio es 1,38, cociente que es mayor al calculado en la situación actual, por lo tanto y considerando que la relación es mayor a 1, reorganizar los trabajadores de modo que un operario de la ESTACION 2 pase a formar parte de la ESTACION 8 y un operario de la ESTACION 6 pase a formar parte de la ESTACION 1 es recomendable para PUMAR puesto que, aumenta la productividad, lo cual se ve reflejado en la relación costo-beneficio.

Escenario 3 - Aumento de productividad en un 45% mediante el cambio en la distribución de los trabajadores e incorporación de un trabajador en “Estación 8 Armado el Bote Etapa número 3”

Este escenario considera la contratación de 1 trabajador, el cual pasa a formar parte de la ESTACIÓN 8, además de la reorganización de trabajadores, pues un trabajador de la ESTACION 6 pasa a formar parte de la ESTACION 1.

En el Anexo O está disponible el detalle de las remuneraciones, considerando la contratación de un “ayudante de taller categoría inicial”.

Del Software arena se obtiene que la cantidad de botes a fabricar por cada año son 45 unidades. Sin embargo, solo se considerará aquellos botes adicionales que se fabrican gracias a la incorporación de la máquina de corte, es decir, 14 botes.

Además, al sistema entran un total de 47 ordenes en un año, debido a que van entrando cada 41 horas, por lo tanto, quedan 3 botes dentro del sistema.

Consideraciones:

- Capital de Trabajo : \$500.000
- Cantidad de botes fabricados : 14
- Cantidad de botes en proceso : 3
- Costos mano de obra anual : \$106.320.000

Una vez evaluado el proyecto, se obtiene que el VAN entregado en un periodo de 10 años es de -\$ 166.719.237, y esto se debe principalmente a que el BNA resulta negativo, por el hecho de tener gastos que no se alcanzan a cubrir con el margen bruto.

Por lo tanto, al obtener un VAN menor a 0, se debe rechazar el proyecto por no ser rentable para PUMAR.

Por otra parte, la TIR no se puede calcular, debido a que la suma de los flujos es menor al capital de trabajo.

Escenario 4 - Aumento de producción en un 116% mediante automatización de la “Estación 1 Trazado y Corte” e incorporación de un trabajador en “Estación 8 Armado el Bote Etapa número 3”

Este escenario considera la adquisición de una máquina de corte para automatizar la ESTACION 1, y la contratación de un trabajador que pasará a formar parte de la ESTACIÓN 8.

A partir de los resultados de la simulación, se obtiene que la cantidad de botes a fabricar por cada año son 67 unidades. Sin embargo, se considerará aquellos botes adicionales que se fabrican gracias a la incorporación de la máquina de corte, es decir, 36 botes.

Además, al sistema entran un total de 163 ordenes en un año, debido a que van entrando cada 12 horas, por lo tanto, quedan 96 botes dentro del sistema.

Consideraciones:

- Inversión : \$48.029.520
- Capital de Trabajo : \$500.000
- Cantidad de botes fabricados : 36
- Cantidad de botes en proceso : 96
- Costos mano de obra anual : \$106.320.000

Una vez evaluado el proyecto, se obtiene que el VAN entregado en un periodo de 10 años es de -\$ 458.889.920, y esto se debe a los siguientes factores:

- El BNA resulta negativo.
Y esto es debido a que todos los flujos son negativos por el hecho de tener alto costo en productos no terminados, es decir, de 132 órdenes que entran al sistema, se construyen 36 botes, quedando en el proceso 96 unidades.

- La inversión no puede rendir el 5,74% previsto, y produce pérdidas por debajo de esa rentabilidad.

Por lo tanto, al obtener un VAN menor a 0, se debe rechazar el proyecto por no ser rentable para PUMAR.

Por otra parte, la TIR no se puede calcular, debido a que la suma de los flujos es menor a lo invertido.

Escenario 5 - Aumento de producción en un 245% mediante automatizaciones de la “Estación 1 Trazado y Corte” y la “Estación 2 Fabricación de Tubos”, cambio en la distribución de trabajadores e incorporación de un trabajador en “Estación 8 Armado el Bote Etapa número 3”

Este escenario considera la automatización de la ESTACION 1 mediante la adquisición de una máquina de corte, la automatización de la ESTACION 2 mediante la adquisición de una máquina de pegado y la contratación de un trabajador que pasará a formar parte de la “ESTACIÓN 8 Armado el Bote Etapa número 3”.

En base a los resultados de la simulación, la cantidad de botes a fabricar por cada año son 107 unidades. Sin embargo, para efecto de evaluación económica se considerará solo aquellos botes adicionales que se pueden fabricar gracias a la incorporación de la máquina de corte y a la máquina de pegado, es decir, 76 botes.

Además, al sistema entran un total de 163 ordenes en un año, debido a que van entrando cada 12 horas, por lo tanto, quedan 56 botes dentro del sistema.

Consideraciones:

• Inversión	: \$87.956.882
• Capital de Trabajo	: \$500.000
• Cantidad de botes fabricados	: 76
• Cantidad de botes en proceso	: 25
• Costos mano de obra anual	: \$106.320.000

Con este escenario se obtiene que el VAN es \$ 326,790,283. Se cumple, además, que el BNA es superior a la inversión más el capital de trabajo, por lo tanto, este proyecto es rentable para PUMAR.

La TIR es de 271%, e indica la posibilidad de rendimientos futuros para la empresa.

Con el Payback se garantiza que al segundo año el flujo de caja acumulado del proyecto cubre el monto total de la inversión.

Escenario 6 - Aumento de producción en un 400% mediante automatización “Estación 1 Trazado y Corte”, automatización “Estación 2 Fabricación de Tubos”, cambio en la distribución de trabajadores e incorporación de 15 trabajadores

Este escenario considera la adquisición de 2 maquinarias de corte, 2 maquinarias de pegado y la contratación de 15 trabajadores “ayudantes de taller categoría inicial”.

En base a los resultados de la simulación, la cantidad de botes a fabricar por cada año son 155 unidades. Sin embargo, para efecto de evaluación económica se considerará solo aquellos botes adicionales que se pueden fabricar gracias a las modificaciones y supuestos del escenario, es decir, 124 botes.

Además, al sistema entran un total de 163 ordenes en un año, debido a que van entrando cada 12 horas, por lo tanto, quedan 8 botes dentro del sistema.

Consideraciones:

- Inversión : \$202.425.699
- Capital de Trabajo : \$7.500.000
- Cantidad de botes fabricados : 124
- Cantidad de botes en proceso : 8
- Costos mano de obra anual : \$190.320.000

Con este escenario se obtiene que el VAN es \$ 4.623.503.537. Se cumple, además, que el BNA es superior a la inversión más el capital de trabajo, por lo tanto, este proyecto es rentable para PUMAR.

La TIR es de 309%, e indica la posibilidad de rendimientos futuros para la empresa.

Con el Payback se garantiza que al segundo año el flujo de caja acumulado del proyecto cubre el monto total de la inversión.

De acuerdo con estos 3 indicadores económicos para la evaluación de proyectos, la inversión de este es rentable para PUMAR.

Comparación de Escenarios

En relación a los resultados anteriormente mostrados se obtiene la siguiente comparación de los resultados operacionales de cada uno de los escenarios (Tabla 5.12):

Tabla 5.12: Comparación de Escenarios según resultado operacional unitario

	EA	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Resultado Después de Impuesto	MM\$39	MM\$147	MM\$157	MM\$-22	MM\$-410	MM\$224	MM\$654
Cantidad de botes	31	42	43	45	36	76	107
Resultado Después de Impuesto/ Cantidad de botes	MM\$1,2	MM\$3,5	MM\$3,7	MM\$0,5	MM-6,1	MM\$2,1	MM\$5,3

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la Tabla 5.12 la alternativa de mejora más significativa para implementar en PUMAR es la presentada en el escenario 6, pues ésta genera un resultado después de impuesto de MM\$654 al décimo año, y entrega un mayor resultado por bote fabricado.

Y si se comparan además los tiempos de espera en cada uno de los escenarios (Tabla 5.13), se observa que los resultados son dispersos, sin embargo respecto a la situación actual, el escenario 6 logra disminuir el tiempo de espera en un 100% en las estaciones 1 y 8, pero aumentan los tiempos de espera en las estaciones 5 (100 horas), 6 (1 hora), y 7 (2,5 horas), sin embargo, en el diseño de experimentos se simuló agregando más recursos en dichas estaciones a modo de disminuir el tiempo de espera y en lo posible eliminar las colas, pero no se obtuvo resultados positivos, pues, se esperaba que al agregar más recursos, además de disminuir los tiempos de espera, salieran del sistema una mayor cantidad de botes como productos terminados, pero esto no fue así, y la salida de botes se mantuvo en 155 unidades.

Respecto a los módulos “Encuentros de Materiales”, se sigue generando colas. El tiempo de espera del módulo “Encuentro de Materiales 1” se logró disminuir en un 9.826% respecto a la situación actual, de esta forma el espejo fabricado en la “ESTACION 3 Fabricación Maderamen espejo” debe esperar menos tiempo por el tubo proveniente de la “ESTACION 2 Fabricación de Tubos” (8 horas), gracias a la automatización de las estaciones 1 y 2.

El tiempo de espera del “Encuentro de Materiales 2” se ha logrado disminuir en un 4% respecto a la situación actual. Se sigue generando espera, pero ahora son el tubo y el espejo los que esperan a los accesorios confeccionados en la “ESTACION 5 Confección de Accesorios”.

La cola del “Encuentro de Materiales 3” ha aumentado en un 3%. Esta espera no se puede disminuir debido a que el piso fabricado en la “ESTACION 4 Fabricación Piso” debe esperar que los materiales fabricados y provenientes de las 7 estaciones, esto es, debe esperar que el tubo de la “ESTACION 2 Fabricación de Tubos” se junte con el espejo de la “ESTACION 3 Fabricación Maderamen espejo” y luego estas pesas se junten con los accesorios de la “ESTACION 5 Confección de Accesorios”, y una vez juntos estos 3 componentes, se ensamblen en la “ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No.1”, y luego continúen su ensamble en la “ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No.2”.

Respecto a las salidas de botes, el escenario 6 entrega como resultado un aumento en la fabricación de botes en un 400%.

Tabla 5.13: Tiempos de espera de Estaciones por cada Escenario

	Horas Estación 1	Horas Estación 2	Horas Estación 3	Horas Estación 4	Horas Estación 5	Horas Estación 6
EA	989,83	0	0	0	0	0
E1	1.060,07	0	0	0	0	0
E2	0	326,55	0	0	2,1294	3,491
E3	0	0	0	0	2,7341	4,6906
E4	529,9	6.160,50	4.692,71	5.868,10	6.508,67	1,3544
E5	517,5	480,1	815,3	1.275,60	502,7	0
E6	0	0	0	0	99,99	1,01

	Horas Estación 7	Horas Estación 8	Horas Encuentro 1	Horas Encuentro 2	Horas Encuentro 3
EA	0	2.783,43	1.181,15	1.105,74	414,01
E1	1,7415	0	1.264,79	1.189,20	271,61
E2	0	0	471,38	1.442,34	498,5
E3	0	0	110,97	1.184,68	334,97
E4	50,8532	314,86	3.434,45	496,61	1.414,73
E5	27,9	285,1	1.540,20	468,8	1.180,20
E6	2,5	0	11,9	1.059,28	428,32

Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusiones

La identificación del problema, la construcción, verificación y validación del modelo de simulación del proceso productivo, el diseño de experimentos y el análisis de resultados, ha permitido demostrar que la línea de producción de botes inflables 585 puede ser potenciada, ya sea a través de la reubicación de trabajadores, la incorporación de personal y/o automatizando la “ESTACION 1 Trazado y Corte” y la “ESTACION 2 Fabricación de Tubos”, estaciones en las cuales según lo indicado en el capítulo 1, actualmente se efectúan tareas de forma artesanal.

Para atacar los efectos indeseables que repercuten en el actual proceso productivo de PUMAR, se experimentaron 6 escenarios, los cuales han entregado resultados positivos, debido a que se fue aumentando la producción de botes de manera progresiva en cada uno de ellos.

En la situación actual, la capacidad de producción anual que entrego el proceso de simulación fue de 31 botes en promedio. Se obtuvo una utilidad estimada de MM\$1,2 por bote fabricado, y la relación costo-beneficio resultó ser 1,11.

En el escenario 1, se buscó aumentar la productividad movilizándolo un trabajador de la ESTACION 2 a la ESTACION 8, pues esta última, es una estación que presenta un largo tiempo de espera, lo que impide que del proceso salgan los botes como productos terminados. Este escenario permitió aumentar la producción en un 35,48% respecto del escenario actual, puesto que se disminuyó la cola de la ESTACION 8 en un 100%, de esta forma salieron del proceso productivo 42 botes. En términos económicos este escenario entregó una utilidad de MM\$3,5 por bote fabricado, es decir, un 180% superior al resultado del escenario actual, y la relación costo-beneficio fue de 1,36, cociente que es mayor al calculado en la situación actual.

El escenario 2 buscó aumentar la productividad llevando un trabajador de la ESTACION 2 a la ESTACION 8, y un trabajador de la ESTACION 6 a la ESTACION 1, ya que son estaciones que presentan largo tiempo de espera. Con estos cambios, se logró disminuir el tiempo de espera de cada una de las estaciones en un 100% y gracias a ello aumentó la producción en un 38,71% respecto al escenario actual, puesto que se fabricaron 43 botes. Este escenario entregó una utilidad de MM\$3,6 por bote fabricado, es decir un 192% más respecto de la situación actual. Además, la relación costo-beneficio fue de 1,38, relación que es mayor a lo obtenido en la situación actual y en el escenario 1.

El escenario 3 consideró la incorporación de un trabajador el cual pasó a ser parte de la ESTACION 8, y la reubicación de un trabajador, el cual pasó de la ESTACION 6 a la ESTACION 1, pues como se mencionó anteriormente, y en el Capítulo 5, son estaciones que presentan tiempos de espera largos. Con estos cambios, se logró disminuir las esperas en un 100% y aumentar la producción en un 45,16% respecto de la situación actual, pues del modelo de simulación salieron 45 botes. Este escenario a diferencia de

los dos anteriores consideró una evaluación económica, debido a que se invirtió en capital de trabajo para la posible contratación de un trabajador. Se calculó el VAN en un periodo de 10 años, el cual resultó ser negativo (-MM\$166) debido a que los flujos de cada año son menores a cero, pues los gastos son altos y no fue posible a cubrirlos con el margen bruto. Además, debido a que el BNA es negativo, la TIR no se pudo calcular.

En el escenario 4 se experimentó con la adquisición de una máquina de corte para la ESTACION 1 y de esta forma el tiempo de la estación paso de 41 horas a 12 horas, por lo tanto, las órdenes fueron entrando al sistema cada 12 horas. Además, se consideró la incorporación de un recurso (trabajador) para la ESTACIÓN 8.

Debido a estos cambios, se generaron colas en la mayoría de las estaciones, y el tiempo de espera aumentó en un 100% en para el caso de la ESTACION 1 y disminuyó en un 89% para el caso de la ESTACION 8. Pese a esto, se aumentó la fabricación en un 116% respecto a la situación actual, puesto que del sistema salieron 67 botes.

Este escenario se evaluó económicamente, sin embargo, al igual que en el escenario 3, se obtuvo un VAN menor a cero (-MM\$458), y esto se debe al alto costo de productos que quedan en cola como botes no terminados (96 unidades), lo cual, con el margen obtenido mediante la venta de los 36 botes fabricados, no se alcanza a cubrir los gastos y costos. En este caso, tampoco es posible calcular la TIR, debido a que el BNA es menor a lo invertido.

El escenario 5 consideró la adquisición de una máquina de corte para la ESTACION 1, la adquisición de una máquina de pegado para la ESTACION 2, la cual actualmente cuenta con 3 trabajadores, por lo tanto, y considerando que al automatizar el proceso era necesario un solo trabajador, los otros dos trabajadores pasaron a formar parte de la ESTACION 5, y finalmente se considera la incorporación de un recurso (trabajador) para la ESTACIÓN 8. Todos estos cambios produjeron un aumento de la producción en un 245% respecto a la situación actual, ya que del sistema salen como productos terminados 107 botes, y es debido principalmente a que las órdenes van entrando cada 12 horas y el tiempo de fabricación de un bote ha disminuido, pasando de 380 horas a 291 horas, además, se logró disminuir los tiempos de espera de la ESTACION 1 en un 48% y de la ESTACION 8 en un 90%.

Por tanto, este escenario consideró una evaluación económica, de lo que se obtuvo un VAN de MM\$326. La TIR fue de 271%, por lo tanto, es posible esperar rendimientos futuros. Además, al segundo año, con los flujos acumulados que se podrían obtener, se paga la inversión.

El escenario 6 consideró la adquisición de dos máquinas de corte para la ESTACION 1, por lo cual, y considerando que la ESTACION 1 ya cuenta con un trabajador se debió agregar otro recurso, de manera tal que cada máquina fuera operada por una persona; la adquisición de dos máquinas de pegado para la ESTACION 2, la cual actualmente cuenta con 3 trabajadores, por lo tanto, y considerando que al automatizar el

proceso es necesario solo 2 trabajadores, el otro pasó a formar parte de la ESTACION 5, y también se agregaron otros dos recursos adicionales para dicha estación. Se consideró además la incorporación de un recurso para la ESTACIÓN 3; la incorporación de un recurso para la ESTACIÓN 4; la incorporación de tres recursos para la ESTACIÓN 6; la incorporación de tres recursos para la ESTACIÓN 7, y la incorporación de cuatro recursos para la ESTACIÓN 8.

Bajo este escenario, es posible fabricar 155 botes en un año, es decir, la producción ha presentado de un 400% respecto a la situación actual.

Este escenario consideró una evaluación económica, en donde se obtuvo un VAN de MM\$4.623, una TIR es de 309% y al segundo año el flujo de caja acumulado del proyecto cubre el monto total de la inversión.

Si bien, y como se precisa anteriormente, todos los escenarios son viables desde el punto de vista técnico, debido a que se logró aumentar la fabricación en cada uno, ya sea como consecuencia del aumento de la productividad, contratación de personal o con la adquisición de tecnología, no todos lo son desde el punto de vista económico.

En conexión a lo anterior, para el mediano plazo, PUMAR se recomienda optar solo por el escenario 5 o 6, debido a que los escenarios 3 y 4 no entregan resultados favorables. Sin embargo, se propone el escenario 6, pues con la adquisición de las máquinas de corte y de pegado, y la incorporación de 15 trabajadores, la producción aumenta en un 400% respecto a la situación actual. Además, la inversión de todo lo que implica la adquisición de las máquinas y capital de trabajo se recupera el segundo año, por lo cual, como se mencionó en el apartado 5.6, el proyecto es rentable para PUMAR.

Debido a que las decisiones de inversión pueden tomar cierto tiempo en concretarse, ya sea por los términos comerciales, plazos de entrega, emisión de órdenes de compra, aprobaciones internas, entre otros, bajo esta situación, se propone implementar el escenario 2, ya que es un escenario que permite aumentar la producción del proceso solo reubicando a los trabajadores, de esta forma, PUMAR estará aumentando su productividad, pues con los mismos recursos con los que se contaban en la situación actual, estarían fabricando un 38,71% adicional, además es el escenario que presenta el mayor coeficiente costo-beneficio.

Cabe señalar que en un comienzo se consideró que, al disminuir los tiempos de espera de la cola de las estaciones, generaría un aumento de la producción, por esta razón se atacaron los procesos donde se presentaban mayores tiempos de espera, con el objetivo de disminuirlos considerablemente. Sin embargo hubo un punto en donde fue posible notar que los tiempos de espera de las estaciones se podían disminuir pero no eliminar del todo, de igual forma, y como se explicó en los escenarios experimentados, en los encuentros de materiales tampoco fue posible eliminar los tiempos de espera, y esto se debe básicamente a la ingeniería de detalle del proceso del armado de bote, la cual no está dentro del alcance de este trabajo de Título, por esta razón se consideró como mejor alternativa la que tenía un mayor VAN.

Bibliografía

- [Aeronaut]:** Aeronaut Automation, obtenido de <http://www.aeronaut.org/>
- [Anylogic]:** Simulation Software Comparison obtenido de <https://www.anylogic.com/>
- [Asenav]:** Astillero Asenav, obtenido de <http://www.asenav.cl/>
- [Asidium]:** Representante de Aeronautin y Hightex, obtenido de <http://www.asidium.com/>
- [ASMAR]:** Astilleros y Maestranzas de la Armada, obtenido de <http://www.asmar.cl/>
- [Avon]:** Botes AVON, obtenido de <http://www.avoninflatables.co.uk/>
- [Banco Central]:** Licitación Bonos del Banco Central de Chile en Pesos - 10 años, obtenido de http://www.bcentral.cl/estadisticas-economicas/series-indicadores/index_db.htm
- [Berger, Gambini y Velásquez, 00]:** Simulación de Sistemas, disponible en PDF, 2000
- [Bolsa de Santiago]:** IPSA, obtenido de <http://www.bolsadesantiago.com/Theme/sintesisestadisticas.aspx>
- [Brown y Forsythe, 74]** “Población y Muestra” disponible en la web, 1974
- [Damodaran]:** Betas del mercado, obtenido de http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html
- [Domínguez08]:** Modelos de Simulación, disponible en la web formato PDF, 2008.
- [Falcon]:** Botes Falcon, obtenido de <http://www.falconinflatables.com/>
- [García01]:** García, J., Teoría de Colas. Universidad Politécnica de Valencia, España 2001.
- [Hightex]:** Maquinaria Hightex, obtenido de <http://www.cowboysew.com/>
- [Hoeger05]:** Hoeger, H., Introducción a la simulación. PDF 2005.
- [Hoeger10]:** Hoeger, H., Pasos en un estudio de simulación. PDF 2010.
- [Kelton08]:** Kelton W.D. (2008). Simulación con Software Arena (4ta ed.). McGraw-Hill.
- [MARCO]:** Marine Construction and Design Company (MARCO), obtenido de <http://www.astillerosmarco.cl/>
- [PUMAR]:** Botes PUMAR, obtenido de <http://www.pumar.cl/>
- [Rendón, 04]:** “Simulación por Computadoras, archivo Word disponible en la web, 2004.

[SII]: Nueva Tabla de Vida Útil de los Bienes Físicos del Activo Inmovilizado Servicio de Impuestos Internos, obtenido de <http://homer.sii.cl/>

[SOCIBER]: Sociedad Iberoamericana de Reparaciones Navales Limitada, obtenido de <http://www.sociber.cl/>

[Webster01]: Allen L. Webster. (2001). Estadística aplicada a la empresa y a la economía (3era ed.). McGraw-Hill.

[Zodiac]: Botes Zodiac, obtenido de <http://www.zodiac-nautic.es/>

Anexos

Anexo A: Historia ASMAR

ASMAR, se fundó el 12 de mayo de 1817, como el primer arsenal de la Armada de Chile.

En 1870 poseía en sus dependencias una maestranza, para la que se solicitaban un Ingeniero 2º, un mecánico, dos herreros y tres carpinteros, y en 1874 un constructor naval.

La necesidad de efectuar la reparación y mantención de las nuevas unidades de la Armada de Chile en el país motiva la construcción de un dique de carenas de mayor capacidad a los existentes en Chile.

Después de diversos estudios y trabajos orientados a desarrollar el proyecto más conveniente para la Armada de Chile y el país, el 20 de febrero de 1896, se inaugura el Dique Seco de Carenas N°1 en el sector del Bajo Marinao en la Bahía de Concepción, Talcahuano, creándose con esto los Arsenales de Marina. Junto al dique se conciben talleres y laboratorios que apoyan las actividades de reparación, constituyéndose en el complejo industrial más importante de la época en Chile.

En Magallanes los arsenales se establecieron originalmente a contar de junio de 1896 en Puerto Zenteno. En 1900 se trasladaron hacia Punta Arenas a un sector en la Avenida Independencia, estableciéndose en 21 de mayo recién el 1 de febrero de 1953, iniciando sus actividades como Subdepartamento de Ingeniería Naval, dependiente del Comandante del Arsenal Naval. Este desarrollo prosperaría con los años, para transformarse en lo que con orgullo hoy denominamos "El Astillero más Austral del Mundo".

La adquisición del acorazado "Almirante Latorre", por parte de la Armada de Chile, propicia la construcción de un segundo dique de mayor capacidad: el Dique Seco N°2, inaugurado el 15 de julio de 1924. Así, la capacidad de los Arsenales permitía no sólo satisfacer eficientemente los requerimientos de la Armada de Chile sino que, además, de armadores nacionales y extranjeros cuyas embarcaciones transitaban a lo largo de la costa del Pacífico Sur Oriental.

El 6 de abril de 1960, se crea ASMAR- Astilleros y Maestranzas de la Armada, como una empresa autónoma del Estado, orientada a satisfacer los requerimientos de mantención, reparación, recuperación, conversión, modernización y construcción de naves de la Armada de Chile y de la comunidad naviera nacional e internacional.

A lo largo de los años, su incesante actividad le ha permitido mantener la operatividad de las unidades de la Armada y le ha valido el reconocimiento de armadores

nacionales y extranjeros, los cuales han confiado la solución de sus necesidades a los Astilleros de la Corporación.

Esta exitosa gestión también ha sido reconocida por diversas entidades nacionales, como el Colegio de Ingenieros de Chile, el cual otorgó a ASMAR el "Premio Nacional" en 1999, por su aporte al desarrollo del país y de la ingeniería nacional, y la Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmeccánicas, ASIMET, a través de la distinción "Presencia Internacional", en su categoría de Gran Empresa en el 2007, destacando las virtudes de ASMAR como una empresa que busca constantemente nuevos mercados, innovando en soluciones tecnológicas y líneas de productos con el fin de asegurar la satisfacción de sus clientes, logrando obtener el nivel de empresa competitiva en el ámbito mundial.

Anexo B: Políticas de ASMAR

1. CALIDAD

Desde 1996, ASMAR ha adoptado una política corporativa que establece los objetivos y el compromiso de su gestión con la calidad como una forma de satisfacer los requerimientos cada vez más exigentes de sus clientes.

De esta forma, la Política de la Calidad de ASMAR establece la orientación de sus actividades "a realizar un trabajo bien a la primera vez, dentro de un ambiente laboral comprometido con la calidad, y ejecutando tareas planificadas y en equipo, para así satisfacer los requerimientos de nuestros clientes".

Tanto la Dirección Corporativa como sus astilleros se encuentran certificados bajo la estricta Norma Internacional de la Calidad ISO-9001:2008, habiendo fijado como orientación de su accionar, la satisfacción de los clientes.

2. MEDIO AMBIENTE

Además, ASMAR está comprometido con la preservación del medio ambiente, por lo que adopta en sus procesos, todas las medidas necesarias tendientes al manejo de residuos industriales sólidos y líquidos, como también al control de la contaminación.

3. PREVENCIÓN DE RIESGOS Y SALUD OCUPACIONAL

Conjuntamente, tiene una especial preocupación por la prevención de riesgos laborales y la salud ocupacional de sus trabajadores.

Anexo C: Catálogo actualizado de Botes PUMAR

➤ Botes Inflables







Tabla Anexo C.1: Catálogo de Botes Inflables



Modelo	Eslora Total (m)	Manga Exterior (m)	Capacidad (personas)	Carga Máx. (kg)	Potencia Rec. (hp)	Peso (kg)	Descargar Ficha Técnica (PDF)
MI 420 Patrulla	4,20	1,75	6	700	40	100	
MI 470 Danubio	4,70	1,92	8	1150	50	125	
MI 585 Faena	5,85	2,48	15	2200	115	245	
MI 470 Comando	4,70	1,92	8	1160	50	125	
MI 585 Asalto	5,85	2,48	15	2200	100	245	

Fuente: PUMAR

➤ **Botes Semirrígidos**

Tabla Anexo C.2: Catálogo de Botes Semirrígidos



Modelo	Eslora Total (m)	Manga Exterior (m)	Capacidad (personas)	Carga Máx. (kg)	Potencia Rec. (hp)	Peso (kg)	Descargar Ficha Técnica (PDF)
WR 420	4,20	1,73	7	890	40	155	
WR 450	4,50	2,35	8	910	40	185	
WR 550	5,50	2,30	11	1400	90	255	
WR 640	6,40	2,74	16	2200	90	550	
AR 740 TR Motor Fuera de Borda	7,40	2,70	17	1500	230	2400	
AR 740 OPV Motor Interno	7,40	2,70	8	1500	230	2400	

RR 420	4,20	1,73	6	890	40	200	
RR 540	5,40	2,10	8	1350	100	325	

Fuente: PUMAR

➤ Productos Especiales

Tabla Anexo C.3: Catálogo de Productos Especiales

Modelo	Eslora Total (m)	Manga Exterior (m)	Capacidad (personas)	Carga Máx. (kg)	Potencia Rec. (hp)	Peso (kg)	Descargar Ficha Técnica (PDF)
AR 740 Esmeralda	7,40	2,67	2/16	1.900	240	2900	
WR 800	8,00	2,70	7	800	315	2850	

Fuente: PUMAR

Anexo D: Clientes Actuales y Potenciales

Identificador


Actuales 
Potenciales 

Tabla Anexo D: Clasificación de Clientes

CLIENTE	CANTIDAD BOTES COMPRADOS
DIRECCION GENERAL TERRITORIO MARITIMO Y MARINA MERCANTE	77
DIRECCION DE ABASTECIMIENTO DE LA ARMADA	61
DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	49
ETICA EMPRESA TURISTICA INTERNACIONAL CA	31
ASTILLEROS Y MAESTRANZAS DE LA ARMADA	27
DIRECCION DE CONTABILIDAD DE LA ARMADA	26
Atlántico Sur Ltda.	17
DIVISION LOGISTICA DEL EJERCITO	13
DIRECCION GENERAL DEL MATERIAL FUERZA NAVAL	11
CORPORACION NACIONAL FORESTAL - CONAF	8
PESCA CHILE S.A.	8
DIRECCION DE LOGISTICA, ESTADO MAYOR GENERAL, EJERCITO DE CHILE	7
SG S.R.L.	7
COMANDO GENERAL DE LA ARMADA	5
LADERBIL SA	5
SERVICIO DE OBRAS Y CONSTRUCCIONES	5
DIRECCION DE PROGRAMAS INVEST. Y DES. DE LA ARMADA	4
DIRECCION GENERAL DE LOS SERVICIOS DE LA ARMADA	4
ORIZON S.A.	4
VARIOS	4
ALEXIS ALDAYUZ Y CIA LTDA	3
CANODROS S.A.	3
SOCIEDAD COMERCIAL GALICIA SHIPPING	3
SUDAM. AGENCIAS AEREAS Y MARIT. S.A.	3
SUDAMERICANA AGENCIAS AEREAS Y MARITIMAS S.A.	3
ACUINOVA CHILE S.A	2
ADMINISTRADORA DE NAVES HUMBOLDT LTDA.	2
ANTARCTIC SEA FISHERIES S.A.	2
ASESORIAS Y SERVICIOS BZ NAVAL ENGINEERI	2
CARLA CHRISTIE	2
CLUB NAVAL DEPORTES NAUTICOS	2
CPT EMPRESAS MARITIMAS S.A.	2
DRUMRIGHT INVESTMENT, CORP	2
ELVAYKA S.A.	2
ESCUELA NAVAL ARTURO PRAT	2
FERNANDO TRAVERSO R.	2

GERARDO GIROZ GIRAUD	2
LUIS ALBERTO GUERRERO CASOLA	2
NAVALEX INTERNATIONAL, INC.	2
NAVIMAG CARGA S.A.	2
PESCA SURIBERICA S.A.	2
PESQUERA SAN JOSE S.A.	2
SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA	2
TRANSERMEC LTDA.	2
TRANSPORTES MARITIMOS TERRA AUSTRALIS S A	2
ADOLFO VASQUEZ MORENO	1
ALWOPLAST S.A.	1
ANGERMEYER CRUISES S.A.	1
ARTURO TORRES CASTRO	1
BE ESMERALDA	1
BLUMAR. S.A.	1
BYRON LANGENBACH MARIN	1
Club de Yates de Higuierillas.	1
COFRADIA NAUTICA DEL PACIFICO	1
COMANDANCIA EN JEFE DE LA FUERZA DE SUBMARINOS	1
CONGELADOS PACIFICO S.A.	1
CONSTRUCTORA VILICIC S.A	1
CORPORACION EDUCACIONAL ALIANZA FRANCESA DE SANTIAGO	1
CRISTIAN FREIRE	1
DAP MARE	1
DIRECCION DE LOGISTICA DE CARABINEROS DE CHILE	1
DIRECCION DE RECUPERACION DE UNIDADES DE LA ARMADA	1
DOPPLER S.A.	1
EDUARDO FERNANDO MUNZENMAYER BELLIOLO	1
EMPRESA CONSTRUCTORA BELFI S.A.	1
EMPRESA DE DESARROLLO PESQUERO DE CHILE S.A.	1
EMPRESA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL LTDA	1
EMPRESA NACIONAL DEL PETROLEO	1
ESCUELA DE GRUMETES	1
ESSBIO S. A.	1
FERNANDO LAVENA ARENAS	1
FRANCISCO QUINTANA OCAMPO	1
FUNDACION COLEGIO PADRES FRANCESES SSCC VALPARAISO	1
Fundación San Ignacio del Huinay	1
GEOPAXI S.A.	1
GLOBALPESCA SPA	1
Gobernación Provincial de Aysén	1

GOBIERNO REGIONAL DE LOS LAGOS	1
HECTOR PEREZ ARAYA	1
HIELO SUR S.A.	1
IMP. DE MAQUINARIA, INSUMOS Y EQ. S.A.	1
INDEFATIGABLE S.A.	1
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO	1
JOHN PRAIN COMPTON	1
JORGE FIGUEROA VICENCIO.	1
LANDMARINE LTDA.	1
LUIS A. GONZALEZ MUNZENMAYER	1
MARITIMA ST MAARTEN LTDA	1
MARITIMA TRANSAUSTRAL LIMITADA	1
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DIREC CION GRAL DE OO PP DCYF	1
NAVIERA AUSTRAL	1
NAVIERA ISLA MARGARITA LTDA	1
NAVIERA MAGALLANES S.A.	1
ODGARDO OTEIZA	1
OTTO WESP REYES	1
PATAGONIA CONNECTION S.A.	1
PEDRO IGNACIO TRONCOSO UNWIN	1
PESQUERA BIO BIO SA	1
Pesquera Friosur S.A.	1
RAMON NORMAN SAAVEDRA ROGEL	1
SERGIO MENDEZ RIVERA	1
TERMINAL PACIFICO SUR VALPARAISO S.A.	1
TRUSAL S.A	1
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION	1
VICENTE CADEMARTORI A.	1
WORLD LIFE FUND INC.	1

Fuente: PUMAR

Anexo E: Porcentaje de fabricación Botes Especiales, Inflables y Semirrígidos

Tabla Anexo E: Porcentaje de fabricación de botes

Etiquetas de fila	Suma de Porcentaje
-------------------	--------------------

1	155	46	220	91	84	136	823
2	758	47	220	92	84	137	542
3	1.027	48	220	93	456	138	542
4	98	49	220	94	391	139	1.206
5	98	50	497	95	380	140	554
6	98	51	526	96	380	141	554
7	98	52	526	97	380	142	192
8	98	53	554	98	560	143	192
9	98	54	1.051	99	560	144	192
10	98	55	315	100	560	145	192
11	369	56	315	101	1.223	146	192
12	369	57	315	102	1.223	147	192
13	369	58	266	103	1.491	148	497
14	99	59	266	104	1.051	149	497
15	99	60	266	105	546	150	538
16	99	61	530	106	676	151	668
17	99	62	530	107	235	152	173
18	99	63	120	108	235	153	173
19	99	64	120	109	235	154	173
20	99	65	120	110	235	155	173
21	99	66	120	111	235	156	173
22	99	67	171	112	328	157	383
23	99	68	473	113	328	158	383
24	99	69	147	114	328	159	383
25	595	70	367	115	328	160	16
26	167	71	277	116	328	161	831
27	167	72	420	117	750	162	758
28	571	73	420	118	579	163	359
29	571	74	420	119	534	164	375
30	387	75	420	120	534	165	375
31	387	76	734	121	628	166	375
32	175	77	264	122	261	167	375
33	175	78	264	123	440	168	375
34	175	79	264	124	465	169	383
35	175	80	264	125	603	170	375
36	175	81	264	126	1.076	171	375
37	175	82	754	127	473	172	375
38	179	83	754	128	424	173	383
39	179	84	587	129	293	174	391
40	179	85	2.021	130	293	175	399
41	316	86	285	131	1.011	176	375

42	316	87	269	132	391	177	16
43	316	88	375	133	383	178	16
44	316	89	84	134	725	179	175
45	220	90	84	135	383	180	175

Fuente: PUMAR

Anexo G: Datos Diagrama de Pareto

Tabla Anexo G: Datos utilizados para elaboración de Diagrama de Pareto.

Tipo	Modelo	Símbolo	Concatenar	Frecuencia	% Acumulado	
Inflables	MI 585 FAENA	I	I - MI 585 FAENA	133	27%	133
Inflables	MI 470	I	I - MI 470	77	43%	210
Inflables	MI 585 ASALTO	I	I - MI 585 ASALTO	47	53%	257
Semi Rígidos	WR 550	S	S - WR 550	40	61%	297
Inflables	MI 420	I	I - MI 420	37	68%	334
Semi Rígidos	RR 420	S	S - RR 420	31	75%	365
Inflables	MI 330	I	I - MI 330	20	79%	385
Semi Rígidos	SR 450	S	S - SR 450	17	82%	402
Semi Rígidos	SI 330	S	S - SI 330	14	85%	416
Semi Rígidos	SR 420	S	S - SR 420	12	88%	428
Semi Rígidos	WR 450	S	S - WR 450	9	89%	437
Semi Rígidos	RR 540	S	S - RR 540	8	91%	445
Semi Rígidos	SR 330	S	S - SR 330	8	93%	453
Inflables	MI 530	I	I - MI 530	5	94%	458
P.Especiales	WR 740	P	P - WR 740	4	94%	462
Semi Rígidos	SI 420	S	S - SI 420	4	95%	466
Semi Rígidos	SR 550	S	S - SR 550	4	96%	470
Semi Rígidos	WR 640	S	S - WR 640	4	97%	474
P.Especiales	470 JET	P	P - 470 JET	2	97%	476
P.Especiales	740 MIO	P	P - 740 MIO	2	98%	478

P.Especiales	740 PZM	P	P - 740 PZM	2	98%	480
P.Especiales	WR 670	P	P - WR 670	2	99%	482
P.Especiales	775 MIO	P	P - 775 MIO	1	99%	483
P.Especiales	790 BRT	P	P - 790 BRT	1	99%	484
P.Especiales	WR 775	P	P - WR 775	1	99%	485
P.Especiales	WR 800	P	P - WR 800	1	99%	486
Semi Rígidos	SI 330	S	S - SI 330	1	100%	487
Semi Rígidos	SI 450	S	S - SI 450	1	100%	488
Semi Rígidos	WR 420	S	S - WR 420	1	100%	489

Fuente: PUMAR

Anexo H: Frecuencias Efectos Indeseables

Los efectos indeseables se han podido detectar gracias a los datos extraídos de OMEGA, los cuales se presentan a continuación.

Tabla Anexo H.1: Base de Datos Omega.

N° Bote	Horas en proceso	Prueba Calidad 1	Prueba Calidad 2	MOD	N° Bote	Horas en proceso	Prueba Calidad 1	Prueba Calidad 2	MOD
1	155	C	C	14	91	84	C	C	14
2	758	C	C	10	92	84	C	C	14
3	1,027	C	C	7	93	456	C	C	13
4	98	C	C	14	94	391	C	C	14
5	98	C	C	13	95	380	C	C	14
6	98	C	C	14	96	380	C	C	14
7	98	C	NC	14	97	380	C	C	14
8	98	C	C	14	98	560	C	C	12
9	98	NC	C	14	99	560	C	C	11
10	98	C	C	14	100	560	C	C	11
11	369	C	C	14	101	1,223	C	C	7
12	369	C	C	14	102	1,223	C	C	7
13	369	C	C	14	103	1,491	C	C	7
14	99	NC	NC	14	104	1,051	C	C	7
15	99	C	C	14	105	546	C	C	12
16	99	C	C	14	106	676	C	C	10
17	99	C	C	14	107	235	C	C	14
18	99	C	C	14	108	235	C	NC	14

19	99	NC	NC	14	109	235	C	C	14
20	99	C	C	14	110	235	C	NC	14
21	99	C	C	14	111	235	C	C	14
22	99	C	C	14	112	328	C	C	14
23	99	C	NC	14	113	328	C	C	14
24	99	NC	C	14	114	328	C	C	14
25	595	C	C	11	115	328	C	NC	14
26	167	C	NC	14	116	328	C	NC	14
27	167	C	C	14	117	750	C	C	10
28	571	C	C	11	118	579	C	C	11
29	571	NC	C	11	119	534	C	C	12
30	387	C	C	14	120	534	C	C	12
31	387	C	C	14	121	628	C	C	10
32	175	C	C	14	122	261	C	C	14
33	175	C	C	14	123	440	C	NC	13
34	175	C	C	14	124	465	NC	C	13
35	175	C	C	14	125	603	C	C	10
36	175	C	C	14	126	1,076	C	C	7
37	175	C	C	14	127	473	C	C	13
38	179	C	C	14	128	424	C	C	13
39	179	C	C	14	129	293	C	NC	14
40	179	C	C	14	130	293	C	C	14
41	316	C	C	14	131	1,011	C	C	
42	316	C	C	14	132	391	C	C	14
43	316	NC	C	14	133	383	C	C	14
44	316	C	C	14	134	725	NC	NC	10
45	220	C	C	14	135	383	C	C	14
46	220	C	C	14	136	823	C	C	10
47	220	C	C	14	137	542	C	C	12
48	220	C	C	14	138	542	C	C	12
49	220	C	C	14	139	1,206	C	C	7
50	497	C	C	13	140	554	C	C	12
51	526	NC	C	12	141	554	C	NC	12
52	526	C	C	12	142	192	C	C	14
53	554	C	C	12	143	192	C	C	14
54	1,051	C	C	7	144	192	C	C	14
55	315	C	C	14	145	192	C	C	14
56	315	C	C	14	146	192	NC	NC	14
57	315	NC	C	14	147	192	C	C	14
58	266	NC	C	14	148	497	C	C	13
59	266	C	C	14	149	497	C	C	13

60	266	C	C	14	150	538	C	C	12
61	530	C	C	12	151	668	C	C	10
62	530	C	C	12	152	173	C	C	14
63	120	NC	C	14	153	173	NC	C	14
64	120	C	C	14	154	173	C	C	14
65	120	C	C	14	155	173	C	C	14
66	120	NC	C	14	156	173	C	NC	14
67	171	C	C	14	157	383	C	C	14
68	473	C	C	13	158	383	C	C	14
69	147	C	C	14	159	383	C	C	14
70	367	C	C	14	160	16	C	NC	14
71	277	C	C	14	161	831	C	C	10
72	420	C	C	13	162	758	NC	C	10
73	420	C	C	13	163	359	C	C	14
74	420	C	C	13	164	375	C	C	14
75	420	C	C	13	165	375	C	C	14
76	734	C	C	10	166	375	C	C	14
77	264	C	C	14	167	375	C	C	14
78	264	C	C	14	168	375	C	C	14
79	264	C	C	14	169	383	C	C	14
80	264	C	C	14	170	375	NC	C	14
81	264	C	C	14	171	375	C	NC	14
82	754	C	C	10	172	375	C	C	14
83	754	C	C	10	173	383	C	C	14
84	587	C	C	11	174	391	C	C	14
85	2,021	C	C	7	175	399	C	C	14
86	285	C	C	14	176	375	C	C	14
87	269	C	C	14	177	16	C	NC	14
88	375	NC	C	14	178	16	C	C	14
89	84	C	C	14	179	175	C	C	14
90	84	C	C	14	180	175	C	C	14

Fuente: PUMAR

En base a estos datos, se obtiene la frecuencia de los efectos indeseables

- [EI1]: El tiempo de producción del diseño actual, es mayor que el promedio en un 33%; obtenido en base a Tiempo >380.
- [EI3]: Incumplimiento a clientes en un 33%, en términos de plazo de entrega; obtenido en base a Tiempo >380.
- [EI4]: En un 32% de los casos, la distribución de los trabajadores es menor a lo requerido para cumplir con el tiempo de fabricación promedio; obtenido en base a MOD<14.

- [E19]: 19,4% de los botes no pasan la Prueba de Calidad 1 o la Prueba de Calidad 2. La tabla H.1. solo muestra si las pruebas de calidad presentan una No Conformidad o han pasado conforme. Es posible revisar el desglose en la tabla H.2, la cual indica que 35 tubos de 180 no pasaron las pruebas de calidad 1 y 2.
- [E110]: 2,2% de los botes no pasan la Prueba de Calidad 1 y la Prueba de Calidad 2. La tabla H.1. solo muestra si las pruebas de calidad presentan una No Conformidad o han pasado conforme. Es posible revisar el desglose en la tabla H.2, la cual indica que 4 botes de 180 no pasaron las pruebas de calidad 1 y 2.

No conformidades de las Pruebas de Calidad

Tabla Anexo H.2: Prueba de Calidad 1.

N° Bote	Actividad	Prueba Calidad	Descripción	Departamento Responsable NC	Gerencia Responsable NC	Acción Adoptada NC
9	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Confección rellinga, por falla material tela Hypalon	[C-380] DEPARTAMENTO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Reparación de sector despegado
14	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	REPARAR ZONA DESPEGADA TUBO	[C-380] DEPARTAMENTO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Reparación de sector despegado
19	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	REPARAR FUGA MEMBRANA ESTANCA	[C-380] DEPARTAMENTO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Reparación estanco
24	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Falla material tela Hypalon	[C-380] DEPARTAMENTO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Aspecto puntual controlado. No amerita acciones correctivas.
29	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Falla material tela Hypalon	[C-380] DEPARTAMENTO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Aspecto puntual controlado. No amerita acciones correctivas.
43	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Falla material tela Hypalon	[C-380] DEPARTAMENTO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Aspecto puntual controlado. No amerita acciones correctivas.
51	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Prueba de presión al tubo menor a 2.8 psi	[C-380] DEPARTAMENTO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Aspecto puntual controlado. No amerita acciones correctivas.
57	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Prueba de presión al tubo menor a 2.8 psi	[C-380] DEPARTAMENTO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Aspecto puntual controlado. No amerita acciones correctivas.
58	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Prueba de presión al tubo menor a 2.8 psi	[C-380] DEPARTAMENTO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Aspecto puntual controlado. No amerita acciones

							correctivas.
63	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Prueba de presión al tubo menor a 2,8 psi	[C-380] DEPARTAMENTO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Aspecto puntual controlado. No amerita acciones correctivas.
66	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Prueba de Presión de las Cámaras Estancas 3 psi	[C-380] DEPARTAMENTO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Aspecto puntual controlado. No amerita acciones correctivas.
88	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Confección relinga, por falla material tela Hypalon	[C-380] DEPARTAMENTO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Reparación de sector despegado
124	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Confección relinga, por falla material tela Hypalon	[C-380] DEPARTAMENTO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Reparación de sector despegado
134	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Reparar Bisagras y estancos	[C-380] DEPARTAMENTO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Reparación
146	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Prueba de Presión de las Cámaras Estancas 2,8 psi	[C-380] DEPARTAMENTO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Aspecto puntual controlado. No amerita acciones correctivas.
153	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Falla material tela Hypalon	[C-380] DEPARTAMENTO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Aspecto puntual controlado. No amerita acciones correctivas.
162	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Prueba de presión al tubo menor a 2,8 psi	[C-380] DEPARTAMENTO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Aspecto puntual controlado. No amerita acciones correctivas.
170	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Prueba de presión al tubo menor a 2,8 psi	[C-380] DEPARTAMENTO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Aspecto puntual controlado. No amerita acciones correctivas.

Fuente: PUMAR.

Tabla Anexo H.3: Prueba de Calidad 2

N° Bote	Actividad	Prueba Calidad	Descripción	Departamento Responsable	Gerencia Responsable	Acción Adoptada NC
7	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC 2	AJUSTAR VOLET Y PISO	[C-380] DEPARTAMEN TO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCIO N	Instruir al personal respecto al uso de estas plantillas.
14	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Falta de inspección o control del proceso	[C-380] DEPARTAMEN TO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCIO N	Generar solicitud de cambio al diseño. Incluir configuración del espejo de 585 en los ensayos de maderas
19	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Cambiar espejo PUMAR 585	[C-380] DEPARTAMEN TO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCIO N	1.- Someter una muestra a pruebas. 2.- Confirmar valores de resistencia.
23	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	CAMBIO ESPEJO PUMAR 585 FAENA	[C-380] DEPARTAMEN TO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCIO N	Se toma como acción correctiva lo siguiente " Cambiar espejo por maderas que tienen mayor resistencia estructural y a la deformación, las cuales fueron sometidas a ensayos destructivos". Nota JDIP Aspecto controlado y corregido. No amerita acción correctiva.
26	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	REPARAR ZONA DESPEGADA TUBO	[C-380] DEPARTAMEN TO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCIO N	Reparación de sector despegado

108	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	AJUSTAR VOLET Y PISO	[C-380] DEPARTAMEN TO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCIO N	Instruir al personal respecto al uso de estas plantillas.
110	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	REPARAR ZONA DESPEGADA TUBO	[C-380] DEPARTAMEN TO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCIO N	Reparación de sector despegado
115	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	REPARAR ZONA DESPEGADA TUBO	[C-380] DEPARTAMEN TO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCIO N	Reparación de sector despegado
116	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	AJUSTAR VOLET Y PISO	[C-380] DEPARTAMEN TO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCIO N	Instruir al personal respecto al uso de estas plantillas.
123	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	AJUSTAR VOLET Y PISO	[C-380] DEPARTAMEN TO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCIO N	Instruir al personal respecto al uso de estas plantillas.
129	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	AJUSTAR VOLET Y PISO	[C-380] DEPARTAMEN TO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCIO N	Instruir al personal respecto al uso de estas plantillas.
134	A-57R Rehechos -	NC	Falta de inspección o	[C-380] DEPARTAMEN	[C-300] SUB GERENCIA	Generar solicitud de cambio al diseño. Incluir configuración del espejo de 585

	Construcción Naval		control del proceso	TO PUMAR	DE PRODUCCION	en los ensayos de maderas
141	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Cambiar espejo PUMAR 585	[C-380] DEPARTAMEN TO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	1.- Someter una muestra a pruebas. 2.- Confirmar valores de resistencia.
146	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	REPARAR ZONA DESPEGADA TUBO	[C-380] DEPARTAMEN TO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Reparación de sector despegado
156	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	CAMBIO ESPEJO PUMAR 585 FAENA	[C-380] DEPARTAMEN TO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Se toma como acción correctiva lo siguiente " Cambiar espejo por maderas que tienen mayor resistencia estructural y a la deformación, las cuales fueron sometidas a ensayos destructivos". Nota JDIP Aspecto controlado y corregido. No amerita acción correctiva.
160	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	REPARAR ZONA DESPEGADA TUBO	[C-380] DEPARTAMEN TO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	Reparación de sector despegado
171	A-57R Rehechos - Construcción Naval	NC	Cambiar espejo PUMAR 585	[C-380] DEPARTAMEN TO PUMAR	[C-300] SUB GERENCIA DE PRODUCCION	1.- Someter una muestra a pruebas. 2.- Confirmar valores de resistencia.

Fuente: PUMAR.

- [E16]: Incumplimiento de las metas de producción en un 70%. PUMAR tiene la meta de fabricar en un año 27 botes en promedio, esto lo han calculado considerando el promedio de los 3 primeros años. De esta forma, 7 son los años en los cuales se fabricaron menos de 27 botes, lo cual representa el 70%.

Tabla Anexo H.4: Botes Fabricados.

Año producción	Cantidad
2004	27
2005	26
2006	28
2007	12
2008	12
2009	11
2010	5
2011	10
2012	29
2013	20

Fuente: PUMAR.

- [E15]: El Índice de ausentismo laboral es de un 5%. Obtenido de las horas anuales esperadas, que debieran cumplir los 14 trabajadores, versus las horas anuales reales de ausentismo.

Tabla Anexo H.5: Botes Fabricados.

AÑO	MOD	HH anual	Índice de Ausentismo
2009	451	27.384	2%
2010	1.054	27.384	4%
2011	1.159	27.384	4%
2012	1.501	27.384	5%
2013	1.633	27.384	6%
2014	1.734	27.384	6%
	Promedio		5%

Fuente: PUMAR.

Los efectos indeseados 2, 7 y 8 no son cuantificables.

- [E12]: No hay capacidad de satisfacer a diferentes clientes simultáneamente debido a falta de stock.
- [E17]: No se mantiene stock de seguridad
- [E18]: No hay gestión de inventarios

Anexo I: Recolección de Datos

Tabla Anexo I: Base de Datos Omega.

Modelo	Tipo	Cant.	Cliente	Fecha Creación	Fecha Real Inicio	Fecha Real Termino	Duración
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE ABASTECIMIENTO DE LA ARMADA	09-01-2004 7:56	03-02-2004 14:18	27-02-2004 11:53	19
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE ABASTECIMIENTO DE LA ARMADA	01-03-2004 17:18	30-03-2004 9:19	05-08-2004 12:32	93
MI 585 FAENA	Inf.	1	ETICA EMPRESA TURISTICA INTERNACIONAL CA	19-04-2004 11:03	12-05-2004 8:00	03-11-2004 22:25	126
MI 585 FAENA	Inf.	7	DIRECCION DE ABASTECIMIENTO DE LA ARMADA	11-05-2004 17:59	19-05-2004 8:00	13-09-2004 18:06	84
MI 585 FAENA	Inf.	3	DIRECCION DE ABASTECIMIENTO DE LA ARMADA	08-06-2004 17:22	01-06-2004 8:00	07-12-2004 14:17	136
MI 585 ASALTO	Inf.	11	DIRECCION DE ABASTECIMIENTO DE LA ARMADA	14-06-2004 11:30	11-06-2004 14:11	15-12-2004 12:24	134
MI 585 FAENA	Inf.	1	TRANSPORTES MARITIMOS TERRA AUSTRALIS S A	23-07-2004 15:25	26-07-2004 10:22	03-11-2004 10:42	73
MI 585 ASALTO	Inf.	2	DIRECCION DE CONTABILIDAD DE LA ARMADA	05-11-2004 18:51	08-11-2004 11:07	03-01-2005 10:47	41
MI 585 ASALTO	Inf.	2	DIRECCION DE CONTABILIDAD DE LA ARMADA	30-12-2004 18:19	05-01-2005 16:53	19-07-2005 9:21	140
MI 585 ASALTO	Inf.	2	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	19-01-2005 15:50	05-01-2005 8:00	17-05-2005 9:40	95
MI 585 FAENA	Inf.	3	ETICA EMPRESA TURISTICA INTERNACIONAL CA	02-03-2005 17:49	17-03-2005 8:00	16-06-2005 8:32	66
MI 585 ASALTO	Inf.	6	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	22-03-2005 10:34	08-03-2005 8:00	02-09-2005 19:47	129
MI 585 FAENA	Inf.	4	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	22-03-2005 12:21	04-05-2005 12:10	06-12-2005 9:31	155

MI 585 FAENA	Inf.	5	ETICA EMPRESA TURISTICA INTERNACIONAL CA	03-05-2005 17:02	04-05-2005 8:37	01-10-2005 10:30	108
MI 585 FAENA	Inf.	1	TRANSPORTES MARITIMOS TERRA AUSTRALIS S A	01-06-2005 9:18	07-06-2005 15:19	30-08-2005 14:33	61
MI 585 FAENA	Inf.	2	DIRECCION GENERAL TERRITORIO MARITIMO Y MARINA MERCANTE	09-06-2005 14:08	09-06-2005 16:51	06-12-2005 11:58	129
MI 585 FAENA	Inf.	1	CPT EMPRESAS MARTIMAS S.A.	29-06-2005 12:13	29-06-2005 18:24	01-10-2005 10:12	68
MI 585 FAENA	Inf.	1	VARIOS	20-02-2006 16:53	20-02-2006 8:00	17-08-2006 15:46	129
MI 585 FAENA	Inf.	3	DIRECCION DE ABASTECIMIENTO DE LA ARMADA	23-02-2006 17:52	01-03-2006 11:40	09-08-2006 10:27	116
MI 585 ASALTO	Inf.	3	DIRECCION DE ABASTECIMIENTO DE LA ARMADA	01-03-2006 17:50	01-03-2006 8:00	14-07-2006 9:26	98
MI 585 FAENA	Inf.	2	DIRECCION GENERAL TERRITORIO MARITIMO Y MARINA MERCANTE	21-03-2006 12:07	28-03-2006 13:52	25-09-2006 9:48	130
MI 585 FAENA	Inf.	4	COMANDO GENERAL DE LA ARMADA	21-04-2006 12:06	25-04-2006 10:55	14-07-2006 9:38	59
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE CONTABILIDAD DE LA ARMADA	09-05-2006 14:40	18-05-2006 11:59	15-06-2006 9:01	21
MI 585 FAENA	Inf.	1	CANODROS S.A.	11-05-2006 15:00	16-06-2006 11:30	05-09-2006 14:08	58
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE CONTABILIDAD DE LA ARMADA	02-06-2006 10:12	17-07-2006 17:37	09-08-2006 10:27	18
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	14-09-2006 11:32	04-10-2006 9:30	05-12-2006 16:45	45
MI 585 FAENA	Inf.	1	VARIOS	10-11-2006 16:33	07-11-2006 8:00	23-12-2006 12:28	34
MI 585 FAENA	Inf.	5	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	05-12-2006 17:13	11-12-2006 14:51	24-07-2007 11:30	162
MI 585 FAENA	Inf.	4	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	05-12-2006 17:20	07-12-2006 12:36	20-09-2007 11:13	206

MI 585 FAENA	Inf.	1	VIARIOS	07-12-2006 12:29	07-12-2006 12:29	11-04-2007 18:15	90
MI 585 FAENA	Inf.	2	DIRECCION GENERAL TERRITORIO MARITIMO Y MARINA MERCANTE	19-02-2007 9:56	05-03-2007 8:00	16-11-2007 19:40	185
MI 585 FAENA	Inf.	1	ETICA EMPRESA TURISTICA INTERNACIONAL CA	23-04-2007 18:15	24-04-2007 16:21	01-08-2007 11:35	72
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION GENERAL TERRITORIO MARITIMO Y MARINA MERCANTE	14-05-2007 17:14	14-05-2007 17:16	23-04-2008 9:51	248
MI 585 FAENA	Inf.	1	ETICA EMPRESA TURISTICA INTERNACIONAL CA	19-07-2007 14:25	19-07-2007 14:25	05-09-2007 11:21	35
MI 585 FAENA	Inf.	1	ETICA EMPRESA TURISTICA INTERNACIONAL CA	19-07-2007 14:37	19-07-2007 14:37	03-09-2007 10:56	33
MI 585 FAENA	Inf.	1	SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA	21-09-2007 7:54	21-09-2007 8:07	23-11-2007 12:24	46
MI 585 FAENA	Inf.	4	ETICA EMPRESA TURISTICA INTERNACIONAL CA	04-10-2007 16:49	05-10-2007 12:42	30-11-2007 15:56	41
MI 585 FAENA	Inf.	1	CANODROS S.A.	16-11-2007 11:55	16-11-2007 12:34	01-02-2008 17:29	56
MI 585 FAENA	Inf.	1	CONSTRUCTORA VILICIC S.A	26-12-2007 17:36	09-01-2008 16:16	14-03-2008 15:41	48
MI 585 FAENA	Inf.	3	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	12-02-2008 11:40	12-02-2008 16:20	25-08-2008 11:22	140
MI 585 ASALTO	Inf.	3	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	14-02-2008 15:19	18-02-2008 12:42	01-12-2008 15:17	206
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION GENERAL TERRITORIO MARITIMO Y MARINA MERCANTE	26-02-2008 12:32	20-03-2008 15:59	01-12-2008 15:17	183
MI 585 FAENA	Inf.	1	CANODROS S.A.	07-04-2008 11:03	07-04-2008 15:04	02-10-2008 14:31	129
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION GENERAL TERRITORIO MARITIMO Y MARINA MERCANTE	16-04-2008 10:56	02-07-2008 8:36	02-10-2008 14:31	67
MI 585 FAENA	Inf.	2	ETICA EMPRESA TURISTICA INTERNACIONAL CA	08-01-2009 12:15	19-02-2008 8:00	13-04-2009 17:39	300

MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION GENERAL TERRITORIO MARITIMO Y MARINA MERCANTE	13-02-2009 9:51	23-02-2009 8:00	17-06-2009 9:42	83
MI 585 ASALTO	Inf.	5	DIRECCION DE ABASTECIMIENTO DE LA ARMADA	20-11-2009 9:52	20-11-2009 16:23	27-08-2010 15:13	201
MI 585 FAENA	Inf.	5	DIRECCION DE ABASTECIMIENTO DE LA ARMADA	24-11-2009 17:37	14-10-2009 8:00	03-05-2010 16:28	144
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION GENERAL TERRITORIO MARITIMO Y MARINA MERCANTE	18-03-2010 14:55	19-03-2010 8:19	26-07-2010 15:01	92
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION GENERAL TERRITORIO MARITIMO Y MARINA MERCANTE	23-03-2010 15:43	19-04-2010 10:15	26-07-2010 15:01	71
MI 585 FAENA	Inf.	2	ETICA EMPRESA TURISTICA INTERNACIONAL CA	26-05-2010 13:40	26-05-2010 15:16	24-11-2010 10:40	131
MI 585 FAENA	Inf.	1	SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA	01-12-2010 11:03	01-12-2010 8:00	17-03-2011 11:57	77
MI 585 FAENA	Inf.	1	ESCUELA NAVAL ARTURO PRAT	01-03-2011 8:18	01-03-2011 8:46	13-04-2011 14:25	32
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	28-03-2011 11:01	28-03-2011 11:40	14-06-2011 9:28	57
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	28-03-2011 11:03	12-03-2011 8:00	26-05-2011 11:42	54
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	16-05-2011 16:02	16-05-2011 17:05	25-08-2011 16:46	74
MI 585 FAENA	Inf.	1	ETICA EMPRESA TURISTICA INTERNACIONAL CA	21-06-2011 8:18	05-06-2011 8:00	06-12-2011 8:15	132
MI 585 FAENA	Inf.	1	DRUMRIGHT INVESTMENT, CORP	13-09-2011 11:18	03-09-2011 8:00	23-11-2011 14:21	58
MI 585 FAENA	Inf.	1	DRUMRIGHT INVESTMENT, CORP	13-09-2011 11:25	13-09-2011 14:44	23-11-2011 14:22	52
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION GENERAL TERRITORIO MARITIMO Y MARINA MERCANTE	14-11-2011 12:26	14-11-2011 13:30	02-01-2012 11:26	36
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION GENERAL TERRITORIO MARITIMO Y MARINA MERCANTE	14-11-2011 12:27	14-11-2011 13:30	02-01-2012 11:26	36

MI 585 FAENA	Inf.	1	SG S.R.L.	15-12-2011 12:03	15-12-2011 12:23	05-06-2012 15:31	124
MI 585 FAENA	Inf.	1	ETICA EMPRESA TURISTICA INTERNACIONAL CA	19-01-2012 11:38	19-01-2012 12:08	26-03-2012 11:46	48
MI 585 FAENA	Inf.	1	ETICA EMPRESA TURISTICA INTERNACIONAL CA	15-03-2012 15:43	15-03-2012 15:43	17-07-2012 15:27	89
MI 585 FAENA	Inf.	1	ESCUELA NAVAL ARTURO PRAT	04-04-2012 12:32	03-05-2012 15:13	20-09-2012 16:45	101
MI 585 ASALTO	Inf.	2	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	08-05-2012 15:20	24-05-2012 9:51	26-11-2012 16:23	133
MI 585 FAENA	Inf.	2	DIRECCION GENERAL TERRITORIO MARITIMO Y MARINA MERCANTE	09-05-2012 8:56	25-05-2012 8:53	30-11-2012 8:14	136
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	10-05-2012 8:42	24-05-2012 9:48	17-12-2012 11:02	148
MI 585 ASALTO	Inf.	6	SG S.R.L.	28-05-2012 16:17	31-05-2012 8:00	13-12-2012 9:52	141
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	07-06-2012 8:18	09-08-2012 8:25	30-11-2012 8:14	82
MI 585 FAENA	Inf.	2	ETICA EMPRESA TURISTICA INTERNACIONAL CA	20-06-2012 14:04	27-06-2012 8:00	13-12-2012 11:00	122
MI 585 FAENA	Inf.	1	ESCUELA DE GRUMETES	20-07-2012 10:21	31-07-2012 13:43	30-10-2012 10:01	66
MI 585 ASALTO	Inf.	5	LADERBIL SA	02-10-2012 9:16	02-10-2012 9:26	26-02-2013 8:23	106
MI 585 FAENA	Inf.	3	ETICA EMPRESA TURISTICA INTERNACIONAL CA	09-11-2012 8:46	13-11-2012 14:31	28-05-2013 14:40	141
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	28-11-2012 11:43	29-11-2012 8:54	30-11-2012 8:14	2
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	07-01-2013 16:13	06-01-2013 8:00	28-05-2013 14:40	102
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	07-01-2013 16:17	18-01-2013 14:48	28-05-2013 14:40	93

MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	07-01-2013 16:19	18-01-2013 14:48	20-03-2013 14:47	44
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	07-01-2013 16:20	01-02-2013 12:22	07-04-2013 14:57	46
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE CONTABILIDAD DE LA ARMADA	07-01-2013 16:22	01-02-2013 12:23	02-05-2013 11:37	65
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE CONTABILIDAD DE LA ARMADA	07-01-2013 16:29	01-02-2013 12:23	05-04-2013 12:51	46
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE CONTABILIDAD DE LA ARMADA	07-01-2013 16:36	01-02-2013 12:23	11-04-2013 10:17	50
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE CONTABILIDAD DE LA ARMADA	07-01-2013 16:38	12-02-2013 8:03	15-04-2013 11:45	45
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	07-01-2013 16:40	01-02-2013 12:24	15-04-2013 10:47	52
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE INGENIERIA DE SISTEMAS NAVALES	07-01-2013 16:42	06-02-2013 8:39	12-04-2013 10:47	48
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE CONTABILIDAD DE LA ARMADA	07-01-2013 16:43	30-04-2012 8:00	12-04-2013 10:47	250
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE CONTABILIDAD DE LA ARMADA	07-01-2013 16:45	12-03-2012 8:00	13-04-2013 10:57	285
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE CONTABILIDAD DE LA ARMADA	07-01-2013 16:46	08-02-2013 8:50	15-04-2013 8:20	47
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE CONTABILIDAD DE LA ARMADA	07-01-2013 16:48	08-02-2013 8:50	16-04-2013 8:47	48
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE CONTABILIDAD DE LA ARMADA	07-01-2013 16:48	08-02-2013 8:50	17-04-2013 8:47	49
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE CONTABILIDAD DE LA ARMADA	07-01-2013 16:51	08-02-2013 10:51	16-04-2013 10:47	48
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE CONTABILIDAD DE LA ARMADA	10-01-2013 8:47	08-02-2013 10:53	25-04-2013 8:13	55
MI 585 FAENA	Inf.	1	DIRECCION DE CONTABILIDAD DE LA ARMADA	10-01-2013 8:49	08-02-2013 10:54	25-04-2013 8:14	55

MI 585 FAENA	Inf.	1	ETICA EMPRESA TURISTICA INTERNACIONAL CA	23-04-2013 10:53	24-04-2013 15:56	25-04-2013 8:13	2
MI 585 FAENA	Inf.	1	ETICA EMPRESA TURISTICA INTERNACIONAL CA	23-04-2013 10:57	24-04-2013 15:56	25-04-2013 8:14	2
MI 585 FAENA	Inf.	2	DIRECCION DE CONTABILIDAD DE LA ARMADA	03-05-2013 13:47	06-05-2013 10:25	06-05-2013 11:41	1

Fuente: PUMAR.

Anexo J: Reporte Software Arena con los tiempos acumulados (Modulo Record)

21:08:01		Category Overview		marzo 25, 2016		
<i>Values Across All Replications</i>						
Unnamed Project						
Replications:	40	Time Units:	Hours			
User Specified						
Tally						
Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tiempo ESTACION 1	82.0621	0,05	81.8863	82.2609	40.6255	123.61
Tiempo ESTACION 2	104.76	0,08	104.52	105.07	63.3024	146.42
Tiempo ESTACION 3	61.5120	0,05	61.3429	61.7476	19.5452	143.39
Tiempo ESTACION 4	65.5398	0,03	65.4138	65.6616	23.7077	147.25
Tiempo ESTACION 5	109.08	0,08	108.81	109.38	67.5534	151.08
Tiempo ESTACION 6	107.79	0,10	107.54	108.35	86.6912	129.18
Tiempo ESTACION 7	136.39	3,16	115.66	157.18	114.81	157.93
Tiempo ESTACION 8	187.78	0,10	186.62	188.89	187.68	187.96
Tiempo PRUEBA 1	110.34	0,11	110.02	110.84	89.1703	131.89
Tiempo PRUEBA 2	191.86	0,07	191.77	191.98	186.61	196.99

Figura Anexo G: Reporte Tally Arena.

Fuente: Arena.

Anexo K: Datos para validar modelo

- Población

Tabla Anexo H.1: Población PUMAR

Año	HH en procesos	Año	HH en procesos	Año	HH en procesos	Año	HH en procesos
2004	155	2005	220	2007	84	2012	823
2004	758	2005	220	2007	84	2012	542
2004	1.027	2005	220	2007	456	2012	542
2004	98	2005	220	2008	391	2012	1.206
2004	98	2005	497	2008	380	2012	554
2004	98	2005	526	2008	380	2012	554

2004	98	2005	526	2008	380	2012	192
2004	98	2005	554	2008	560	2012	192
2004	98	2006	1.051	2008	560	2012	192
2004	98	2006	315	2008	560	2012	192
2004	369	2006	315	2008	1.223	2012	192
2004	369	2006	315	2008	1.223	2012	192
2004	369	2006	266	2008	1.491	2012	497
2004	99	2006	266	2008	1.051	2012	497
2004	99	2006	266	2008	546	2012	538
2004	99	2006	530	2009	676	2012	668
2004	99	2006	530	2009	235	2012	173
2004	99	2006	120	2009	235	2012	173
2004	99	2006	120	2009	235	2012	173
2004	99	2006	120	2009	235	2012	173
2004	99	2006	120	2009	235	2012	173
2004	99	2006	171	2009	328	2012	383
2004	99	2006	473	2009	328	2012	383
2004	99	2006	147	2009	328	2012	383
2004	595	2006	367	2009	328	2012	16
2004	167	2006	277	2009	328	2013	831
2004	167	2006	420	2010	750	2013	758
2005	571	2006	420	2010	579	2013	359
2005	571	2006	420	2010	534	2013	375
2005	387	2006	420	2010	534	2013	375
2005	387	2006	734	2010	628	2013	375
2005	175	2006	264	2011	261	2013	375
2005	175	2006	264	2011	440	2013	375
2005	175	2006	264	2011	465	2013	383
2005	175	2006	264	2011	603	2013	375
2005	175	2006	264	2011	1.076	2013	375
2005	175	2007	754	2011	473	2013	375
2005	179	2007	754	2011	424	2013	383
2005	179	2007	587	2011	293	2013	391
2005	179	2007	2.021	2011	293	2013	399
2005	316	2007	285	2011	1.011	2013	375
2005	316	2007	269	2012	391	2013	16
2005	316	2007	375	2012	383	2013	16
2005	316	2007	84	2012	725	2013	175
2005	220	2007	84	2012	383	2013	175

Fuente: PUMAR

Dócima de Hipótesis e Intervalos de Confianza para validar el modelo

- **Hipótesis:** Es una suposición acerca del valor de un parámetro de una población con el propósito de discutir su validez.
- **Dócima de hipótesis:** Es un procedimiento, basado en la evidencia de la muestra y en la teoría de las probabilidades, usado para determinar si la hipótesis es una afirmación razonable y debería no ser rechazada o si no es razonable debería ser rechazada [Rada, 07]

En la figura se muestran los pasos a seguir para analizar una dócima de hipótesis.

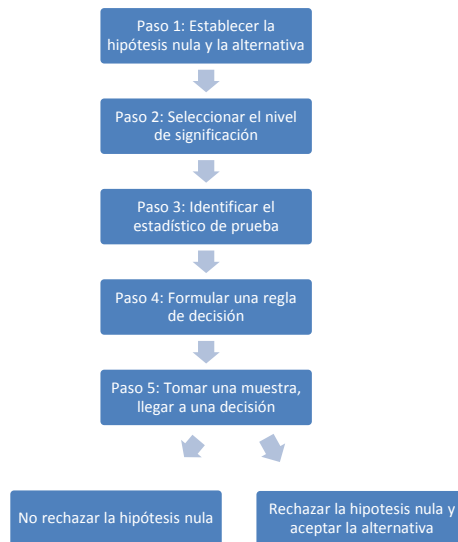


Figura Anexo H.1: Dócima de Hipótesis
Fuente: Rada 07

- **Hipótesis nula H_0 :** Una afirmación acerca del valor de un parámetro de la población.
- **Hipótesis Alternativa H_1 :** Una afirmación que es aceptada si la muestra provee la evidencia de que la hipótesis nula es falsa.
- **Nivel de significación:** La probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando en realidad es verdadera. [Delfino, 07]

“Prueba de hipótesis para la media de una Población, desviación estándar poblacional conocida o muestras grandes”

Cuando se plantean hipótesis para la media de la población y la desviación estándar poblacional es conocida o el tamaño de la muestra es grande, el estadístico de prueba está dado por:

$$z = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \leftrightarrow N(0, 1)$$

El cual se distribuye como una Normal de media 0 y desvío estándar 1.

- **Concepto de Intervalo de Confianza:** en el contexto de estimar un parámetro poblacional, un intervalo de confianza es un rango de valores (calculado en una muestra) en el cual se encuentra el verdadero valor del parámetro, con una probabilidad determinada.
- **Nivel de confianza:** La probabilidad de que el verdadero valor del parámetro se encuentre en el intervalo construido, se denota $1-\alpha$. La probabilidad de equivocarnos se llama **nivel de significancia** y se simboliza α . Generalmente se construyen intervalos con confianza $1-\alpha = 95\%$ (o significancia $\alpha=5\%$). Menos frecuentes son los intervalos con $\alpha=10\%$ o $\alpha=1\%$

Para construir un intervalo de confianza, se puede comprobar que la distribución Normal Estándar cumple: (por tabla)

$$P(-1.96 < z < 1.96) = 0.95$$

Luego, si una variable X tiene distribución $N(\mu, \sigma^2)$, entonces el 95% de las veces se cumple:

$$-1.96 \leq \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \leq 1.96$$

Despejando en la ecuación se tiene:

$$\bar{X} - 1.96 \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + 1.96 \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

El resultado es un intervalo que incluye al el 95% de las veces. Es decir, es un **intervalo de confianza al 95% para la media μ** cuando la variable X es normal y σ es conocido. [Rada, 07]

Se puede también abordar el tema de los contrastes de hipótesis y cálculo del p-valor desde una perspectiva integradora con el concepto de intervalo de confianza.

Supongamos que deseamos hacer un contraste acerca de un parámetro q , de la población. Para llevarlo a cabo consideraremos la distribución de algún estadístico muestral que de alguna manera se corresponda y se relacione con el parámetro q . Designemos en general a este estadístico como T . Si con los datos muestrales obtenemos un valor concreto para T tal que pertenezca a una determinada región del campo de variación de T optaremos por no rechazar la hipótesis y en caso contrario por rechazarla. Obviamente la clave del problema será delimitar la región del campo de variación de T que consideraremos como zona de aceptación de la hipótesis. Esto se resolverá por un criterio probabilístico partiendo de la distribución muestral de T .

Los estadísticos hablan de hipótesis nula, la hipótesis nula es lo contrario que la hipótesis experimental.

- **Región crítica:** Región del campo de variación del estadístico tal que si contiene al valor evaluado del mismo con los datos muestrales nos llevará a rechazar la hipótesis.
- **Región de aceptación:** Es la región complementaria a la región crítica. Si el valor evaluado del estadístico pertenece a ella: no rechazamos la hipótesis. Ambos conjuntos/regiones son disjuntos. [Brown y Forsythe, 74]

NOTA: La región de aceptación no es más que un intervalo de confianza al 95% (si la significación es 0.05) del estadístico T .

La figura muestra la perspectiva integradora con el concepto de intervalo de confianza.

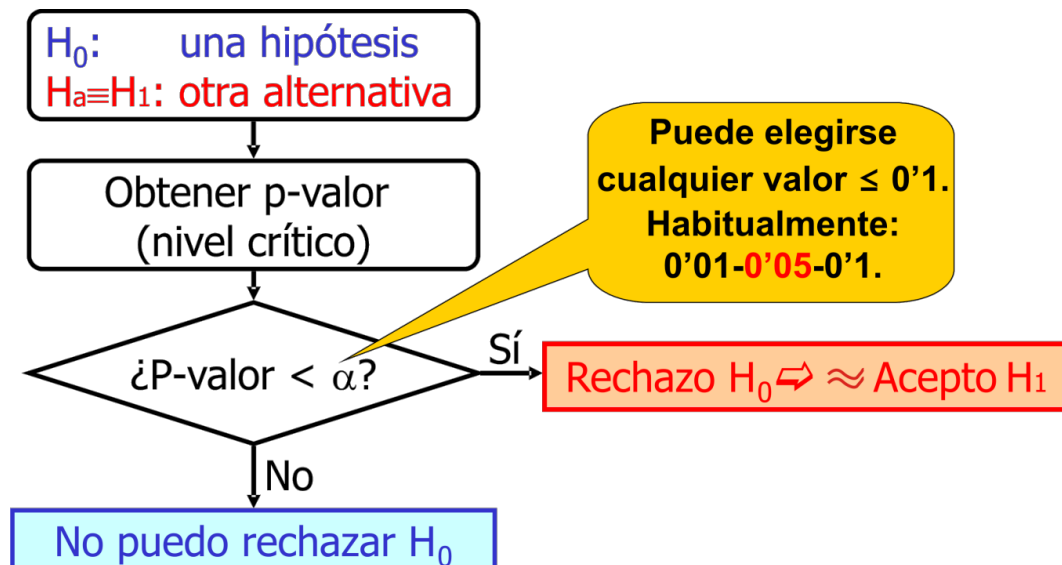


Figura Anexo H.2: Intervalo de Confianza
Fuente: Brown y Forsythe, 74

La figura muestra las regiones críticas y de aceptación en el gráfico de un 95% de confianza.

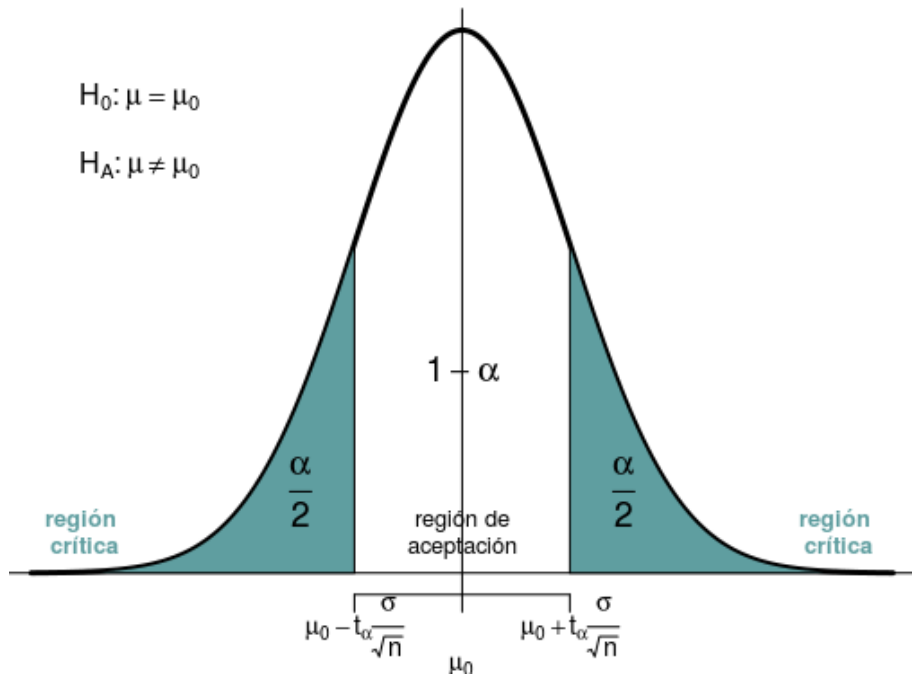


Figura Anexo H.3: Grafico Intervalo de Confianza
 Fuente: Brown y Forsythe, 74

Anexo L: Reportes Escenarios

1. Salidas Escenarios

22:36:00

Category Overview

septiembre 1, 2016

*Values Across All Replications***Unnamed Project**

Replications: 40 Time Units: Hours

Key Performance Indicators**System**

Number Out

Average

319

Figura Anexo L.1: Salidas Escenario Actual**Fuente: Software Arena**

22:38:29

Category Overview

septiembre 20, 2016

*Values Across All Replications***Unnamed Project**

Replications: 40 Time Units: Hours

Key Performance Indicators**System**

Number Out

Average

427

Figura Anexo L.2: Salidas Escenario 1**Fuente: Software Arena**

23:32:05

Category Overview

octubre 25, 2016

*Values Across All Replications***Unnamed Project**

Replications: 40 Time Units: Hours

Key Performance Indicators**System**

Number Out

Average

434

Figura Anexo L.3: Salidas Escenario 2**Fuente: Software Arena**

1:06:11

Category Overview

noviembre 6, 2016

*Values Across All Replications***Unnamed Project**

Replications: 40 Time Units: Hours

Key Performance Indicators**System**

Number Out

Average

457

**Figura Anexo L.4: Salidas Escenario 3
Fuente: Software Arena**

0:00:55

Category Overview

noviembre 6, 2016

*Values Across All Replications***Unnamed Project**

Replications: 40 Time Units: Hours

Key Performance Indicators**System**

Number Out

Average

674

**Figura Anexo L.5: Salidas Escenario 4
Fuente: Software Arena**

23:11:02

Category Overview

Abril 5, 2017

*Values Across All Replications***Unnamed Project**

Replications: 40 Time Units: Hours

Key Performance Indicators**System**

Number Out

Average

1070

**Figura Anexo L.6: Salidas Escenario 5
Fuente: Software Arena**

2. Queue Time

22:36:00

Category Overview

septiembre 1, 2016

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 40 Time Units: Hours

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Encuentro de Materiales 1.Queue1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Encuentro de Materiales 1.Queue2	1181.15	59,49	866.25	1604.04	96.2393	2722.93
Encuentro de Materiales 2.Queue1	1105.74	59,41	788.95	1524.69	21.6108	2648.88
Encuentro de Materiales 2.Queue2	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Encuentro de Materiales 3.Queue1	4.8569	8,51	0.00	166.80	0.00	411.16
Encuentro de Materiales 3.Queue2	414.01	64,30	0.8378	774.08	0.00	1394.70
ESTACION 1 Trazado y Corte.Queue	989.83	50,23	710.35	1345.25	0.00	2422.47
ESTACION 2 Fabricacion de Tubos.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESTACION 3 Fabricacion Maderamen Espejo.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESTACION 4 Fabricacion Piso.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESTACION 5 Confeccion de Accesorios.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No.1.Queue	0.00832573	0,00	0.00	0.02436459	0.00	3.4889
ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No.2.Queue	0.9772	0,05	0.6252	1.2726	0.00	32.9030
ESTACION 8 Armado del Bote Etapa No.3.Queue	2783.43	52,67	2497.88	3132.28	228.03	5680.81
Union de Materiales 1.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Union de Materiales 2.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Union de Materiales 3.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura Anexo I.6: Queue Time Situación Actual
Fuente: Software Arena

22:38:29		Category Overview			septiembre 20, 2016		
<i>Values Across All Replications</i>							
Unnamed Project							
Replications: 40 Time Units: Hours							
Queue							
Time							
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value	
Encuentro de Materiales 1.Queue1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Encuentro de Materiales 1.Queue2	1264.79	58,21	912.52	1616.03	138.69	2893.98	
Encuentro de Materiales 2.Queue1	1189.20	58,19	841.75	1540.36	62.3629	2814.30	
Encuentro de Materiales 2.Queue2	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Encuentro de Materiales 3.Queue1	62.7011	37,67	0.00	416.07	0.00	768.34	
Encuentro de Materiales 3.Queue2	271.61	67,14	0.00	848.48	0.00	1563.47	
ESTACION 1 Trazado y Corte.Queue	1060.07	48,70	758.66	1341.69	41.6893	2469.54	
ESTACION 2 Fabricacion de Tubos.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ESTACION 3 Fabricacion Maderamen Espejo.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ESTACION 4 Fabricacion Piso.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ESTACION 5 Confeccion de Accesorios.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No.1.Queue	0.1219	0,02	0.03170334	0.2665	0.00	17.1825	
ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No.2.Queue	1.7415	0,10	1.2567	2.3182	0.00	45.0096	
ESTACION 8 Armado del Bote Etapa No.3.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Union de Materiales 1.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Union de Materiales 2.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Union de Materiales 3.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Figura Anexo L.7: Queue Time Escenario 1
Fuente: Software Arena

23:32:05

Category Overview

octubre 25, 2016

*Values Across All Replications***Unnamed Project**

Replications: 40 Time Units: Hours

Queue**Time**

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Encuentro de Materiales 1.Queue1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Encuentro de Materiales 1.Queue2	471.38	59,69	178.19	941.02	96.2371	1495.21
Encuentro de Materiales 2.Queue1	1442.34	110,90	856.52	2300.93	62.3589	3787.78
Encuentro de Materiales 2.Queue2	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Encuentro de Materiales 3.Queue1	498.50	56,50	136.03	934.83	0.00	1930.79
Encuentro de Materiales 3.Queue2	15.8399	5,72	0.00	70.8363	0.00	408.48
ESTACION 1 Trazado y Corte.Queue	0.04294833	0,01	0.00783556	0.1057	0.00	17.7892
ESTACION 2 Fabricacion de Tubos.Queue	326.55	52,19	66.9216	733.21	0.00	1142.70
ESTACION 3 Fabricacion Maderamen Espejo.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESTACION 4 Fabricacion Piso.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESTACION 5 Confeccion de Accesorios.Queue	2.1294	0,14	1.5190	3.1602	0.00	56.1142
ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No.1.Queue	3.4291	0,21	2.6004	5.0537	0.00	72.5276
ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No.2.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESTACION 8 Armado del Bote Etapa No.3.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Union de Materiales 1.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Union de Materiales 2.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Union de Materiales 3.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura Anexo L.8: Queue Time Escenario 2
Fuente: Software Arena

1:06:11

Category Overview

noviembre 6, 2016

*Values Across All Replications***Unnamed Project**

Replications: 40 Time Units: Hours

Queue**Time**

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Encuentro de Materiales 1.Queue1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Encuentro de Materiales 1.Queue2	110.97	0,81	106.89	116.22	95.7649	248.18
Encuentro de Materiales 2.Queue1	1184.68	66,47	757.94	1697.68	21.3639	2763.12
Encuentro de Materiales 2.Queue2	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Encuentro de Materiales 3.Queue1	344.97	32,46	147.50	571.08	0.00	1273.72
Encuentro de Materiales 3.Queue2	13.1234	3,57	0.00	42.2770	0.00	280.08
ESTACION 1 Trazado y Corte.Queue	0.06770179	0,02	0.00552141	0.2234	0.00	35.0284
ESTACION 2 Fabricacion de Tubos.Queue	0.5029	0,09	0.1124	1.2451	0.00	41.1219
ESTACION 3 Fabricacion Maderamen Espejo.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESTACION 4 Fabricacion Piso.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESTACION 5 Confeccion de Accesorios.Queue	2.7341	0,22	1.6727	4.2513	0.00	69.9698
ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No.1.Queue	4.6906	0,28	3.1235	7.1276	0.00	91.9608
ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No.2.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESTACION 8 Armado del Bote Etapa No.3.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Union de Materiales 1.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Union de Materiales 2.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Union de Materiales 3.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura Anexo L.9: Queue Time Escenario 3
Fuente: Software Arena

0:00:55

Category Overview

noviembre 6, 2016

*Values Across All Replications***Unnamed Project**

Replications: 40 Time Units: Hours

Queue**Time**

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Encuentro de Materiales 1.Queue1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Encuentro de Materiales 1.Queue2	3434.45	40.14	3185.86	3719.80	492.64	6582.31
Encuentro de Materiales 2.Queue1	496.61	50.49	193.30	833.07	0.00	1345.26
Encuentro de Materiales 2.Queue2	0.5267	0.43	0.00	6.5409	0.00	127.34
Encuentro de Materiales 3.Queue1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Encuentro de Materiales 3.Queue2	1414.73	40.41	1163.05	1651.67	304.82	2925.86
ESTACION 1 Trazado y Corte.Queue	529.90	20.86	401.50	661.21	0.7852	1174.04
ESTACION 2 Fabricacion de Tubos.Queue	6160.50	1.13	6147.50	6166.64	1033.12	11319.02
ESTACION 3 Fabricacion Maderamen Espejo.Queue	4692.71	1.11	4685.76	4700.38	780.61	8611.79
ESTACION 4 Fabricacion Piso.Queue	5868.10	1.01	5858.94	5873.04	977.28	10760.91
ESTACION 5 Confeccion de Accesorios.Queue	6508.67	2.03	6493.19	6521.69	1076.10	11954.72
ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No.1.Queue	1.3544	0.10	0.6276	1.8900	0.00	42.8587
ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No.2.Queue	50.8532	6.95	25.6145	151.45	0.00	495.05
ESTACION 8 Armado del Bote Etapa No.3.Queue	314.86	34.05	49.2947	533.81	0.00	937.92
Union de Materiales 1.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Union de Materiales 2.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Union de Materiales 3.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other

Figura Anexo L.10: Queue Time Escenario 4
Fuente: Software Arena

20:01:03

Category Overview

abril 9, 2017

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 40 Time Units: Hours

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Encuentro de Materiales 1.Queue1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Encuentro de Materiales 1.Queue2	1540,22	46,83	1232,23	1961,26	900,52	2544,76
Encuentro de Materiales 2.Queue1	468,78	42,54	401,93	636,28	392,25	460,43
Encuentro de Materiales 2.Queue2	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Encuentro de Materiales 3.Queue1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Encuentro de Materiales 3.Queue2	1180,20	58,23	1090,39	1320,27	730,65	1463,65
ESTACION 1 Trazado y Corte.Queue	517,52	15,54	457,93	682,22	428,66	893,76
ESTACION 2 Fabricacion de Tubos.Queue	480,13	3,44	439,54	549,21	401,67	637,74
ESTACION 3 Fabricacion Maderamen Espejo.Queue	815,30	0,99	769,59	959,44	637,84	1277,63
ESTACION 4 Fabricacion Piso.Queue	1275,63	1,12	1192,11	1354,92	1044,86	1591,01
ESTACION 5 Confeccion de Accesorios.Queue	502,07	1,84	459,32	590,44	401,22	673,66
ESTACION 6 Armado del Bote Etapa No.1.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESTACION 7 Armado del Bote Etapa No.2.Queue	27,90	0,01	2,8612	40,7603	0.00	33.6531
ESTACION 8 Armado del Bote Etapa No.3.Queue	285,14	0,00	150,99	330,55	133,68	408,39
Union de Materiales 1.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Union de Materiales 2.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Union de Materiales 3.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura Anexo L.11: Queue Time Escenario 5
Fuente: Software Arena

Anexo M: Maquina de Corte

- Oferta técnica-comercial

Accurate, powerful, reliable and exceptional value for money.

The New Elektron Mono LC is best performing and best value entry level automated cutter on the market.

Made in cut widths less than 2.05 metres (80"), the Elektron Mono LC is made for people who want an industrial strength machine and who don't need to cut wide

materials. The Elektron Mono LC shares the same rugged chassis as other machines in the Elektron range.

It features a pen holder, a tangentially steered rotary blade cutter with Cam-lock quick-change tools. With its power, accuracy and reliability, the Elektron Mono LC is the ideal choice for sailmakers.



The Elektron Mono LC rotary blade automated cutter from Aeronaut is a simple, robust and highly versatile machine priced to bring precise, accurate computer controlled cutting and plotting within the reach of every factory or trade.

The Aeronaut Elektron Mono LC uses the latest motion-control technology combined with simple and rugged engineering. The Elektron Mono LC delivers smooth plotting and powerful cutting of industrial and recreational textiles at the same speed and accuracy as machines costing five times the price.

The Elektron Mono LC is unlike any other low-cost automated cutter. For starters, it is an industrial strength machine capable of handling the toughest of work. In fact the Elektron Mono shares the same chassis as all the other machines in the Elektron range and the same chassis can span over 6 metres.

The Elektron Mono LC carries a single steered tool shaft which comes from Aeronaut's top of the line four tool Elektron Quattro. This takes Aeronaut's Cam-lock tooling so you can fit a complete range of tools, from rotary blades to drill punches.

The Elektron Mono LC is designed to span up to 2.05 metres wide to work with the majority of fabric used in general canvas work, shade structures, tension membranes and sailmaking. For a wider cut-widths, see the Elektron Mono WS, Elektron Quattro or Elektron B2 automated cutters.

The Elektron Mono LC is expandable, easily installed, and low maintenance. Machines mount flat on the table top and can be fitted to existing tables. Machines can be expanded in length at any time without extensive rebuilding and re-calibration.

Features

- High performance plotting and cutting
- Tangentially steered cutting blade with twin instrument ball races for precise cutting
- Over 10mm tool travel, handles uneven table surfaces
- Low-backlash Cat drive
- Optional vinyl sign cutting tool
- Micro-stepper drive motors
- Low cost consumable pens and blades
- Precision ball slide on pen carriage
- Self centring pen holder ensures quick changes and accuracy with all marker types.
- Runs from Macintosh or Windows PCs
- Low maintenance
- Use with or without vacuum tables
- Optional remote joystick control.
- Cutting widths up to 2.0m (80")
- Cutting lengths up to 15m (50 feet)

Advantages

- Repeatable high accuracy production
- High Speed Operation
- Improved product quality

- Reduced labour
- Just-in-Time production
- Reduced material waste
- Multiple applications with one machine
- Simple to use

ASIDIUM
www.asidium.com

Aeronaut Automated Cutting Systems

Quotation for: Dominique Aparicio Cruces Elektron Mono Standard LC
Date: 19/12/2016 Cut width: 2550mm
Reference: 2215.4069.722.20161219 Cut length: 6000mm



Equipment	Cost
<p>Cutting System</p> <p>Elektron Mono Automated Cutting System Fitted with: One standard pressure steered Cam-lock tool shaft. One marker/pen holder. Automatic pressure gauge</p>	
<p>Cam-lock Tools</p> <p>28mm rotary blade holder</p>	
<p>Vacuum Table</p> <p>Height: 750mm Drilled PE cutting surface 5 x 60ø blast gates with pneumatic actuators 1 x fabric rollers Vacuum Pump</p>	
<p>Computer & Software</p> <p>Tangent Cut Computer Stand VectorWorks</p>	
<p>Installation & Training</p> <p>Installation & Training</p>	TBA
Total in Euro	50,931

Anexo N: Maquina de Pegado

- Oferta técnica-comercial

Soldadora de taller para soldar por termofusión vía aire caliente o cuña eléctrica, diferentes telas termoplásticas como PVC con o sin refuerzo, Hypalon, PE, PP, ECB, PU y acrílicos.

La Miller T 300 es la maquina saladoras más robusta pero versátil del mundo. Puede realizar todo tipo de uniones en casi cualquier tela termoplástica.

Miller T 300 es ya la tercera generación en este modelo y se ha vendido por más de 18 años en el mundo entero. De calidad y fabricación USA, sin igual es la selladora más completa y versátil del mercado.

La Miller T 300 está inspirada en la flexibilidad de una máquina de coser ya que puede hacer soldaduras rectas o curvas sin importar el tamaño de la pieza que se desea fabricar.

Con visor digital touch en 8 idiomas para programar la velocidad y temperatura de sellado. Además, controla la velocidad de tiro con rodillos motrices. Con memoria para almacenar 25 fórmulas de sellado.

Tipo de sellados: Traslape, refuerzo y refuerzo con cordel y bolsillos.



Cotización T300 Para	Dominique Aparicio
Volt	230Volts/50Hz/25 Amp
Consumo eléctrico	6000 Watts
Consumo de aire	8,2 Bar, 140 lts. /min.
Rango de Temperatura	20-750 grados Celsius.
Velocidad de sellado	1 - 20 mts/min.
Ancho del Sellado	20 hasta 50 mm
Dimensiones	1400x600x1500 mm
Peso	231 kilos
Equipamiento	Costo (EU)
Capacitación	2,000
Instalación	1,500
Estadía (7 días)	2,000
Máquina Miller t 300	40,000
Software de instalación	400
Total (EU)	45,900

Anexo O: Remuneraciones

Tabla Anexo O: Remuneraciones

N°	CARGO	CATEGORIA	REMUNERACION \$
1	REPARADOR DE TUBOS	EXPERTO	700.000
2	REPARADOR DE TUBOS	INICIAL	500.000
3	FABRICADOR DE TUBOS	INICIAL	500.000
4	FABRICADOR DE TUBOS	EXPERTO	620.000
5	FABRICADOR DE TUBOS	EXPERTO	620.000
6	FABRICADOR DE TUBOS	EXPERTO	620.000
7	CARPINTERO	AVANZADO	600.000
8	FABRICADOR DE TUBOS	AVANZADO	600.000
9	FABRICADOR DE TUBOS	AVANZADO	600.000
10	FABRICADOR DE TUBOS	AVANZADO	600.000
11	SUPERVISOR PRIMERA LINEA	AVANZADO	700.000
12	PLASTIFICADOR LIDER	EXPERTO	700.000
13	AYUDANTE DE TALLER	AVANZADO	500.000
14	AYUDANTE DE TALLER MADERAMEN	AVANZADO	500.000

Fuente: PUMAR.

Por cada trabajador contratado como “AYUDANTE Taller Categoría Inicial” se debe considerar un gasto de \$500.000.

De esta forma el total de remuneraciones por año por cada escenario es:

- Situación actual : \$100.320.000
- Escenario 1 : \$100.320.000
- Escenario2 : \$100.320.000
- Escenario3 : \$106,320,000
- Escenario 4 : \$106,320,000
- Escenario 5 : \$106,320,000
- Escenario 6 : \$190,320,000

Anexo P: Inversión

Escenario 4

La cotización y todos los valores considerados como inversión están en euro, lo cual ha sido cambiado de acuerdo al tipo de cambio del euro observado del día 27 de mayo de 2017 (1 EU=\$749,05).

Tabla Anexo P.1: Inversión Escenario 4

Ítem	EURO
Máquina de Corte	50,931.00
Transporte marítimo	2,900.00
Total precio CIF	53,831.00
Seguro	1,076.62
Derecho ad valorem	3,229.86
Agente de Aduana	150.00
Manejo Aduanero	150.00
Costos Bancarios	50.00
Transporte local Chile	250.00
Diseño de planos y plantillas	5,383.10
Costo Unitario Neto	64,120.58
Total Inversion EURO	64,120.58
Total Inversion Pesos	48,029,520.45

Fuente: Elaboración Propia

Escenario 5

La cotización y todos los valores considerados como inversión están en euro, lo cual ha sido cambiado de acuerdo al tipo de cambio del euro observado del día 27 de mayo de 2017 (1 EU=\$749,05).

Tabla Anexo P.2: Inversión Escenario 5

Item	Maquina de Corte	Maquina de Pegado
Máquina de Corte	50,931.00	45,900.00
Transporte marítimo	2,900.00	2,900.00
Total precio CIF	53,831.00	48,800.00
Seguro	1,076.62	976.00
Derecho ad valorem	3,229.86	2,928.00
Agente de Aduana	150.00	150.00
Manejo Aduanero	150.00	150.00
Costos Bancarios	50.00	50.00
Transporte local Chile	250.00	250.00
Diseño de planos y plantillas	5,383.10	0.00
Costo Unitario Neto	64,120.58	53,304.00
Subtotal Peso	48,029,520.45	39,927,361.20
Total Inversion Pesos	87,956,881.65	

Fuente: Elaboración Propia

Escenario 6

La cotización y todos los valores considerados como inversión están en euro, lo cual ha sido cambiado de acuerdo al tipo de cambio del euro observado del día 27 de mayo de 2017 (1 EU=\$749,05).

Tabla Anexo P.3: Inversión Escenario 6

Item	Maquina de Corte	Maquina de Pegado
Máquina de Corte	101,862.00	91,800.00
Transporte marítimo	2,900.00	2,900.00
Total precio CIF	104,762.00	94,700.00
Seguro	2,095.24	1,894.00
Derecho ad valorem	6,285.72	5,682.00
Agente de Aduana	150.00	150.00
Manejo Aduanero	150.00	150.00
Costos Bancarios	50.00	50.00
Transporte local Chile	250.00	250.00

Diseño de planos y plantillas	10,476.20	0.00
Costo Unitario Neto	124,219.16	102,876.00
Costo unitario con impuestos	147,820.80	122,422.44
Subtotal	110,725,170.54	91,700,528.68
Total Inversion	202,425,699.22	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo Q: Depreciación de Activos

Nueva Tabla de Vida Útil de los Bienes Físicos del Activo Inmovilizado

Tabla fijada por el Servicio de Impuestos Internos para bienes físicos del activo inmovilizado, según Resolución N°43, de 26-12-2002, con vigencia a partir del 01-01-2003.

Tabla Anexo Q.1: Nueva Tabla de Vida Útil

NÓMINA DE BIENES SEGUN ACTIVIDADES	NUEVA VIDA ÚTIL NORMAL	DEPRECIACIÓN ACELERADA
A.- ACTIVOS GENÉRICOS		
1) Construcciones con estructuras de acero, cubierta y entrepisos de perfiles acero o losas hormigón armado.	80	26
2) Edificios, casas y otras construcciones, con muros de ladrillos o de hormigón, con cadenas, pilares y vigas hormigón armado, con o sin losas.	50	16
3) Edificios fábricas de material sólido albañilería de ladrillo, de concreto armado y estructura metálica.	40	13
4) Construcciones de adobe o madera en general.	30	10
5) Galpones de madera o estructura metálica.	20	6
6) Otras construcciones definitivas (ejemplos: caminos, puentes, túneles, vías férreas, etc.).	20	6
7) Construcciones provisionarias.	10	3
8) Instalaciones en general (ejemplos: eléctricas, de oficina, etc.).	10	3
9) Camiones de uso general.	7	2
10) Camionetas y jeeps.	7	2
11) Automóviles	7	2
12) Microbuses, taxibuses, furgones y similares.	7	2
13) Motos en general.	7	2
14) Remolques, semirremolques y carros de arrastre.	7	2
15) Maquinarias y equipos en general.	15	5
16) Balanzas, hornos microondas, refrigeradores, conservadoras, vitrinas refrigeradas y cocinas.	9	3
17) Equipos de aire y cámaras de refrigeración.	10	3
18) Herramientas pesadas.	8	2
19) Herramientas livianas.	3	1
20) Letreros camineros y luminosos.	10	3
21) Útiles de oficina (ejemplos: máquina de escribir, fotocopidora, etc.).	3	1
22) Muebles y enseres.	7	2

23) Sistemas computacionales, computadores, periféricos, y similares (ejemplos: cajeros automáticos, cajas registradoras, etc.).	6	2
24) Estanques	10	3
25) Equipos médicos en general.	8	2
26) Equipos de vigilancia y detección y control de incendios, alarmas.	7	2
27) Envases en general.	6	2
28) Equipo de audio y video.	6	2
29) Material de audio y video.	5	1

Fuente: SII

Se ha calculado el promedio entre la nueva vida útil normal y la depreciación acelerada, obteniendo 10 años.

Tabla Anexo Q.2: Depreciación Escenario 4

Item	Cantidad	Costo	Vida útil	Depreciación anual	Valor libro año 1	Valor libro año 2	Valor libro año 3	Valor libro año 4	Valor libro año 5	Valor libro año 6	Valor libro año 7	Valor libro año 8	Valor libro año 9	Valor libro año 10
Máquina de Corte	1	\$ 38,149,866	10	\$ 3,814,987	\$ 34,334,879	\$ 30,519,892	\$ 26,704,906	\$ 22,889,919	\$ 19,074,933	\$ 15,259,946	\$ 11,444,960	\$ 7,629,973	\$ 3,814,987	\$ 0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla Anexo Q.3: Depreciación Escenario 5

Item	Cantidad	Costo	Vida útil	Depreciación anual	Valor libro año 1	Valor libro año 2	Valor libro año 3	Valor libro año 4	Valor libro año 5	Valor libro año 6	Valor libro año 7	Valor libro año 8	Valor libro año 9	Valor libro año 10
Equipo de Corte	1	\$ 38,149,866	10	\$ 3,814,987	\$ 34,334,879	\$ 30,519,892	\$ 26,704,906	\$ 22,889,919	\$ 19,074,933	\$ 15,259,946	\$ 11,444,960	\$ 7,629,973	\$ 3,814,987	\$ 0
Equipo de Pegado	1	\$ 24,381,395	10	\$ 2,438,140	\$ 20,943,256	\$ 17,505,116	\$ 14,066,977	\$ 10,628,837	\$ 7,190,698	\$ 3,752,558	\$ 10,314,419	\$ 6,876,279	\$ 3,438,140	\$ 0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla Anexo Q.4: Depreciación Escenario 6

Item	Cantidad	Costo	Vida útil	Depreciación anual	Valor libro año 1	Valor libro año 2	Valor libro año 3	Valor libro año 4	Valor libro año 5	Valor libro año 6	Valor libro año 7	Valor libro año 8	Valor libro año 9	Valor libro año 10
Máquina de Corte	2	\$ 76,299,731	10	\$ 7,629,973	\$ 68,669,758	\$ 61,039,785	\$ 53,409,812	\$ 45,779,839	\$ 38,149,866	\$ 30,519,892	\$ 22,889,919	\$ 15,259,946	\$ 7,629,973	\$ 0
Máquina de Pegado	2	\$ 68,762,790	10	\$ 6,876,279	\$ 61,886,511	\$ 55,010,232	\$ 48,133,953	\$ 41,257,674	\$ 34,381,395	\$ 27,505,116	\$ 20,628,837	\$ 13,752,558	\$ 6,876,279	\$ 0

Fuente: Elaboración Propia

Anexo R: Tasa de Descuento

Dado que el proyecto se financiará sólo con capital propio, la rentabilidad esperada para la empresa se puede calcular mediante el modelo para la valoración de los activos de capital (CAPM), que señala que la tasa exigida de rentabilidad es igual a la tasa libre de riesgo más una prima por riesgo. Adicionalmente, se incorporará una prima por riesgo país.

El CAPM está representado por la siguiente expresión:

$$CAPM = k_u = R_f + (R_m - R_f) \cdot B_u + R_p$$

Donde:

- B_u : Beta desapalancado (unlevered) de la industria del proyecto
- R_f : Tasa libre de riesgo
- R_m : Tasa de rentabilidad del mercado
- R_p : Prima por riesgo país

- **Paso 1: Determinar el Beta del Proyecto.**

Se debe determinar un beta desapalancado y ponderado de la industria representativa al proyecto. Ese beta ponderado representará el beta del proyecto.

Que el beta sea desapalancado significa que no tiene incorporado el riesgo de la deuda de la industria (representada por la tasa Deuda/Patrimonio del mercado).

Ingresar a la siguiente página web:

Aswath Damodaran es un profesor de finanzas de la Stern Business School de la Universidad de New York. En la página web http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html hay un listado de diferentes industrias con distintos indicadores. Su página es ampliamente utilizada (a nivel mundial) para obtener "betas" a la hora de evaluar proyectos. El link mostrará un listado de diversas industrias con sus respectivos indicadores. Específicamente, los indicadores por industrias son los siguientes:

Tabla Anexo R.1: Encabezado con Indicadores

<i>Industry Name</i>	<i>Number of Firms</i>	<i>Average Beta</i>	<i>Market D/E Ratio</i>	<i>Tax Rate</i>	<i>Unlevered Beta</i>	<i>Cash/Firm Value</i>	<i>Unlevered Beta corrected for cash</i>

Fuente: Aswath Damodaran

A continuación, se busca la industria que se relacione con el proyecto a evaluar. De esta forma se utilizará la industria "Shipbuilding & Marine".

El indicador que se debe considerar es el "Unlevered Beta" (beta desapalancado), obteniendo lo siguiente:

$$B_u = 0,83$$

- **Paso 2: Calcular la Rentabilidad del Mercado.**

En primer lugar, se calculará el rendimiento del cierre promedio mensual del IPSA para un período de 10 años.

En la página <http://www.bolsadesantiago.com/Theme/sintesisestadisticas.aspx>, se obtienen las estadísticas mensuales. Se selecciona agosto de 2017, ya que es una fecha cercana al presente. Luego de revisar los documentos, se tiene lo siguiente:

Tabla Anexo R.2: IPSA

Cierre Promedio IPSA agosto de 2007	Cierre Promedio IPSA agosto de 2017
3.310,14	5.153,15

Fuente: Bolsa de Santiago

La fórmula para expresar una tasa de rendimiento está dada por:

$$\text{Tasa de Rendimiento} = \frac{\text{Cantidad Final} - \text{Cantidad Inicial}}{\text{Cantidad Inicial}}$$

En este caso es:

$$\begin{aligned} \text{Tasa de Rendimiento} \\ = \frac{\text{Cierre Promedio IPSA Agosto 2017} - \text{Cierre Promedio IPSA Agosto 2007}}{\text{Cierre Promedio IPSA Agosto 2007}} \end{aligned}$$

$$\text{Tasa de Rendimiento} = \frac{5.153,15 - 3.310,14}{3.310,14}$$

$$\text{Tasa de Rendimiento} = 0,5567$$

La interpretación es que el rendimiento ha sido de 55,67% en un período de 10 años.

Finalmente, se calcula la tasa de rentabilidad anual del mercado:

$$R_m = \sqrt[10]{(1 + 0,5567)} - 1$$

$$R_m = (1 + 0,5567)^{\left(\frac{1}{10}\right)} - 1$$

$$R_m = 1,1594 - 1$$

$$R_m = 0,0452$$

$$R_m = 4,52\%$$

- **Paso 3: Tasa Libre de Riesgo.**

La tasa libre de riesgo corresponde a la rentabilidad de los papeles (bonos) del banco central.

En la página web http://www.bcentral.cl/estadisticas-economicas/series-indicadores/index_db.htm, se busca un archivo Excel llamado “Licitación Bonos del Banco Central de Chile en Pesos - 10 años”. Se escoge ese período de tiempo ya que la tasa de rentabilidad del mercado (R_m) también se calculó en base a un período de 10 años. El mismo archivo está también disponible en dólares y en unidades de fomento, pero la unidad monetaria que se está usando son pesos.

Una vez abierto el archivo, se selecciona una fecha de licitación cercana al presente. En este caso se seleccionará la fecha correspondiente a agosto de 2017 (la misma fecha escogida para determinar la rentabilidad del mercado en el Paso 2).

Tabla Anexo R.3: Licitación de bonos del Banco Central de Chile en pesos (10 años)

Fecha de Licitación	Cupo	Monto Demandado	Adjudicado			Tasa de interés base 365
			Total	Bcos. Y Soc. Fin.	AFP y otros	
31 de agosto de 2017	16.000	44.760	16.000	0	16.000	5,59

Fuente: Banco Central de Chile

Por lo tanto, la tasa de libre de riesgo queda representada por la “tasa de interés base 365”. Es decir, la tasa libre de riesgo corresponde a 4,35%.

$$R_f \equiv \text{Tasa de Interés Base 365}$$

$$R_f = 4,35\%$$

- **Paso 4: Cálculo de la Prima por Riesgo País.**

El riesgo país es la diferencia entre la tasa de interés que paga el Gobierno de Chile y la tasa que paga el Tesoro de los EE.UU., sobre bonos emitidos a los mismos plazos y en las mismas condiciones. Esta mayor tasa de interés, que se traduce en un pago adicional, se asocia al mayor riesgo que perciben los inversionistas de prestarle financiamiento a

Chile ya que suponen que el país tendría una menor capacidad de pago de sus deudas que EE.UU.

El EMBIG (Índice de Bonos de Mercados Emergentes) es una de las herramientas más utilizadas en la valoración del riesgo país. Esto, debido a su lado práctico, ya que con el indicador se puede calcular el interés mínimo que el inversionista debería obtener para que valga la pena asumir el riesgo soberano del país en cuestión. El EMBIG es un índice de riesgo elaborado por la prestigiosa JPMorgan.

El riesgo país de Chile a agosto de 2017 corresponde a 124 puntos base. Un punto porcentual equivale a 124 puntos base, por lo tanto, la prima por riesgo país para Chile sería:

$$R_p = 124 \text{ puntos base}$$

$$R_p = \frac{124}{100}$$

$$R_p = 1,24\%$$

- **Paso 5: Cálculo de la Tasa de Descuento del Proyecto.**

Ahora se vuelve a la fórmula de CAPM:

$$CAPM = k_u = R_f + (R_m - R_f) \cdot B_u + R_p$$

Donde:

$$B_u = 0,83$$

$$R_m = 4,52\%$$

$$R_f = 4,35\%$$

$$R_p = 1,24\%$$

Reemplazando:

$$CAPM = k_u = R_f + (R_m - R_f) \cdot B_u + R_p$$

$$CAPM = k_u = 4,35\% + (4,52\% - 4,35\%) \cdot 0,83 + 1,24\%$$

$$\therefore CAPM = k_u = 5,73\%$$

Por lo tanto, se concluye que la tasa de descuento del proyecto es de 5,73%.

Anexo S: Evaluaciones Económicas

Tabla Anexo S.1: Evaluación Económica Escenario 3

Item	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	\$ 0										
Ingresos		184,100,000	184,100,000	184,100,000	184,100,000	184,100,000	184,100,000	184,100,000	184,100,000	184,100,000	184,100,000
Costo de Ventas		-\$ 82,455,800	-\$ 82,455,800	-\$ 82,455,800	-\$ 82,455,800	-\$ 82,455,800	-\$ 82,455,800	-\$ 82,455,800	-\$ 82,455,800	-\$ 82,455,800	-\$ 82,455,800
Margen Bruto		\$ 101,644,200	\$ 101,644,200	\$ 101,644,200	\$ 101,644,200	\$ 101,644,200	\$ 101,644,200	\$ 101,644,200	\$ 101,644,200	\$ 101,644,200	\$ 101,644,200
Gastos Adm. Y Vtas		-\$ 123,989,100	-\$ 123,989,100	-\$ 123,989,100	-\$ 123,989,100	-\$ 123,989,100	-\$ 123,989,100	-\$ 123,989,100	-\$ 123,989,100	-\$ 123,989,100	-\$ 123,989,100
Depreciaciones		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Resultado Antes de Impuesto		-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900
Impuesto		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Resultado Despues de Impuesto		-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900
Depreciaciones		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Capital de Trabajo	-\$ 500,000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 500,000
Flujo	-\$ 500,000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 500,000
VAN		-\$ 166,719,237	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 22,344,900	-\$ 21,844,900

Fuente: Elaboración Propia

Tabla Anexo S.2: Evaluación Económica Escenario 4

Item	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	-\$ 48,029,530										
Ingresos		473,400,000	473,400,000	473,400,000	473,400,000	473,400,000	473,400,000	473,400,000	473,400,000	473,400,000	473,400,000
Costo de Ventas		-\$ 212,029,200	-\$ 212,029,200	-\$ 212,029,200	-\$ 212,029,200	-\$ 212,029,200	-\$ 212,029,200	-\$ 212,029,200	-\$ 212,029,200	-\$ 212,029,200	-\$ 212,029,200
Margen Bruto		\$ 261,370,800	\$ 261,370,800	\$ 261,370,800	\$ 261,370,800	\$ 261,370,800	\$ 261,370,800	\$ 261,370,800	\$ 261,370,800	\$ 261,370,800	\$ 261,370,800
Gastos Adm. Y Vtas		-\$ 671,731,200	-\$ 671,731,200	-\$ 671,731,200	-\$ 671,731,200	-\$ 671,731,200	-\$ 671,731,200	-\$ 671,731,200	-\$ 671,731,200	-\$ 671,731,200	-\$ 671,731,200
Depreciaciones		-\$ 34,334,879	-\$ 30,519,892	-\$ 26,704,906	-\$ 22,889,919	-\$ 19,074,933	-\$ 15,259,946	-\$ 11,444,960	-\$ 7,629,973	-\$ 3,814,987	\$ 0
Resultado Antes de Impuesto		-\$ 444,695,279	-\$ 440,880,292	-\$ 437,065,306	-\$ 433,250,319	-\$ 429,435,333	-\$ 425,620,346	-\$ 421,805,360	-\$ 417,990,373	-\$ 414,175,387	-\$ 410,360,400
Impuesto		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Resultado Despues de Impuesto		-\$ 444,695,279	-\$ 440,880,292	-\$ 437,065,306	-\$ 433,250,319	-\$ 429,435,333	-\$ 425,620,346	-\$ 421,805,360	-\$ 417,990,373	-\$ 414,175,387	-\$ 410,360,400
Depreciaciones		\$ 34,334,879	\$ 30,519,892	\$ 26,704,906	\$ 22,889,919	\$ 19,074,933	\$ 15,259,946	\$ 11,444,960	\$ 7,629,973	\$ 3,814,987	\$ 0
Capital de Trabajo	-\$ 500,000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 500,000
Flujo	-\$ 48,529,530	-\$ 410,360,400	-\$ 410,360,400	-\$ 410,360,400	-\$ 410,360,400	-\$ 410,360,400	-\$ 410,360,400	-\$ 410,360,400	-\$ 410,360,400	-\$ 410,360,400	-\$ 409,860,400
VAN		-\$ 3,106,087,131									

Fuente: Elaboración Propia

Tabla Anexo S.3: Evaluación Económica Escenario 5

Item	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	- \$ 87.956.882										
Ingresos		999.400.000	999.400.000	999.400.000	999.400.000	999.400.000	999.400.000	999.400.000	999.400.000	999.400.000	999.400.000
Costo de Ventas		- \$ 447.617.200	- \$ 447.617.200	- \$ 447.617.200	- \$ 447.617.200	- \$ 447.617.200	- \$ 447.617.200	- \$ 447.617.200	- \$ 447.617.200	- \$ 447.617.200	- \$ 447.617.200
Margen Bruto		\$ 551.782.800	\$ 551.782.800	\$ 551.782.800	\$ 551.782.800	\$ 551.782.800	\$ 551.782.800	\$ 551.782.800	\$ 551.782.800	\$ 551.782.800	\$ 551.782.800
Gastos Adm. y Vtas		- 253.562.500	- 253.562.500	- 253.562.500	- 253.562.500	- 253.562.500	- 253.562.500	- 253.562.500	- 253.562.500	- 253.562.500	- 253.562.500
Depreciaciones		- 65.278.134	- 58.025.008	- 50.771.882	- 43.518.756	- 36.265.650	- 29.012.504	- 21.759.378	- 14.506.252	- 7.253.126	\$ 0
Resultado Antes de Impuesto		\$ 232.942.166	\$ 240.195.292	\$ 247.448.418	\$ 254.201.544	\$ 261.954.670	\$ 269.207.796	\$ 276.460.922	\$ 283.714.048	\$ 290.967.174	\$ 298.220.300
Impuesto		- \$ 38.235.541	- \$ 60.048.823	- \$ 61.862.104	- \$ 63.675.386	- \$ 65.488.667	- \$ 67.301.949	- \$ 69.115.230	- \$ 70.928.512	- \$ 72.741.793	- \$ 74.555.075
Resultado Despues de Impuesto		\$ 174.706.624,13	\$ 180.146.468,67	\$ 185.586.313,21	\$ 191.026.157,75	\$ 196.466.002,29	\$ 201.905.846,84	\$ 207.345.691,38	\$ 212.785.535,92	\$ 218.225.380,46	\$ 223.665.225,00
Depreciaciones		\$ 65.278.134	\$ 58.025.008	\$ 50.771.882	\$ 43.518.756	\$ 36.265.650	\$ 29.012.504	\$ 21.759.378	\$ 14.506.252	\$ 7.253.126	\$ 0
Capital de Trabajo	- \$ 500.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500.000,00
Flujo	- \$ 88.456.882	\$ 239.984.758,62	\$ 228.171.477,11	\$ 236.358.195,60	\$ 234.544.914,08	\$ 232.731.632,57	\$ 230.918.351,06	\$ 229.105.069,54	\$ 227.291.788,03	\$ 225.478.506,51	\$ 224.165.225,00
VAN	\$ 1.645.486.861										
TIR	271%										
Payback	\$ 151.527.877										

Fuente: Elaboración Propia

Tabla Anexo S.4: Evaluación Económica Escenario 6

Item	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	- \$ 202.425.699										
Ingresos		1.630.600.000	1.630.600.000	1.630.600.000	1.630.600.000	1.630.600.000	1.630.600.000	1.630.600.000	1.630.600.000	1.630.600.000	1.630.600.000
Costo de Ventas		- \$ 730.322.800	- \$ 730.322.800	- \$ 730.322.800	- \$ 730.322.800	- \$ 730.322.800	- \$ 730.322.800	- \$ 730.322.800	- \$ 730.322.800	- \$ 730.322.800	- \$ 730.322.800
Margen Bruto		\$ 900.277.200	\$ 900.277.200	\$ 900.277.200	\$ 900.277.200	\$ 900.277.200	\$ 900.277.200	\$ 900.277.200	\$ 900.277.200	\$ 900.277.200	\$ 900.277.200
Gastos Adm. y Vtas		- 237.437.600	- 237.437.600	- 237.437.600	- 237.437.600	- 237.437.600	- 237.437.600	- 237.437.600	- 237.437.600	- 237.437.600	- 237.437.600
Depreciaciones		- \$ 130.556.269	- \$ 116.050.017	- \$ 101.543.765	- \$ 87.037.513	- \$ 72.531.261	- \$ 58.025.008	- \$ 43.518.756	- \$ 29.012.504	- \$ 14.506.252	\$ 0
Resultado Antes de Impuesto		\$ 532.283.331	\$ 546.289.583	\$ 561.295.835	\$ 575.802.087	\$ 590.308.339	\$ 604.814.592	\$ 619.320.844	\$ 633.827.096	\$ 648.333.348	\$ 662.839.600
Impuesto		- \$ 13.307.083	- \$ 13.669.740	- \$ 14.032.396	- \$ 14.395.052	- \$ 14.757.708	- \$ 15.120.365	- \$ 15.483.021	- \$ 15.845.677	- \$ 16.208.334	- \$ 16.570.990
Resultado Despues de Impuesto		\$ 518.976.248	\$ 533.119.844	\$ 547.263.439	\$ 561.407.035	\$ 575.550.631	\$ 589.694.227	\$ 603.837.823	\$ 617.981.418	\$ 632.125.014	\$ 646.268.610
Depreciaciones		\$ 130.556.269	\$ 116.050.017	\$ 101.543.765	\$ 87.037.513	\$ 72.531.261	\$ 58.025.008	\$ 43.518.756	\$ 29.012.504	\$ 14.506.252	\$ 0
Capital de Trabajo	- \$ 7.500.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.500.000,00
Flujo	- \$ 209.925.699	\$ 649.532.517	\$ 649.169.860	\$ 648.807.204	\$ 648.444.548	\$ 648.081.892	\$ 647.719.235	\$ 647.356.579	\$ 646.993.923	\$ 646.631.266	\$ 653.788.610
VAN	\$ 4.623.503.537										
TIR	309%										
Payback	\$ 439.606.818										

Fuente: Elaboración Propia