

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial



**“Diseño y Desarrollo de un Modelo de Simulación para los flujos
vehiculares proyectados al 2020 en ZEAL”**

Por

Gonzalo Andrés Cueto Pezoa
Cheryl Sashia Galaz Menares

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

Prof. Guía

Luis Seccatore

Noviembre, 2014

INDICE

Glosario de Términos.....	9
Siglas.....	17
Resumen.....	19
Introducción.....	20
1) Capítulo 1: Situación Actual.....	21
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	21
1.2 DESCRIPCIÓN DEL MERCADO.....	27
1.3 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	31
1.3.1 <i>Levantamiento de Procesos ZEAL</i>	31
1.3.2 <i>Diagrama Modelo Operacional según cumplimiento de atributos</i>	32
1.3.3 <i>Diagrama General</i>	35
1.3.4 <i>Procedimientos según función dentro del diagrama general</i>	38
1.3.5 <i>Procedimientos según líneas lógicas</i>	54
1.4 CONTEXTO ACTUAL.....	61
1.5 ÁRBOL DE LA REALIDAD ACTUAL.....	63
1.5.1 <i>Efectos Indeseables</i>	63
<i>Elaboración Árbol de la realidad actual.</i>	67
1.6 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	70
1.7 OBJETIVOS.....	71
1.7.1 <i>Objetivo General</i>	71
1.7.2 <i>Objetivos Específicos</i>	71
2 Capítulo 2: Metodología.....	72
2.1 DESGLOSE DE LA METODOLOGÍA A UTILIZAR.....	73
2.1.1 <i>Formulación del problema y plan de estudio</i>	73
2.1.2 <i>Recolección de datos y definición del modelo</i>	73
2.1.3 <i>Construcción del programa y verificación.</i>	75
2.1.4 <i>Verificación del modelo.</i>	76
2.1.5 <i>Validación del modelo</i>	77
2.1.6 <i>Experimentar con el modelo (Diseño de experimentos).</i>	78
2.1.7 <i>Interpretar resultados</i>	78
2.1.8 <i>Documentación, presentación e implementación de resultados.</i>	79
2.2 MARCO TEÓRICO.....	79
2.2.1 <i>BPM</i>	79
<i>Definición:</i>	79
2.2.2 <i>Las tres dimensiones de BPM</i>	80
2.2.3 <i>Características de BPM</i>	80
2.2.4 <i>Elementos del BPM:</i>	80
2.3 TEORÍA DE COLAS.....	85
2.3.1 <i>Descripción de un sistema de colas</i>	85
2.3.2 <i>Características de los sistemas de colas</i>	86

2.3.3	<i>Patrón de llegada de los clientes</i>	87
2.3.4	<i>Patrones de servicio de los servidores</i>	87
2.3.5	<i>Disciplina de cola</i>	87
2.3.6	<i>Capacidad del sistema</i>	88
2.3.7	<i>Número de canales del servicio</i>	88
2.3.8	<i>Etapas de servicio</i>	88
2.4	SIMULACIÓN	89
2.4.1	<i>Definición</i>	89
2.4.2	<i>Modelos de Simulación</i>	92
2.4.3	<i>Pasos involucrados en los estudios de Simulación.</i>	93
2.4.4	<i>Distribuciones más utilizadas</i>	93
2.4.5	<i>Aplicaciones y paquetes de software de la simulación.</i>	96
2.5	ELECCIÓN DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN.	98
2.6	SOFTWARE ARENA	99
3	Capítulo 3: Aplicación de la Metodología	101
3.1	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y PLAN DE ESTUDIO	101
3.1.1	<i>Recolección de datos y definición del modelo</i>	106
3.1.2	<i>Construcción del programa y verificación.</i>	110
3.1.3	<i>Verificación del modelo.</i>	126
3.1.4	<i>Validación del modelo</i>	132
3.1.5	<i>Experimentar con el modelo (Diseño de experimentos) e Interpretación de resultados</i>	135
	Conclusión	173
2)	Bibliografía	175
	Anexos	176
	ANEXO 1	176
	<i>DÓCIMA DE HIPÓTESIS E INTERVALOS DE CONFIANZA PARA VALIDAR EL MODELO.</i>	176
	ANEXO 2	180
	<i>ALMACENAMIENTO</i>	180
	<i>CONSOLIDADO</i>	181
	<i>EMBARQUE HORTOFRUTICOLA</i>	183
	<i>INSUSDA</i>	185
	<i>PORTEO</i>	186
	<i>SDDD</i>	188
	2.6.2 <i>STACK</i>	190
	<i>CARGA MASIVA</i>	191
	<i>DISTRIBUCIÓN DE LLEGADA</i>	193
	<i>DISTRIBUCIÓN DE SALIDA</i>	194
	<i>GATE DE ACCESO</i>	195
	<i>GATE DE SALIDA</i>	196
	ANEXO 3	197
	<i>INTERVALO DE CONFIANZA DE ALMACENAMIENTO</i>	198

<i>INTERVALO DE CONFIANZA DE CARGA MASIVA</i>	198
<i>INTERVALO DE CONFIANZA DE CONSOLIDADO</i>	199
<i>INTERVALO DE CONFIANZA DE EMBARQUE HORTOFRUTÍCOLA</i>	199
<i>INTERVALO DE CONFIANZA DE EMBARQUE INSUSDA</i>	200
<i>INTERVALO DE CONFIANZA DE EMBARQUE PORTEO</i>	200
<i>INTERVALO DE CONFIANZA DE EMBARQUE SDDD</i>	201
<i>INTERVALO DE CONFIANZA DE EMBARQUE STACKING</i>	201
ANEXO 4	202
<i>TIEMPO PROCESOS</i>	202
ANEXO 5	208
<i>REPORTES</i>	208

Lista de tablas

Tabla 1.1 Información General ZI	25
Tabla 1.2 Atributos	32
Tabla 1.3 Carga Puerto 1er Semestre.....	61
Tabla 1.4 Proyección Carga Puerto al 2020	62
Tabla 1.5 Tabla de Frecuencia	64
Tabla 1.6 Resumen Efectos Indeseados.....	65
Tabla 3.1 Tiempos extraídos de la muestra.	104
Tabla 3.2 Tiempo en cola	128
Tabla 3.3 Cantidad de camiones	128
Tabla 3.4 Tiempo de proceso	129
Tabla 3.5 Datos para situación 0	137
Tabla 3.6 Tiempo de Procesos.....	137
Tabla 3.7 Tiempo promedio en Cola	138
Tabla 3.8 Tiempo promedio en sistema de acceso	139
Tabla 3.9 Cantidad promedio de camiones en espera	139
Tabla 3.10 Datos para Situación 1	140
Tabla 3.11 Tiempo en Cola.....	140
Tabla 3.12 Tiempo promedio en sistema de acceso	141
Tabla 3.13 Cantidad promedio de Camiones en espera	141
Tabla 3.14 Datos Situación 2.....	141
Tabla 3.15 Tiempo en Cola.....	142
Tabla 3.16 Tiempo promedio en sistema de acceso	142
Tabla 3.17 Cantidad promedio de camiones en espera	142
Tabla 3.18 Datos Situación 3.....	143
Tabla 3.19 Tiempo promedio en cola	144
Tabla 3.20 Tiempo promedio en sistema de acceso	144
Tabla 3.21 Cantidad promedio de camiones en espera	144
Tabla 3.22 Datos Situación 4.....	145
Tabla 3.23 Tiempo promedio en Cola	145
Tabla 3.24 Tiempo promedio en sistema de acceso	146
Tabla 3.25 Cantidad promedio de camiones en espera	146
Tabla 3.26 Datos Escenario 1	147
Tabla 3.27 Tiempo promedio en cola de escenario 1	148
Tabla 3.28 Tiempo promedio en sistema de acceso en escenario 1	149
Tabla 3.29 Cantidad promedio de camiones en espera para escenario 1	149
Tabla 3.30 Datos para escenario 2	150
Tabla 3.31 Tiempo promedio en cola para escenario 2.....	150
Tabla 3.32 Tiempo promedio en sistema de acceso escenario 2	151
Tabla 3.33 Cantidad promedio en espera para escenario 2.....	151
Tabla 3.34 Datos para escenario 3	152
Tabla 3.35 Tiempo promedio en Cola para escenario 3	153
Tabla 3.36 Tiempo promedio en sistema de acceso para escenario 3	153
Tabla 3.37 Cantidad promedio de camiones en espera para escenario 3	153
Tabla 3.38 Tabla Comparativa decisión de Escenario año 2018	154
Tabla 3.39 Datos para situación 5.....	155
Tabla 3.40 Tiempo promedio en cola	155
Tabla 3.41 Tiempo promedio en sistema de acceso	156

Tabla 3.42 Cantidad promedio en espera	156
Tabla 3.43 Datos escenario 1	157
Tabla 3.44 Tiempo promedio en cola para escenario 1	157
Tabla 3.45 Tiempo promedio en sistema para escenario 1	158
Tabla 3.46 Cantidad promedio de camiones en espera para escenario 1	158
Tabla 3.47 Datos para escenario 2	159
Tabla 3.48 Tiempo promedio en cola para escenario 2	160
Tabla 3.49 Tiempo promedio en sistema de acceso para escenario 2	161
Tabla 3.50 Cantidad promedio de camiones en espera para escenario 2	161
Tabla 3.51 Tabla comparativa decisión escenario 2019	162
Tabla 3.52 Datos Situación 6	163
Tabla 3.53 Tiempo promedio en cola	163
Tabla 3.54 Tiempo promedio en sistema de acceso	164
Tabla 3.55 Cantidad promedio de camiones en espera	164
Tabla 3.56 Datos Escenario	164
Tabla 3.57 Tiempo promedio en cola	165
Tabla 3.58 Tiempo promedio en sistema de acceso	165
Tabla 3.59 Cantidad promedio de camiones en espera	166
Tabla 3.60 Tabla comparativa decisión escenario 2020	166
Tabla 3.61 Datos para análisis de sensibilidad aumento de un 7%	167
Tabla 3.62 Tiempo promedio en cola	167
Tabla 3.63 Tiempo en sistema de acceso	167
Tabla 3.64 Cantidad promedio de camiones en espera	168
Tabla 3.65 Tiempos de procesos año 2019	169
Tabla 3.66 Datos Análisis de una 7% más en la demanda del 2019	169
Tabla 3.67 Tiempo en cola para 2019 + 7%	170
Tabla 3.68 Tiempo promedio en el sistema de acceso	170
Tabla 3.69 Cantidad de Camiones promedio en espera	170
Tabla 3.70 Comparación procesos con 7% más de demanda y dos puertas de salida	171

Lista de Figuras

Figura 1.1 Ubicación de ZEAL.....	22
Figura 1.2 Layout ZEAL.....	24
Figura 1.3 Estructura Organizacional ZEAL.....	25
Figura 1.4 Andenes ZEAL.....	26
Figura 1.5 Participación de Mercado de PV.....	28
Figura 1.6 Zona de Influencia.....	29
Figura 1.7 Evolución transferencia de carga PV, al año 2008.....	30
Figura 1.8 Evolución transferencia de carga PV, al año 2013.....	31
Figura 1.9 Procedimiento cumplimiento de atributos.....	34
Figura 1.10 Diagrama General.....	37
Figura 1.11 Diagrama Puerta de Acceso.....	41
Figura 1.12 Diagrama SAG.....	44
Figura 1.13 Diagrama Aduana.....	46
Figura 1.14 Diagrama TPS.....	49
Figura 1.15 Diagrama Despacho.....	51
Figura 1.16 Diagrama Puerta de Salida.....	53
Figura 1.17 Diagrama Líneas Logísticas.....	56
Figura 1.18 Gráfico de Carga Total.....	61
Figura 1.19 Gráfico de Barras de Demanda Proyectada al 2020.....	62
Figura 1.20 Efectos Indeseables.....	63
Figura 1.21 Preguntas Encuesta.....	64
Figura 1.22 Árbol de la Realidad Actual.....	69
Figura 2.1 Metodología Hoeger.....	72
Figura 2.2 Notación para cada elemento en BPM.....	81
Figura 2.3 Tipos de Tarea en BPM.....	82
Figura 2.4 Subprocesos en BPM.....	83
Figura 2.5 Compuertas en BPM.....	83
Figura 2.6 Objetos Conectores.....	84
Figura 2.7 Tipos de Canales.....	84
Figura 2.8 Artefacto.....	85
Figura 2.9 Sistema de Cola básico.....	86
Figura 2.10 Sistema Monocanal.....	88
Figura 2.11 Sistema Multietapa.....	89
Figura 2.12 Fórmulas para el cálculo de Beta.....	94
Figura 2.13 Fórmulas de cálculo de Weibull.....	94
Figura 2.14 Fórmulas cálculo de Lognormal.....	95
Figura 2.15 Fórmulas cálculo de Gamma.....	96
Figura 2.16 Fórmulas cálculo de la Normal.....	96
Figura 3.1 Diagrama Proceso de Atención Camiones en ZEAL.....	102
Figura 3.3 Gráfico de Excel de Acopio.....	107
Figura 3.4 Datos Input Analyzer.....	108
Figura 3.5 Gráfico Minitab de Acopio.....	108
Figura 3.7 Módulo Llegada.....	110
Figura 3.6 Modelo en su forma básica.....	110
Figura 3.8 Módulo Decide.....	112
Figura 3.9 Create.....	112

Figura 3.10 Assign	112
Figura 3.11 Hold Software Arena	113
Figura 3.12 Record	113
Figura 3.13 Decide.....	114
Figura 3.14 Módulo Gate de Acceso.....	114
Figura 3.15 Primera parte del modelo y módulo decide antes de líneas logísticas.....	115
Figura 3.16 Record.....	116
Figura 3.17 Assign.....	116
Figura 3.18 Process.....	117
Figura 3.19 Record.....	117
Figura 3.20 Decide.....	118
Figura 3.21 Módulo de Permanencia.....	118
Figura 3.22 Segunda parte del modelo.....	120
Figura 3.23 Record.....	120
Figura 3.24 Assign.....	121
Figura 3.25 Process.....	121
Figura 3.26 Record.....	122
Figura 3.27 Gate de Salida.....	122
Figura 3.28 Última parte del Modelo.....	123
Figura 3.29 Dedide.....	123
Figura 3.30 Process.....	124
Figura 3.31 Record.....	124
Figura 3.32 Modulo Salida.....	125
Figura 3.33 Dispose.....	125
Figura 3.34 Modelo en su versión final.....	126
Figura 3.35 Llegada de Camiones.....	127
Figura 3.36 Camión hacia la salida.....	130
Figura 3.37 Process de Gate de Salida.....	130
Figura 3.38 Camión retomando carretera.....	131
Figura 3.39 Representación del Módulo de Cantidad.....	131
Figura 3.40 Gráfica de Intervalo de confianza conociendo la media de la muestra.....	133
Figura 3.41 Fórmula para calcular el intervalo de confianza	133
Figura 3.42 Reporte simulación para validar modelo.....	134
Figura 3.43 Gráfica de intervalo de confianza para el tiempo de Acopio.....	Fuente:
Elaboración Propia.....	135
Figura 3.44 Modelo sin cambios.....	147
Figura 3.45 Modelo con la adición de una puerta de acceso.....	148
Figura 3.46 Modelo con dos puertas de acceso adicionales.....	150
Figura 3.47 Modelo con dos puertas de acceso y una puerta de salida adicionales.....	152
Figura 3.48 Modelo con dos puertas de acceso adicional con respecto al escenario base.....	Fuente: Software Arena.
Fuente: Software Arena.....	157
Figura 3.49 Modelo con dos puertas de acceso y una puerta de salida adicionales.....	160

Glosario de Términos

Para los efectos de la presente Memoria de Título, todas las referencias, palabras y frases que se encuentran contenidas en su texto tienen el significado siguiente:

- 1) **Agente de Aduana:** Profesional auxiliar de la función pública aduanera, cuya licencia lo habilita ante la Aduana para prestar servicios a terceros como gestor en el despacho de mercancías. (Fuente: Artículo 195 de la Ordenanza de Aduanas)

- 2) **Agente de Naves:** Es la persona, natural o jurídica chilena, que actúa, sea en nombre del armador, del dueño o del Capitán de una nave y en representación de ellos para todos los actos o gestiones concernientes a la atención de la nave en el puerto de su consignación (Fuente: Decreto Supremo (M) N° 374, Reglamento de Agentes de Naves).

- 3) **Agente Responsable o AR:** Es aquella Persona jurídica o natural, o sus dependientes, que prestan Servicios o que representan al armador, al consignatario de la carga o al dueño de la carga ante EPV y ante los Organismos Fiscalizadores del Estado, en todas las gestiones, operaciones, trámites y actuaciones de aquéllos al interior del recinto portuario y en los recintos periféricos. Es un Agente Responsable, entre otros, el Agente de Aduanas, el Agente de Naves, la Empresa de Muellaje, el Concesionario de Frente de Atraque y el Concesionario de otra especie.

- 4) **Andenes:** Es el espacio físico donde se prestan los Servicios de Movilización de Carga en Apoyo a la Fiscalización dentro de la ZAO (Fuente: Reglamento de los Servicios de Movilización de Carga en Apoyo a la Fiscalización de EPV).

- 5) **Atributo documental:** Se refiere a que la carga al ingresar a la ZAO debe contar con cierta documentación “papel” o “digital” (bases de datos), tramitada con anticipación. Se define que una carga sobre un vehículo cumple con este atributo si cuenta con toda la documentación exigida por los organismos fiscalizadores.

- 6) **Atributo de Fiscalización:** Toda carga sobre un vehículo que ingresa a un Terminal Portuario debe haber sido fiscalizada por los organismos fiscalizadores, quienes pueden

decidir, entre no inspeccionar, hacer una inspección documental o efectuar una inspección física.

7) Atributo Operacional: Todo vehículo que ingresa a la ZAO, que debe tener una operación anunciada previamente por un Agente Responsable (AR) y autorizado por EPV en la Planificación Logística

8) Atributo de Seguridad: Todo vehículo y conductor que ingresa a un Terminal Portuario, necesita una ID vigente. Se define que un vehículo o conductor tiene el Atributo de Seguridad cumplido, si cuenta con una ID vigente en la base de datos del SI-ZEAL.

9) Atributo de Semáforo Verde: Todo vehículo que ingresa a un Terminal Portuario, debe contar con la documentación y requisitos establecidos por los terminales en sus manuales de servicios para el ingreso de dicha unidad.

10) Carga Contenedorizada: Es la carga ingresada al interior de los recintos de la ZEAL en Contenedores y almacenada en los mismos módulos.

11) Carga en Tránsito: Son las mercancías extranjeras de paso a través del país, cuando éste forma parte de un trayecto total comenzado en el extranjero y que debe ser terminado fuera de sus fronteras.

12) Carga General: Es cualquier tipo de carga no líquida o sólida a granel, cuya naturaleza, forma, envase o condición de estandarización, determina su modo de manipulación, almacenamiento y transporte.

13) Carga Fraccionada: Es toda la carga general, con excepción de la carga en contenedores.

14) Carga Peligrosa: Es aquella mercancía calificada de tal por la Organización Internacional Marítima (I.M.O), descrita en el Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas.

15) Concesión: Es el contrato solemne, otorgado por escritura pública, a través del cual EPV concede en forma exclusiva a la Empresa el área de concesión, para que la Empresa ejecute obras, preste servicios, desarrolle, mantenga y explote de acuerdo a los términos especificados en el contrato.

16) Conductor: Persona que maneja el mecanismo de dirección o va al mando de un vehículo de transporte.

17) Contenedor: Artefacto de transporte (caja de embalaje, cisterna amovible u otro artefacto análogo):

- a) Que constituye un compartimiento total o parcialmente cerrado, destinado a contener mercancías;
- b) Que tiene el carácter permanente y que es suficientemente resistente para permitir su uso repetido;
- c) Especialmente concebido para facilitar el transporte de mercaderías, sin ruptura de carga, por uno o varios modos de transporte;
- d) Concebido de manera de ser fácilmente manipulado, especialmente con ocasión de su trasbordo de un medio de transporte a otro;
- e) Concebido de manera de ser fácil para llenar y vaciar; y
- f) De un volumen interior de, por lo menos un metro cúbico.

18) Desencarpar: Retirar carpas u otros elementos de protección y fijación, tales como sellos y amarras, que cubren la carga del vehículo de transporte.

19) Desestiba de carga: Significa el desarrumaje de la carga desde la plataforma de un vehículo de transporte, incluyendo todos los recursos y actividades necesarios para la prestación de tal servicio.

20) Destrinca: Corresponde a la liberación de la carga, de los elementos que la aseguran en el vehículo de transporte o en el interior de un contenedor, e incluye todos los recursos y actividades necesarios para la prestación de tal servicio.

- 21) Dólar o US\$:** Significará la moneda de curso legal vigente en los Estados Unidos de América.
- 22) Dry:** Término usado para referirse a un contenedor normal, no refrigerado.
- 23) Edificio Fiscalización:** Corresponde a la infraestructura e instalación en donde los Organismos Fiscalizadores realizan el Proceso de Fiscalización de las mercancías de Exportación e Importación. Entre otros, incluyen: andenes de fiscalización; oficinas de los organismos y otros actores del proceso; sistemas de climatización e iluminación; redes de energía eléctrica; redes de comunicación digital; sistemas de información y de seguridad; instalaciones y equipos para la realización de las labores de control por parte de los organismos del Estado.
- 24) Empresa o ZSC:** Es la sociedad anónima adjudicataria, con la que se ha celebrado el contrato de concesión y que tiene a cargo la operación de la ZEAL.
- 25) Exportación:** Es la salida legal de mercancías nacionales o nacionalizadas para su uso o consumo en el exterior y lo definido en la Ordenanza General de Aduanas.
- 26) Funcionarios Fiscalizadores:** Es el personal de los Organismos Fiscalizadores que cumple funciones de inspección, verificación y/o fiscalización dentro del ámbito de sus respectivas competencias.
- 27) Importación:** La introducción legal de mercancía extranjera para su uso o consumo en el país y lo definido en la Ordenanza General de Aduanas.
- 28) Inspección Física:** Toda inspección, fiscalización y aforo de las mercancías que salen o ingresan al país, mediante su examen físico.
- 29) Operación de la Línea Logística (OLL):** Conjunto de actividades que se realizan al interior de la ZAO para que el Proceso de Fiscalización de una carga de importación/exportación específica concluya en forma exitosa, siempre que al ingreso de la carga a la ZAO, el Agente Responsable haya cumplido con todas las exigencias de los

Organismos de Fiscalizadores para iniciar el proceso de fiscalización y salga de la ZAO con destino al Terminal (carga de exportación o en tránsito) o hacia sus destino (Carga de importación o en tránsito).

30) Organismos Fiscalizadores: Son, entre otros, los siguientes Servicios de la Administración del Estado que tienen facultades fiscalizadoras:

- a) Servicio Nacional de Aduanas SNA
- b) Servicio Agrícola y Ganadero SAG
- c) Servicios de Salud y sus órganos o institutos relacionados, en especial, el Instituto de Salud Pública ISP
- d) Servicio Nacional de Pesca SERNAPESCA
- e) Comisión Chilena de Energía Nuclear CCHEN
- f) Policía de Investigaciones de Chile, en particular la BRIDERPO
- g) Ministerio de Defensa Nacional

31) Planificación Logística: Es el resultado de la reunión diaria de coordinación de operaciones logísticas que realiza la EPV con la participación de los actores involucrados en los procesos de importación y exportación de mercancías por Puerto Valparaíso. Esta reunión de coordinación de operaciones logística permite que la Empresa y cada usuario de la ZAO identifiquen y programe sus recursos y actividades a desarrollar en la ZAO.

32) Precinto: Hilo, bramante, banda o artículos similares, destinados a ser utilizados en combinación con un sello en la sujeción de carpas y similares en los vehículos de transporte de carga.

33) Procedimiento Gestión de Usuario (PGU): Es el procedimiento que deberá aplicar la Empresa para gestionar que los usuarios, particulares, concesionarios, agentes de aduanas, transportistas u otros, realicen las acciones necesarias para que los camiones, personas y la carga cumpla con los atributos de Seguridad, Documental, Operaciones, Fiscalización, Semáforo Verde y coordinación de bajada de vehículos a terminales, con el objeto de aumentar la rotación de la ZAO.

34) Muestra: Conjunto de elementos constitutivos, homogéneos, de una misma naturaleza; naranjas, paltas, cebollas, etc. Cada elemento será medible en su propio mérito: cajas, sacos, bandejas, etc. La cantidad máxima de una muestra es de 50 unidades; que, para efectos del Servicio USDA Muestra, se consideran indivisibles; es decir, cualquier elemento que sea un sumando, superior a 50, generará de inmediato un nuevo Servicio.

35) Sello: Dispositivo de seguridad numerado, que se coloca en las puertas de los contenedores o de los vehículos de transporte cerrados, con el objeto de proteger la inviolabilidad de las cargas.

36) Sistema de Información Gestión de Andenes o SI GA: Es el sistema informático provisto por la Empresa el cual permite administrar y controlar el Servicio de Apoyo a la Fiscalización.

37) Sistema de Información de Gestión de Estacionamiento o SI GE: Es el sistema informático provisto por la Empresa el cual permite administrar y controlar los estacionamientos públicos y privados.

38) Sistema de Información ZEAL o SI-ZEAL: Es el sistema de información provisto por Proveedor Único de Servicios Tecnológicos, a través del cual se operativiza el modelo operacional de ZEAL

39) Slot: Espacio para estacionar un vehículo tipo camión con carga o vacío en la ZAO, para que realice una actividad, propia de la Operación de la Línea Logística u otra aprobada por EPV.

40) Slot-Hora o S-H: Uso de un slot por el período de una hora.

41) Slot-Hora Asignadas o S-H Asignadas: Es la cantidad de slot/hora asignadas por EPV a una Operación de la Línea Logística, cuya administración es de responsabilidad del Agente Responsable.

42) Tonelaje: Es el peso bruto, expresado en toneladas métricas, incluidas las taras de contenedores, cuando corresponda.

43) Uso de Slot-hora en Exceso: Cantidad de horas utilizadas por sobre los slot/hora asignadas a una determinada Operación de una línea logística.

44) Usuario o Usuarios: Corresponde a cualquier Persona, natural o jurídica, que utiliza algún Servicio Básico o Servicio Especial.

45) Vehículo Liberado: Vehículo que transporta carga que ya fue fiscalizada por los organismos pertinentes, según el tipo y condición de la mercancía.

46) Zona de Estacionamiento o Zona de Aparcamiento: Sector dentro del área de concesión destinado al estacionamiento de los vehículos de transporte que ingresen al recinto de la ZEAL Valparaíso.

47) Zona de Actividades Obligatorias (ZAO): Es un recinto dentro de la ZEAL, en el cual se desarrollan las actividades relacionadas con los procesos de control, fiscalización de mercancías y la coordinación del flujo de vehículos.

48) Zona de Extensión (ZE): Es el recinto dentro de la ZEAL, dentro de la cual es posible desarrollar actividades de agregación de valor, distintas de aquellas realizadas en la Zona de Actividades Obligatorias ligadas a la fiscalización.

49) Zona de Extensión de Apoyo Logístico (ZEAL): Es el recinto periférico al Recinto Portuario de EPV, donde se desarrollan las actividades de la ZAO y de la ZE, que está ubicada en el Camino la Pólvara S/N en el cruce Valparaíso a Laguna Verde.

50) Zona Primaria: El espacio de mar o tierra en el cual se efectúan las operaciones materiales marítimas y terrestres de la movilización de las mercancías el que, para los efectos de la jurisdicción del Servicio Nacional de Aduanas, es recinto aduanero y en el cual han de cargarse, descargarse, recibirse o revisarse las mercancías para su introducción o

salida del territorio nacional. Corresponderá al Director Nacional de Aduanas fijar y modificar los límites de la zona primaria.

51) Zona Secundaria: Es la parte del territorio y aguas territoriales que le corresponda a cada Aduana en la distribución que de ellos haga el Director Nacional de Aduanas, para los efectos de la competencia y obligaciones de cada una.

Siglas

DUS: Documento Único de Salida

EPV: Empresa Portuaria Valparaíso

FCL: Full Container Load. Es la condición de un contenedor cargado con mercancías de un solo Consignatario y manipuladas sólo por él, cuya entrega desde el Transportador al Consignatario o su representante, debe efectuarse sin que el módulo sea abierto y vaciado previamente en los recintos portuarios.

FEU: Significa la unidad equivalente a un contenedor de cuarenta (40) pies de longitud.

IQF: Siglas que en inglés significan Individual Quick Freezing, o congelación rápida de manera individual.

LCL: Less than Container Load. Es la condición de un contenedor cargado con mercancías de uno o varios Consignatarios, manipuladas por el Porteador, en que la entrega de la carga desde el Transportador o Porteador al Consignatario o su representante debe efectuarse previo vaciado del módulo en los recintos portuarios.

MINSAL: Ministerio de Salud.

MOP: Ministerio de Obras Públicas

.

PLA: Planificación de Logística Agregada

RUFA: Reglamento de Uso de Frentes de Atraque, que contiene las regulaciones establecidas por EPV, en cumplimiento de la Ley 19.542.

SAG: Servicio Agrícola y Ganadero.

SNA: Servicio Nacional de Aduanas.

SSVSA: Servicio de Salud de Valparaíso y San Antonio, del Ministerio de Salud.

TCVAL: Terminal Cerros de Valparaíso.

TEU: Significa la unidad equivalente a un contenedor de veinte (20) pies de longitud.

TPS: Terminal Pacífico Sur

UON: Unidad operativa normal

UOE: Unidad Operativa de Excepción

USDA (UnitedState Department of Agriculture): Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América, que opera en Puerto Valparaíso.

Resumen

El presente trabajo de título que se despliega a continuación, tiene como principal objetivo analizar, diseñar y desarrollar un modelo de los flujos vehiculares de ZEAL con el fin de presentar un problema existente en la zona logística de Valparaíso y dar soluciones a problemas reales de la empresa. El problema que visualizó la empresa portuaria de Valparaíso, EPV, radica en que ZEAL se verá superada en capacidad para una proyección de demanda de carga al 2020, por otra parte y a raíz de la investigación, se detecta una carencia de un sistema ad-hoc que le permita, tanto a ZEAL en la reunión de planificación de logística agregada (PLA), como a EPV, tener una herramienta que les indique la cantidad de puertas necesarias de entrada y salida, así esta situación dejará de ser una negociación en la reunión PLA entre las empresas involucradas, también se obtendrá una cantidad adecuada de puertas para aportar esto como mejora al problema de capacidad que se predice para el 2020 en ZEAL. Por lo anterior se ha realizado un modelo de simulación

Al comienzo del trabajo se da a conocer la empresa y la participación de ésta en el mercado marítimo portuario, lo cual se denomina Capítulo 1: Situación Actual. En este capítulo también se comienza a identificar y a describir el problema, se inicia con el levantamiento de procesos de las líneas logísticas, luego se identifican los efectos indeseados y con ayuda del Árbol de la realidad actual se concluye planteando la problemática, haciendo énfasis en la necesidad de contar con una herramienta de simulación, se establece el objetivo general y los objetivos específicos del presente trabajo de título. El Capítulo 2 se refiere a la metodología que se utilizará, habla sobre cada punto de la metodología y el marco teórico que sustenta el estudio. El capítulo 3 y final, expone el trabajo realizado con los datos y como se obtiene el modelo de simulación que representa la realidad actual, por otra parte se muestra el modelo que presentará las mejoras a entregar a la empresa y se enuncian las propuestas. Se realiza la evaluación de las mejoras en el modelo y se redactan las conclusiones de las situaciones actuales y en proyección. Finalmente se presentan las conclusiones a las que se llegaron con el estudio, se responde al objetivo general y específicos; y se enuncian las recomendaciones en ayuda de la PLA y se da una posible solución a implementar al problema de capacidad de ZEAL.

Introducción

En la actualidad, cada día es más difícil para las regiones del país, mantenerse vigentes, lograr sobrevivir a los cambios y sobresalir económicamente. Para Valparaíso esto no ha sido novedad, gracias a su puerto, la ciudad es un importante centro comercial, financiero y turístico, ya que éste, ha sido durante muchas décadas el principal puerto de Chile, y lo sigue siendo como referencia, pero es el Puerto de San Antonio el que lo supera actualmente en movimiento de cargas. Por otra parte, Puerto de Valparaíso, es uno de los puertos más emblemáticos de Chile, actualmente, es el principal puerto de contenedores y pasajeros del país y uno con los de mayor actividad de Sudamérica. Anualmente transfiere más de 10 millones de toneladas de carga general y por sus terminales pasan sobre el 30% de todo el comercio exterior del país. Asimismo, por temporada, atiende a cerca de 40 cruceros y 150 mil visitantes, sin nombrar que es uno de los más eficientes de la costa Oeste del Pacífico, por eso es trascendental analizar su desarrollo en los próximos años, considerando que el comercio exterior de Chile se moviliza en un 95% aproximadamente a través de la vía marítima y muchas mercancías de todo el país se embarcan por el puerto de Valparaíso.

El puerto de Valparaíso cuenta con un modelo logístico y de procesos que permite administrar los flujos actuales de carga hacia cada uno de los dos terminales que posee, sin embargo, dadas las proyecciones de crecimiento que establecerá la implementación del plan de desarrollo del puerto se prevé un aumento considerable en los flujos de carga en la zona logística que satisface todos los servicios de carga del puerto de Valparaíso.

Por lo anterior es que se pretende alcanzar en este trabajo, crear un modelo de simulación enfocado a la mejora del servicio de atención de camiones de la empresa ZEAL, particularmente la zona de inspecciones. Esto, a través de herramientas de Ingeniería y de análisis, como: árbol de la realidad actual, diagramación de procesos, depuración de datos, análisis de escenarios, evaluación de alternativas y validación de las mismas, para finalmente concluir con simulaciones y comparar las alternativas propuestas para seleccionar la que mejor pueda contribuir a la solución del problema o mejora de los procesos.

Capítulo 1: Situación Actual

1.1 Descripción de la Empresa

La Zona de Extensión de Apoyo Logístico, ZEAL, ubicada en el camino La Pólvora, a 11 kilómetros del puerto de Valparaíso, corresponde al lugar de control y coordinación logística. Aquí se incluye la zona primaria aduanera de Puerto Valparaíso y un conjunto de servicios agregados para la atención de la carga que es movilizada por este Puerto. Fue concebida y construida con el objetivo de desarrollar un modelo de negocio que maximizara las áreas de acopio en la zona portuaria y minimizara los tiempos de operación dentro del recinto portuario, con una inversión de US\$28 millones para la etapa inicial. Posteriormente, en el año 2009, a través de una licitación pública internacional, la operación del recinto fue adjudicada en Concesión a ZEAL Sociedad Concesionaria S.A., firma perteneciente al grupo AZVI de España, considerando una inversión adicional de US\$21 millones.

ZEAL es un punto de apoyo fundamental para las operaciones de los terminales del puerto a través del Acceso Sur y en el recinto donde se realizan y coordinan los flujos documentales de importación y exportación, que antes se hacían en los sectores de Barón, Bellavista y el Antepuerto Terrestre de Placilla.



Figura 1.1 Ubicación de ZEAL.

Fuente: Imagen Satelital extraída página de ZEAL

La Zona demarcada en color rojo en la Figura 1.1, muestra la ubicación de ZEAL

Visión

Ser reconocidos por los clientes como la plataforma de servicios logísticos con la mejor relación precio/calidad de la región.

Misión

Formar parte de la Cadena Logística de nuestro cliente mediante una plataforma de servicios acorde a sus requerimientos.

Ventajas de ZEAL

ZEAL Inspección y Coordinación.

- Incremento de 15% en áreas de parqueo de camiones, con 590 calzos.
- Aumento de 26% en andenes de revisión aduanera y fitosanitaria, con 34 unidades herméticas y de alta calidad.
- 6 puertas bidireccionales con capacidad total para atender 30 camiones por minuto.
- Sistemas de seguridad, trazabilidad visual y TAG, desde ZEAL a Terminales.

ZEAL Extra portuario

- Moderno centro de transferencia y consolidado de carga hortofrutícola de exportación, que conserva la cadena de frío y calidad de los productos.
- Área de almacenamiento y suministro de energía a contenedores reefer.
- Recinto de depósito aduanero para almacenamiento, consolidación y desconsolidación de contenedores.
- Bodega Logística para almacenaje de mercancías.
- Área de parqueo e inspección de contenedores.
- ZEAL ofrece además: parking, oficinas, comunicaciones, auditorio y un área comercial.

Beneficios para el puerto, Usuarios y Clientes.

- Reducción de 30% en permanencia de vehículos de carga en el sistema portuario.
- Modernas oficinas e instalaciones para usuarios y conductores.
- Información logística en línea 100% disponible.

Beneficios para la Ciudad

- Permite que el puerto opere por el Acceso Sur y hace posible el reordenamiento territorial de la ciudad.
- Traslado de todo el flujo de camiones desde el centro de la ciudad al Acceso Sur, con Reducción de la contaminación, y Mejoramiento de la seguridad vial en arterias urbanas.
- Urbanización del sector alto de Valparaíso.

- Liberación de área de alto valor urbano en el borde costero, para uso de la ciudad
(Fuente: <http://www.zeal.cl/acerca-de-zeal>)
La Figura 1.2 muestra el Layout de ZEAL.



Figura 1.2 Layout ZEAL.

Fuente: Imagen real, trípico ¿qué es ZEAL?

Estructura organizacional

A continuación en la Figura 1.3 se aprecia el organigrama de ZEAL.



Figura 1.3 Estructura Organizacional ZEAL.

Fuente: Información extraída de www.puertovalparaíso.cl

Zona de Inspecciones

Zona de desarrollo de actividades tales como fiscalización, coordinación y control del tráfico a los terminales de Puerto Valparaíso para procesos de importación y exportación. La tabla 1.1 nos entrega información General de la Zona de Inspecciones de ZEAL. (Fuente: www.zeal.cl/acercadezeal)

Tabla 1.1 Información General ZI

Tamaño	20,7 hectáreas
Capacidad	620 camiones aparcados
Inspecciones	34 simultáneas
Fiscalizadores	Aduana, SAG, USDA, Sernapesca, SNS

Andenes de Inspección

ZEAL cuenta con 34 modernos andenes cubiertos que cuentan con: 6 andenes para fiscalización USDA, 12 andenes para SAG, 14 andenes para aforos realizados por Aduana, 2 andenes para inspección de carga congelada y además cuenta con 5 andenes abiertos para verificación de sellos.

Coordinación con Terminales

Facilita el flujo de carga del Puerto de Valparaíso, agiliza las labores de fiscalización de los servicios públicos para la importación y exportación, además coordina con los terminales y entrega monitoreo, trazabilidad y seguridad a las cargas.

Seguridad de la Carga

La carga siempre estará bajo resguardo, ya que ZEAL cuenta con modernos sistemas de seguridad y control para que la carga nunca se vea extraviada o robada. El recinto dispone de equipo de seguridad, sistemas de circuito cerrado de televisión y de un cierre perimetral infrarrojo que asegurarán que la carga llegue intacta a destino.



Figura 1.4 Andenes ZEAL.

Fuente: Imágenes extraídas de www.zeal.cl

1.2 Descripción del mercado

La operación en San Antonio se realiza a través de la filial Puerto Central S.A. (PCE), en competencia con los terminales San Antonio Terminal Internacional (STI), Puerto Panul, Terminal Pacífico Sur (TPS) y Terminal Cerros de Valparaíso (TCVAL) que, en diciembre de 2013, recibió la concesión de Terminal 2 del Puerto de Valparaíso.

En el acumulado a diciembre de 2013, los puertos de la región han trasferido 27.829.584 toneladas repartidos entre carga fraccionada, contenedores, gráneles líquidos y gráneles sólidos.

En la región de Valparaíso, el principal volumen de carga se transfiere en contenedores (74%). Este movimiento está directamente correlacionado con la evolución de la economía local y de la economía mundial.

Participación en el mercado

A Diciembre de 2013, PCE registra una participación de mercado del 7.2%, STI tiene una participación de mercado regional de 47%, TPS tiene un 33.2% de participación del mercado regional, Panul tiene un 8.1% de participación de mercado, TCVAL Terminal Cerros de Valparaíso, tiene un 4.1% y el sitio 9 (administrado por EPSA) un 0,5% de participación de mercado. Como lo muestra la Figura 1.5 (Fuente: Memoria Anual del Puerto de Valparaíso, año 2013)

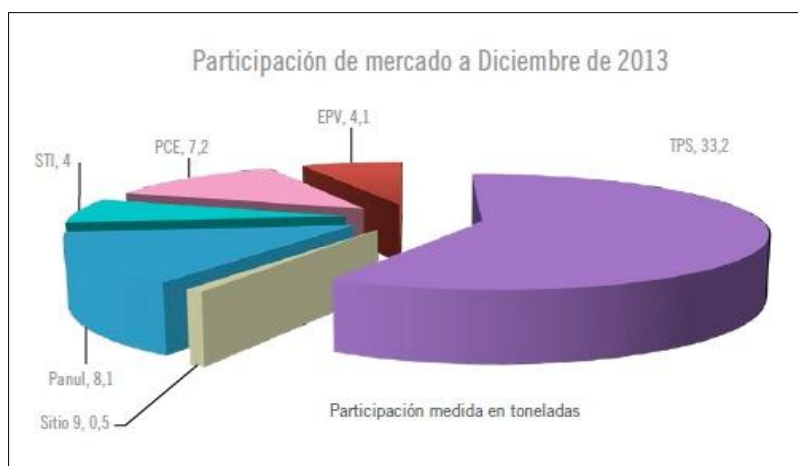


Figura 1.5 Participación de Mercado de PV.

Fuente: Reporte Anual Puerto de Valparaíso.

Zona de Influencia

Puerto Valparaíso se encuentra en la V Región del país y sirve principalmente a las regiones IV, V, VI, VII y Región Metropolitana, además de la región Argentina de Cuyo que se compone de las provincias de Mendoza, San Juan, San Luis y la Rioja.

Con respecto a los puertos, los servicios que recalcan en Valparaíso nos relacionan con terminales de Sur y Centro América, Norteamérica, el Norte de Europa y el Mediterráneo, Asia y Oceanía.

Como parte de su estrategia de integración internacional, Puerto Valparaíso mantiene permanentes relaciones institucionales con los principales puertos y autoridades portuarias del mundo. Los países los muestra la Figura 1.6, con algunos de ellos esta vinculación se ha concretado en Acuerdos de Hermandad. Estos Acuerdos responden al interés del Puerto de posicionarse internacionalmente; promover una cooperación interportuaria; establecer canales para el desarrollo de la industria; y estimular oportunidades de inversión en nuestro puerto. Asimismo, compartir información y experiencias en diversas temáticas que enriquezcan el conocimiento acerca de cómo fueron o serán abordados diversos desafíos con los que se enfrenta el desarrollo de los puertos.



Figura 1.6 Zona de Influencia

Fuente: Revista “Puerto de Valparaíso en el mundo”.

Integración con Zona de Apoyo Logístico

ZEAL es una experiencia pionera en el mundo. Representa un salto cuantitativo en la modernización de la actividad portuaria chilena, gracias a su innovación en procesos, infraestructura y tecnología de información y comunicación.

Desde la temporada de fruta 2007-2008, el sistema portuario de Valparaíso está operando con un nuevo componente que ha contribuido al aumento de la eficiencia y a la disminución de los tiempos de permanencia de camiones al interior del puerto.

La Zona de Extensión de Apoyo Logístico (ZEAL), constituye el primer eslabón de la cadena exportadora, para obtener una participación superior al 50% en el mercado de contenedores de la Región de Valparaíso, con esto, TPS se ha consolidado como uno de los principales terminales marítimos de la costa oeste de Sudamérica. Es un terminal especializado en carga contenedorizada. Hay otros terminales que en base a tonelaje mueven más, pero respecto al tráfico de contenedores son los líderes. Gran parte de las navieras situadas dentro de las diez mayores a nivel mundial en movimiento de este tipo de

carga han elegido a TPS como su principal terminal de recaladas en la zona central de Chile. (Fuente: Memoria anual ZEAL 2012)

La figura 1.7 a continuación denota la diferencia que existe desde el 2008 a la fecha con la implementación de ZEAL. Así mismo la figura 1.8 nos muestra la evolución de la contenerización de la carga transferida Puerto Valparaíso.

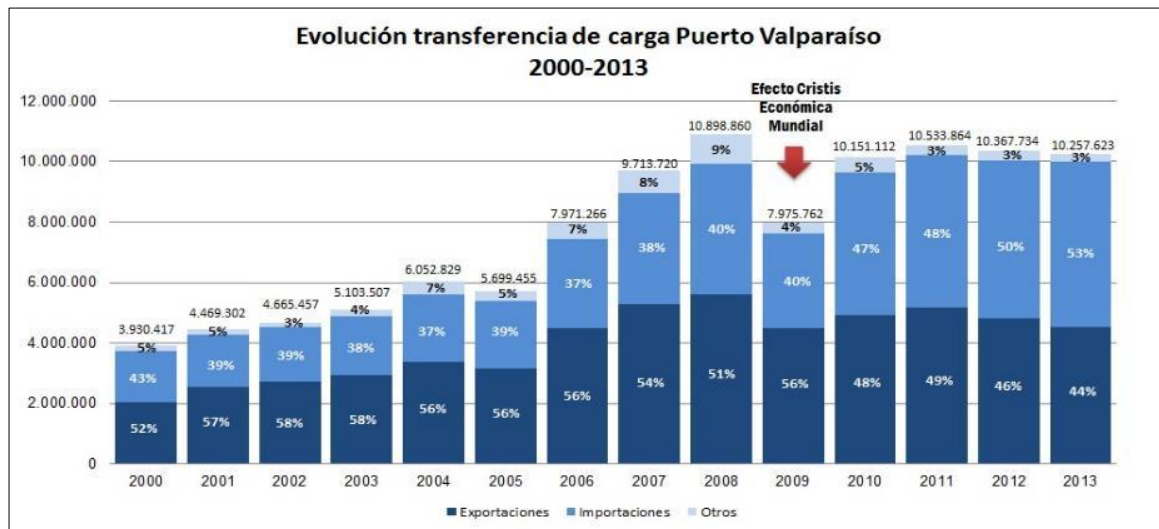


Figura 1.7 Evolución transferencia de carga PV, al año 2008.

Fuente, www.puertovalparaíso.cl

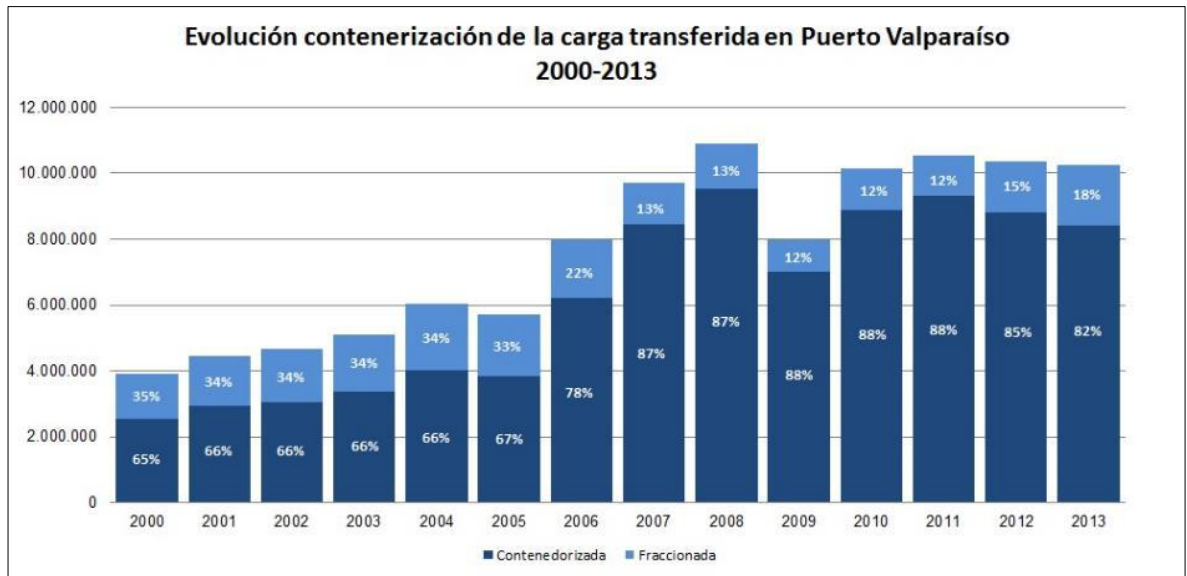


Figura 1.8 Evolución transferencia de carga PV, al año 2013.

Fuente: www.puertovalparaiso.cl

1.3 Identificación y Descripción del problema

1.3.1 Levantamiento de Procesos ZEAL

1.3.1.1 Modelo Operacional

La entidad responsable de operar ZEAL es ZSC, ésta hace que los distintos actores cumplan los requerimientos que impone el modelo operacional de ZEAL para cada uno de los procesos de las distintas líneas logísticas.

El modelo operacional de ZEAL está basado en el cumplimiento de Atributos Operacionales, que, a través del Sistema de Información del puerto (SI-ZEAL), logran el control, coordinación e interacción simultánea con los distintos sistemas de los actores de la cadena logística-portuaria. Cabe mencionar que la activación de los atributos en el SI-ZEAL es de forma secuencial, lo que significa que mientras no se tenga el atributo anterior no se puede activar el siguiente; ejemplo si un camión ingresa con atributo S, no puede adquirir atributo F, sino ha solucionado su problema con el atributo D de documentación y menos si no contiene atributo O.

Los Atributos Operacionales anteriormente mencionados, siguen en la tabla 1.2

Tabla 1.2 Atributos

Atributo	Descripción	Responsable
S (Seguridad)	Validación vigencia de permisos de Ingreso para conductores y camiones (Autoridad Marítima)	Transportistas y Agencias de Aduana
D (Documentación)	Validación del registro "Anticipado" de documentación en SI ZEAL (Fiscalizadores)	Agencias de Aduana
O (Operación)	Asignación "Anticipada" de los Documentos a operación definida por Terminales	Agencias de Aduana
F (Fiscalización)	Asignación del atributo asociado a las actividades de los Organismos Fiscalizadores	Agencias de Aduana y Fiscalizadores
V (Semáforo)	Cumplimiento de requerimientos de Terminales de acuerdo a Manuales de Servicio	Agencia de Aduana
T (Terminal)	Autorización de Bajada a Puerto previa Solicitud de Terminales	Terminales y Operador ZEAL

Fuente: Carta de EPV hacia el presidente de la Asociación de Exportadores de Chile, Explicación del Nuevo Sistema Operacional de ZEAL, año 2008

1.3.2 Diagrama Modelo Operacional según cumplimiento de atributos

En la figura 1.9, se muestra el diagrama de procedimiento del cumplimiento de los atributos para cada uno de los camiones de las distintas líneas logísticas, ya sea al recepcionar la documentación cuando llega a ZEAL como también cuando pasa por los diferentes estacionamientos hasta concluir en la Zona Disponible a la espera que el Terminal Portuario solicite su bajada.

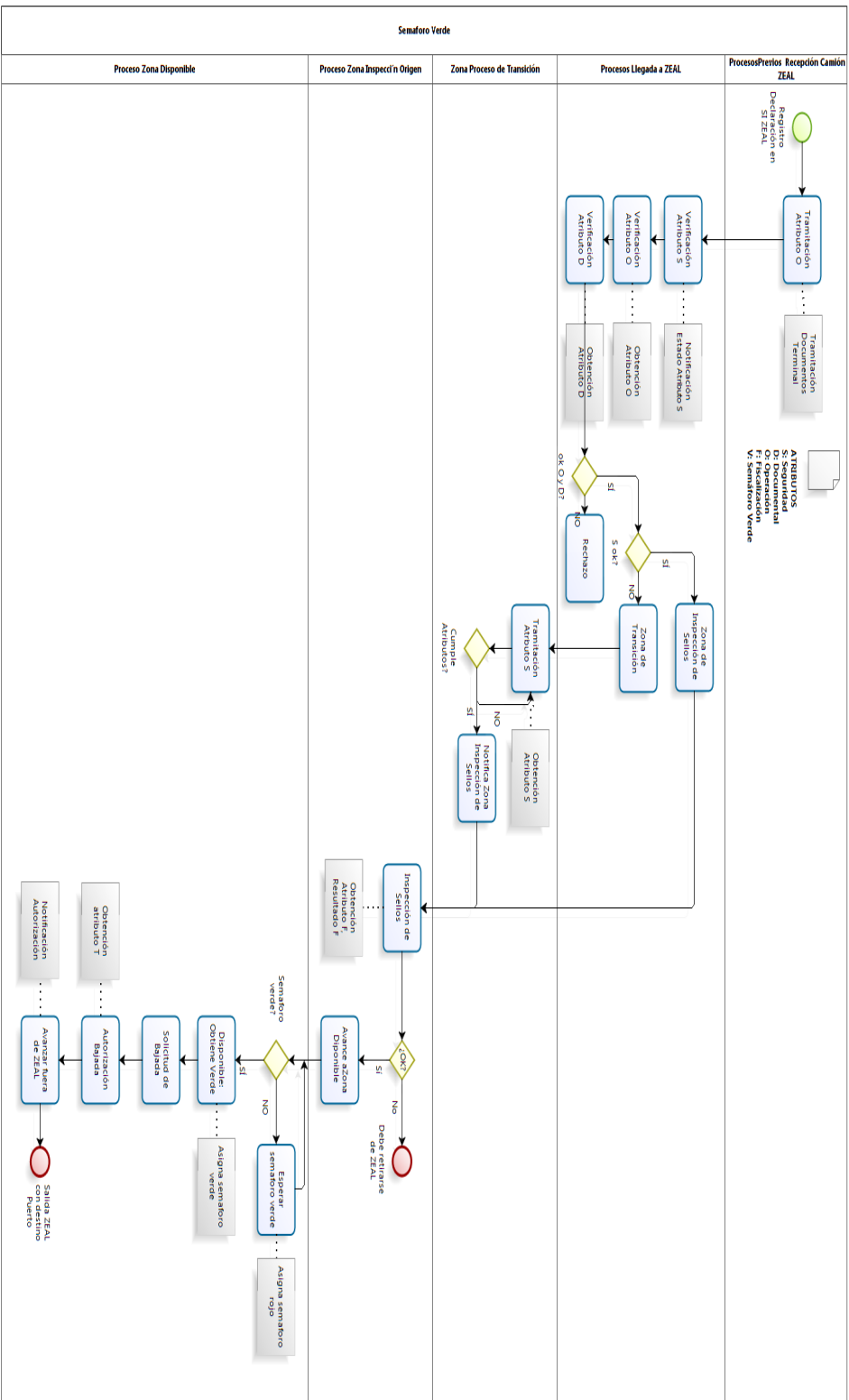


Figura 1.9 Procedimiento cumplimiento de atributos.

Fuente: Diagrama de elaboración propia.

1.3.3 Diagrama General

El diagrama presentado en la figura 1.10, nos muestra la secuencia de pasos que todo camión que desee ingresar al Puerto debe realizar previamente (con excepción de los camiones que van a dejar contenedores vacíos), y esto es que deben pasar primeramente por la Zona de Actividades Obligatorias (ZAO), que está a cargo de ZEAL.

Como muestra el diagrama, el primer paso es pasar por las Puertas de Acceso, donde el conductor presenta la documentación en las cabinas de ZEAL. Los operarios de las cabinas verifican el estado documental y operacional de la carga transportada en el caso de exportación y en importación verifican el estado documental igualmente y además ven que este todo en regla respecto a la hora de citación. Si todo está en orden se autoriza el ingreso del camión. En caso de no contar con las coordinaciones necesarias, se deja ingresar de igual forma el vehículo a ZEAL, pero el conductor debe informar al Agente Responsable respectivo, para que solucione el problema de no enrolamiento.

Ya dentro de ZEAL todo trámite documental queda a cargo del Agente Responsable (AR), quien prepara la documentación conforme las exigencias de los Organismos Fiscalizadores y Coordina con la Empresa la prestación del Servicio.

Dicha información genera en el SI-ZEAL una asignación de Andén en forma manual o Automática y dispone la ubicación del vehículo de transporte en el lugar de la operación.

Luego, dependiendo del tipo de carga, el Agente Responsable debe realizar todos los trámites necesarios para que el camión quede autorizado para bajar al puerto. En el caso de la exportación el Agente Responsable debe pasar por los distintos organismos fiscalizadores, como lo son el SAG, la Aduana y el TPS, donde el único organismo que es obligatorio según el tipo de carga es el SAG, por lo cual genera en nuestro diagrama un punto de decisión, donde sólo pasa por SAG de ser necesario, de no ser así pasa de inmediato a Fiscalización Aduanera.

El Agente Responsable presenta la documentación a los Organismos Fiscalizadores (Servicio Nacional de Aduanas, Servicio Agrícola Ganadero, Sernapesca, SAG-USDA, TPS,

Seremi de Salud). Estos organismos controlan el estado documental y físico de la carga, autorizando su exportación.

Teniendo el estado documental aprobado el camión pasa a Semáforo Verde o Sello Verde, lo cual nos indica que el camión debe tener todos los permisos de los organismos fiscalizadores, lo que a su vez significa que su ficha en el SI-ZEAL contiene todos los atributos mencionados en el modelo operacional. (S,O,D,F,V,T)

Por último se produce la Coordinación con el Terminal, si la carga se encuentra autorizada por los Organismos Fiscalizadores y autorizada para el ingreso al Terminal, el conductor debe esperar la solicitud de éste y la autorización de bajada por parte de ZEAL que es informada a través de llamado a celular, notificación por pantallas, auto-consulta o megafonía.

Por otra parte, en el caso de la importación el Agente Responsable solo debe tramitar en el TPS la habilitación del camión para que éste pueda bajar al puerto a buscar la carga asignada, donde TPS lo que hace es coordinar con el puerto para autorizar la bajada a éste.

Finalmente el camión sale por las Puertas asignados para la salida, donde el operario de las cabinas verifica los atributos y notifica la salida del recinto.

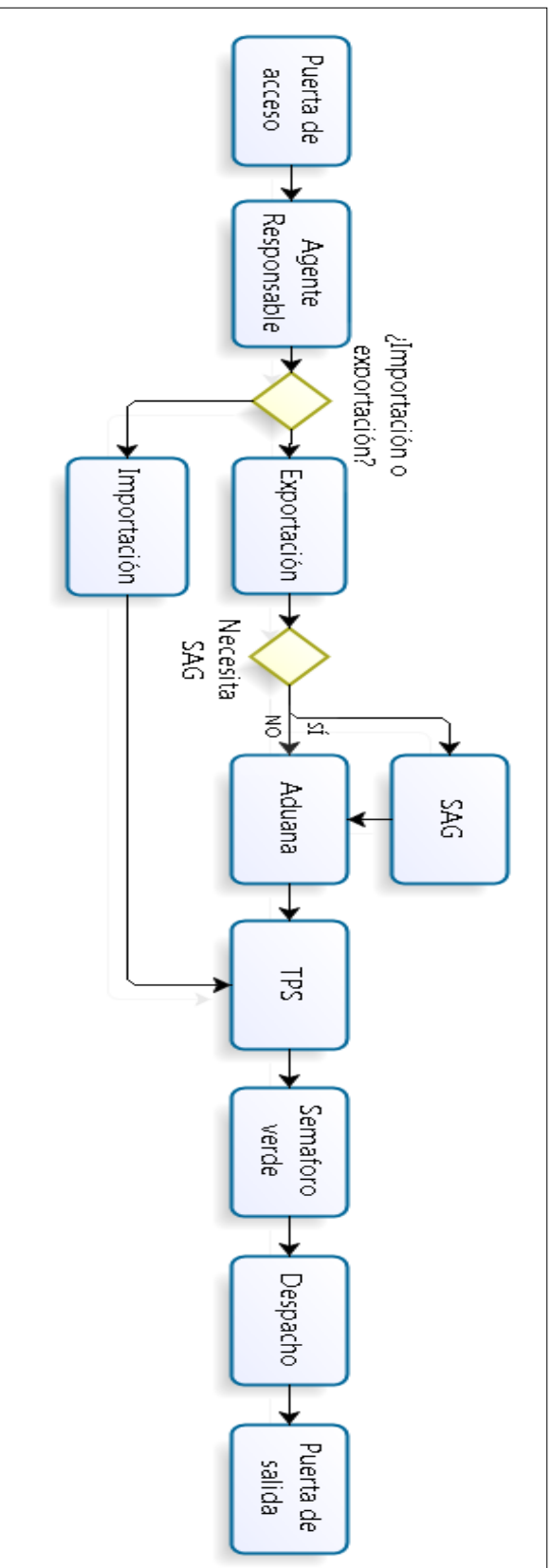


Figura 1.10 Diagrama General.

Fuente: Diagrama de elaboración propia.

1.3.4 Procedimientos según función dentro del diagrama general

1.3.4.1 Puerta de Acceso

En el ingreso al recinto se lleva a cabo el registro de todos los vehículos que accedan a ZEAL.

En toda instancia se controla el acceso de:

1. Personas:

- Funcionarios de los servicios fiscalizadores.
- Empleados de la Sociedad Concesionaria.
- Conductores de camiones registrados y autorizados por las empresas de transportes. Los acompañantes que no tengan dicha calificación, no podrán ingresar al recinto, pudiendo permanecer en la zona destinada a actividades comerciales.
- Empleados de empresas que prestan servicios relacionados con la actividad principal de Zeal SA. (agencias de aduana y empresas de transporte).
- Empleados de empresas contratadas por la Sociedad Concesionaria para el desempeño de actividades secundarias.
- Visitantes comerciales.

Para el libre tránsito de las personas, deben llevar consigo la TARJETA DE IDENTIFICACIÓN, ésta la deberá llevar en un lugar visible durante toda su permanencia en el recinto y será devuelta a la salida.

2. Vehículos:

- Vehículos que ingresan o salen de zona primaria para cumplir ante los organismos fiscalizadores (SNA, SAG, USDA, SNS Y SERNAPESCA) con los requisitos legales a los que está sometida la carga.

- Vehículos que no ingresan a zona primaria y que corresponden a personas que realizan algún tipo de actividad laboral en ZEAL o a visitas.

Todo vehículo que pase por una cabina de Puerta de acceso y puesto de control deberá ser registrado por el sistema de gestión de ZEAL.

Documentos solicitados por Línea Logística

Para ingresar a ZEAL los vehículos deben contar con su documentación tramitada anticipadamente ante los Organismos Fiscalizadores y haber sido coordinados a una operación en el SI-ZEAL por parte de los Agentes Responsables correspondientes. Es un Agente Responsable, entre otros, el Agente de Aduanas, el Agente de Naves, la Empresa de Muellaje, el Concesionario de Frente de Atraque y el Concesionario de otra especie.

Registro al ingresar a ZEAL

En el área de control de acceso SI-ZEAL se identifica el vehículo por su TAG y al conductor por medio de dispositivos tecnológicos. Si tanto el vehículo como el conductor están debidamente registrados, el operario procede a ingresar el número de celular del conductor en el SI-ZEAL. En caso de no estar enrolado, el operador de la cabina de control de acceso deberá registrar el nombre del conductor, Rut y número de celular, además de la patente del vehículo en el SI-ZEAL.

Una vez controlados el vehículo y el conductor, el operador realiza la revisión de los documentos.

Si la unidad de carga cumple con los pasos anteriores se le reconocerá como “unidad operativa normal” (UON) y se comenzará a contabilizar los S-H al Agente Responsable. En caso de no cumplir con los atributos documentales (que el agente responsable no haya tramitado), se establecerá con “Unidad Operativa de Excepción” (UOE).

Las UOE se deben dirigir a la zona de transición para que el agente responsable trámite el atributo documental.

Las UON que, además de cumplir con el atributo documental, cumplen con los atributos de seguridad y operación, podrán avanzar a la Zona Disponible, previo aviso por parte de SI-ZEAL. De no cumplir los segundos atributos se trasladara a la zona de transición.

En la figura 1.11, se muestra a través de un diagrama de piscina el proceso anteriormente descrito.

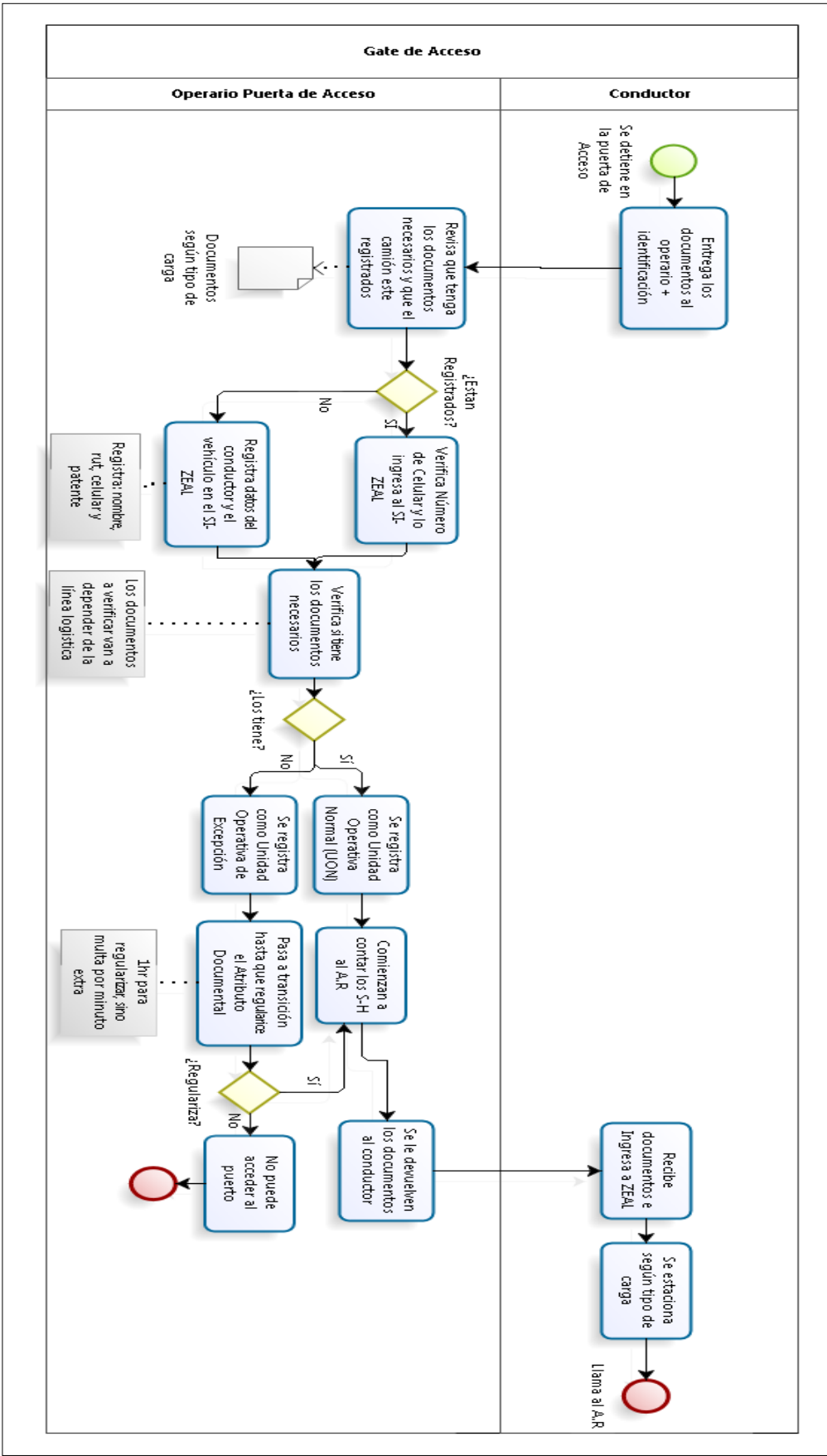


Figura 1.11 Diagrama Puerta de Acceso.

Fuente: Diagrama de elaboración propia.

1.3.4.2 Agente Responsable

Es aquella persona jurídica o natural, o sus dependientes, que prestan Servicios o que representan al armador, al consignatario de la carga o al dueño de la carga ante EPV y ante los Organismos Fiscalizadores del Estado, en todas las gestiones, operaciones, trámites y actuaciones de aquéllos al interior del recinto portuario y en los recintos periféricos. Es un Agente Responsable, entre otros, el Agente de Aduanas, el Agente de Naves, la Empresa de Muellaje, el Concesionario de Frente de Atraque y el Concesionario de otra especie.

El Agente Responsable tiene como función principal dentro de ZEAL preparar la documentación conforme las exigencias de los Organismos Fiscalizadores y a su vez coordinar con la empresa la prestación del servicio. (Fuente: Manual de Servicios ZAO en ZEAL)

1.3.4.3 SAG

Sus actividades están asociadas a la fiscalización, control y coordinación final del tráfico de las cargas inspeccionadas o rechazadas en ZEAL. La zona de inspección cuenta con 34 modernos andenes de los cuales 6 andenes son para fiscalización USDA y 12 andenes para SAG.

Descripción de los procedimientos del SAG

Cuando un camión ingresa a ZEAL el SI ZEAL identifica la carga a la que se le debe ejecutar Inspección Física e informa al SI GA. Éste asigna un número de inspección a cada camión e informa al Agente Responsable.

El Agente Responsable prepara la documentación conforme las exigencias de los Organismos Fiscalizadores y Coordina con la Empresa la prestación del Servicio. Dicha información genera en el SI GA una asignación de Andén en forma manual o Automática y dispone la ubicación del vehículo de transporte en el lugar de la operación.

Luego se registra el control horario de todo el proceso de la inspección, los datos del contenedor y el tipo de carga inspeccionada, se procesa a retirar sellos y sujeciones del contenedor, como también a destrincar la carga en el interior del contenedor, retirando sujeciones y amarras, cuando corresponda. Posterior a lo anterior se debe descargar los bultos desde el contenedor hasta la superficie del andén, o a los mesones de inspección, o salas de revisión, según lo disponga el fiscalizador.

Se comienza a movilizar y seleccionar bultos en el apilamiento, según sea dispuesto y requerido por el fiscalizador del Servicio Nacional de Aduanas que practica el aforo físico o por el fiscalizador de algún otro servicio público o fiscalizador, que practica la inspección, después se debe obtener las muestras de mercancías que requiera el fiscalizador.

Llegando al final de la fiscalización se debe realizar la inspección por el fiscalizador y efectuar el cargue de los bultos al interior del contenedor, acomodar y afianzar correctamente la carga en el interior del contenedor y ejecutar la colocación de los sellos del contenedor, provistos por el agente representante.

El SAG verifica la documentación y registra los resultados (si fue aprobada o no la inspección documental) en el SI-ZEAL.

En el caso de una UOP el Agente Responsable del exportador debe regularizar la situación. Si la situación se regulariza el SI-ZEAL notifica al Agente Responsable del exportador la transformación de UOP a UON.

En el caso de una UOE se deben poner al día todos los procedimientos nombrados anteriormente para que una unidad de carga sea denominada UON.

A continuación en el diagrama de la figura 1.12 se muestran las actividades y procedimientos del SAG en su labor como organismo fiscaliza.

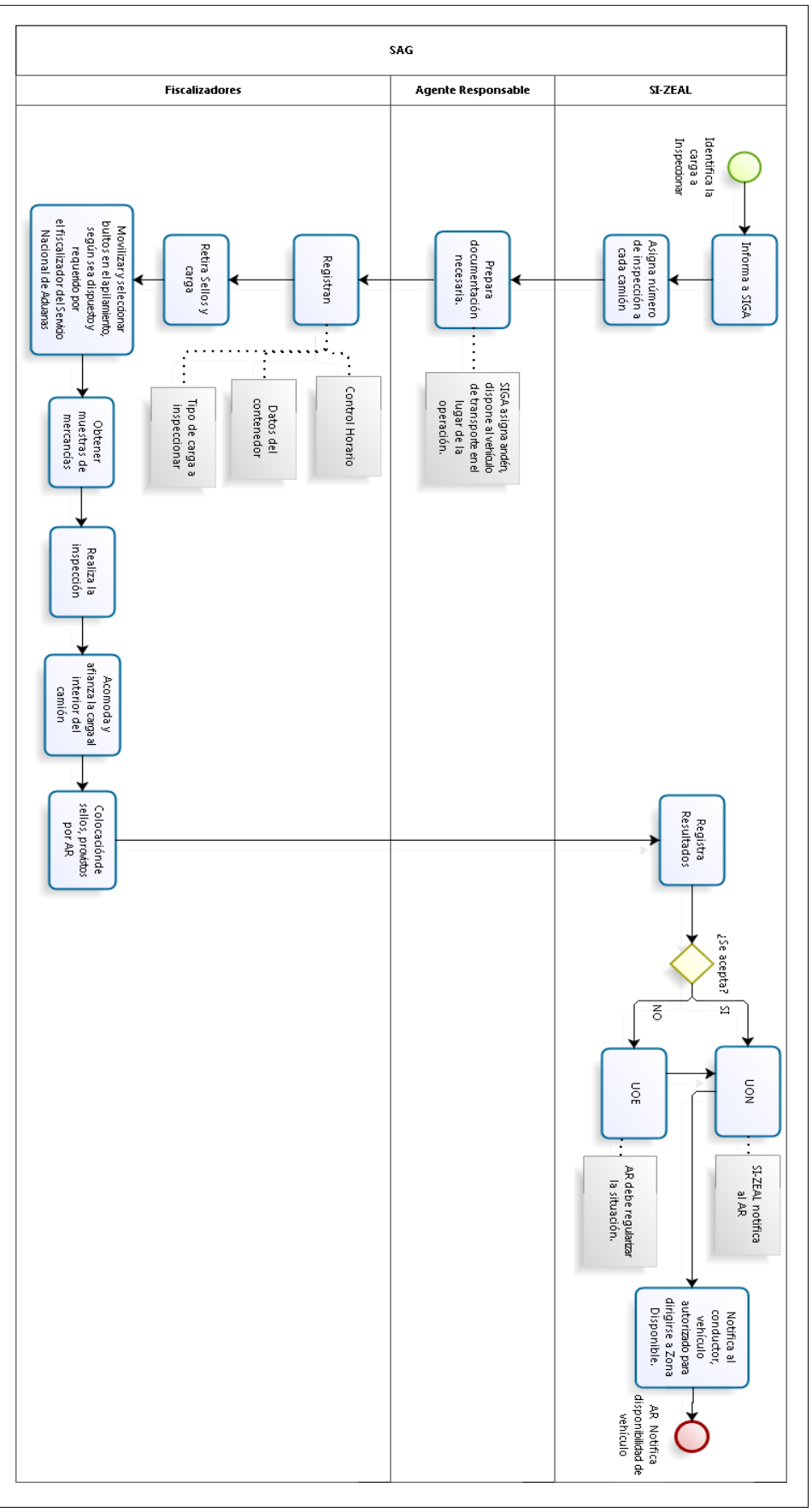


Figura 1.12 Diagrama SAG.

Fuente: Diagrama de elaboración propia.

1.3.4.4 Aduana

Cuando se quiere exportar cierta carga, el Agente Responsable lleva los Documentos a la Aduana para cumplir con la correspondiente inspección. El procedimiento de dicha inspección es la siguiente:

- El Operario de Aduana recibe los Documentos, los revisa y según lo observado verifica si necesita o no Fiscalización Documental, la cual significa que el Agente Responsable deberá llevar todos los antecedentes que respaldan los documentos de embarque de mercancías, para así corroborar que lo declarado es realmente cierto.
- Cuando la evaluación documental es rechazada, se le informará a los organismos competentes, los cuales son frecuentemente el respectivo Agente Responsable y el administrador o director regional.
- Cuando no es necesaria la Inspección Documental o los documentos están aprobados, el Operario de Aduana, según los documentos revisados, analiza si es necesaria la inspección física, con lo cual se busca observar que lo informado coincida con lo examinado.
- Al ser rechazado en este punto se le informa al Agente Responsable en conjunto del Director Regional o Administrador.
- Por el contrario, cuando es aprobada y la información coincide, se timbran los Documentos y son devueltos al Agente Responsable, el cual procede a dirigirse al TPS quien es el último organismo fiscalizador.

El procedimiento descrito, se presenta de manera gráfica en la figura 1.13.

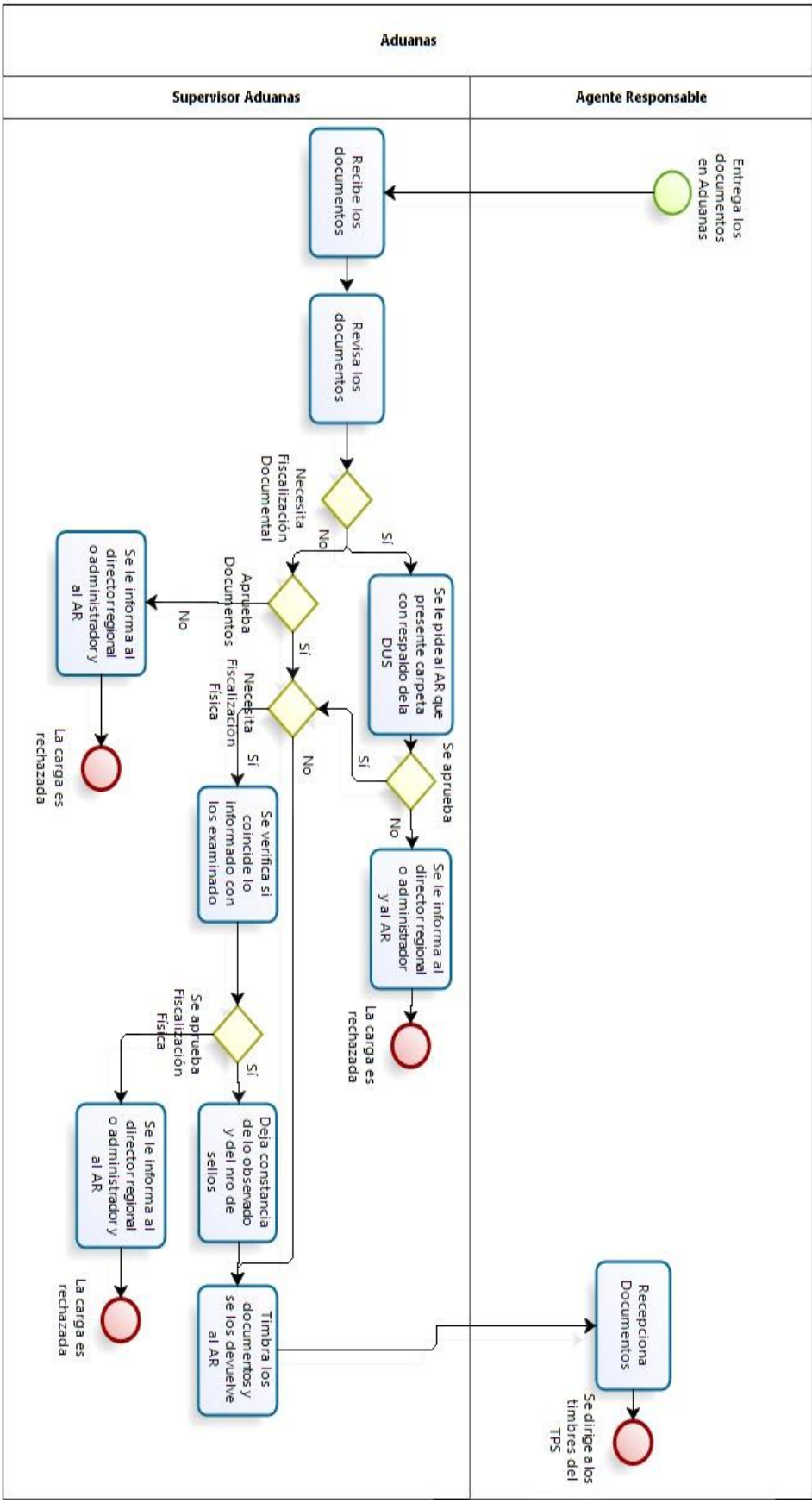


Figura 1. 13 Diagrama Aduana.

Fuente: Diagrama de elaboración propia.

1.3.4.5 Terminal Pacífico Sur

TPS entrega servicios integrales relacionados a la recepción, conexión y monitoreo de la documentación de los contenedores normales y contenedores Reefer, que pasan por ZEAL.

Descripción Procedimientos TPS

A. Para Stacking de Containers con Carga normal, el procedimiento es el siguiente: TPS está facultado para recibirlas, SIN DAR LA SEGURIDAD Y GARANTIA, que los contenedores serán posteriormente embarcados, por cuanto estos solamente han sido aceptados para el monitoreo de documentación y de las temperaturas en caso de contenedor reefer.

Si la revisión es sólo documental, el AR entrega los documentos al operador TPS, éste los revisa y si los documentos están ok, los timbra. En caso contrario, si existen faltas en los documentos, el caso se entrega al AR, cuando éste encuentra solución al problema se los devuelve al operador TPS y sigue el conducto regular, de timbrado y tramitación del atributo V. El proceso termina cuando el AR le entrega los documentos al conductor del camión.

B. Para Stacking de Containers con Carga refrigerada y congelada, está regida por el siguiente procedimiento:

La recepción de Unidades reefer, se realizará exclusivamente con cartas de temperatura que presenten el V° B° de la Línea y que sean enviados vía email por el Departamento de Documentación. En términos normales, el operador de TPS debe tener la carta enviada por la Línea vía correo electrónico, ya que de esa forma la Línea reconoció la carta de instrucción de temperatura que es presentada por el cliente o su representante.

Toda unidad que no cumpla con este requerimiento, no es recibida. Cuando un contenedor no cumple con la carta de temperatura timbrada y sin V° B° o cualquier otro problema que se genere por la carga, los costos serán traspasados directamente a la carga,

entendiéndose por esto, al exportador o su representante. Sobre las diferencias de chequeo entre booking y carta de temperatura: se sabe que la primera opción es la carta de temperatura. Sin embargo, vía mail se solicitará a la Línea la confirmación de los datos, si no hay respuesta, primará la información de la carta de temperatura

Para todos los efectos de recepción de cargas refrigeradas, TPS está facultado para recibirlas, sin dar la seguridad y garantía, que los contenedores serán posteriormente embarcados, ya que estos solamente serán aceptados para el monitoreo de las temperaturas. De lo anterior, entonces: un contenedor reefer llega dentro del programa de recepción previamente enviado, es recibido para monitoreo de temperatura y ante la eventualidad que su embarque se vea abortado por no cumplir con la temperatura de chequeo, los costos serán traspasados a la carga, liberando de esta manera a la Línea de todo extra costo. Por su lado la Línea deberá contactar a su cliente e informarle de la cancelación de su contenedor y que deberá acercarse a facturación de TPS.

NOTA1: La recepción de Container con Carga IQF, con Carta de Temperatura de -18° ó más frío, se recibirán siempre y cuando se presente en la Puerta de Control con T° de $15^{\circ} / -21^{\circ}$ (temperatura de retorno, grados Celsius, o su equivalente a una diferencia de $\pm 3^{\circ}$ Celsius). (Fuente: Manual de Recepción para Stacking y Embarque de Container con Carga Refrigerada, Congelada y con carga normal, Departamento de Operaciones TPSV)

NOTA2: La recepción de contenedores en condición "late arrival" se regirá por: Si al momento del embarque no cuenta con la amplitud requerida por la Línea, TPS no deberá embarcarla y los costos serán por cuenta de la carga. (Fuente: Manual de Recepción para Stacking y Embarque de Container con Carga Refrigerada, Congelada y con carga normal, Departamento de Operaciones TPSV)

Cuando los documentos y los casos de excepción están solucionados, revisados y timbrados, se tramita atributo V y el AR le entrega los documentos al conductor del camión. A continuación en la figura 1.14 del diagrama del TPS, se muestra lo anteriormente descrito.

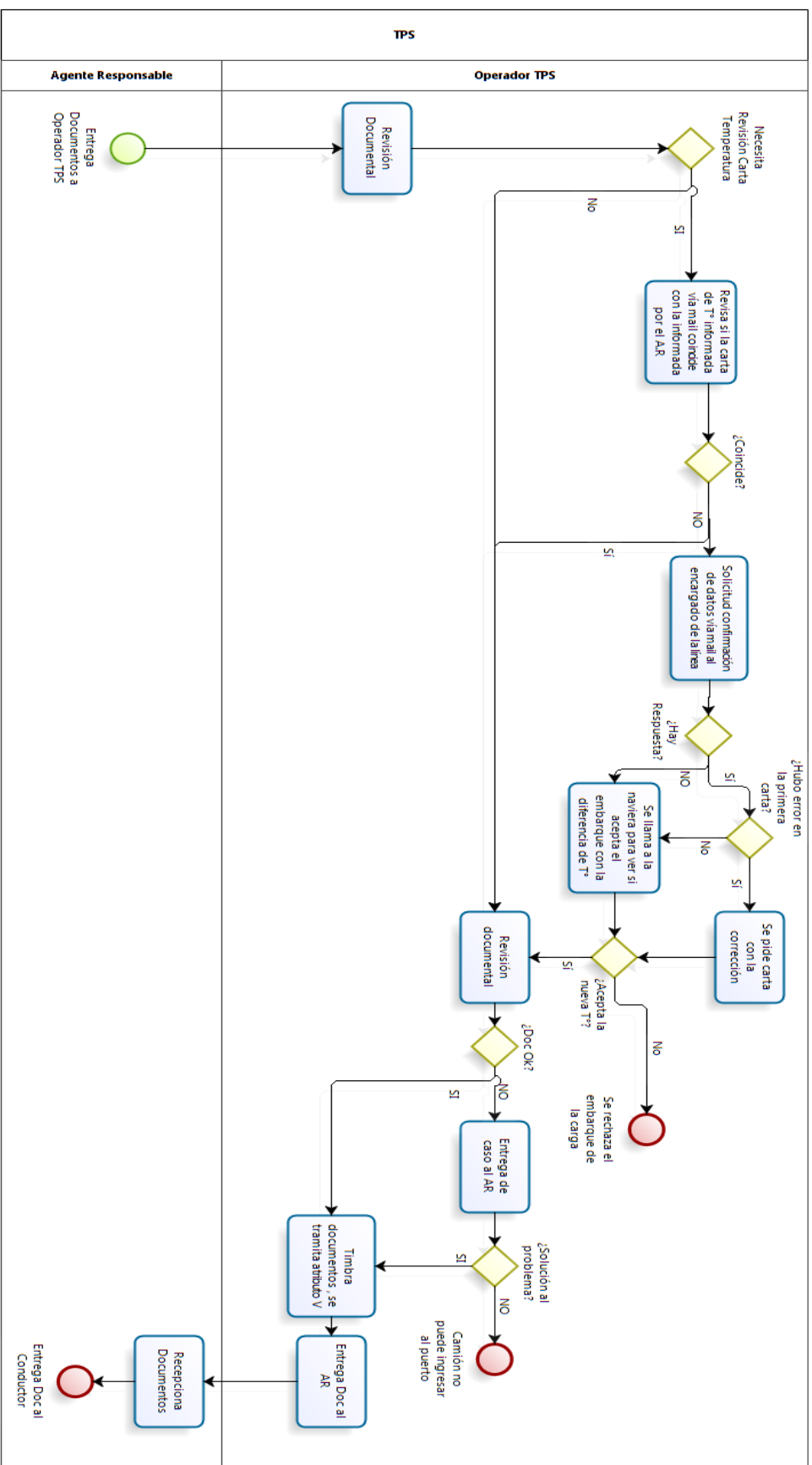


Figura 1.14 Diagrama TPS.

Fuente: Diagrama de elaboración propia.

1.3.4.6 Semáforo Verde

El verde del semáforo se activa para las cargas de exportación cuando éstas cumplen con los requerimientos de los terminales, de acuerdo a los manuales de servicio. Éstos son el cumplimiento de reserva (booking) y otras exigencias de la carga que deben ser tramitadas por el agente de aduana, como son los trámites con los organismos fiscalizadores. Aquí debe estar todo aprobado y sólo se espera la tramitación del atributo T, el que indica una real solicitud del camión desde el Terminal.

1.3.4.7 Despacho

En la figura 1.15 se describe lo siguiente: Cuando ya están todos los atributos tramitados y aprobados, entonces el camión pasa a la Zona Disponible siempre y cuando sea exportación porque de ser importación el camión ya se encuentra en dicha zona.

Por lo tanto si la carga se encuentra autorizada por los Organismos Fiscalizadores y autorizada para el ingreso al Terminal, el conductor debe esperar la solicitud del terminal y la autorización de bajada que es informada a través de: llamado a celular, notificación por pantallas, auto-consulta y megafonía.

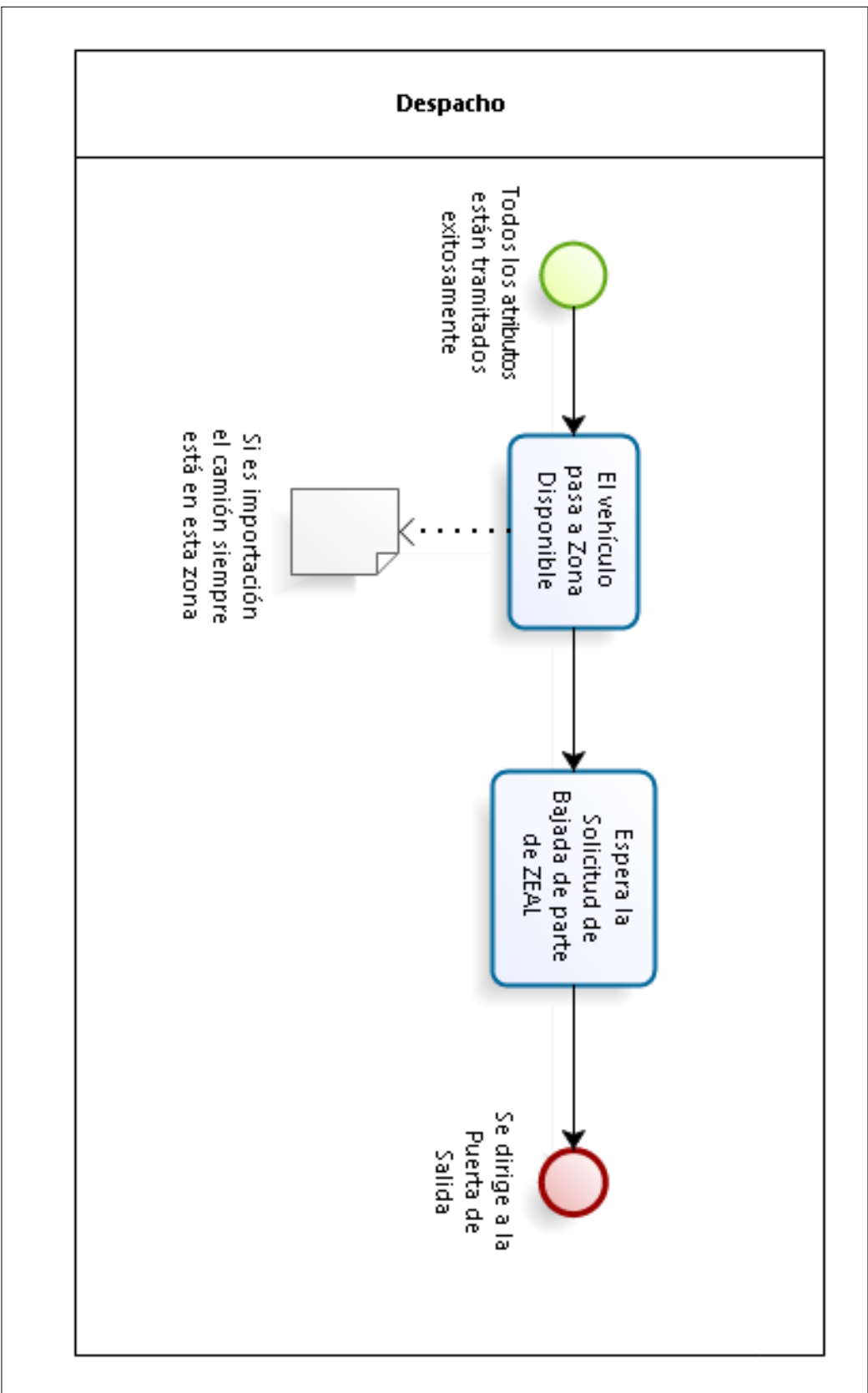


Figura 1.15 Diagrama Despacho.

Fuente: Diagrama de elaboración propia.

1.3.4.8 Puerta de Salida

Recibida la orden de bajada de parte del Terminal, el conductor procede a dirigirse a la Puerta de Salida, donde el Operador de la Puerta registra en el SI-ZEAL la hora de salida y se le da el permiso para que pueda dirigirse al Puerto.

NOTA: El camión tiene 30 minutos para llegar al Terminal, sino paga multa.

En la figura 1.16 se muestra el procedimiento de la Puerta de Salida.

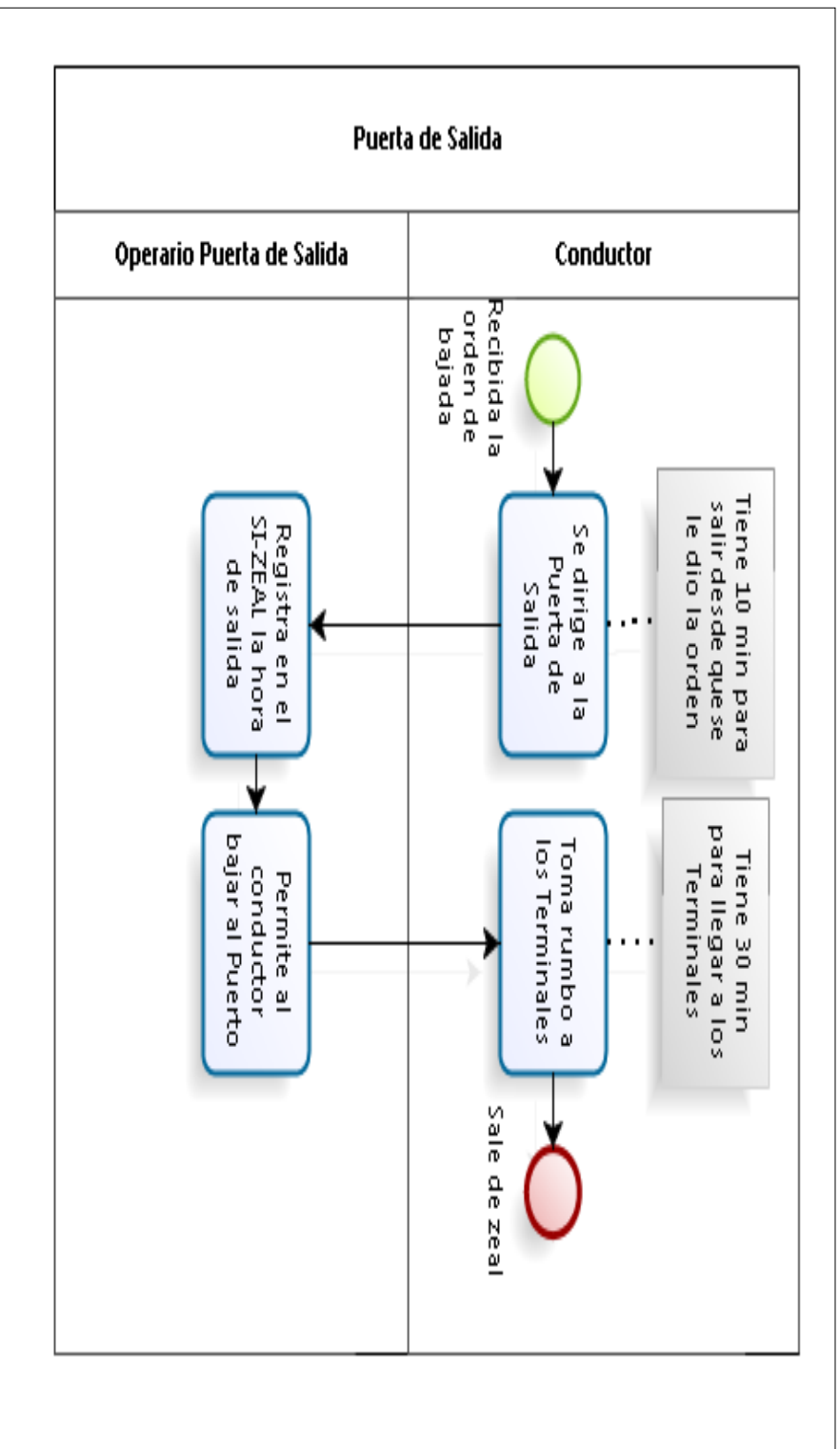


Figura 1.16 Diagrama Puerta de Salida.

Fuente: Diagrama de elaboración propia.

1.3.5 Procedimientos según líneas logísticas

Según información extraída del manual de procedimientos de la planificación logística agregada del Puerto de Valparaíso, podemos verificar que las siguientes Líneas Logísticas (LL), son el conjunto de mercancías cuyo proceso de fiscalización y coordinación del sistema portuario es similar.

Según el artículo 4 de tal manual, se define lo siguiente:

- A. **Línea Logística de Exportación de Cargas Contenedorizadas:** Ingreso de contenedores dry o reefer de exportación, que se “apilan” en los Terminales.
- B. **Línea Logística de Exportación Embarque Hortofrutícola:** Ingreso de la carga hortofrutícola fraccionada palletizada de exportación, que se transfiere directamente a la bodega de la nave de cámara refrigerada.
- C. **Línea Logística de Acopio de Carga Fraccionada de Exportación:** Ingreso de la carga fraccionada de exportación, amparada por una Providencia Aduanera emitida por el Servicio Nacional de Aduanas.
- D. **Línea Logística de Consolidación en Puerto de carga de Exportación:** Ingreso de la carga fraccionada de exportación para ser consolidada dentro de los recintos portuarios e inspeccionada en ZEAL. La única diferencia con la carga de Embarque Hortofrutícola es que no se transfiere directamente a la bodega de la nave, sino que a un contenedor reefer que sirve de extensión de bodega.
- E. **Línea Logística de Inspección USDA:** Ingreso de carga hortofrutícola con destino a Estados Unidos, que requiere inspección del Departamento de Agricultura de dicho país (USDA).
- F. **Línea Logística de Importación Retiro Directo:** retiro de contenedores de importación en forma directa, coordinada y programada, una vez finalizada la descarga.

- G. **Línea Logística de Importación Retiro Indirecto:** retiro de la carga general de importación que permanece depositada en áreas cubiertas o descubiertas en los Terminales.

- H. **Línea Logística de importación de carga general (carga masiva de proyecto, carga manifestada a extraportuario y contenedores vacíos):** retiro de la carga general de importación hacia los almacenes extraportuarios, de contenedores vacíos hacia los depósitos de contenedores y a la carga masiva (carga de proyecto, automóviles)

Sabiendo esto, más el modelo operacional utilizado por ZEAL, en la figura 1.17 se dará a conocer el procedimiento de la línea logística de carga Contenedorizadora.

Cabe mencionar que este diagrama es sólo a modo de ejemplo, ya que se asume que todas las líneas logísticas cubiertas por ZEAL, pasan por el mismo proceso y que sólo difieren en el contenido del atributo, por otra parte la carga contenedorizadora contiene el máximo de procedimientos que una carga puede tener.

Con respecto a los atributos, se sabe que todos necesitan de éstos para ir avanzando en el proceso de logístico, pero que según el tipo de carga es la información que va a contener el atributo en el SI-ZEAL.

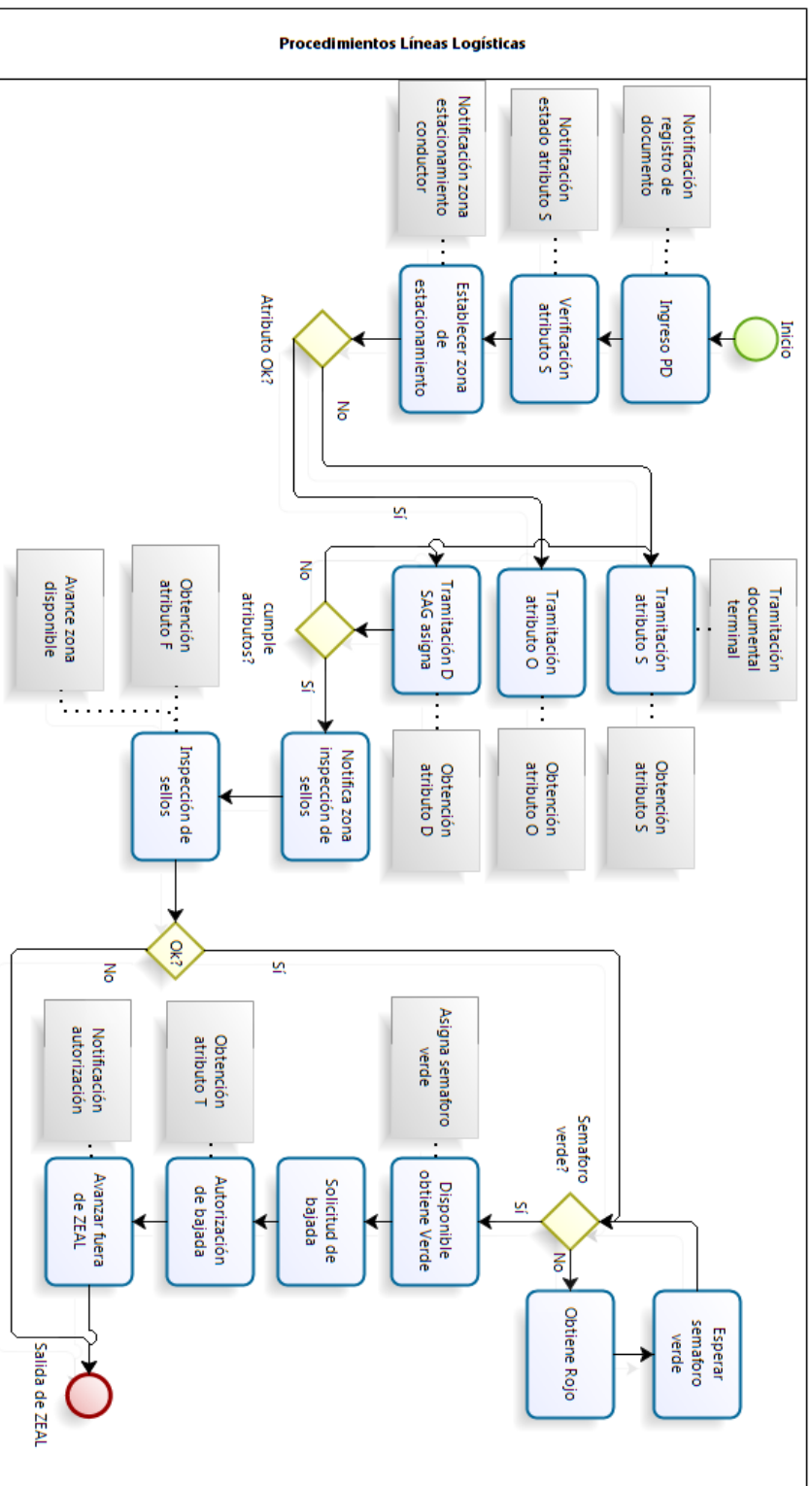


Figura 1.17 Diagrama Líneas Logísticas.

Fuente: Diagrama de elaboración propia.

Diagrama de procedimientos de la línea logística de carga Contenedorizadora

Procedimientos previos a la entrada a ZEAL

Lo primero que se debe obtener es la **declaración de operación** de Stacking, y es responsabilidad de los terminales. Consiste en registrar esta operación en el SI-ZEAL para que ingrese a la programación de faenas. Para esto se deben completar los siguientes datos:

- Tipo de operación: Stacking
- Fechas/Hora inicio operación
- Fechas/Hora término operación
- Nombre de la nave
- Cantidad de contenedores de 20'
- Cantidad de contenedores de 40'
- Agente Responsable de Nave

Este registro se deberá realizar con, a lo menos, 16 horas de anticipación respecto a la fecha/hora de inicio de esta operación.

Simultáneamente a la operación anterior el Agente Responsable de la exportación debe preocuparse de ingresar la DUS y la Guía de Despacho al sistema de aduanas (documentos requeridos según tipo de carga), para que éste envíe la información al SI-ZEAL y éste a su vez notifique al Agente Responsable de la exportación que los documentos fueron ingresados correctamente.

Luego el Agente Responsable de la exportación, antes del ingreso del vehículo a ZEAL, deberá asignar la unidad de carga a la operación de Stacking otorgada anteriormente.

Previo al ingreso a ZEAL el Agente Responsable debe asegurarse que tanto el conductor como el vehículo estén enrolados en el SI-ZEAL.

Puerta de acceso

En el área de control de acceso al SI-ZEAL identifica el vehículo por su TAG y al conductor por medio de dispositivos tecnológicos. Si tanto el vehículo como el conductor están debidamente registrados, se procede a ingresar el número de celular del conductor en el SI-ZEAL. En caso de no estar enrolado, el operador del control de acceso deberá registrar el nombre del conductor, Rut y número de celular, además de la patente del vehículo en el SI-ZEAL.

Una vez controlados el vehículo y el conductor, el operador del control de acceso realiza la revisión de las guías de despachos presentadas por el conductor y asigna la unidad de carga al viaje correspondiente. La información contenida en la guía de despacho que debe estar registrada es la siguiente:

- Tipo Documento: Guía de Despacho
- N° Documento
- Código Contenedor 1
- Código Contenedor 2 (en el caso de dos contenedores)
- Cantidad de bultos
- Tipo de Carga
- AR Exportador
- Nave Exportador

Si la unidad de carga cumple con los pasos anteriores se le reconocerá como “unidad operativa normal” (UON) y se comenzará a contabilizar los S-H al Agente Responsable de la exportación. En caso de no cumplir con los **atributos documentales** (que el agente responsable de la exportación no haya tramitado el DUS ni la Guía de Despacho en el sistema de aduana), se establecerá con “Unidad Operativa de Excepción”.

Las UOE se deben dirigir a la zona de transición para que el agente responsable de la exportación tramite el atributo documental.

Las UON que además de cumplir con el atributo documental cumplen con los **atributos de seguridad** y operación, podrán avanzar a la Zona Disponible, previo aviso por parte de SI-ZEAL. De no cumplir los segundos atributos se trasladara a la zona de transición.

Ingreso a ZEAL

Una vez el vehículo ingresa a la zona de transición de ZEAL éste deberá tramitar los atributos que se necesite.

El atributo de seguridad se debe tramitar si el conductor y/o el vehículo no se encuentran enrolados en el SI-ZEAL o si sus permisos ya han caducado.

El Agente Responsable de la exportación debe tramitar el atributo de operación asignando la unidad de carga una operación de Stacking que debe estar declarada en el SI-ZEAL por los terminales portuarios.

Si aún no se han tramitado los documentos que deben ser registrados en Aduana, el DUS y la Guía de Despacho, se debe realizar en esta parte del proceso para poder cumplir con el atributo documento.

Una vez en ZEAL y tramitados los atributos anteriores se procede a trasladar la unidad de carga desde la zona de transición a la zona de andenes. Al hacer este traslado el SI-ZEAL notificará la condición de fiscalización de la carga al Agente Responsable de la exportación.

Si la condición de Fiscalización es documental o aforo, los Organismos Fiscalizadores pueden declarar la unidad como “carga liberada”, o sea le entregan la autorización de salida a esta carga una vez que se registre esta condición en el SI-ZEAL, o de “carga rechazada”, es decir los Organismos Fiscalizadores detectaron irregularidades entre lo declarado y lo examinado y pueden proceder a impedir el embarque de la carga o a incautar la mercadería si esta irregularidad constituye un delito. En caso de ser rechazada la

carga, el vehículo deberá abandonar ZEAL, salvo en los casos en que es posible corregir problemas documentales.

No se contabilizarán los S-H que se hayan utilizado por los Organismos Fiscalizadores para el desarrollo del proceso de fiscalización en zona de andenes.

Una vez cumplidos los atributos anteriores se puede trasladar el vehículo desde la zona de andenes a la zona disponibles, ya con su **atributo F** tramitado.

El Agente Responsable de la exportación deberá comprobar la tramitación de los atributos anteriores, en caso de estar aprobada la documentación, los terminales asignaran a esa unidad de carga el **atributo de semáforo verde**, en caso contrario, se le asignara semáforo rojo hasta regularizar su situación.

Salida de ZEAL

Cuando todos los atributos estén tramitados exitosamente, el vehículo pasa a la zona disponible, previa notificación del SI-ZEAL al conductor. En esta zona se espera la respuesta de la solicitud de bajada por parte del concesionario de la Zona de Actividades Obligatorias. El SI-ZEAL notificará al conductor para que abandone ZEAL en un tiempo límite de diez minutos. Si diez minutos después del aviso aún no ha dejado el recinto, el concesionario ZAO gestionará el despacho del vehículo siguiendo los mecanismos establecidos en sus manuales de servicio. El tiempo entre la salida de ZEAL y la llegada al Puerto es de treinta minutos como máximo, si se pasa de este tiempo se le aplicará multa por cada minuto extra y si llega en menos tiempos se le descuentan minutos de la operación final.

1.4 Contexto Actual

Para efectos de contextualizar el escenario actual, se adjunta la tabla 1.3 que nos muestra junto con la figura 1.18, el comportamiento de la demanda de carga del puerto durante el primer semestre del 2013.

Tabla 1.3 Carga Puerto 1er Semestre

Mes	Carga Total (ton)
Enero	716.417
Febrero	830.580
Marzo	1.067.783
Abril	1.117.762
Mayo	946.241
Junio	878.723
Julio	909.307

Fuente: Reporte semestral 2013, Puerto de Valparaíso

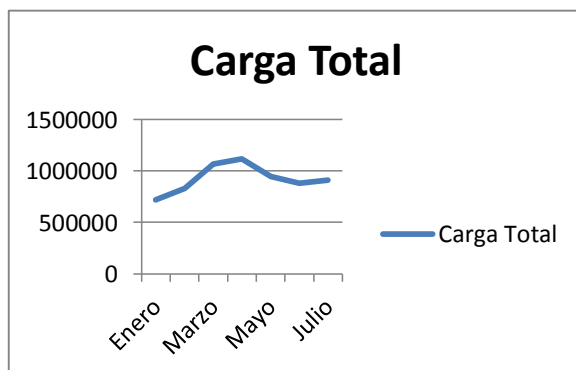


Figura 1.18 Gráfico de Carga Total.

Fuente: Gráfico de elaboración propia.

Del estudio de prefactibilidad Mejoramiento Accesibilidad a Puerto de Valparaíso realizado para la Empresa del Puerto de Valparaíso se extrae la tabla 1.4 de la proyección de la demanda hasta el año 2033, para efectos de este estudio utilizaremos los datos hasta el 2020 (figura 1.19), ya que posterior a este año posiblemente las condiciones cambiarían por la construcción del Mega Puerto. Por Otra parte también sabemos que ZEAL tiene una

capacidad de 20.000 toneladas que hasta hoy en día no se ve en conflicto, pero la empresa señala que la capacidad de ZEAL se verá superada desde el año 2019.

Tabla 1.4 Proyección Carga Puerto al 2020

Año	Carga total Proyectada
2014	13.826.883
2015	13.163.605
2016	14.267.374
2017	13.887.718
2018	19.005.277
2019	20.524.749
2020	20.358.044

Fuente: Estudio de prefactibilidad Mejoramiento Accesibilidad a Puerto de Valparaíso realizado para la Empresa del Puerto de Valparaíso.



Figura 1.19 Gráfico de Barras de Demanda Proyectada al 2020.

Fuente: Elaboración propia.

1.5 Árbol de la Realidad Actual

1.5.1 Efectos Indeseables

En la figura 1.20 se muestran los principales efectos indeseados que ocurren en el sistema logístico de ZEAL. Y al final del análisis en la figura 1.22, se observa el ARA final.

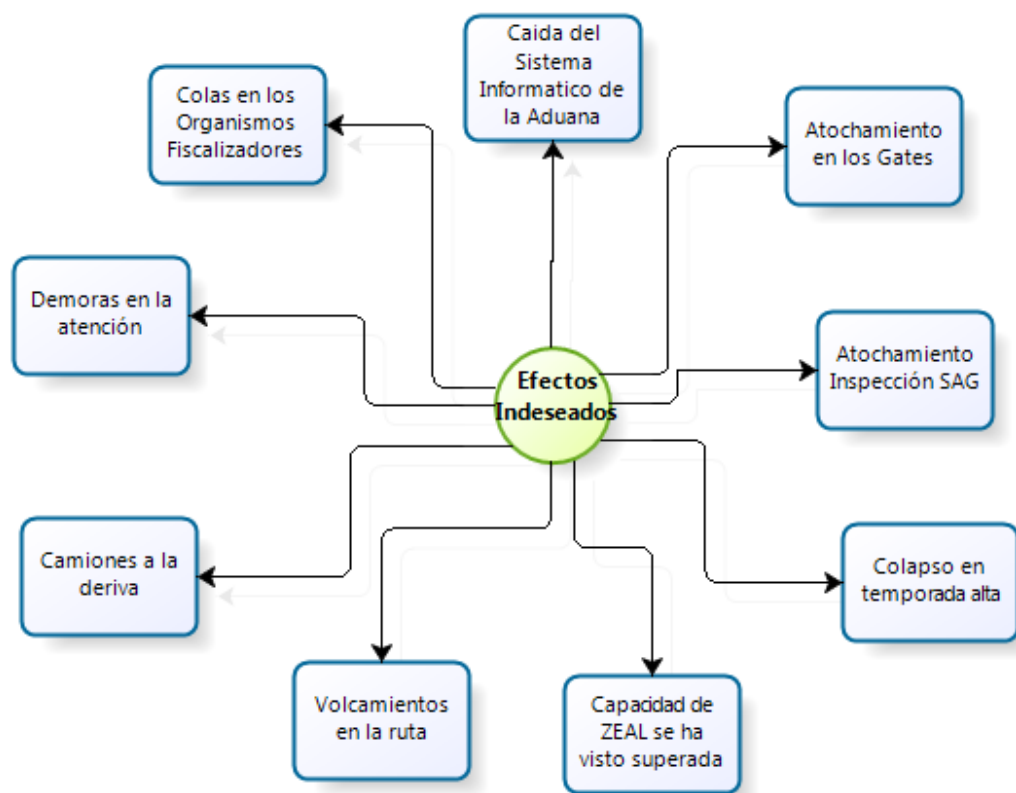


Figura 1.20 Efectos Indeseables.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de saber cuáles son los efectos indeseados, se trabaja con dos de los datos obtenidos, la frecuencia de ocurrencia y la incidencia que tienen en el proceso.

En la empresa no existe un registro de los datos que se necesitan, por lo cual se ideó una encuesta para responder a las inquietudes, donde el encuestado tiene que responder sobre mayor o menor frecuencia o incidencia por medio de una tabla numérica que va del 1 al 4. Cabe mencionar que la elección par de dicha enumeración es para evitar que se elijan datos intermedios o neutros y así facilitar el análisis. Todo lo anterior queda reflejado en la figura 1.21.

¿Desde tu perspectiva que tan seguido ocurre este suceso?

○ ○ ○ ○
1 2 3 4

¿Desde tu perspectiva cual es la incidencia de la ocurrencia de estos sucesos?

○ ○ ○ ○
1 2 3 4

Figura 1.21 Preguntas Encuesta

Fuente: Elaboración propia.

El significado de cada valor asociado a cada pregunta se muestra en la tabla 1.5

Tabla 1.5 Tabla de Frecuencia

Valoración	Frecuencia	Incidencia
1	Casi Nunca	Baja
2	A veces	Media
3	Frecuentemente	Alta
4	Casi Siempre	Grave

Fuente: Elaboración Propia

Se encuestó a 10 personas de distintas áreas, diferentes departamentos y de distintos cargos, obteniendo los siguientes resultados, descritos en la tabla 1.6.

Tabla 1.6 Resumen Efectos Indeseados

Efectos Indeseados	Frecuencia	Incidencia	Ponderación
Demoras en la atención	23	23	529
Camiones a la deriva	18	20	360
Colas en Organismos Fiscalizadores	29	29	841
Caída del sistema informático de Aduana	20	20	400
Atochamiento en las Puertas	33	30	990
Atochamiento en Inspección SAG	29	27	783
Colapso en temporada alta	32	32	1024
Capacidad de ZEAL se ve superada	14	40	560
Volcamientos en la ruta	17	26	442

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 1.7, se indica la factibilidad de incidir en ciertas actividades de ZEAL que no necesariamente están a cargo de la ZSC. Se puede adelantar que en los organismos estatales es muy difícil tratar de manejar, cambiar y mucho más, mejorar sus procedimientos, ya que en la misma empresa son tratados como entes externos.

Tabla 1. 1 Intervención

Efectos Indeseados	Responsable	¿Permite intervención externa?
Demoras en la atención	ZEAL	Sí
Camiones a la deriva	ZEAL	Sí
Colas en Organismos Fiscalizadores	Organismos Fiscalizadores	No
Caída del sistema informático de Aduana	Aduana	No
Atochamiento en las Puertas	ZEAL	Sí
Atochamiento en Inspección SAG	SAG	No
Colapso en temporada alta	ZEAL	Sí
Volcamientos en la ruta	EPV	Sí

Fuente: Elaboración Propia

Ahora bien, si cruzamos la tabla 1.6 (que contiene la frecuencia y la incidencia), con la tabla 1.7 (factibilidad de intervenir), podemos descartar inmediatamente 3 efectos indeseados, ya que no podemos intervenir sobre ellos.

También a modo de acotar nuestro problema, debemos hacer una segunda discriminación, la cual será realizar y considerar la ponderación que nos ha arrojado el estudio. En este punto claramente tenemos 2 efectos de gran relevancia que debemos tomar en cuenta y que a primera vista se puede observar una relación entre sí, pero a su vez vamos a sumar el tercer efecto indeseado con mayor ponderación de los que sí es factible intervenir.

Si analizamos el efecto indeseable “la capacidad se ve superada”, nos encontramos con que si bien tiene una baja frecuencia, el grado de incidencia es alto, por lo cual es prudente tomarlo como un efecto indeseado que requiere de análisis.

En la tabla 1.8, se presenta un resumen de cómo se llega a los efectos indeseados antes mencionados.

Tabla 1. 2 Resumen Final

Efectos Indeseados	Frecuencia	Incidencia	Ponderación	¿Podemos Incidir?
Demoras en la atención	23	23	529	Sí
Camiones a la deriva	18	20	360	Sí
Colas en Organismos Fiscalizadores	29	29	841	No
Caída del sistema informático de Aduana	20	20	400	No
Atochamiento en las Puertas	33	30	990	Sí
Atochamiento en Inspección SAG	29	27	783	No
Colapso en temporada alta	32	32	1024	Sí
Volcamientos en la ruta	17	26	442	Sí
Capacidad de ZEAL se ve superada	14	40	560	Sí

Fuente: Elaboración Propia

De lo anterior podemos decir que los efectos indeseados a analizar son los siguientes:

1. Atochamiento en las Puertas
2. Colapso en temporada alta
3. Capacidad de ZEAL superada

Elaboración Árbol de la realidad actual.

El árbol de la realidad actual está conformado por los 3 efectos indeseados, atochamiento en los gates, colapso en temporada alta y capacidad de ZEAL se ve superada, más los cinco por qué ubicados de forma descendente. El árbol presentó uniones tales que durante el análisis sólo tres por qué terminan su análisis en el tercer nivel, esto se debe a que el problema no tiene solución inmediata, por ejemplo, uno de los por qué es “cultura del camionero”, un cambio en la cultura es algo que no depende totalmente de una herramienta, por lo tanto se torna engorroso darle solución. El quinto por qué, indica finalmente el

problema real a tratar, en este caso, se presentan dos problemas, no hay procedimiento ad-hoc de asignación y la política de minimizar cantidad de personal. Se abordará el problema de la carencia de un sistema ad-hoc, porque para modificar la política ya instaurada entre las empresas involucradas se necesita tiempo y acuerdos en los cuales la intervención es mayor, donde los recursos y las posibilidades son limitadas.

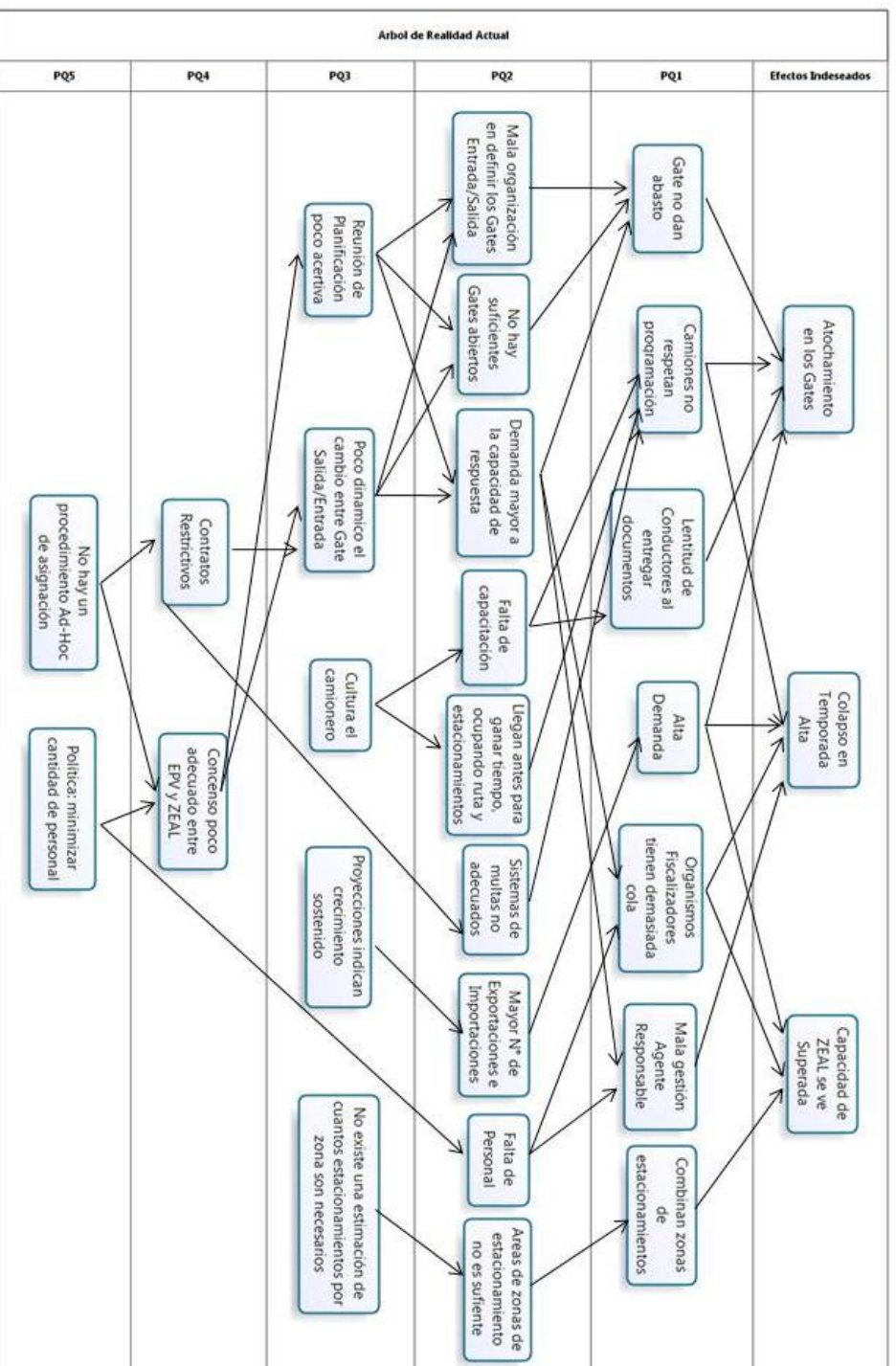


Figura 1.22 Árbol de la Realidad Actual.

Fuente: Elaboración propia.

1.6 Descripción del Problema

Analizando la logística de los camiones en ZEAL, según información recopilada de parte de la empresa como también la obtenida por la investigación hecha en terreno, se ha logrado detectar que los efectos indeseados más importantes, en términos de incidencia en el proceso, son “los atochamientos en las puertas de entrada/salida, el colapso en temporada alta y por último la posibilidad de que la capacidad de ZEAL se vea superada al año 2020. Por lo anterior, la herramienta Árbol de Realidad Actual, indicó las causas de los efectos indeseados mencionados anteriormente, encontrando así, los cambios necesarios a realizar. La causa de los problemas a tratar es: No hay un procedimiento Ad-Hoc de asignación de Puertas, ya que hoy en día la empresa EPV y ZEAL negocian según la demanda que cada uno proyecta, respecto a cuál será la cantidad de Puertas que deben estar disponibles. Esto lo realizan en las reuniones de Planificación Logística Agregada (PLA), donde por no tener una herramienta que los guíe para tomar mejores decisiones en términos de cantidad de Puertas, se generan serios problemas con respecto a los atochamientos y colapsos del servicio en el ZAO.

Otro problema es que, según la demanda proyectada, la capacidad de ZEAL se verá superada al año 2020, donde sumado a eso se sabe que EPV no tiene ninguna herramienta prevista que le permita saber qué modificaciones debe realizar. Por lo tanto se detecta que, de acuerdo a los puntos indicados anteriormente, hay carencia de una herramienta que muestre el comportamiento actual de atención y que contenga las proyecciones de la demanda al 2020, para poder utilizarla como guía y evaluar distintos escenarios en términos de cantidad de Puertas y aumento de área, con el propósito final de lograr soportar dicha demanda más el logro de una reunión de Planificación de Logística Agregada (PLA) con acuerdos asertivos y consensos entre las partes a raíz de la información proporcionada por dicha herramienta.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

Diseñar y desarrollar un modelo estocástico de los flujos vehiculares en ZEAL, para encontrar los ajustes necesarios que soporten la demanda proyectada al 2020 en ayuda a la planificación logística agregada entre EPV y ZEAL.

1.7.2 Objetivos Específicos

- Identificar los factores críticos que afectan la atención de camiones.
- Determinar las variables que influyen en el comportamiento del sistema.
- Construir un modelo de simulación que represente la situación actual de operación de la empresa.
- Validar el modelo de simulación obtenido.
- Proponer alternativas de solución que permitan cumplir con la demanda proyectada al 2020.

Capítulo 2: Metodología

Para abordar la problemática planteada anteriormente utilizaremos la metodología de Simulación de Hoeger [Hoeger10], la cual comprende las siguientes etapas, expuestas en la figura 2.1:

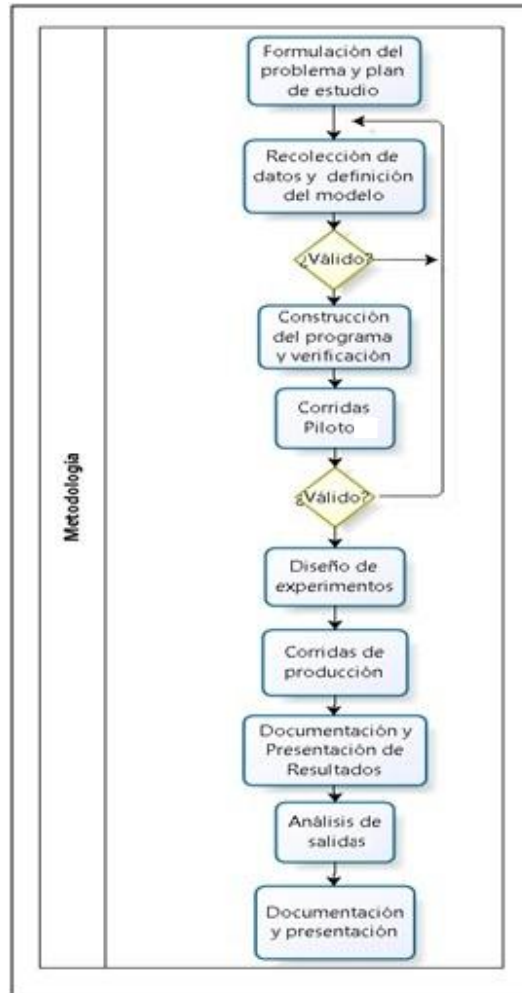


Figura 2.1 Metodología Hoeger.

Fuente: Metodología Hoeger

2.1 Desglose de la Metodología a utilizar

2.1.1 Formulación del problema y plan de estudio

Según la metodología que se utilizará, el estudio comienza con una descripción del problema o sistema. En este caso, es necesario definir las demoras en la atención en las Puertas de acceso a ZEAL y la demanda que tiene cada zona de estacionamiento.

Es importante definir los límites del sistema, por lo tanto se señala lo siguiente:

- **Entradas** (Inputs): con qué tipo de frecuencia ingresa cada línea logística.
- **Tareas:** Conjunto de actividades necesarias, que forman parte del procedimiento y entregan información sobre los pasos dentro de ZEAL de las líneas logísticas.
- **Salidas** (Outputs): con qué tipo de frecuencia sale cada línea logística.

Esto con el objetivo de identificar:

- Variables controlables.
- Variables no controlables
- Mediciones a utilizar.
- Comportamiento estadístico del sistema.

2.1.2 Recolección de datos y definición del modelo

La información y los datos deben ser recolectados del sistema de interés, que en este caso es la zona de actividades obligatorias (ZAO) del puerto, para ser usados en la determinación de aspectos operativos y de las distribuciones de las variables aleatorias a usar en nuestro modelo. La construcción del modelo debe comenzar con uno sencillo, el cual será muy similar al diagrama general extraído del levantamiento de procesos ya propuesto y refinarlo de ser necesario.

Para obtener resultados satisfactorios en el modelo se deben identificar las variables que definen el mismo, las cuales se muestran a continuación:

- Eventos: Llegada, salida y procesos de fiscalización de camiones.
- Entidades: camiones
- Atributos: Tipo de carga, líneas logísticas.
- Comportamiento estadístico del sistema: Análisis estadístico de la distribuciones de llegada y de salida, más la distribución del tiempo total de estadía del camión.
- Horarios del sistema: 24 horas del día.
- Recursos: Puerta de entrada, puerta de salida.
- Layout: puerta de acceso, proceso de fiscalización, puerta de salida
- Rutas: La misma para cada camión.
- Dimensiones del sistema: El sistema estará dimensionado en tiempo (horas) y en número de camiones.

El levantamiento de procesos que se realizó en la primera parte de la investigación, servirá de mucha ayuda para este punto, ahora bien, en esta etapa también se debe definir las variables y luego se procederá a definir con claridad y exactitud los datos requeridos para dichas variables, entre los cuales podemos mencionar:

- Tiempos entre llegadas.
- Tiempos de salidas.
- Tiempos de inspección.
- Tipos de transacciones.
- Tiempos de operación.
- Actividades del proceso de atención.
- Personal disponible.
- Horarios de atención.
- Número de camiones atendidos.
- Demanda actual.
- Demanda proyectada.

Una vez analizado el sistema y establecidos los resultados esperados, se define y construye el modelo. Con éste se logrará obtener, tanto el escenario actual como los escenarios a utilizar para experimentar distintas situaciones futuras.

2.1.3 Construcción del programa y verificación.

2.1.3.1 Construcción del programa o modelo computacional.

Para construir el modelo computacional, es necesario conocer las siguientes definiciones:

- **Sistema:** Conjunto de objetos o ideas que están interrelacionados entre sí como una unidad para la consecución de un fin [Shannon, 88]. También se puede definir como la porción del Universo que será objeto de la simulación.
- **Simulación:** Simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a cabo experiencias con él, con la finalidad de aprender el comportamiento del sistema o de evaluar diversas estrategias para el funcionamiento del sistema.
- **Modelo Computacional:** Es un modelo matemático en las ciencias de la computación que requiere extensos recursos computacionales para estudiar el comportamiento de un sistema complejo por medio de la simulación por computadora. El sistema bajo estudio es a menudo un sistema complejo no lineal para el cual las soluciones analíticas simples e intuitivas no están fácilmente disponibles. En lugar de derivar una solución analítica matemática para el problema, la experimentación es hecha con el modelo cambiando los parámetros del sistema en el modelo, y se estudian las diferencias en el resultado de los experimentos. Las teorías de la operación del modelo se pueden derivar/deducir de estos experimentos de computacionales. [Shannon, 88].

El modelo es implementado utilizando algún lenguaje de computación. Es esencial elegir el lenguaje a utilizar de forma asertiva, ya que éste facilitará la tarea a la hora de simular.

Una vez seleccionado el lenguaje, se procede a la codificación del modelo; donde se deben generar las instrucciones computacionales necesarias para poder ejecutarse en el

computador y proceder a la simulación del modelo en algún software elegido con anterioridad. [Shannon,88].

Al obtener los estudios de tiempos, la demanda de carga y con la información levantada de los tipos de tareas de la Zona Logística, es posible generar el modelo y estudiar varios escenarios, tratando en ellos los problemas encontrados en el estudio del ARA. La idea es comparar los resultados con datos históricos más los datos de las proyecciones de la demanda, para que se puedan reflejar los cambios a efectuar en ZEAL.

2.1.4 Verificación del modelo.

La verificación consiste en asegurarse que la data ingresada al sistema esté correcta, para que no generen error durante la simulación. Para ello es necesario:

- Analizar que el proceso introducido al modelo sea el mismo que se levantó en la primera etapa del trabajo de investigación y que represente el proceso real de la empresa, a su vez éste debe presentar todas las actividades y subprocesos en el mismo orden que se estipula en el diagrama general.
- Verificar que los datos tomados sean los mismos que los ingresados al modelo y todos se encuentren en el mismo sistema de medición.

2.1.4.1 Corridas piloto.

Estas corridas se hacen para validar el modelo verificado, etapa que consiste en realizar corridas de prueba del modelo actual en el software de simulación seleccionado.

Luego de realizadas las corridas piloto, se procede a tomar los datos entregados por el modelo para así comenzar con la etapa de validación del mismo.

2.1.5 Validación del modelo.

“La validación debe efectuarse durante todo el estudio, sin embargo hay ciertos puntos en el estudio en que es particularmente apropiada” [Hoeger10].

Con esta etapa debemos ser capaces de determinar si el modelo desarrollado representa la realidad de la empresa de forma correcta. Estas validaciones se realizan durante todo el estudio, principalmente luego de las corridas piloto. Para esta etapa deben usarse técnicas estadísticas para verificar las distribuciones usadas y así posible detectar las deficiencias existentes en la formulación del modelo.

Las formas más comunes de validar un modelo son:

- Considerar la opinión de expertos sobre los resultados de la simulación obtenidos.
- La exactitud con la que se predicen los datos históricos y los datos futuros.
- La exactitud en la predicción del futuro.
- Comprobar la falla del modelo usando datos que causan fallas en el sistema real.
- La aceptación del modelo por la persona que utilizará los resultados obtenidos.

2.1.6 Experimentar con el modelo (Diseño de experimentos).

Experimentar con el modelo trata netamente de proceder a comprobar, confirmar o verificar si el modelo está funcionando bien, mediante la manipulación y el estudio de las variables utilizadas. Esta etapa se realiza después de validar el modelo, siguiendo las actividades de a continuación:

- Determinar alternativas a evaluar.
- Considerar diferentes escenarios de estudio.
- Realizar análisis de sensibilidad de índices requeridos.

2.1.6.1 Corridas de producción.

Las corridas de producción, como las corridas pilotos, son para producir datos para medir el desempeño del modelo diseñado. Para estas corridas es necesario el análisis de salidas, en el cual es utilizada la técnica estadística para analizar las corridas de producción o puestas en marcha en el software. Aquí se simulan las alternativas o escenarios que se desean evaluar, con el objeto de obtener diversos resultados para su respectivo análisis y selección de la mejor alternativa.

2.1.7 Interpretar resultados

Se realizan inferencias y recomendaciones basadas en el modelo, a raíz de la interpretación de los resultados otorgados por la simulación y con ellos se seleccionan las mejores alternativas. En este caso, se tomarán las alternativas que den la posibilidad de unificar lo que ZEAL necesita con lo que EPV y la concesionaria pueden hacer en la zona, siempre llegando a acuerdos asertivos en la PLA.

2.1.8 Documentación, presentación e implementación de resultados.

Este punto final de las etapas de la metodología a utilizar, invita a usar resultados para la toma de decisiones y documentar el funcionamiento y uso del modelo.

Es de suma importancia documentar los supuestos realizados así como el programa mismo, ya que generalmente un modelo es usado para varias aplicaciones y diferentes situaciones.

Esta etapa final, se debe realizar sólo si durante el desarrollo del modelo de simulación, da seguridad que el modelo está correctamente implementado y que es representativo del sistema de la empresa. Estos dos pasos se denominan verificación y validación del modelo respectivamente, los cuales ya fueron descritos con anterioridad.

Una vez realizada la entrega del documento, se procede a implementar las medidas seleccionadas anteriormente.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 BPM

Definición:

Business Process Management (BPM) es un conjunto de métodos, herramientas y tecnologías utilizados para diseñar, representar, analizar y controlar procesos de negocio operacionales. BPM es un enfoque centrado en los procesos para mejorar el rendimiento que combina las tecnologías de la información con metodologías de proceso y gobierno. BPM es una colaboración entre personas de negocio y tecnólogos para fomentar procesos de negocio efectivos, ágiles y transparentes. BPM abarca personas, sistemas, funciones, negocios, clientes, proveedores y socios. [Dummies, 89]

2.2.2 Las tres dimensiones de BPM

BPM es llamado así, porque interviene en una compañía a través de sus tres dimensiones esenciales:

- **El negocio:** la dimensión de valor.
- **El proceso:** la dimensión de transformación.
- **La gestión:** asunción y ejercicio de responsabilidades sobre un proceso. [Garimella, 08]

2.2.3 Características de BPM

- Proporciona un lenguaje gráfico común, con el fin de facilitar su comprensión a los usuarios de negocios.
- Integra las funciones empresariales.
- Utiliza una Arquitectura Orientada por Servicios (SOA), con el objetivo de adaptarse rápidamente a los cambios y oportunidades del negocio.
- Combina las capacidades del software y la experiencia de negocio para optimizar los procesos y facilitar la innovación del negocio.

2.2.4 Elementos del BPM:

La función del BPM es crear un mecanismo simple para realizar modelos de procesos de negocio, con todos sus elementos gráficos, y que al mismo tiempo sea posible gestionar la complejidad. El método elegido para manejar estos dos conflictivos requisitos es organizar los aspectos gráficos de la notación en categorías específicas. [Analítica, 07]

Las cuatro categorías básicas de elementos son:

- Objetos de flujo

Un diagrama de procesos de negocio está compuesto por tres elementos básicos, que son los objetos de flujo. De esta forma, los modeladores no tienen que reconocer un gran número de formas diferentes. Los tres objetos de flujo son:

a. Eventos

Es algo que 'sucede' durante el proceso de negocio, y que afecta el flujo del proceso. Suelen tener una causa (*trigger*) o un resultado, y se representan con un círculo. De acuerdo con el momento en que afectan al flujo, se dividen en tres tipos: inicio, intermedio y fin. [Analítica 07]

En la siguiente figura 2.2 se muestra la tabla con la notación correspondiente según cada evento:

TIPO EVENTO	NOMBRE BPMN	DEFINICIÓN	NOTACIÓN
Inicio	Start	Representa el inicio de un proceso	
Intermedio	Intermidate	Detiene el flujo hasta que ocurra una condición o dispara acciones de excepción	
Fin	End	Indica cuando finaliza un proceso en ejecución	

Figura 2.2 Notación para cada elemento en BPM

Fuente: Analítica 07

b. Actividad

La actividad es un término genérico para el trabajo que se realiza en una compañía, se representa con un rectángulo redondeado. Una actividad puede ser atómica o compuesta. Los tipos de actividades son:

- Tareas

Una tarea es una actividad atómica que está incluida dentro de un proceso. Se habla de tarea cuando el trabajo que representa en el proceso no puede desglosarse en un nivel mayor de detalle. En la siguiente figura 2.3 se presentan los tipos de tareas existentes:

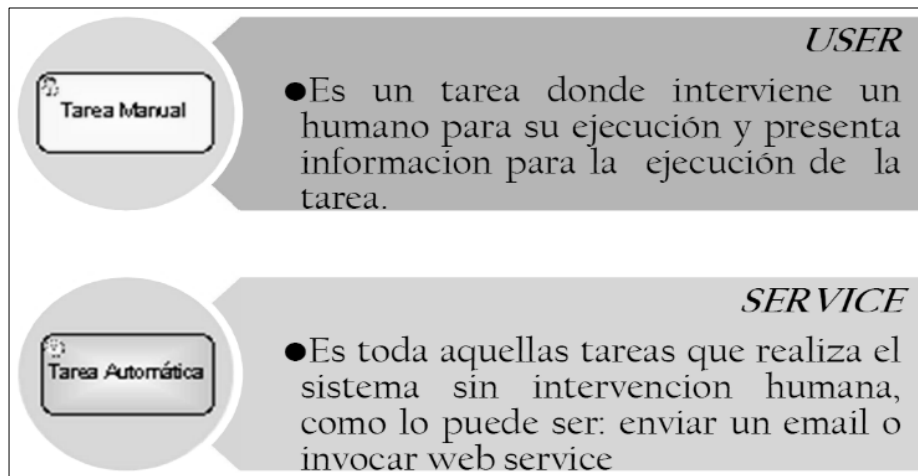


Figura 2.3 Tipos de Tarea en BPM.

Fuente: Analítica 2007.

- Subprocesos

Un subproceso es un conjunto de actividades incluidas dentro de un proceso. Puede desglosarse en diferentes niveles de detalle denominadas tareas. Se representa con un símbolo de suma en la parte central inferior de la figura. A continuación, en la figura 2.4 se presentan los tipos de subprocesos:

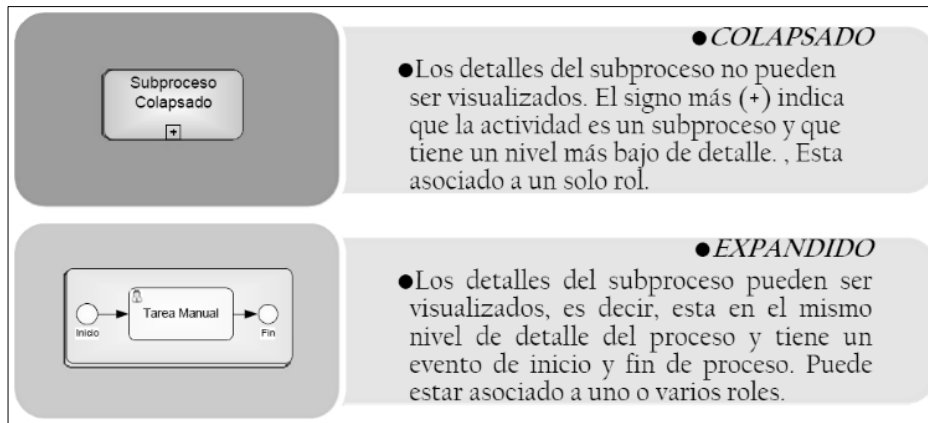


Figura 2.4 Subprocesos en BPM.

Fuente: Analítica 2007.

c. Compuertas (*Gateways*)

Las compuertas se representan con un diamante, y se emplean para controlar la divergencia o convergencia de la secuencia de flujo. Éstas determinan ramificaciones, bifurcaciones, combinaciones y fusiones del proceso. En la figura 2.5 se detalla de mejor forma los tipos de compuertas existentes.

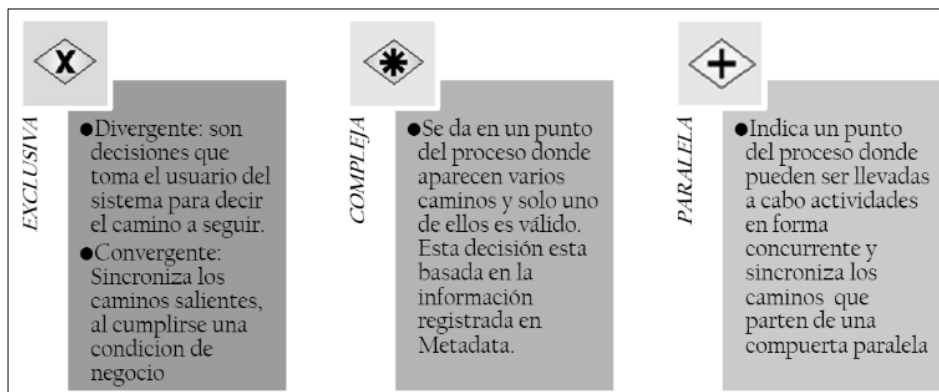


Figura 2.5 Compuertas en BPM.

Fuente: Analítica 2007.

- Objetos conectores

Su función es conectar los objetos de flujo de un proceso, y definen el orden de ejecución de las actividades. Los tipos de conectores son (figura 2.6):

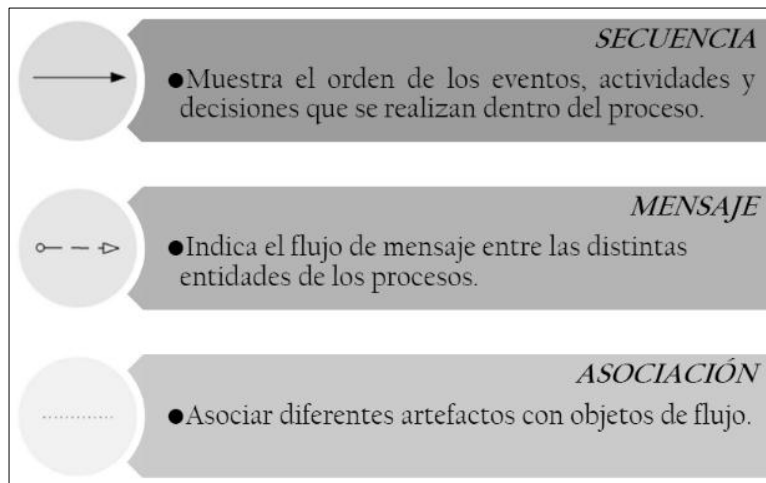


Figura 2.6 Objetos Conectores

Fuente: Analítica 2007.

- Swim lanes (canales):

Los canales son un mecanismo empleado para organizar actividades en categorías separadas visualmente, con el fin de ilustrar diferentes capacidades funcionales o responsabilidades. BPMN soporta los *swim lanes* con dos constructores principales, las cuales se observan en la figura 2.7.

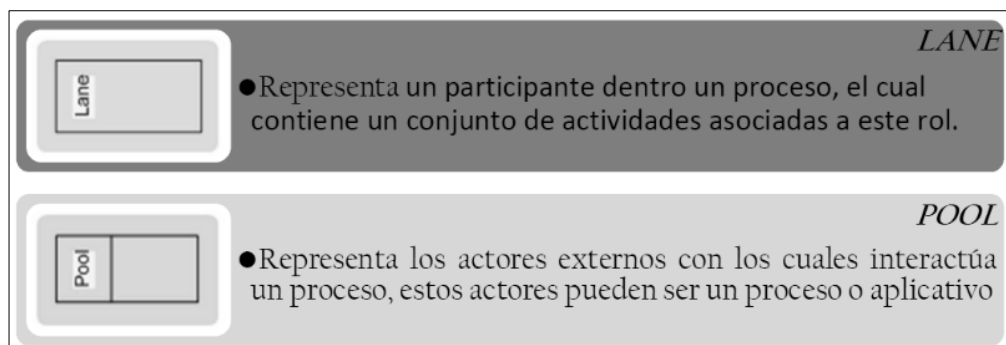


Figura 2.7 Tipos de Canales.

Fuente: Analítica 2007.

- Artefactos

Los artefactos son objetos gráficos que proveen información adicional de los elementos dentro de un proceso, sin afectar el flujo de éste. La versión actual de la especificación de BPMN cuenta sólo con estos tipos de artefactos predefinidos, que se muestran en la figura 2.8:

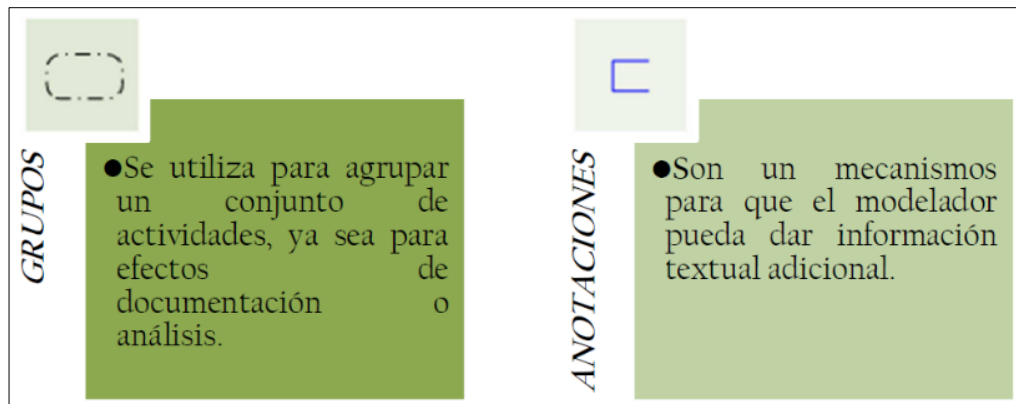


Figura 2.8 Artefacto.

Fuente: Analítica 2007.

2.3 Teoría de Colas

2.3.1 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.

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 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. [García, 11]

A continuación, figura 2.9 muestra un sistema de cola básico.

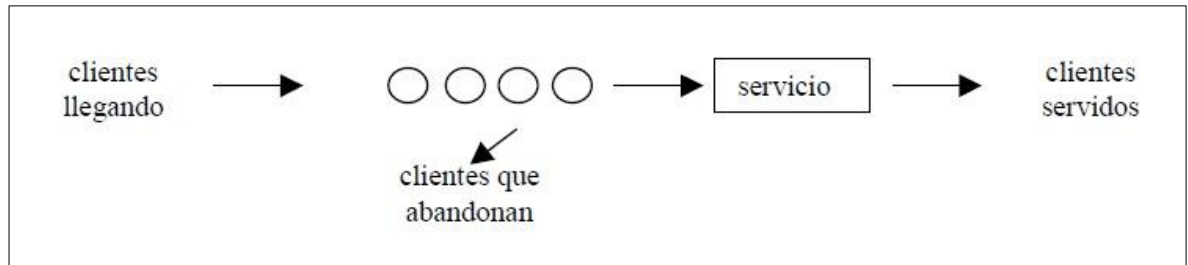


Figura 2.9 Sistema de Cola básico

Fuente: García 2011.

Aunque la mayor parte de los sistemas se puedan representar como en la figura 2.9, debe quedar claro que una representación detallada exige definir un número elevado de parámetros y funciones.

2.3.2 Características de los sistemas de colas

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.[García, 11]

2.3.3 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 le llamamos estacionario, si por ejemplo varía con las horas del día es no-estacionario. [García, 11]

2.3.4 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. [García, 11]

2.3.5 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. [García, 11]

2.3.6 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. [García, 11]

2.3.7 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 2.10 se dibujó un sistema mono-canal, también se presentan dos variantes del sistema multicanal. El primero tiene una sola cola de espera, mientras que el segundo tiene una sola cola para cada canal. [García, 11]



Figura 2.10 Sistema Monocanal

Fuente: García 2011.

Se asume que en cualquiera de los dos casos, los mecanismos de servicio operan de manera independiente.

2.3.8 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, ya que sería multietapa si existen diferentes servicios y cada uno de estos 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 2.11.

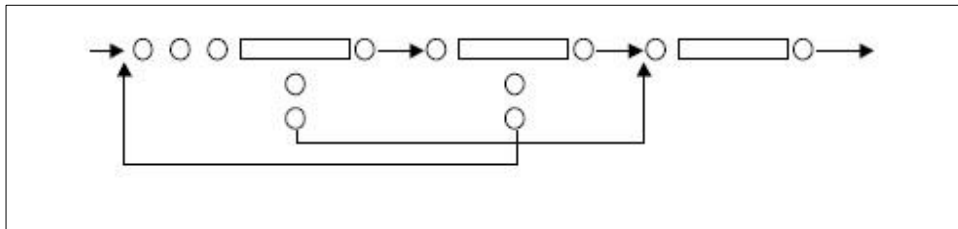


Figura 2.11 Sistema Multietapa.

Fuente: García 2011.

2.4 Simulación

2.4.1 Definición

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.

Con base en 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 debemos simular?

Debemos 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 hayan 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.

2.4.2 Modelos de Simulación

Existen diversas formas de clasificar los modelos de simulación, pero la manera más útil de hacerlo es considerándolos según la naturaleza de funcionamiento, entre los cuales podemos clasificar 3 distintos tipos de modelos de simulación, los cuales son: [Domínguez08]

- **Según Tiempo**

Modelos Estáticos: Suele utilizarse para representar un sistema en un cierto instante de tiempo, es decir, no considera como variable o parámetro al tiempo.

Modelos Dinámicos: Considera la evolución de un sistema a lo largo del tiempo, los cuales pueden ser tiempos discretos o continuos.

- **Según aleatoriedad**

Modelos Deterministas: No considera variables aleatorias.

Modelos Estocásticos: Considera datos modelados como variables aleatorias.

- **Según Tipos de variables**

Modelos Continuos: Las variables de estado evolucionan de forma continua con respecto al tiempo.

Modelos Discretos: Las variables de estado cambian de valor en momentos instantáneos de tiempo.

2.4.3 Pasos involucrados en los estudios de Simulación.

La aplicación de la simulación a muchos tipos de sistemas junto con los distintos tipos de estudios produce muchas variaciones en la forma como se desarrolla un estudio de simulación. Sin embargo, se pueden identificar determinados pasos básicos en el proceso. Los principales que deben considerarse son: [Gordon, 80]

- Definición del problema.
- Plan de estudio.
- Formulación de un modelo matemático.
- Construcción de un programa de computador para el modelo.
- Validación del modelo.
- Diseño de experimentos.
- Ejecución de la corrida de simulación y análisis de resultados.

2.4.4 Distribuciones más utilizadas

En un modelo de simulación, las distribuciones más utilizadas son: [Hoeger, 06]

BETA

Se usa para representar variables que están acotadas, por ejemplo, entre 0 y 1. El rango de la variable puede ser cambiado por otro rango $[x_{\min}, x_{\max}]$ sustituyendo x en la ecuación siguiente por $(x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$.

Se usa para modelar:

- La fracción de paquetes que requieren retransmisión.
- La fracción de llamadas a procedimientos remotos que tardan más de cierto tiempo.

En la figura 2.12 se muestran las fórmulas para el cálculo de la distribución Beta.

$$f(x) = \frac{x^{a-1}(1-x)^{b-1}}{\beta(a,b)} \quad 0 \leq x \leq 1, a > 0, b > 0$$

$$\beta(a,b) = \int_0^1 x^{a-1}(1-x)^{b-1} dx = \frac{\Gamma(a)\Gamma(b)}{\Gamma(a+b)}$$

Media: $a / (a + b)$

Varianza: $ab / [(a + b)^2(a + b + 1)]$

Figura 2.12 Fórmulas para el cálculo de Beta.

Fuente: Fórmulas cálculo de Beta

WEIBULL

Es usada comúnmente en análisis de confiabilidad. Se usa para modelar tiempo de vida de componentes. Si $\beta < 1$, la tasa de fallas incrementa con el tiempo. Si $b > 1$, la tasa de fallas decrece con el tiempo. Si $b = 1$, la tasa de falla es constante y los tiempos de vida son exponenciales.

Si $\alpha = 3.602$, la Weibull se aproxima a la normal. Para $a > 3.602$, tiene una larga cola a la izquierda. Para $a < 3.602$, la cola es para la derecha. Para $b \leq 1$, tiene forma de L. Para $b > 1$, tiene forma de campana.

En la figura 2.13 se muestran las fórmulas para el cálculo de la distribución Weibull.

$$f(x) = \frac{bx^{b-1}}{a^b} e^{-(x/a)^b}, \quad 0 \leq x < \infty, \quad a > 0, \quad b > 0.$$

$$F(x) = 1 - e^{-(x/a)^b}$$

Media: $\frac{a}{b} \Gamma(1/b)$

Varianza: $\frac{a^2}{b^2} \{2b\Gamma(2/b) - [\Gamma(1/b)]^2\}$

Figura 2.13 Fórmulas de cálculo de Weibull

Fuente: Cálculos de Weibull

LOGNORMAL

Es el logaritmo de una normal. Se usa frecuentemente en modelos de regresión y análisis de experimentos cuando donde se aplican transformaciones logarítmicas.

El producto de un gran número de variables aleatorias positivas tiende a la lognormal. También se usa para modelar errores, producto de efectos de un gran número de factores.

En la figura 2.14 se muestran las fórmulas para el cálculo de la distribución Lognormal.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} e^{-(\ln x - \mu)^2 / 2\sigma^2} \quad 0 < x < \infty, \quad \mu \text{ y } \sigma > 0.$$

μ y σ son la media y la desviación de $\log(x)$ y NO de x .

Media: $e^{\mu + \sigma^2 / 2}$

Varianza: $e^{2\mu + \sigma^2} (e^{\sigma^2} - 1)$

Figura 2.14 Fórmulas cálculo de Lognormal.

Fuente: Cálculos Lognormal

GAMMA

Es una generalización de la Erlang y tiene parámetros no enteros. Se usa en modelos de colas para modelar tiempos de servicio y tiempos de reparación.

En la figura 2.15 se muestran las fórmulas para el cálculo de la distribución Gamma.

$$f(x) = \frac{(x/a)^{b-1} e^{-x/a}}{a\Gamma(b)} \quad 0 \leq x < \infty, \quad a > 0, \quad b > 0.$$

Media: ab

Varianza: a^2b

Figura 2.15 Fórmulas cálculo de Gamma.

Fuente: Cálculos de Gama

NORMAL

La $N(0,1)$ es llamada normal unitaria o normal estándar. Se usa cuando la aleatoriedad es causada por varias fuentes independientes actuando en forma aditiva:

- Errores de medición
- Medias muestrales de un gran número de observaciones independientes de una distribución dada.

En la figura 2.16 se muestran las fórmulas para el cálculo de la distribución Normal.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad -\infty < x < \infty, \quad \sigma > 0$$

Media: μ

Varianza: σ^2

Figura 2.16 Fórmulas cálculo de la Normal

Fuente: Cálculos Normal

2.4.5 Aplicaciones y paquetes de software de la simulación.

No es fácil describir las muchas 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:

Promodel



Software de Simulación y Optimización para la Manufactura, Logística, Ensamble, Balanceo de Líneas, Justificación de Capital, entre otras aplicaciones. [Rendón, 04]

Servicemodel

Software de Simulación y Optimización para Sistemas de Servicio. Diseño y Planeación de la Capacidad en empresas o procesos de Servicio.

Medmodel

Software de Simulación y Optimización de Hospitales, Clínicas y Procedimientos de Trabajo en ambiente de Hospitales.

Arena

Arena es un software 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.

2.5 Elección del software de simulación.

- Arena es una aplicación del sistema operativo de Windows de Microsoft
- Arena permite trabajar de manera sencilla con submodelos, mientras que en Promodel, por ejemplo, estos deben modificarse para ser adecuados al modelo que se quiere adaptar.

- La interfaz gráfica de Arena está basada en diagramas de flujo.
- Arena posee herramientas de análisis de datos, *Input Analyzer* y *Process Analyzer*.
- Arena señala la línea de programación donde se encuentra algún error.

En virtud de los antecedentes entregados anteriormente, se ha seleccionado el software Arena como herramienta de simulación para este trabajo de título, adicionalmente se puede mencionar que EPV, empresa con la se trabajó para el estudio de ZEAL, solicitó trabajar con este software, ya que es familiar para ellos, ya que estudios anteriores se desarrollaron con este programa.

2.6 Software Arena

Es una herramienta que permite la reproducción de un sistema, en este caso utilizado para modelar el proceso logístico de ZEAL.

“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 *software* de Windows, como procesadores de texto, hojas de cálculo y paquetes CAD, así que los elementos 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.

Ventajas de Arena

- Fácil de utilizar, diseñado para personas que no poseen conocimientos de programación.
- Los utilitarios que brinda son de fácil de uso.
- Posee una buena capacidad gráfica.
- Ofrece gran versatilidad, se puede modelar desde una fábrica hasta una sala de espera.
- Compatible con productos de Microsoft Office

Desventajas de Arena

- Es difícil correr un modelo de Arena en otro programa de simulación. Esto se debe porque es difícil sincronizar los relojes con los que funcionan los programas.
- La documentación y la ayuda que ofrece este sistema es poca.

Capítulo 3: Aplicación de la Metodología

3.1 Formulación del problema y plan de estudio

El 2013 Puerto Valparaíso movilizó 10,2 millones de toneladas de carga, incluyendo 903 mil TEUs. Con la entrada en operaciones del TCVAL y el desarrollo de su proyecto de construcción del nuevo Terminal 2, la capacidad de transferencia sumará 1 millón de TEUs más, duplicando hacia 2018 la capacidad actual del puerto.

Sin embargo, eso no será suficiente por mucho tiempo. El crecimiento de la demanda por infraestructura portuaria que aumenta a tazon de 6,3% anual, invita a pensar en nuevas alternativas para crecer y consolidar el liderazgo portuario de la ciudad. El PGE Yolanda, cuya concreción se estudia para 10 o 12 años más, busca hacerse cargo de ello, sumando otros 3 millones de TEUs anuales a la capacidad de transferencia de Valparaíso. [El Mercurio Valparaíso, 14]

Por lo anterior se comenzó a buscar cómo evitar el colapso en ZEAL, puesto que si las cargas aumentan en Valparaíso, aumenta el tráfico también en la Zona Logística. Según lo citado en los párrafos precedentes y el estudio hecho con anterioridad en esta memoria de título, se descubre la carencia de una herramienta ad-hoc para tomar decisiones de contingencia frente a aumentos de demanda, ya sea en el día a día o proyectados en el tiempo. Esta herramienta sería esencial para diagnosticar colapsos, tiempos en cola y a su vez será esencial para tomar decisiones en la PLA, con respecto a número de Puertas a utilizar tanto de entrada como de salida.

La Zona Logística del Puerto de Valparaíso, ZEAL, cumple la labor de inspección aduanera y fitosanitaria de las cargas de importación y exportación; coordina el ingreso de ambas cargas y la salida del Puerto de Valparaíso; ZEAL poco a poco se ha convertido en un modelo logístico que está orientado a mejorar el flujo del comercio exterior en el Puerto de Valparaíso, disminuyendo los tiempos de estadías, mejorando los procesos operativos y el acceso a información, por lo tanto es de real relevancia una herramienta de simulación para seguir cumpliendo con los objetivos principales de ZEAL.

El proceso a evaluar, luego del levantamiento de éstos, hecho en los capítulos anteriores, se resume en:

- Llega el camión y se ve enfrentado a 6 puertas, las cuales se dividen en puertas de entrada y de salida; las cantidades de éstas son según la decisión tomada en la reunión de PLA.
- El camión se dirige a una de las puertas habilitadas de entrada.
- El camión entra en un proceso, que para efectos del modelo será un solo proceso que contendrá todas las actividades internas (Ingreso de documentos, fiscalización de aduanas, fiscalización SAG)
- Finalmente el camión recibe el llamado para bajar al puerto y sale del sistema por la o las puertas habilitadas como salida.

De acuerdo con la descripción del proceso de atención a los camiones otorgada anteriormente, se diagrama el modelo de los servicios de ZEAL y se muestra en la figura 3.1.

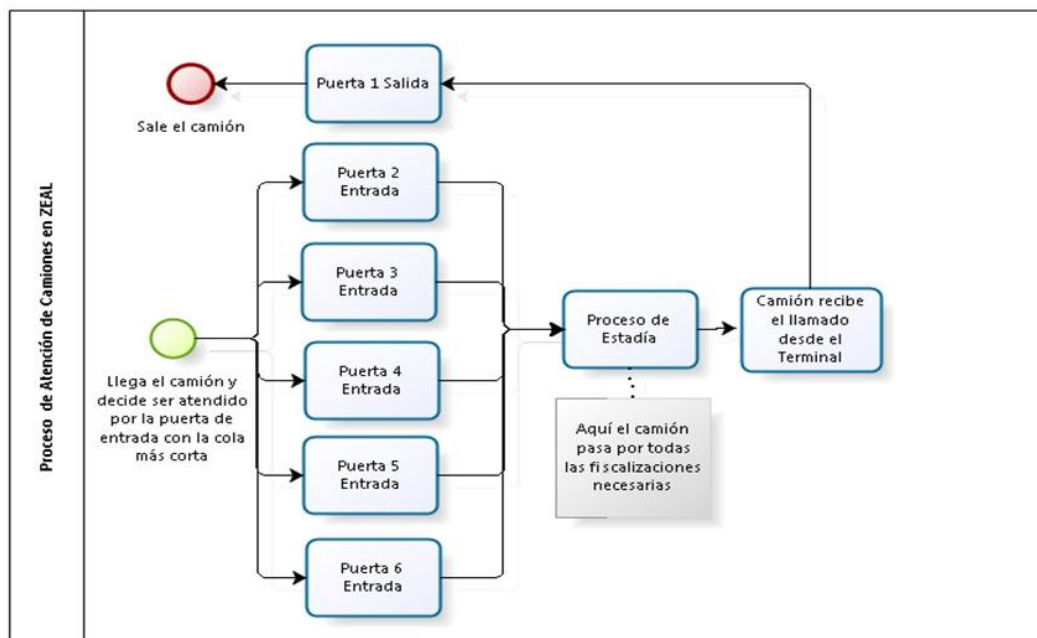


Figura 3.1 Diagrama Proceso de Atención Camiones en ZEAL.

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la figura 3.1, el sistema de atención está conformado por los siguientes elementos:

- Entradas: Corresponde al ingreso de los distintos tipos de camiones (Acopio, Almacenaje, Consolidado, Embarque Hortofrutícola, INSUSDA, Porteo, SDDD, Stacking, Carga Masiva). Los cuales ingresan al sistema con el propósito de ser inspeccionados, para ello deben contar con la información necesaria para los procesos posteriores.
- Actividades: Corresponden a las diversas tareas que se realizan durante la atención a cada camión. Podemos nombrar las siguientes: verificación de los documentos del camión, fiscalización aduanera, fiscalización SAG si es necesaria, fiscalización TPS, entre otras.
- Salidas: Corresponden a las salidas del sistema por parte del camión, en este caso, al retiro del recinto por parte del mismo. Esta salida cuenta con dos destinos; los camiones que se dirigen al Puerto, generalmente de exportaciones y el destino de los camiones de importación.

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

- Objetivo del Sistema.

El objetivo del sistema es entregar un servicio de atención acorde a las necesidades del aumento de cargas del puerto.

- Políticas del Sistema.

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

- *Utilización de recursos:* EPV en conjunto con la concesionaria ZEAL, en la reunión de PLA, deciden el número de puertas a utilizar, también deciden en función de la carga diaria la cantidad de puertas habilitadas como entrada y las puertas habilitadas como salida.
- *Atención:* El horario de atención de ZEAL se realiza las 24:00 hrs de Lunes a Lunes. Como política de la empresa todos los camiones ingresan a ZEAL. En el caso de que algún camión no esté enrolado, entra igual y los trámites los hace directamente en la oficina de enrolamiento.
- *Tiempo de atención:* De acuerdo a los datos de ZEAL, la Empresa indica que el tiempo de atender un camión, se divide de la forma siguiente:
 - Los operarios de las puertas de acceso se demoran de 5,07 minutos en promedio la entrada y 1,019 minutos promedio en la salida.
 - Estando dentro de ZEAL, los tiempos son;

Tabla 3.1 Tiempos extraídos de la muestra.

Línea Logística	Medición	Minutos
ACOPIO	PROMEDIO	73,46943
	DESVIACIÓN	106,51124
ALMAC	PROMEDIO	35,231782
	DESVIACIÓN	50,43945
CARGMAS	PROMEDIO	47,364337
	DESVIACIÓN	103,4683
CONSOL	PROMEDIO	310,08232
	DESVIACIÓN	259,23089
EMBHOR	PROMEDIO	375,93746
	DESVIACIÓN	280,44423
INSUSDA	PROMEDIO	130,73699
	DESVIACIÓN	52,384796
PORTEO	PROMEDIO	99,952441

	DESVIACIÓN	117,2812
SSDD	PROMEDIO	44,676783
	DESVIACIÓN	34,459352
STACK	PROMEDIO	195,11177
	DESVIACIÓN	252,17582

Fuente: Elaboración Propia

- Variables controlables.

Entre las variables del sistema controlables, se pueden considerar:

- Recursos disponibles.
- Horarios de atención.
- Definición de las actividades (número de tareas, tiempo de atención, tipo de fiscalización, cumplimiento de atributos)

- Variables no controlables.

Entre algunas variables no controlables, podemos mencionar:

- Volcamientos en la ruta, lo que haga que se dificulte el acceso de los camiones.
- Fenómenos naturales que afecten el normal funcionamiento de las operaciones de la empresa.
- Caídas del sistema informático SI-ZEAL
- Cortes o suspensión de suministros, como lo es el Internet.
- Cambios en los procesos de atención de los organismos fiscalizadores, sobre todo si son gubernamentales.

- Mediciones.

Para obtener los datos requeridos para el estudio del sistema, es necesario recopilar, analizar y limpiar los siguientes indicadores:

- Tiempo entre llegadas.
 - Tiempo de llegadas de cada línea logística.
 - Tiempo promedio de espera.
 - Tiempo promedio de atención en las puertas de acceso.
 - Tiempo promedio de atención en las puertas de salida.
 - Tiempos promedios de estadía de cada línea logística.
 - Capacidad de los estacionamientos.
- Comportamiento estadístico del Sistema.

Para determinar el comportamiento estadístico de cada una de las etapas del proceso, deben ser utilizados los indicadores mencionados anteriormente, los cuales son ingresados a un software para su respectiva representación y posterior análisis. En este caso, el software utilizado para dichos efectos es la herramienta de Arena: *Input Analyzer*. Cabe mencionar que para obtener un acabado análisis de los datos y de las distribuciones se utilizó también el programa *Minitab*, puesto que en ocasiones se debe elegir con mayor precisión las distribuciones.

3.1.1 Recolección de datos y definición del modelo

3.1.1.1 Datos:

Para comenzar, se trabajaron datos extraídos de la empresa mediante bases históricas que arroja SI-ZEAL, correspondientes a los meses de diciembre 2013 y enero 2014, más datos tomados de forma presencial, específicamente el tiempo de los operarios en las Puertas de entrada y salida.

Las bases adjuntas en los anexos, se trabajaron de la siguiente manera:

- La base entregada por SI-ZEAL 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 hora de entrada y de salida para poder calcular el tiempo de permanencia por línea logística.

- Cuando se tienen los datos necesarios, se trabajan en términos de unidad de medida, ya que éstos vienen dados por hora y por día y necesitamos tener una base homogénea en minutos.
- Al manejar datos en la misma unidad de medida, se comienza un análisis de los datos de forma individual con cada línea logística; por ejemplo:
 - Acopio

Se toman todos los datos de la base, se grafican y se eliminan los datos atípicos (figura 3.2), los cuales para nosotros son los datos que se escapan de forma visible de la gráfica. Luego estos datos ya definitivos se introducen en Input Analyzer, para obtener de ahí la distribución que estos presentan (figura 3.3), teniendo la distribución, mediante Minitab se genera la gráfica a utilizar (figura 3.4).

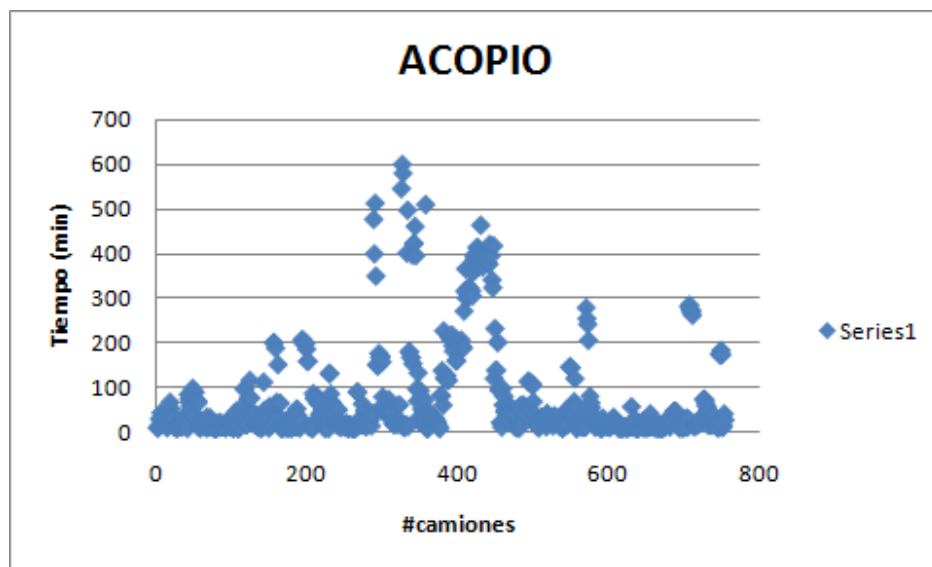


Figura 3.2 Gráfico de Excel de Acopio.

Fuente: Elaboración Propia

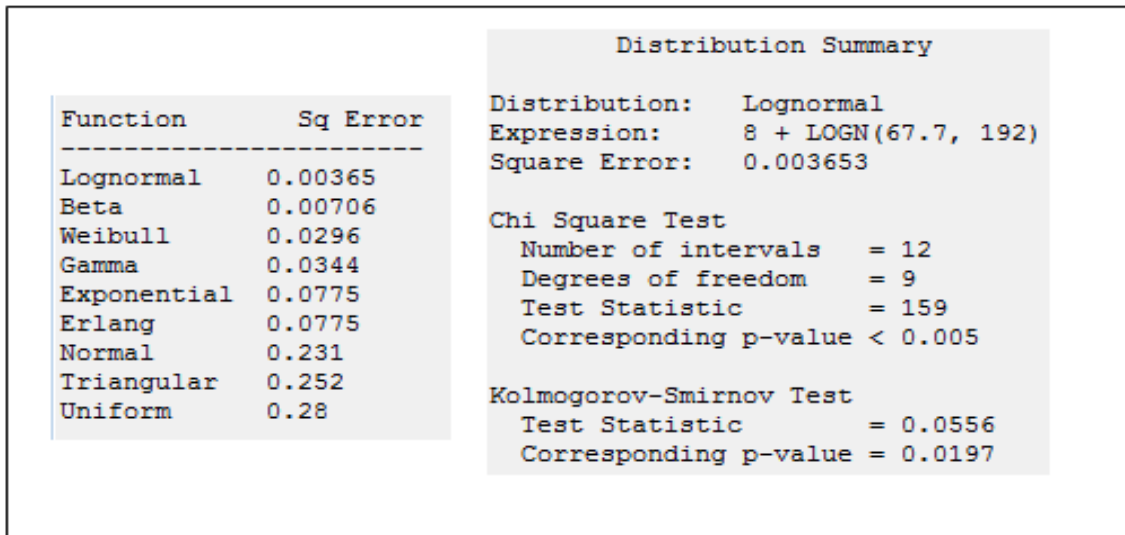


Figura 3.3 Datos Input Analyzer.

Fuente: Input Analyzer

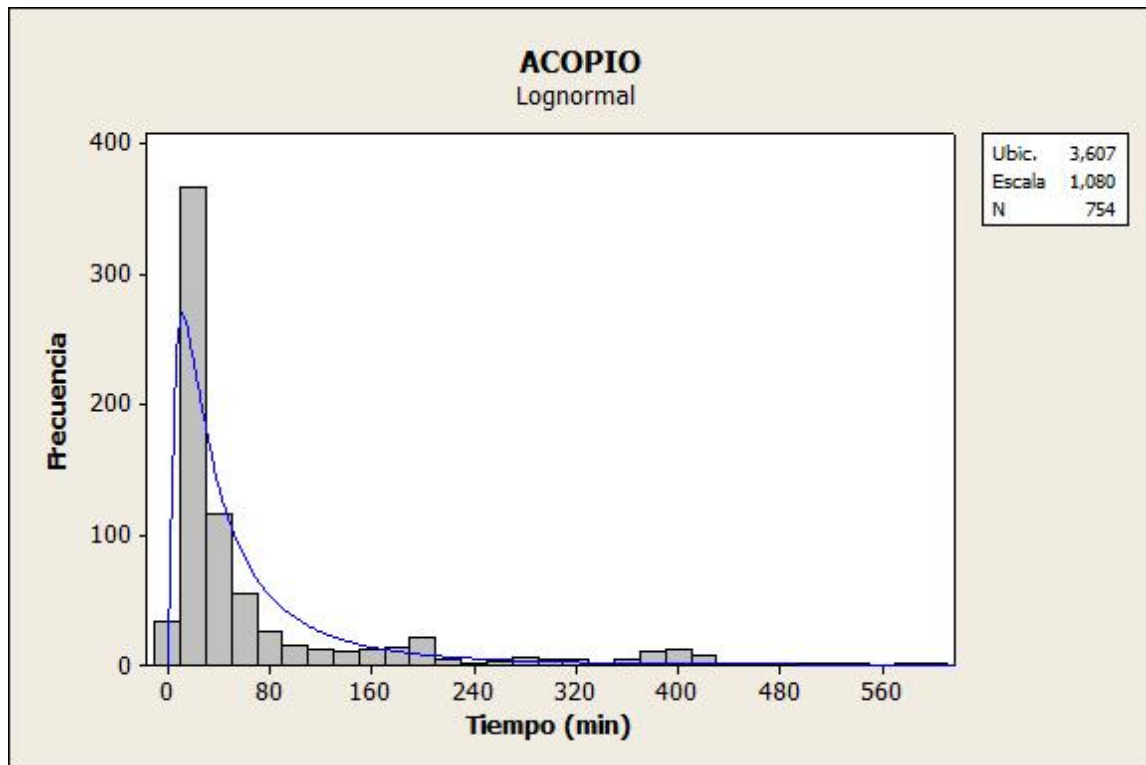


Figura 3.4 Gráfico Minitab de Acopio.

Fuente: Minitab

Para las demás líneas de logísticas (ALMAC, CARGMAS, CONSOL, EMBHOR, INSUSDA, PORTEO, SSDD, STACK) se realizó el mismo procedimiento, el cual se muestra en el anexo 2.

3.1.1.2 *Modelo*

Para comenzar con la confección del modelo, es necesario saber lo siguiente:

- **Eventos**

Situación que ocurre en un instante de tiempo de la simulación, puede que cambie sus atributos, variables o acumuladores estadísticos.

- Llegada (o entrada) de un camión a ZEAL.
- División de los camiones en sus respectivas líneas logísticas
- Retiro de ZEAL por parte del camión.
- Término: La simulación finaliza una vez transcurridos 44640 minutos correspondientes a un mes con el horario de atención como se plateó en las políticas del sistema.

- **Entidades**

- Son los elementos que se mueven o transitan alrededor del sistema, cambiando su estado, afectando y siendo afectado por otras entidades. En nuestro caso las entidades están representadas por los camiones que hacen ingreso a ZEAL y se dividen en los distintos camiones según su línea logística.

- **Atributos**

- Los atributos describen la estructura de la base de datos empleados en un modelo de simulación, por lo tanto para efectos de nuestro sistema se utilizarán dos atributos:

- Entity Picture de camiones; atributo para todas las entidades, el cual permite que las entidades del modelo sean representadas por figuras de camiones.
- Atributo, $t_{inicial}$, t_{now} ; atributo para cada línea logística, que tiene por finalidad marcar el tiempo de que cada entidad cuando comienza su permanencia, para que así después el módulo record pueda saber los tiempos totales de permanencia.

3.1.2 Construcción del programa y verificación.

3.1.2.1 Construcción del programa o modelo computacional.

- Modelo en su forma más básica, ver figura 3.5

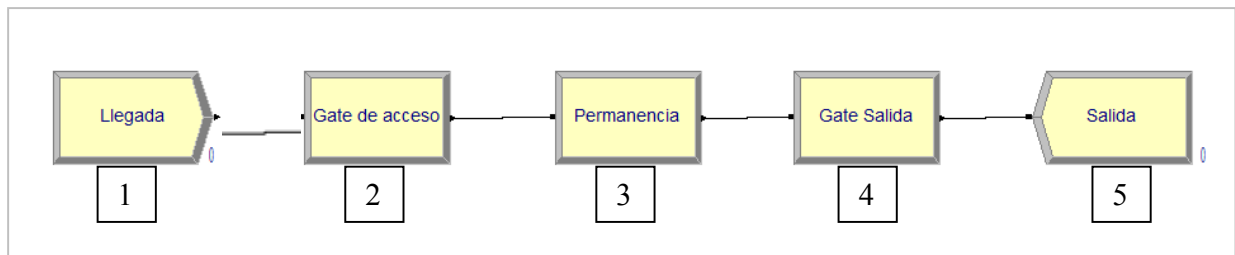


Figura 3.5 Modelo en su forma básica.

- Modelo presentado en forma segregada

1) Llegada, ver figura 3.6

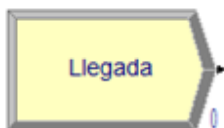


Figura 3.6 Módulo Llegada.

Fuente: Software Arena.

La llegada de camiones hace necesaria la utilización de cuatro módulos para así representar fielmente el comportamiento real del sistema.

Primero tenemos el módulo Create que da comienzo al sistema y donde es denominado como “Llegada de Camiones”. Aquí tenemos que las entidades llegan con una distribución de tipo exponencial con media de 1.09 minutos, las cuales van llegando de a una y no tienen un límite de camiones.

Luego el módulo Assign, denominado Camiones el cual tiene como finalidad asociar un atributo a todas las entidades, el cual es un Entity Picture de camiones, así todas las entidades del modelo sean representadas por figuras de camiones.

Seguido tenemos un módulo Hold, denominado “Capacidad de ZEAL”, el cual representa el dejar esperando a las afueras de ZEAL a todos los camiones que quieran ingresar a éste cuando la capacidad de ZEAL se ha visto superada, por lo cual funciona en base a una condición que indica que el total de camiones separados por líneas logísticas tiene que ser inferior a la cantidad de estacionamientos que hay en el sistema (ACOPIO.WIP + ALMAC.WIP + CARGMAS.WIP + CONSOL.WIP + EMBHORT.WIP + INSUSDA.WIP + PORTEO.WIP + SDDD.WIP + STACK.WIP) < 590)

Por último viene la elección que hace el conductor del camión respecto a que Puerta de Acceso va a escoger, lo cual se representa por un módulo Decide que es denominado “Elección de Gate”, tal como se ve en la figura 7.7, donde nuestra investigación arrojó que cada Puerta tiene las mismas posibilidades de ser escogida, ya que se van distribuyendo de manera uniforme dependiendo de donde haya menos cola. Por lo tanto al módulo Decide se le indica que distribuya equitativamente entre los cuatro accesos, es decir, si tenemos cuatro Puertas de Acceso, entonces le corresponde un 25% de probabilidad de ser escogida a cada una de ellas.

Todo lo anterior es representado en figuras 3.8, 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12

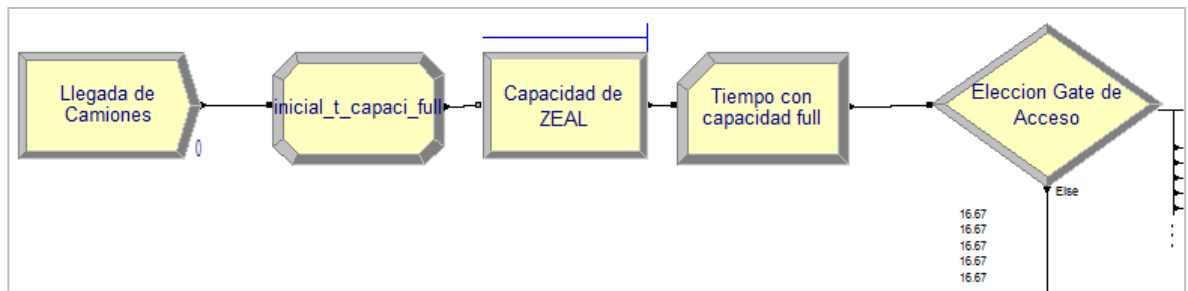


Figura 3.7 Módulo Decide

Fuente: Software Arena

Figura 3.8 Create

Fuente: Software Arena

Figura 3.9 Assign

Fuente: Software Arena

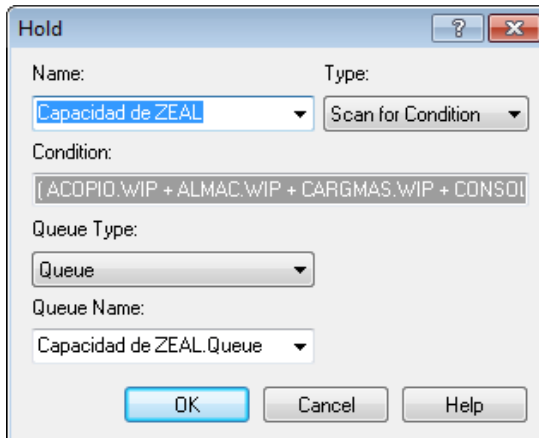


Figura 3.10 Hold Software Arena

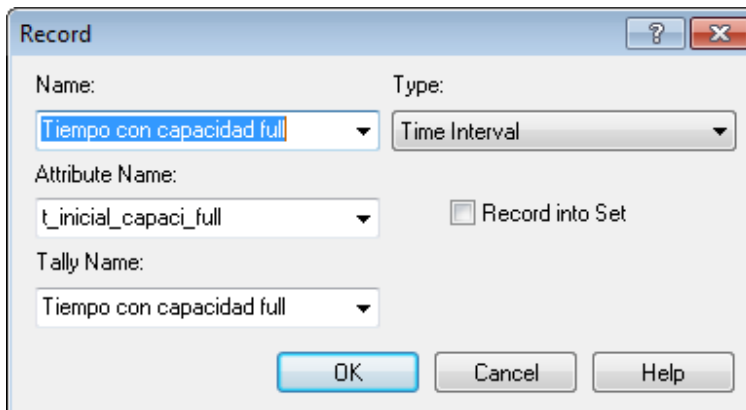


Figura 3.11 Record

Fuente: Software Arena

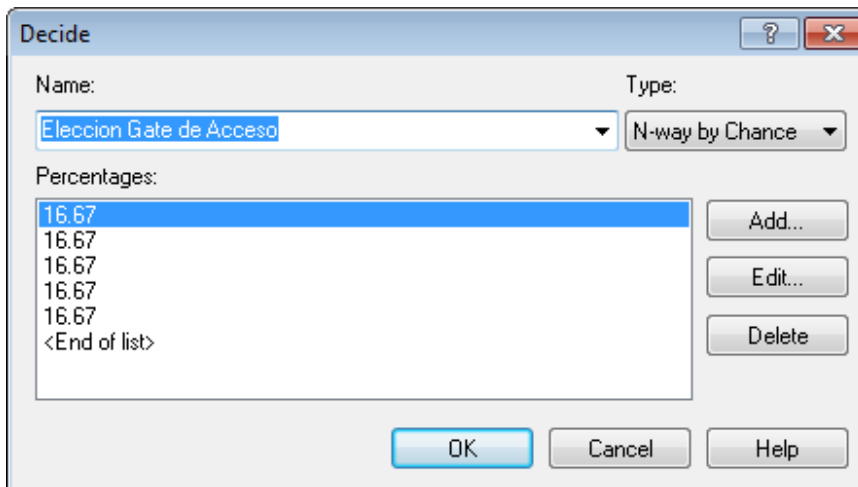


Figura 3.12 Decide

Fuente: Software Arena

2) Gate de Acceso



Figura 3.13 Módulo Gate de Acceso.

Fuente: Software Arena

El Gate de Acceso que se ve en la figura 3.13, representa las Puertas de Entrada al sistema, esta parte del sistema contempla la utilización de 3 módulos, los cuales son el módulo Process, el modulo Record y un módulo Decide.

El módulo Process se denomina “GATE ACCESO #”, el cual representa el proceso del operario que registra el camión en el sistema y verifica que el conductor cuente con todos los documentos necesarios para poder así tramitar su carga. Este proceso ocupa determinado recurso, el cual es el trabajo del operador de la Puerta de Acceso. Además encontramos que atiende con una distribución normal y demora en promedio 5,07 minutos con una desviación de 9,16 minutos.

Luego, el modulo Record el cual se denomina “conteo gate #”, donde tiene como finalidad contar el número de camiones que pasa por cada Puerta de Acceso y así controlar

que el sistema genere una distribución equitativa respecto a la decisión de entrada de los conductores.

Ya pasando los módulos antes mencionados, se encuentra el modulo Decide, el cual lleva por nombre "LINEA LOGISTICA", con la función de dividir el flujo de camiones en las distintas líneas logísticas existentes, y esto por medio de los porcentajes promedios que hay de las distintas líneas logísticas, ya que cada tipo de carga tiene un tiempo de espera diferente, debido a que los tramites dentro de ZEAL son distintos dependiendo de la carga. Tal como lo muestra la figura 3.14.

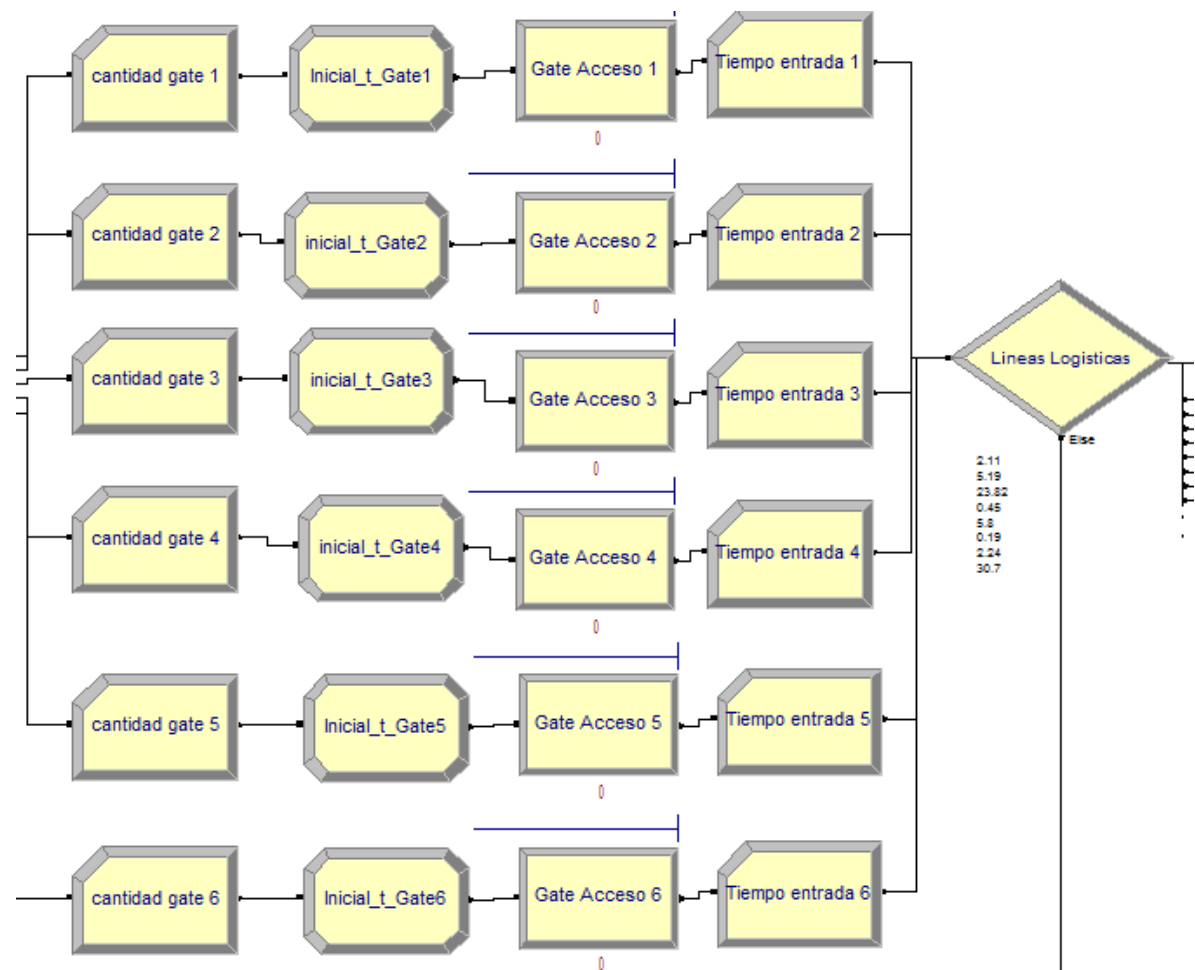


Figura 3.14 Primera parte del modelo y módulo decide antes de líneas logísticas.

Fuente: Software Arena

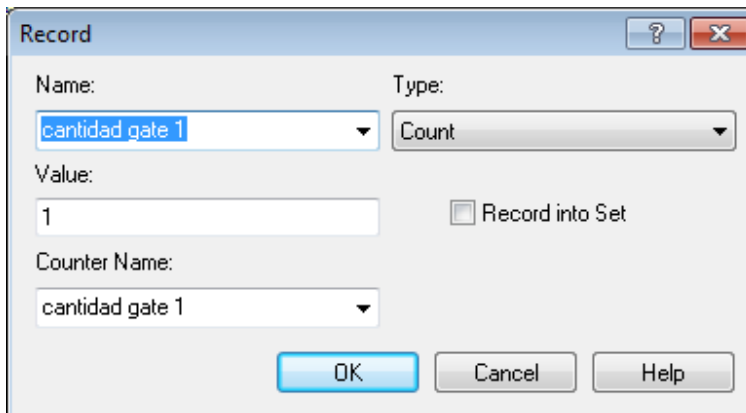


Figura 3.15 Record.

Fuente: Software Arena

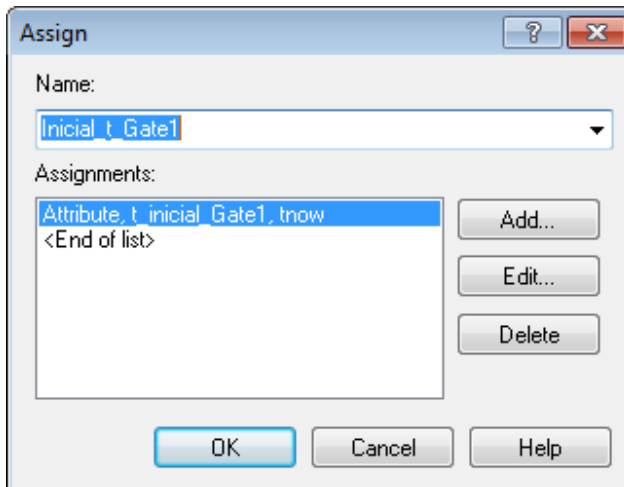


Figura 3.16 Assign.

Fuente: Software Arena

Process

Name: Gate Acceso 1 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

Resource, Operator Gate 1, 1
<End of list>

Delay Type: Expression Units: Minutes Allocation: Value Added

Expression: NORM(2.01 , 4.8)

Report Statistics

OK Cancel Help

Figura 3.17 Process.

Fuente: Software Arena

Record

Name: Tiempo entrada 1 Type: Time Interval

Attribute Name: t_inicial_Gate1 Record into Set

Tally Name: Tiempo entrada 1

OK Cancel Help

Figura 3.18 Record.

Fuente: Software Arena

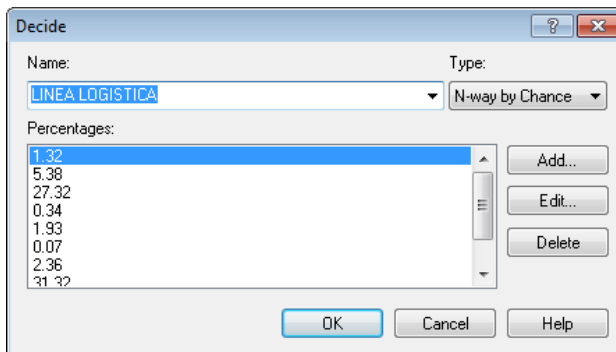


Figura 3.19 Decide.

Fuente: Software Arena

3) Permanencia

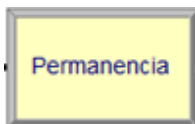


Figura 3.20 Módulo de Permanencia.

Fuente: Software Arena

La permanencia, figura 3.20, representa el conjunto de trámites que tiene que hacer el dueño de la carga para poder importar o exportar ésta. Dichos trámites van a depender de la línea logística de cada camión, por lo cual en este punto se encuentran las entidades divididas según su línea logística.

Cada línea logística tiene cuatro módulos donde tres de estos tienen la finalidad de recoger reportes de análisis y uno corresponde al proceso de permanencia en la ZEAL.

En primer lugar hay un módulo Record el cual es un contador, que tiene como objetivo dar a conocer el número de entidades que entra a cada línea logística y así verificar que las proporciones de camiones por tipo de carga se cumplan.

Seguido a lo anterior está un módulo Assign el cual tiene como función asignar un debido atributo a cada entidad que ingresa a cada línea logística. Dicho atributo corresponde al registro del tiempo en que el camión ingresa a ZEAL para hacer los correspondientes

tramites, lo cual ayudará después para saber cuánto es el tiempo de permanencia que tiene cada línea logística.

Luego viene el módulo Process que representa el conjunto de procesos que se tienen que hacer para que el camión pueda ingresar al puerto, el cual se denomina por el nombre de su respectiva línea logística. Dentro de este módulo cabe señalar que si bien se utilizan varios recursos, estos no se tomarán en cuenta por varios motivos, los cuales son:

- No es necesario porque no evaluaremos costos
- Es demasiado engorroso poder identificar a los distintos actores
- En nuestro modelo no interferiremos con los distintos actores que aquí participan

Por todo lo anterior es que se utiliza en acción la opción Delay, la cual indica que solamente se llevará a cabo un proceso de retardo.

Por último en lo que respecta a permanencia encontramos el modulo Record el cual es el encargado de registrar el tiempo de proceso del módulo anterior que representa el tiempo de permanencia en la ZEAL. Este módulo tiene como objetivo poder registrar el tiempo que demora cada línea logística para así poder compararlo con la situación real.

Todo lo anterior en las figuras siguientes:

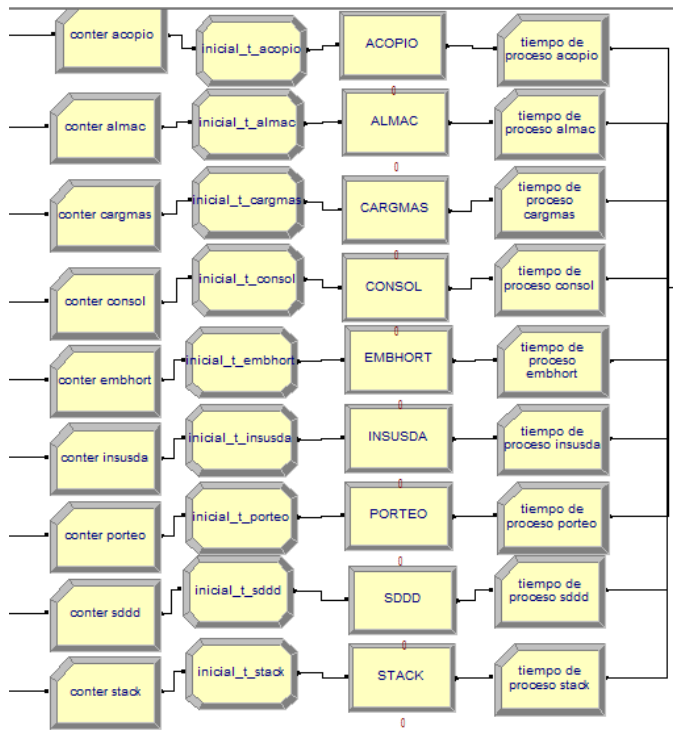


Figura 3.21 Segunda parte del modelo.

Fuente: Software Arena

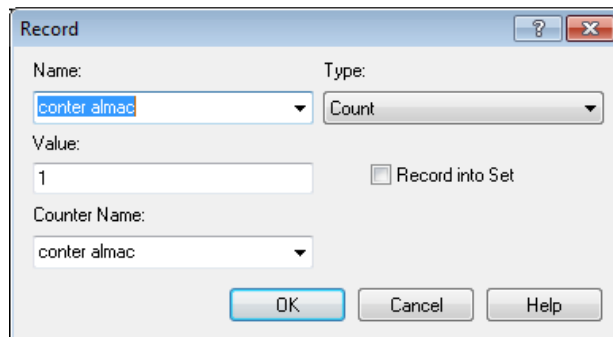


Figura 3.22 Record.

Fuente: Software Arena

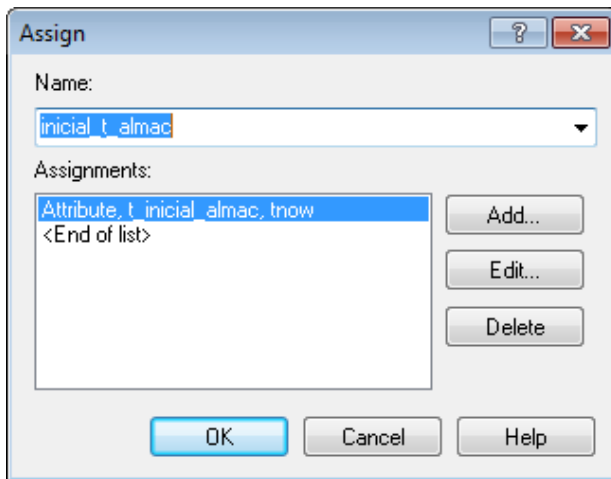


Figura 3.23 Assign.

Fuente: Software Arena

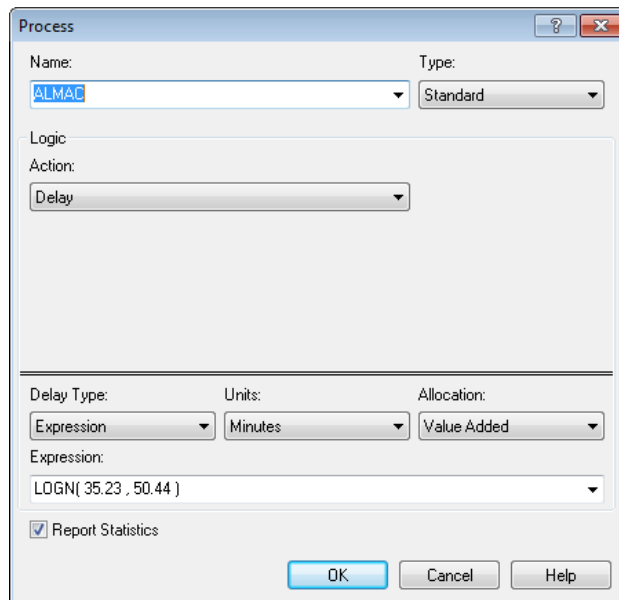


Figura 3.24 Process.

Fuente: Software Arena

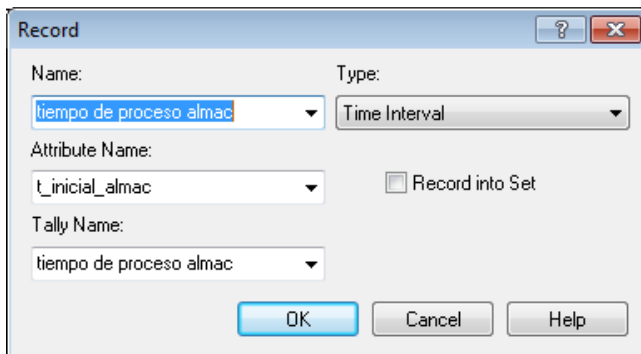


Figura 3.25 Record.

Fuente: Software Arena

4) Gate Salida



Figura 3.26 Gate de Salida.

Fuente: Software Arena

Habiendo realizado todos los trámites necesarios y además teniendo la autorización de salida ya dada, el conductor debe dirigirse a las Puertas de Salidas donde un operador hace un registro más breve que en la entrada y por lo mismo tiene tiempos de demora más bajos que en la entrada, siendo un promedio de 0,64 minutos con una desviación 0,42 minutos, y con una distribución normal de salida.

Aquí el un módulo Process denominado “Gate de Salida”, utiliza como recurso un Operador.

Seguido, se encuentra un módulo Record el cual, tiene como finalidad registrar la cantidad de camiones que salen de ZEAL, y dicho modulo se denomina “REGISTRO CAMIONES”.

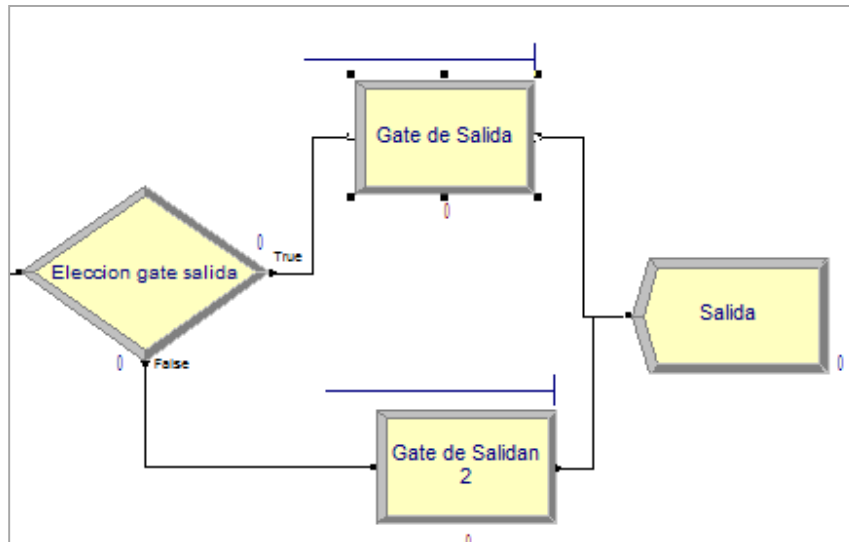


Figura 3.27 Última parte del Modelo.

Fuente: Software Arena

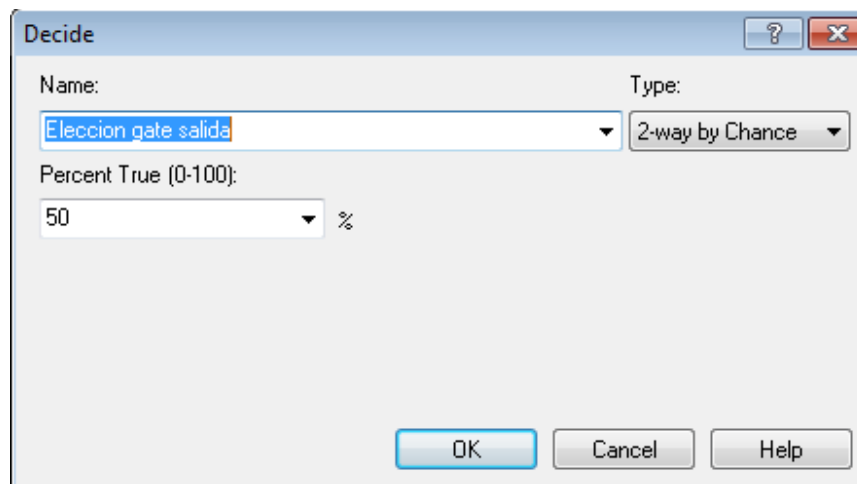


Figura 3.28 Dedide.

Fuente: Software Arena

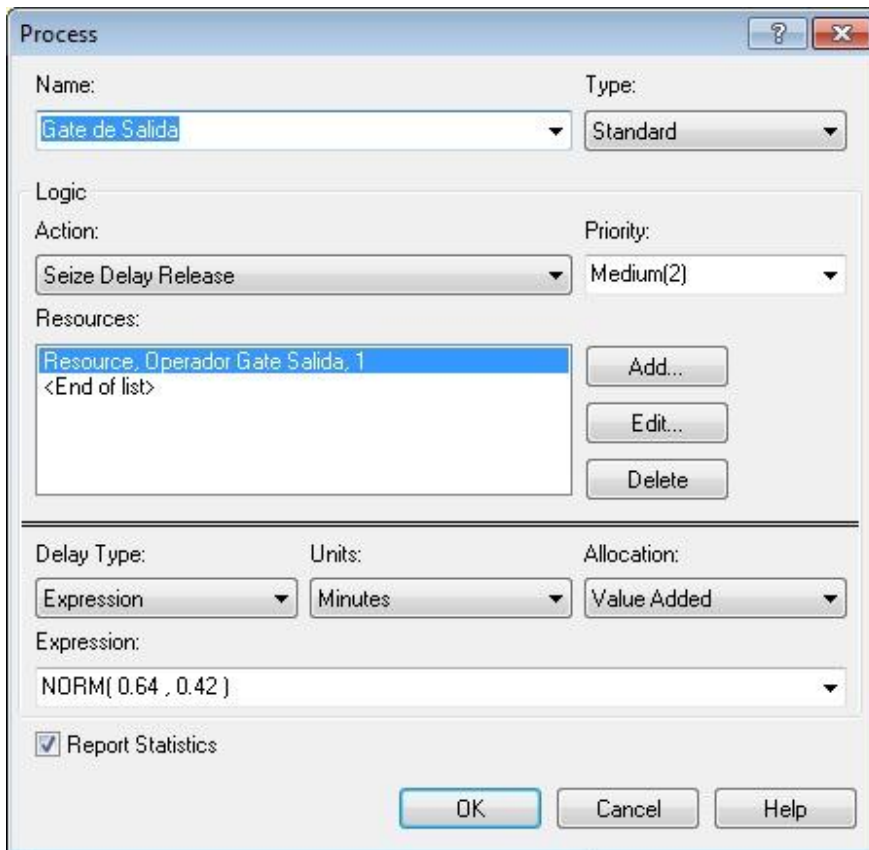


Figura 3.29 Process.

Fuente: Software Arena

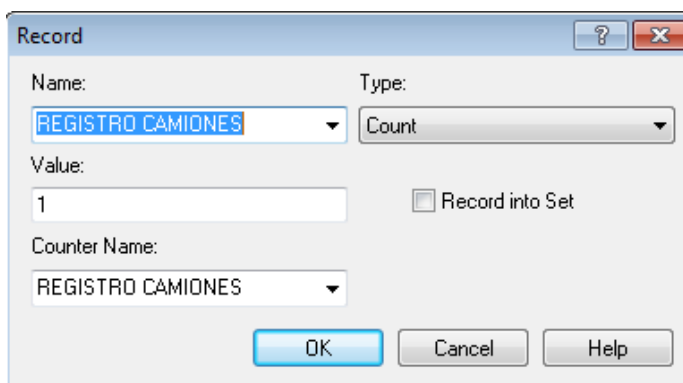


Figura 3.30 Record.

Fuente: Software Arena

5) Salida



Figura 3.31 Modulo Salida.

Fuente: Software Arena

Para finalizar el modelo encontramos el módulo Dispose, como se ve en la figura 3.32, que es con el cual señalamos el punto donde se termina el modelo, y lo cual también nos señala que aquí las entidades dejan la zona en que se está simulando.

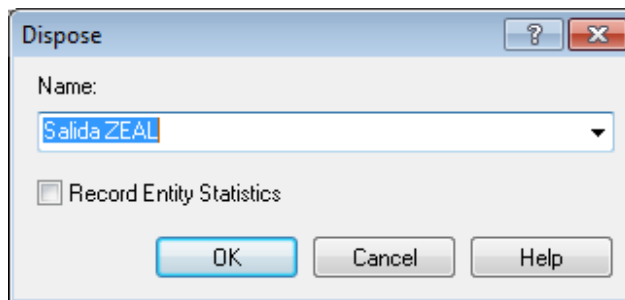


Figura 3.32 Dispose.

Fuente: Software Arena

En esta última figura 3.33 se puede apreciar el modelo al unir todas las partes antes mencionadas.

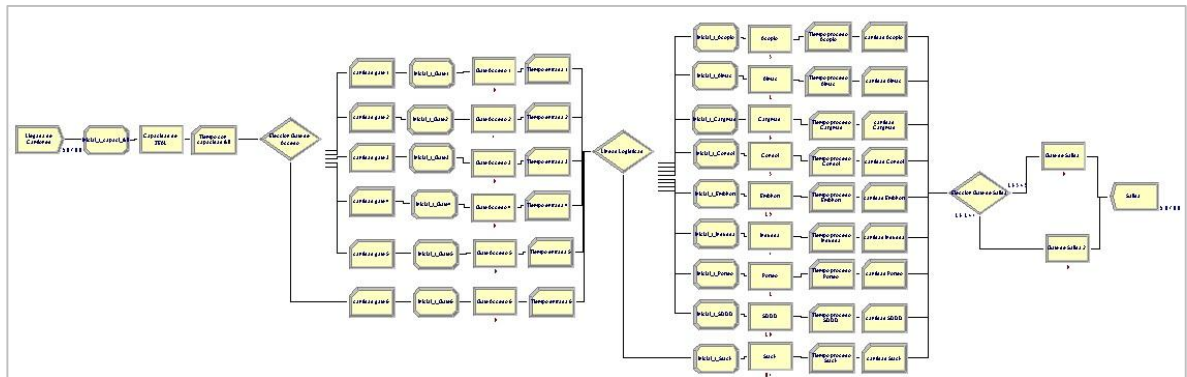


Figura 3.33 Modelo en su versión final.

Fuente: Software Arena

3.1.3 Verificación del modelo.

El proceso de verificación consiste en comprobar que el modelo simulado cumple con los requisitos de diseño para los que se elaboró, donde se trata de evaluar que el modelo se comporta de acuerdo a su diseño del modelo real y por ende representa fielmente el sistema a trabajar.

Se procederá a verificar el modelo revisando que las entidades cumplan con todos los pasos que realiza un camión en ZEAL, donde cuyos pasos son los siguientes:

- 1) El camión vienen desde la carretera hacia las instalaciones de ZEAL.
- 2) Procede a elegir una Puerta de Acceso para poder ingresar.
- 3) Un operador registra al conductor del camión con la respectiva operación logística que este realizara, donde demora un cierto tiempo generando a su vez una cierta cola.
- 4) El camión al ya estar registrado, ingresa a ZEAL donde va a permanecer en éste un tiempo determinado por los procesos que implica cada operación logística, por lo cual cada línea logística tiene tiempos distintos.
- 5) Luego de haber tramitado las distintas operaciones, entonces el conductor se prepara para abandonar ZEAL, cuando se le indique que lo haga.
- 6) Antes de retirarse tiene que registrarse su salida de ZEAL por lo cual pasa por una Puerta de Salida, donde un operador tomara registro en el sistema.

- 7) Cabe señalar que si ZEAL tiene su capacidad completamente ocupada, entonces no se deja entrar más camiones al establecimiento, y se dejan en cola a las afueras de este.

El camión procede desde la carretera y toma la decisión de elección de una Puerta de Entrada, lo cual queda mostrado en la figura 3.34, donde además se muestra como está representado en el programa.

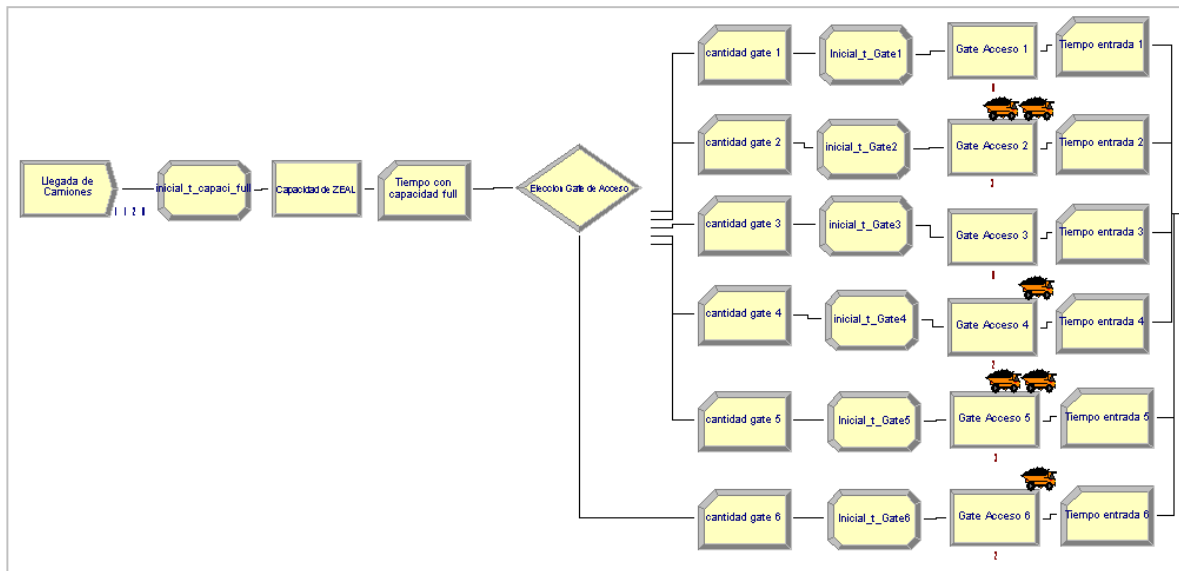


Figura 3.34 Llegada de Camiones.

Fuente: Software Arena

Además se logra apreciar por los números de abajo de cada proceso de "Gate de Acceso" que el conductor toma la decisión de no tomar la Puerta de Acceso que está siendo ocupada (GATE ACCESO 4), verificando el punto 2 del listado presentado anteriormente.

En la tabla 3.2, podemos observar que efectivamente las entidades están demorando determinado tiempo en cada una de las puertas de acceso, y esto debido a los registros que hace el operario de los gate. Con esto verificamos el punto 3 de nuestra verificación.

Tabla 3.2 Tiempo en cola

TIEMPO EN COLA	
Proceso	Tiempos medios (min)
Capacidad de ZEAL	0
Gate Acceso 1	8,31
Gate Acceso 2	8,48
Gate Acceso 3	8,45
Gate Acceso 4	8,29
Gate de Salida	1,46

Fuente: Elaboración propia

Luego de ya haber pasado la entidad las Puertas de Acceso, entonces el modelo las separa proporcionalmente por línea logística, donde dicha proporción viene dada por los datos obtenidos del sistema real, y esto queda demostrado con la siguiente tabla 3.3, que muestra cómo se separan las entidades en sus distintas líneas logísticas.

Tabla 3.3 Cantidad de camiones

Cantidad de camiones por línea logística	
Línea logística	Cantidad
Acopio	507
Almac	2097
Cargmas	10930
Consol	128
Embhort	799
Insusda	35
Porteo	886
SDDD	12621
Stack	11991
Total entidades	39994

Fuente: Elaboración propia

A su vez, en lo que respecta a la permanencia, podemos ver que en la tabla 3.4, el software nos muestra que cada línea logística tiene tiempos medios diferentes, y esto debido a que el tipo de carga va a determinar el número de trámites a realizar y por ende los

tiempos serán diferentes. Con lo cual se logra verificar el punto número 4 del listado, ya que efectivamente el modelo logra separar y diferenciar los tiempos de cada tipo de operación.

Tabla 3.4 Tiempo de proceso

Tiempo de proceso por línea logística	
Línea logística	Tiempo promedio (min)
Acopio	68,8094
Almac	36,5875
Cargmas	46,7129
Consol	335,39
Embhort	374,43
Insusda	124,54
Porteo	98,4839
SDDD	44,7834
Stack	194,71

Fuente: Elaboración propia

El punto 5 del listado se puede comprobar por la siguiente imagen que muestra como el camión luego que realiza su determinado proceso por línea logística procede a retirarse hacia la salida, como se puede apreciar en la figura 3.35

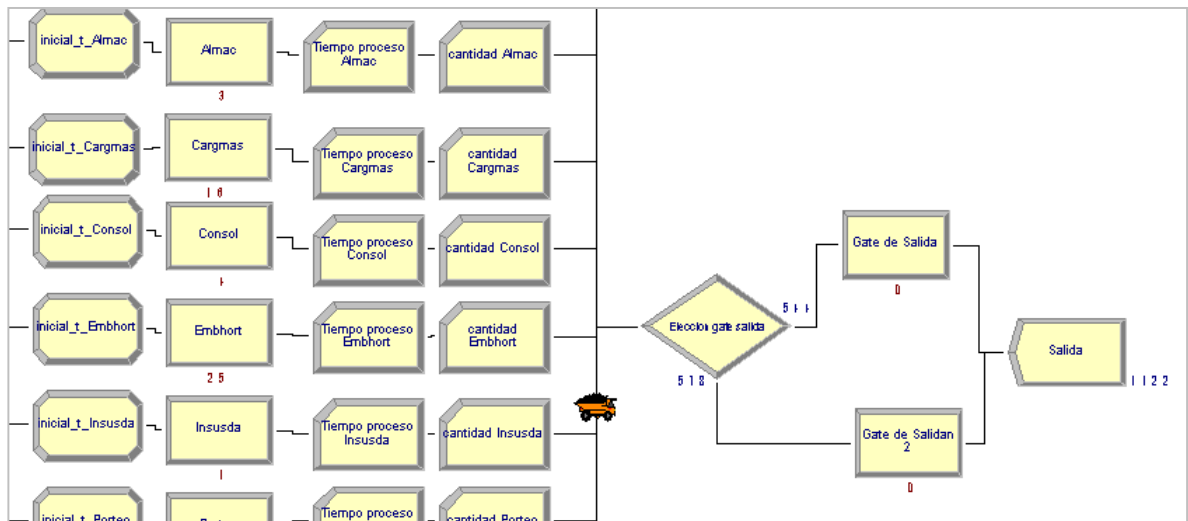


Figura 3.35 Camión hacia la salida.

Fuente: Software Arena

Y luego; cuando el camión procede a retirarse de ZEAL deberá pasar por un último proceso, el cual es la Puerta de Salida, representado por nuestro modelo por el proceso “Gate de Salida”, el cual se muestra en la figura 3.36, verificándose que se cumple el punto 6.

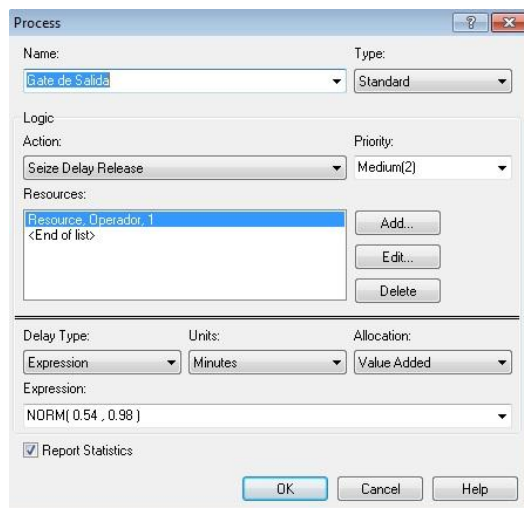


Figura 3.36 Process de Gate de Salida.

Fuente: Software Arena

Por último el camión se retira de ZEAL y retoma nuevamente la carretera, ver figura 3.37.

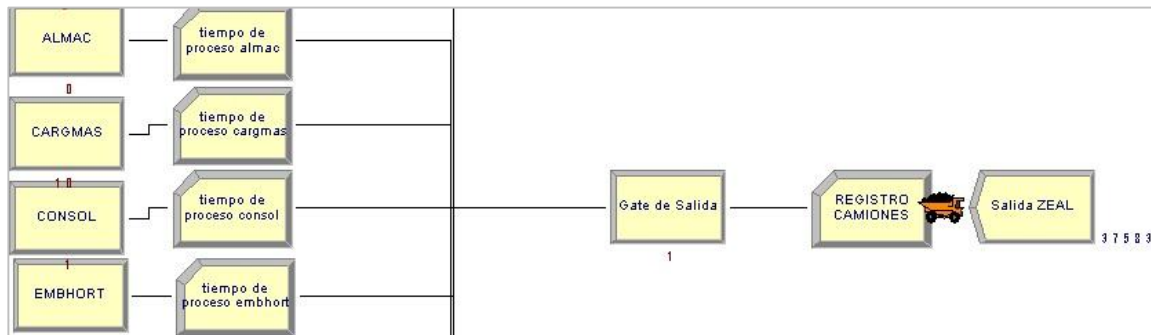


Figura 3.37 Camión retomando carretera.

Fuente: Software Arena

Por último se comprueba el módulo Hold de Capacidad, el cual efectivamente detiene la entrada de camiones a ZEAL cuando éste se encuentra con su capacidad superada. Por lo cual también se comprueba el punto 7.

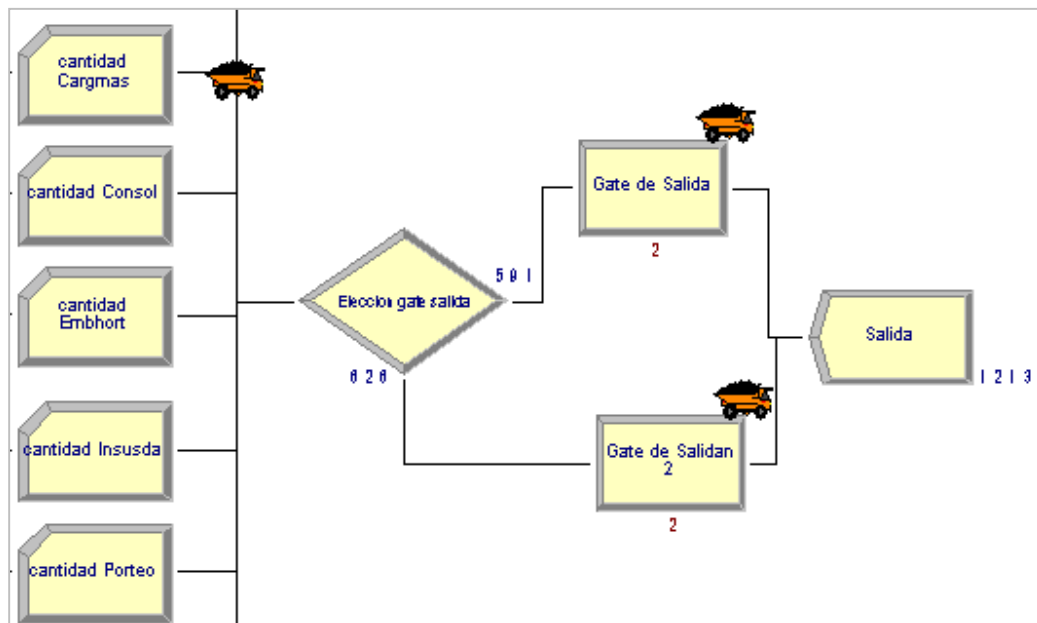


Figura 3.38 Representación del Módulo de Cantidad.

Fuente: Software Arena

Con todo lo anterior se puede concluir que el modelo realiza todas las operaciones que efectivamente realiza cualquier camión que ingresa a ZEAL y por lo tanto podemos decir que el modelo ha sido verificado.

3.1.4 Validación del modelo.

Para validar nuestro modelo nos planteamos el siguiente problema:

Una variable (que es el promedio de tiempo de; puerta de entrada, de la permanencia de cada línea logística y de puerta de salida) se distribuye normalmente en la población de ZEAL con Ω conocida. Hemos extraído una muestra de 40.5 camiones (para cada línea logística se saca la proporción de entrada) y la media muestral es conocida también en cada proceso a validar. ¿Cuál es el intervalo de confianza para la media poblacional con $\alpha = 0.05$?

- **SOLUCIÓN**

De acuerdo con lo explicado en el marco teórico, si la variable se distribuye normalmente en la población, la distribución muestral de la media es normal con media igual a la media de la población y desviación típica igual a:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

En el planteamiento se trata de obtener el intervalo de confianza en el que se estima que se encontrará la media de la población conociendo la media de la muestra y empleando la desviación típica de ésta. Cabe mencionar que teóricamente la distribución a emplear es t de Student, pero como el tamaño de la muestra es grande, la distribución normal se utiliza sin problemas. Esta situación viene reflejada en la siguiente gráfica de la figura 3.39:

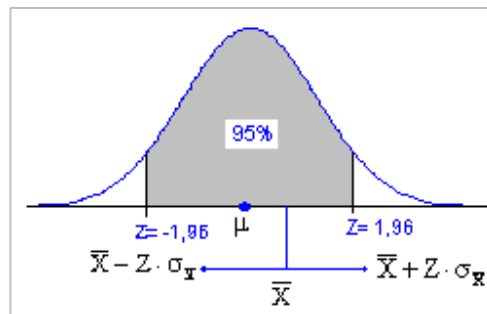


Figura 3.39 Gráfica de Intervalo de confianza conociendo la media de la muestra.

Por lo que el intervalo de confianza de la media poblacional se calcula con la fórmula de la figura 3.40.

$$\left(\bar{x} - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \bar{x} + z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

Figura 3.40 Fórmula para calcular el intervalo de confianza

Se concluye que la media de la población es un valor comprendido dentro del intervalo de confianza, con un nivel de confianza del 95%, lo que hace que se rechace la hipótesis nula y por lo tanto el modelo si será válido.

2.6.1.1 Cálculo de ejemplo para línea logística de Acopio.

H0 = La media simulada no está dentro del intervalo de confianza

H1 = La media simulada si está dentro del intervalo de confianza.

Datos

\bar{x}	= 73,469
z	= 1,645
σ	= 106,511
N	= 534

Aplicando la fórmula,


$$\{73,469 - (1,645 * (106,511/\sqrt{534})); 73,469 + (1,645 * (106,511/\sqrt{534}))\}$$

$$\{65,88; 81,05\}$$

El intervalo resultante, se obtiene a partir de los datos de Diciembre 2013 y Enero 2014, todo en minutos, de la data que se extrae de SI-ZEAL.

Comparación con la simulación,

Para una simulación de 44.640 minutos correspondientes a 31 días, para obtener los datos de un mes, resulta lo que se muestra en la figura 3.41.



Interval	Average	Half Width	Minimum	Maximum
tiempo de proceso acopio	78.2462	11,17330	2.5026	940.56
tiempo de proceso almac	36.0413	2,17140	0.7728	1,110.61
tiempo de proceso cargmas	46.8233	2,94003	0.07923277	4,117.73
tiempo de proceso consol	309.78	(Insufficient)	2.3701	1,494.46
tiempo de proceso embhort	362.03	(Correlated)	25.8093	2,133.04
Tiempo de proceso gate 1	1.4821	0,021638132	0	5.8358
Tiempo de proceso gate 2	1.4745	0,019549796	0	5.4487
Tiempo de proceso gate 3	1.4845	0,017638515	0	4.9466
Tiempo de proceso gate 4	1.4894	0,021616242	0	5.3145
tiempo de proceso insusda	131.69	(Insufficient)	38.7940	250.11
tiempo de proceso porteo	104.05	8,95514	1.8997	1,160.19
tiempo de proceso sddd	44.6633	0,406169804	5.9434	194.12
tiempo de proceso stack	193.92	4,49614	2.8872	4,446.32

Figura 3.41 Reporte simulación para validar modelo.

Fuente: Reporte Software Arena.

Como el valor obtenido en la simulación está dentro de nuestro intervalo de confianza para una confianza del 95%, se puede decir que el modelo es válido.

También se simularon 20 réplicas de las cuales resulta el gráfico de la figura 3.42.

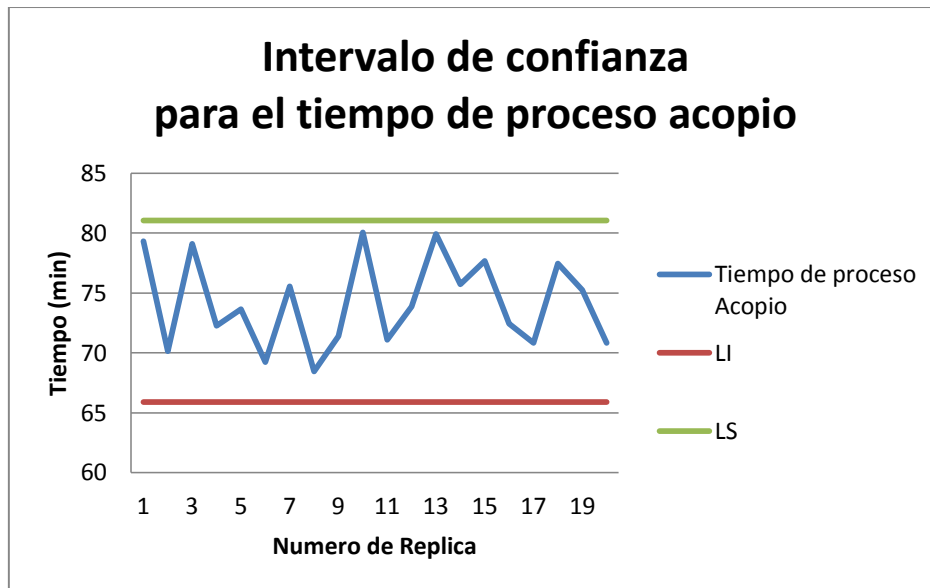


Figura 3.42 Gráfica de intervalo de confianza para el tiempo de Acopio.
Fuente: Elaboración Propia

Lo que nos muestra que para 20 réplicas, todas las medias obtenidas están contenidas en el intervalo de confianza para una significancia del 0,05.

Para las distintas líneas logísticas restantes (ALMAC, CARGMAS, CONSOL, EMBHOR, INSUSDA, PORTEO, SSDD, STACK) y para las puertas de entrada y salida, se hizo el mismo procedimiento, lo cual se puede ver en el anexo 3. También se hizo lo mismo para los cálculos que involucran la cantidad de camiones que pasan por las distintas puertas de ZEAL para el mes de enero.

3.1.5 Experimentar con el modelo (Diseño de experimentos) e Interpretación de resultados

3.1.5.1 *Corridas de producción.*

3.1.5.1.1 Evaluación de escenarios

Realizada la verificación y validación del modelo, procederemos a la evaluación de escenarios, de acuerdo a la demanda proyectada realizada por Consultora externa contratada por Puerto Valparaíso.

Las simulaciones serán realizadas por un periodo de 5 años (2015-2020), ya que como se observa anteriormente, hasta ese momento se mantienen las condiciones como en la actualidad.

Supuestos:

Se evaluará el periodo de un mes (31 días), más un día de corrida que no cuenta, para que el modelo comience a evaluar desde un entorno ya de trabajo, lo cual equivale a un tiempo de 46.080 minutos.

Se harán 20 réplicas en cada simulación, ya que se probó con 6, aludiendo a 6 meses, con 12, tratando de representar un año y también se probó con 15 y como las variaciones en los tiempos son mínimas incluso en las 20 réplicas, se decidió utilizar 20 ya que las variaciones indican que el modelo es estable. Ver reportes en Anexos.

Se considerará para todos los casos, 4 puertas de acceso y una puerta de salida, esto debido a que es la combinación que más se utiliza en ZEAL.

Cabe señalar que la cantidad entregada por el simulador viene dado por la media exponencial de llegada de camiones.

Por otra parte las variaciones de demanda que se presentan en los escenarios de los años 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020, son valores extraídos del estudio hecho por la consultora externa contratada por EPV, quienes entregan la información para efectuar dichos análisis.

Finalmente, en el análisis de sensibilidad, se propone analizar variaciones de demanda del 7%, ya que este valor es el crecimiento sostenido que viene teniendo puerto de Valparaíso en las cargas.

3.1.5.1.2 Situación 0, condición actual

- **Análisis de datos.**

Tabla 3.5 Datos para situación 0

DATOS	
Año de evaluación	2014
Cantidad real	40711
Cantidad simulador	40868
Media expo. Llegada	1,095
N° de Puertas de Acceso	4
N° de Puertas de Salida	1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.5 precedente se observa que entre la cantidad real y la simulada hay una diferencia de 18 camiones de un total de 40.711, lo cual es despreciable, por lo tanto el modelo está representando la demanda proyectada correspondiente al mes del año en curso (2014).

En el anexo 4 se encuentran las mismas tablas para los años 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020.

Tabla 3.6 Tiempo de Procesos

Tiempo Proceso			
Tiempo Proceso	Tiempo medio Real	Tiempo medio simulado	Variación
Acopio	73,47	70,77	-2,7
Almac	35,23	38,2	2,97
Cargmas	47,36	47,29	-0,07
Consol	310,08	290,78	-19,3
Emhort	375,94	375,65	-0,29
Insusda	130,74	133,04	2,3
Porteo	99,95	98,27	-1,68
SDDD	44,68	44,66	-0,02
Stack	195,11	198,35	3,24

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.6 se muestra el tiempo simulado del proceso comparado con el tiempo real de este mismo, donde a su vez, se presenta la variación entre estos. La finalidad es dar a conocer que el modelo está calibrado mediante la poca variación de ambos tiempos.

- **Análisis de Colas.**

Año 2014, situación actual.

En las tablas 3.7, 3.8, 3.9, se dará a conocer el tiempo medio que espera un camión para ser atendido en la puerta de acceso y en la puerta de salida, el tiempo en el sistema de acceso (tiempo en cola + tiempo operativo) y la cantidad de camiones en cola tanto en la entrada como en la salida, respectivamente.

Tabla 3.7 Tiempo promedio en Cola

TIEMPO PRIMEDIO EN COLA	
Proceso	Tiempos medios (min)
Capacidad de ZEAL	0
Gate de Acceso 1	7,55
Gate de Acceso 2	8,46
Gate de Acceso 3	9,49
Gate de Acceso 4	8,3
Promedio Gate Acceso	8,45
Gate de Salida	0,67

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.7 se señala que en promedio un camión hoy en día tiene una espera de 8,45 minutos en promedio, en lo que a la entrada se refiere, en la salida se observa un tiempo de 0,67 minutos en promedio aproximadamente. Por otra parte, la capacidad del sistema no se ve superada.

Tabla 3.8 Tiempo promedio en sistema de acceso

Tiempo promedio en sistema de acceso. (min)	
Tiempo entrada 1	11,39
Tiempo entrada 2	11,56
Tiempo entrada 3	11,59
Tiempo entrada 4	11,34
Tiempo promedio	11,47

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al sistema de acceso, un camión para poder ingresar a ZEAL en la actualidad, se demora 11,47 minutos.

Tabla 3.9 Cantidad promedio de camiones en espera

Cantidad de Camiones en Espera 2014		
Proceso	Promedio N°Camiones	Aprox. N° Camiones
Capacidad de ZEAL	0	0
Gate de Acceso 1	1,71	2
Gate de Acceso 2	1,95	2
Gate de Acceso 3	2,18	2
Gate de Acceso 4	1,89	2
Promedio Gate de Acceso	1,93	2
Gate de Salida	0,61	1

Fuente: Elaboración propia

La cantidad promedio de camiones que se observan en cola para acceder a ZEAL, es de 2 camiones, mientras que para salir es sólo de 1 camión.

3.1.5.1.3 Situación 1, disminución de la demanda en un 4%.

Se insiste en que las demandas proyectadas del 2015 al 2020 fueron realizadas por una consultora externa a Puerto Valparaíso, y en este trabajo son utilizadas para fines analíticos de cómo se comportaría ZEAL con esa demanda ya proyectada, lo cual es de 4% generalmente entre cada proyección.

Año 2015.

Tabla 3.10 Datos para Situación 1

DATOS	
Año de evaluación	2015
Cantidad Pronosticada	39045
Cantidad Simulada	39222
Media Expo. de Llegada	1,13
N° puertas de acceso	4
N° puertas de salida	1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.11, se muestra el comportamiento del año 2015, donde al tener una demanda menor el sistema no sufre grandes cambios, teniendo un tiempo promedio en cola de 7,24 minutos promedio.

Tabla 3.11 Tiempo en Cola

TIEMPO PROMEDIO EN COLA	
Proceso	Tiempos medios (min)
Capacidad de ZEAL	0
Gate de Acceso 1	7,6
Gate de Acceso 2	7,09
Gate de Acceso 3	6,9
Gate de Acceso 4	7,38
Promedio Gate Acceso	7,24
Gate de Salida	0,61

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en el punto anterior, al encontrarnos con una demanda similar, tenemos también tiempos promedios en el sistema de acceso similares, como también en la cantidad de camiones que tenemos en las puertas, como queda demostrado en la tabla 3.12 y 3.13.

Tabla 3.12 Tiempo promedio en sistema de acceso

Tiempo promedio en sistema de acceso. (min)	
Tiempo entrada 1	10,61
Tiempo entrada 2	11,76
Tiempo entrada 3	11,18
Tiempo entrada 4	11,03
Promedio	11,15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.13 Cantidad promedio de Camiones en espera

Cantidad de Camiones en Espera 2015		
Proceso	Promedio N°Camiones	Aprox. N° Camiones
Capacidad de ZEAL	0	0
Gate de Acceso 1	1,67	2
Gate de Acceso 2	1,55	2
Gate de Acceso 3	1,55	2
Gate de Acceso 4	1,61	2
Promedio Gate de Acceso	1,60	2
Gate de Salida	0,54	1

Fuente: Elaboración propia

3.1.5.1.4 Situación 2, aumento de la demanda en un 4% con respecto al año 2014 y un 8% con respecto al año 2015.

Año 2016.

Tabla 3.14 Datos Situación 2

DATOS	
Año de evaluación	2016
Cantidad Pronosticada	42319
Cantidad Simulada	45590
Media Expo. de Llegada	1,05
N° puertas de acceso	4
N° puertas de salida	1

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla ya podemos observar que hay un aumento en los tiempos en las colas para acceder a ZEAL, promediando un tiempo de espera cercano a los 10 minutos, lo cual, si bien no es significativo, provoca aumento en los tiempos en cola de salida y en la cantidad de camiones en ambas puerta.

Ver tabla 3.15, 3.16 y 3.17

Tabla 3.15 Tiempo en Cola

TIEMPO PROMEDIO EN COLA	
Proceso	Tiempos medios (min)
Capacidad de ZEAL	0
Gate de Acceso 1	10,44
Gate de Acceso 2	8,84
Gate de Acceso 3	10,05
Gate de Acceso 4	8,41
Promedio Gate Acceso	9,44
Gate de Salida	0,74

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.16 Tiempo promedio en sistema de acceso

Tiempo promedio en sistema de acceso.(min)	
Tiempo entrada 1	12,6
Tiempo entrada 2	13,74
Tiempo entrada 3	12,14
Tiempo entrada 4	12,98
Promedio	12,87

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.17 Cantidad promedio de camiones en espera

Cantidad de Camiones en Espera 2016		
Proceso	Promedio N°Camiones	Aprox. N° Camiones
Capacidad de ZEAL	0	0
Gate de Acceso 1	2,47	2
Gate de Acceso 2	2,08	2

Gate de Acceso 3	2,44	2
Gate de Acceso 4	2,02	2
Promedio Gate de Acceso	2,25	2
Gate de Salida	0,71	1

3.1.5.1.5 Situación 3, aumento de la demanda en un 1% con respecto al año 2014 y una disminución del 3% con respecto al 2016.

Año 2017

Tabla 3.18 Datos Situación 3

DATOS	
Año de evaluación	2017
Cantidad Pronosticada	41192
Cantidad Simulada	40651
Media Expo. de Llegada	1,09
N° puertas de acceso	4
N° puertas de salida	1

Fuente: Elaboración propia

Lo que se visualiza es que la demanda no presenta una tendencia hasta el momento, por lo cual los cambios en la demanda no son significativos como para que afecte las condiciones actuales (2014) del sistema.

En las tablas que se presentan a continuación, observamos que las variaciones en los tiempos promedios de cola no pasan el minuto, a su vez el tiempo en sistema presenta el mismo fenómeno y por último con respecto a la cantidad de camiones en cola, varía a lo más en un camión con respecto a los años anteriores. Por lo tanto las condiciones del sistema no necesitan cambios.

Ver tablas 3.19, 3.20 y 3.21.

Tabla 3.19 Tiempo promedio en cola

TIEMPO PROMEDIO EN COLA	
Proceso	Tiempos medios (min)
Capacidad de ZEAL	0
Gate de Acceso 1	8,3
Gate de Acceso 2	8,11
Gate de Acceso 3	8,06
Gate de Acceso 4	8,58
Promedio Gate Acceso	8,26
Gate de Salida	0,68

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.20 Tiempo promedio en sistema de acceso

Tiempo en sistema de acceso. (min)	
Tiempo entrada 1	11,65
Tiempo entrada 2	10,96
Tiempo entrada 3	12,52
Tiempo entrada 4	13,26
Promedio	12,10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.21 Cantidad promedio de camiones en espera

Cantidad de Camiones en Espera 2017		
Proceso	Promedio N°Camiones	Aprox. N° Camiones
Capacidad de ZEAL	0	0
Gate de Acceso 1	1,9	2
Gate de Acceso 2	1,84	2
Gate de Acceso 3	1,83	2
Gate de Acceso 4	1,95	2
Promedio Gate de Acceso	1,88	2
Gate de Salida	0,62	1

Fuente: Elaboración propia

3.1.5.1.6 Situación 4, aumento de la demanda en un 38% con respecto al año 2014 y un 37% con respecto al 2017.

Año 2018.

3.1.5.1.7 Situación 4, aumento de la demanda en un 38% con respecto al año 2014 y un 37% con respecto al 2017.

Tabla 3.22 Datos Situación 4

DATOS	
Año de evaluación	2018
Cantidad Pronosticada	56372
Cantidad Simulada	56427
Media Expo. de Llegada	0,79
N° puertas de acceso	4
N° puertas de salida	1

Fuente: Elaboración propia

En este año se presenta un escenario con un aumento significativo en la demanda, con tiempos de espera en cola que llegan a superar las 2 horas, una situación que claramente generará un desajuste del sistema, lo cual queda demostrado en los valores observados en las siguientes tablas (3.23, 3.24, 3.25)

Tabla 3.23 Tiempo promedio en Cola

TIEMPO PROMEDIO EN COLA	
Proceso	Tiempos medios (min)
Capacidad de ZEAL	0
Gate de Acceso 1	65,41
Gate de Acceso 2	144,38
Gate de Acceso 3	105,98
Gate de Acceso 4	168,96
Promedio Gate Acceso	121,18
Gate de Salida	2,12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.24 Tiempo promedio en sistema de acceso

Tiempo promedio en sistema de acceso. (min)	
Tiempo entrada 1	153,48
Tiempo entrada 2	56,59
Tiempo entrada 3	107,2
Tiempo entrada 4	79,09
Promedio	99,09

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.25 Cantidad promedio de camiones en espera

Cantidad de Camiones en Espera 2018		
Proceso	Promedio N°Camiones	Aprox. N° Camiones
Capacidad de ZEAL	0	0
Gate de Acceso 1	20,09	20
Gate de Acceso 2	45,94	46
Gate de Acceso 3	33,38	33
Gate de Acceso 4	53,44	53
Promedio Gate de Acceso	38,2125	38
Gate de Salida	2,67	3

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.25 de cantidad de camiones en espera, existe un promedio de cola de 38 camiones, lo cual implica que el sistema no da abasto con tal cantidad de demanda, en lo que respecta a sistema de acceso, en este escenario se está interviniendo incluso la carretera para poder soportar tamaña fila de vehículos que genera este aumento de demanda, algo que es inaceptable por la empresa. Por otra parte la puerta de Salida, si bien aumenta respecto a los años anteriores sus tiempos de espera y a su vez la cola, dicho aumento no es considerable y totalmente aceptable para los parámetros que fija la empresa, lo cual es 5 minutos para salir de ZEAL, por lo tanto la preocupación en este año se centrará en las puertas de entrada, porque si bien la demanda aumento considerablemente, se observa que la capacidad de ZEAL no se ha visto superada y esto se debe a que el cuello de botella se centra en las puertas de acceso, las cuales no darían abasto con este aumento significativo de la demanda.

3.1.5.1.7.1 Escenarios.

A continuación se evaluarán escenarios, con el fin de mejorar el sistema de acceso a ZEAL, con respecto a un aumento de demanda.

La figura 3.43 muestra el modelo sin cambios.

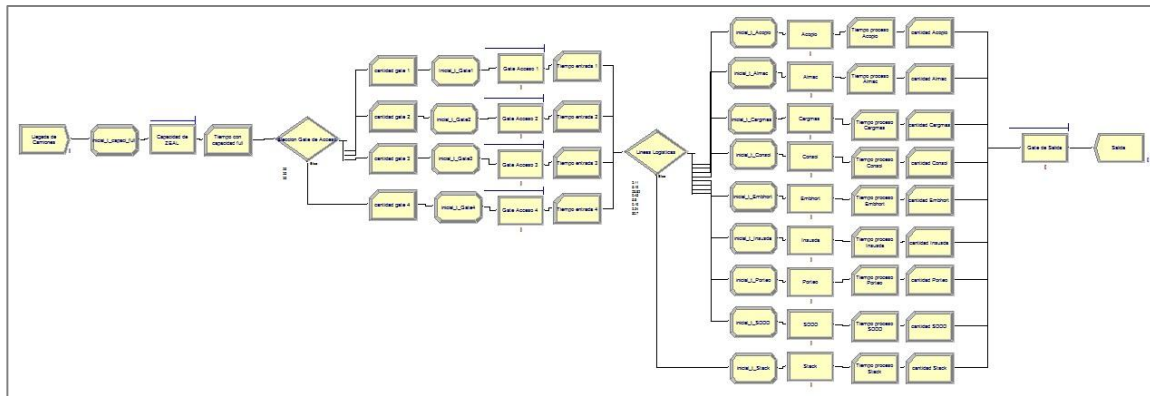


Figura 3.43 Modelo sin cambios.

Fuente: Software Arena.

Escenario 1: Aumentar de 4 a 5 Puertas de entrada.

Tabla 3.26 Datos Escenario 1

DATOS	
Año de evaluación	2018
N° de Puertas de Acceso	5
N° de puertas de Salida	1

Fuente: Elaboración propia

Con el aumento significativo de la demanda, el problema se produjo en el sistema de acceso a ZEAL, esto se identifica al encontrar altos tiempos de espera en cola y gran cantidad de camiones en cola afectando la ruta, por lo tanto como solución tentativa será establecer el aumento de puertas de acceso tal que los tiempos en cola y la cantidad de camiones sean similares a los resultados del año 2014.

En la figura 3.44, se muestra el modelo con la adición de una puerta de acceso.

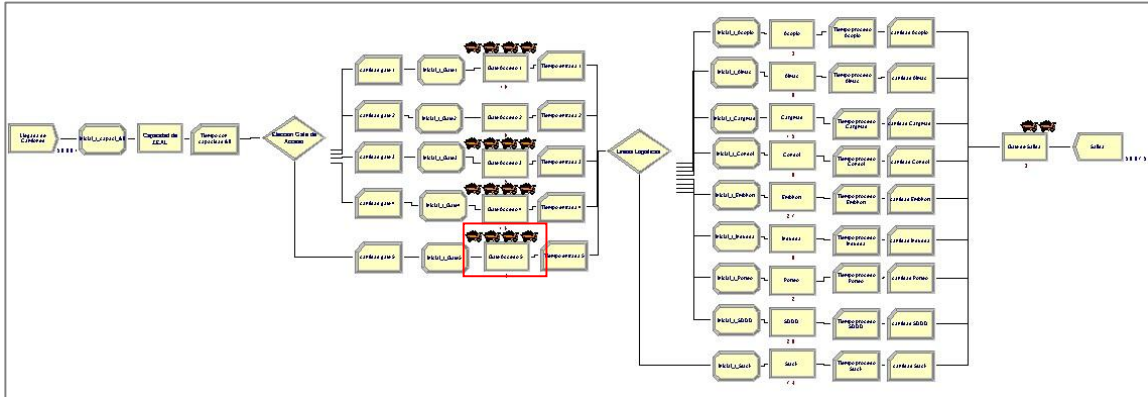


Figura 3.44 Modelo con la adición de una puerta de acceso.

Fuente: Software Arena.

Resultados

Tabla 3.27 Tiempo promedio en cola de escenario 1

TIEMPO PROMEDIO EN COLA	
Proceso	Tiempos promedios (min)
Capacidad de ZEAL	0
Gate de Acceso 1	12,08
Gate de Acceso 2	11,87
Gate de Acceso 3	13,02
Gate de Acceso 4	12,86
Gate de Acceso 5	13,54
Promedio Gate Acceso	12,67
Gate de Salida	2,04

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.28 Tiempo promedio en sistema de acceso en escenario 1

Tiempo promedio en sistema de acceso.	
Tiempo entrada 1	14,92
Tiempo entrada 2	15,36
Tiempo entrada 3	16,41
Tiempo entrada 4	19,83
Tiempo entrada 5	23,81
Promedio	18,07

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.29 Cantidad promedio de camiones en espera para escenario 1

Cantidad de Camiones en Espera 2018		
Proceso	Promedio N°Camiones	Aprox. N° Camiones
Capacidad de ZEAL	0	0
Gate de Acceso 1	3,04	3
Gate de Acceso 2	3,01	3
Gate de Acceso 3	3,29	3
Gate de Acceso 4	3,25	3
Gate de Acceso 5	3,43	3
Promedio Gate de Acceso	3,20	3
Gate de Salida	2,58	3

Fuente: Elaboración propia

Conclusión:

Se observa que hay una mejora sustancial en los tiempos en cola, aunque son mayores que en el año 2014, aproximadamente 4 minutos en promedio, a su vez las colas que tienen las puertas son aproximadamente 3 camiones, lo que significa que la ruta ya no está siendo intervenida por la cola de camiones, sin embargo el tiempo del sistema de acceso a ZEAL se considera alto aún porque se busca tener parámetros lo más parecidos a cómo funciona el sistema en el año 2014, por lo tanto se evaluará adicionando una puerta de entrada más.

Escenario 2: Aumentar de 4 a 6 Puertas de entrada.

Tabla 3.30 Datos para escenario 2

DATOS	
Año de evaluación	2018
N° de Puertas de Acceso	6
N° de puertas de Salida	1

Fuente: Elaboración propia

La figura 3.45 muestra el modelo con el aumento de 2 puertas de acceso.

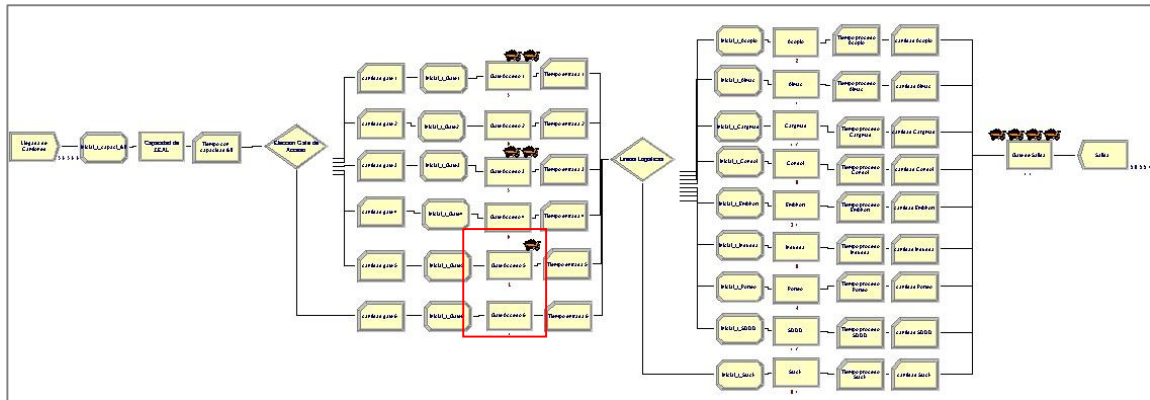


Figura 3.45 Modelo con dos puertas de acceso adicionales.

Fuente: Software Arena.

Resultados:

Tabla 3.31 Tiempo promedio en cola para escenario 2

TIEMPO PROMEDIO EN COLA	
Proceso	Tiempos medios (min)
Capacidad de ZEAL	0
Gate de Acceso 1	6,1
Gate de Acceso 2	6,54

Gate de Acceso 3	6,76
Gate de Acceso 4	6,51
Gate de Acceso 5	5,66
Gate de Acceso 6	5,55
Promedio Gate Acceso	6,19
Gate de Salida	2,05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.32 Tiempo promedio en sistema de acceso escenario 2

Tiempo promedio en sistema de acceso (min)	
Tiempo entrada 1	10,05
Tiempo entrada 2	9,64
Tiempo entrada 3	9,61
Tiempo entrada 4	9,26
Tiempo entrada 5	9,40
Tiempo entrada 6	8,98
Promedio	9,49

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.33 Cantidad promedio en espera para escenario 2

Cantidad de Camiones en Espera 2018		
Proceso	Promedio N°Camiones	Aprox. N° Camiones
Capacidad de ZEAL	0	0
Gate de Acceso 1	1,28	1
Gate de Acceso 2	1,38	1
Gate de Acceso 3	1,43	1
Gate de Acceso 4	1,38	1
Gate de Acceso 5	1,16	1
Gate de Acceso 6	1,16	1
Promedio Gate de Acceso	1,30	1
Gate de Salida	2,59	3

Fuente: Elaboración propia

Conclusión:

Para este escenario y como se observa en las tablas 3.31, 3.32, 3.33, han mejorado los tiempos en cola así como también la cantidad de camiones en espera al ingreso, y por lo tanto el tiempo en sistema del proceso de entrada, promediando valores muy cercanos a los vistos en el 2014 e incluso relativamente mejores lo cual a su vez mejora la atención. Por lo anterior se puede decir que se ha llegado a una situación muy similar a lo que se está buscando, de igual forma se simulara con una puerta de salida más para saber el comportamiento del sistema.

Escenario 3: Aumentar de 4 a 6 Puertas de entrada y de 1 a 2 puertas de salida.

Tabla 3.34 Datos para escenario 3

DATOS	
Año de evaluación	2018
N° de Puertas de Acceso	6
N° de puertas de Salida	2

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.46 se observa el modelo en escenario 3.

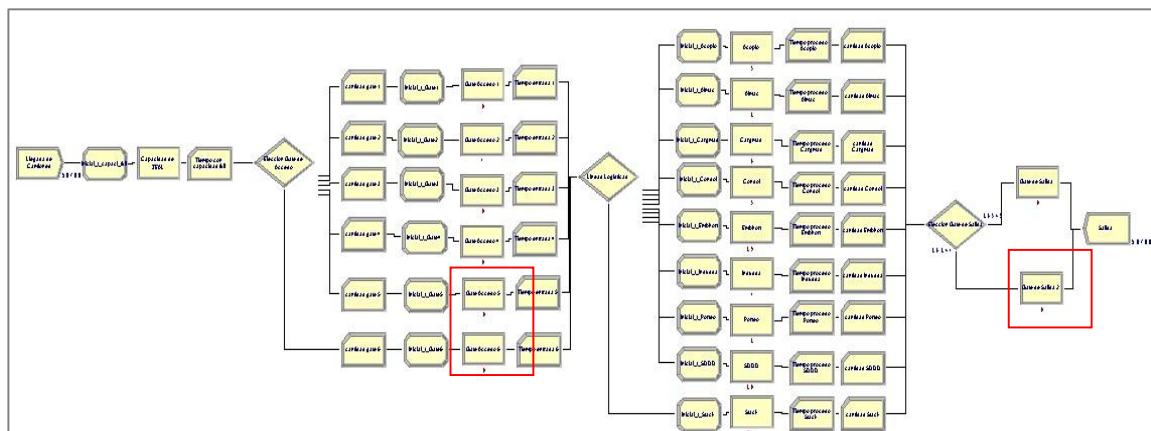


Figura 3.46 Modelo con dos puertas de acceso y una puerta de salida adicionales.

Fuente: Software Arena.

Tabla 3.35 Tiempo promedio en Cola para escenario 3

TIEMPO PROMEDIO EN COLA	
Proceso	Tiempos medios (min)
Capacidad de ZEAL	0
Gate de Acceso 1	6,87
Gate de Acceso 2	6,77
Gate de Acceso 3	6,01
Gate de Acceso 4	6,15
Gate de Acceso 5	6,7
Gate de Acceso 6	6,1
Promedio Gate Acceso	6,43
Gate de Salida	0,32
Gate de Salida	0,31
Promedio Gate de Salida	0,32

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.36 Tiempo promedio en sistema de acceso para escenario 3

Tiempo promedio en sistema de acceso. (min)	
Tiempo entrada 1	9,51
Tiempo entrada 2	10,42
Tiempo entrada 3	9,96
Tiempo entrada 4	10,37
Tiempo entrada 5	9,40
Tiempo entrada 6	9,48
Promedio	9,86

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.37 Cantidad promedio de camiones en espera para escenario 3

Cantidad de Camiones en Espera 2018		
Proceso	Promedio N°Camiones	Aprox. N° Camiones
Capacidad de ZEAL	0	0
Gate de Acceso 1	1,45	1
Gate de Acceso 2	1,42	1

Gate de Acceso 3	1,29	1
Gate de Acceso 4	1,3	1
Gate de Acceso 5	1,41	1
Gate de Acceso 6	1,28	1
Promedio Gate de Acceso	1,36	1
Gate de Salida	0,21	0
Gate de Salida 2	0,2	0
Promedio Gate de Salida	0,21	0

Conclusión:

Con la propuesta recién evaluada, se observa que se mejoran los tiempos de salida, llegando incluso a prácticamente no tener cola en este punto, pero esto no se condice con lo que busca la empresa quienes buscan tener tiempos de salida entre 2 y 3 minutos.

Elección del escenario:

Para efectos del aumento de la demanda en el año 2018 en un 37% respecto al año 2014, se toma la opción del escenario número 2, ya que efectivamente mejora el problema mayor que se genera en el ingreso a ZEAL. Con respecto a la salida, si bien es cierto que el modelo indica que el menor tiempo se genera teniendo 2 puertas de salida y donde además no tenemos cola, pero lo anterior no es lo que se está buscando, ya que tiene que haber una relación entre servicio y costos, además no se quiere tener mano de obra ociosa.

Por otra parte las puertas son bidireccionales y en caso de aumentar los tiempos en la salida en un momento dado, se puede abrir una puerta más, siempre y cuando las condiciones lo permitan. En la tabla 3.38 se observa una comparación entre los escenarios para mejor comprensión.

Tabla 3.38 Tabla Comparativa decisión de Escenario año 2018

Año	2018			2014
	0	1	2	0
Escenario				
N° de puertas : Acceso ; Salida	4 ; 1	5 ; 1	6 ; 1	4 ; 1

Tiempo promedio en cola en Gate de Acceso	121,18	12,67	6,19	8,45
Tiempo promedio en cola en Gate de Salida	99,09	18,07	9,49	11,47
Tiempo promedio en sistema	2,12	2,04	2,05	0,67
Cantidad promedio de camiones en Gate de Acceso	38	3	1	2
Cantidad promedio de camiones en Gate de Salida	3	3	3	1

Fuente: Elaboración propia

Situación 5, aumento de la demanda en un 50% con respecto al año 2014 y un 8% con respecto al 2018.

Año 2019

Tabla 3.39 Datos para situación 5

DATOS	
Año de evaluación	2019
Cantidad Pronosticada	60878
Cantidad Simulada	60320
Media Expo. de Llegada	0,732
N° puertas de acceso	4
N° puertas de salida	1

Fuente: Elaboración propia

Si bien este año no presenta un aumento tan significativo con respecto al año 2018, de igual forma presenta un alza en la demanda que profundiza más los problemas que ya está presentando el sistema, que son los excesivos tiempos en cola, largas filas de espera que implican el uso de la carretera y por consecuencia el colapso en el sistema de acceso a ZEAL, siempre y cuando se mantuvieran las condiciones del año 2014.

Tabla 3.40 Tiempo promedio en cola

TIEMPO PRIMEDIO EN COLA

Proceso	Tiempos medios (min)
Capacidad de ZEAL	0
Gate de Acceso 1	849,45
Gate de Acceso 2	557,41
Gate de Acceso 3	1158,75
Gate de Acceso 4	842,01
Promedio Gate Acceso	851,91
Gate de Salida	2,67

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.41 Tiempo promedio en sistema de acceso

Tiempo promedio en sistema de acceso.(min)	
Tiempo entrada 1	1200,45
Tiempo entrada 2	875,06
Tiempo entrada 3	1543,25
Tiempo entrada 4	966,13
Promedio	1146,22

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.42 Cantidad promedio en espera

Cantidad de Camiones en Espera 2019		
Proceso	Promedio N°Camiones	Aprox. N° Camiones
Capacidad de ZEAL	0	0
Gate de Acceso 1	849,45	849
Gate de Acceso 2	557,41	557
Gate de Acceso 3	1158,41	1158
Gate de Acceso 4	842,01	842
Promedio Gate de Acceso	851,82	852
Gate de Salida	2,67	3

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en el año anterior, la demanda aumenta de forma considerable con respecto al año base (2014), pero aun la capacidad de ZEAL no se ve superada, y es por el

mismo motivo de que el problema erradica en las puertas de acceso, por otra parte la puerta de salida está teniendo una cola de camiones que va en aumento, aunque no considerable.

3.1.5.1.7.2 Escenarios

Para comenzar, cabe mencionar que partiremos como escenario 1, la elección propuesta en el año anterior, esto con el fin de evaluar si la elección realizada en el año anterior (2018) soporta los cambios en el año 2019.

Escenario 1: Aumento de 2 puertas en la entrada con respecto al año base (2014).

Tabla 3.43 Datos escenario 1

DATOS	
Año de evaluación	2019
N° de Puertas de Acceso	6
N° de puertas de Salida	1

Fuente: Elaboración propia

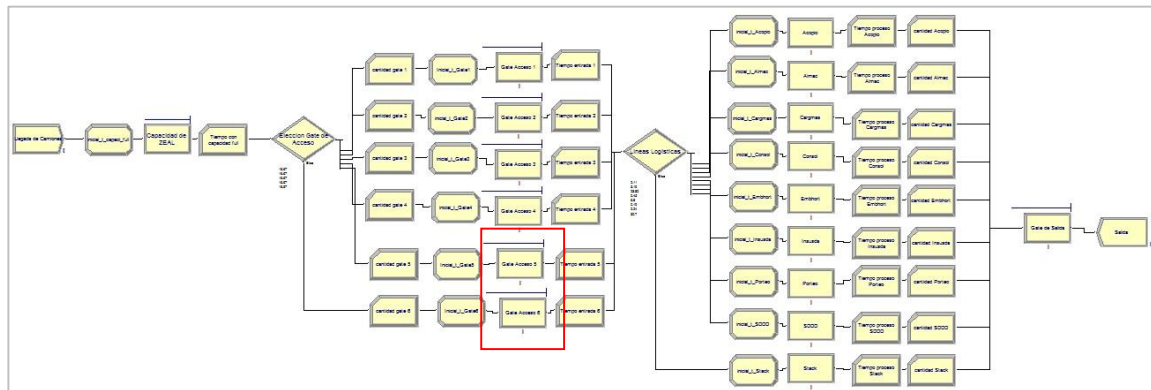


Figura 3.47 Modelo con dos puertas de acceso adicional con respecto al escenario base. Fuente: Software Arena.

Resultados:

Tabla 3.44 Tiempo promedio en cola para escenario 1

TIEMPO PROMEDIO EN COLA	
Proceso	Tiempos promedio (min)

Capacidad de ZEAL	0
Gate de Acceso 1	8,17
Gate de Acceso 2	7,5
Gate de Acceso 3	7,51
Gate de Acceso 4	8,94
Gate de Acceso 5	7,59
Gate de Acceso 6	8,28
Promedio Gate Acceso	8,00
Gate de Salida	3,28

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.45 Tiempo promedio en sistema para escenario 1

Tiempo promedio en sistema de acceso.(min)	
Tiempo entrada 1	11,75
Tiempo entrada 2	11,45
Tiempo entrada 3	10,68
Tiempo entrada 4	11,72
Tiempo entrada 5	12,21
Tiempo entrada 6	11,33
Promedio	11,52

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.46 Cantidad promedio de camiones en espera para escenario 1

Cantidad de Camiones en Espera 2019		
Proceso	Promedio N°Camiones	Aprox. N° Camiones
Capacidad de ZEAL	0	0
Gate de Acceso 1	1,88	2
Gate de Acceso 2	1,69	2
Gate de Acceso 3	1,68	2
Gate de Acceso 4	2,04	2
Gate de Acceso 5	1,73	2
Gate de Acceso 6	1,85	2
Promedio Gate de Acceso	1,81	2
Gate de Salida	4,46	4

Fuente: Elaboración propia

Conclusión:

El escenario muestra que mejoran los tiempos de entrada a ZEAL que era el problema mayor, suponiendo que se mantenían las condiciones del año 2014. Por otra parte la puerta de salida comienza a presentar una cola que es de tener en cuenta, ya que hoy en el escenario del año 2014 esta es de 1 camión aproximadamente, mientras que en este escenario ya promedia 4 camiones en espera, aunque cabe señalar que el tiempo de espera en cola aún está dentro de los parámetros fijados por la empresa (5 min máx.) por lo cual no es de necesidad urgente hacer modificaciones en la salida, pero de igual forma se analizará el escenario con 2 puertas de salida.

Escenario 2: Aumento de 2 puertas en la entrada y 1 en la puerta de salida.

Tabla 3.47 Datos para escenario 2

DATOS	
Año de evaluación	2019
N° de Puertas de Acceso	6
N° de puertas de Salida	2

Fuente: Elaboración propia

La figura 3.49 muestra el cambio en el modelo.

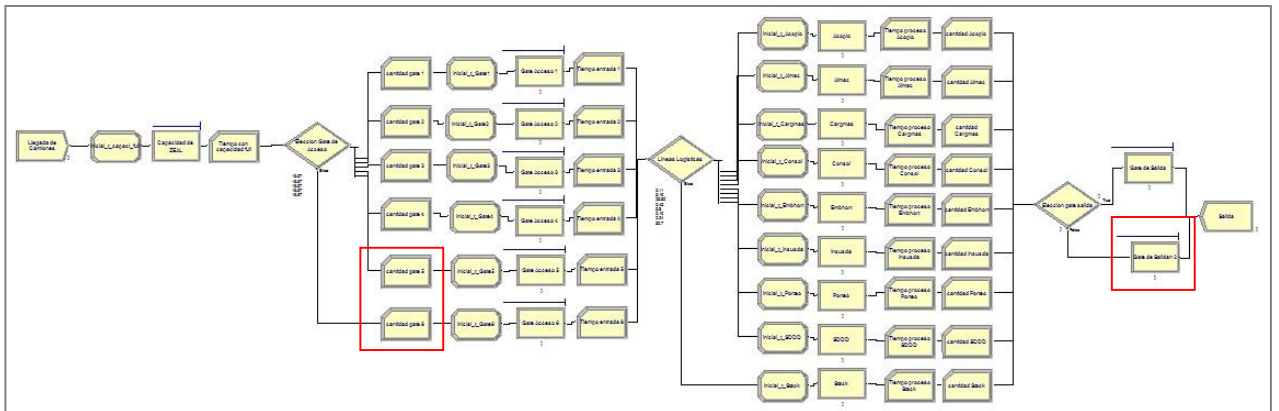


Figura 3.48 Modelo con dos puertas de acceso y una puerta de salida adicionales.

Fuente: Software Arena.

Resultados:

Tabla 3.48 Tiempo promedio en cola para escenario 2

TIEMPO PROMEDIO EN COLA	
Proceso	Tiempos promedios (min)
Capacidad de ZEAL	0
Gate de Acceso 1	7,36
Gate de Acceso 2	7,39
Gate de Acceso 3	7,53
Gate de Acceso 4	8
Gate de Acceso 5	7,28
Gate de Acceso 6	7,7
Promedio Gate Acceso	7,54
Gate de Salida	0,35
Gate de Salida 2	0,36
Promedio Gate de Salida	0,36

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.49 Tiempo promedio en sistema de acceso para escenario 2

Tiempo promedio en sistema de acceso.(min)	
Tiempo entrada 1	10,84
Tiempo entrada 2	10,73
Tiempo entrada 3	11,77
Tiempo entrada 4	11,1
Tiempo entrada 5	10,82
Tiempo entrada 6	9,9
Promedio	10,86

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.50 Cantidad promedio de camiones en espera para escenario 2

Cantidad de Camiones en Espera 2019		
Proceso	Promedio N°Camiones	Aprox. N° Camiones
Capacidad de ZEAL	0	0
Gate de Acceso 1	1,79	2
Gate de Acceso 2	1,67	2
Gate de Acceso 3	1,7	2
Gate de Acceso 4	1,84	2
Gate de Acceso 5	1,63	2
Gate de Acceso 6	1,75	2
Promedio Gate de Acceso	1,73	2
Gate de Salida	0,24	0
Gate de Salida 2	0,25	0
Promedio Gate de Salida	0,25	0

Fuente: Elaboración propia

Conclusión:

En este escenario se pretendía analizar la variación de los tiempos en las puertas de salida comparando en cuanto varía el agregar una puerta más, donde al ver los tiempos se puede apreciar que estos mejoran a tal punto que la cola es prácticamente 0 y el tiempo de espera en esta es menos de un minuto.

Elección del escenario:

Para soportar el aumento de un 50% en la demanda para el año 2019, se eligió el escenario número 1, puesto que con él, el sistema fluye de manera tal que tenemos tiempos en cola de 8 minutos promedio en lo que respecta al acceso, también un tiempo del proceso de acceso a ZEAL de 11 minutos aproximadamente, donde se ven 2 camiones en promedio, en la cola del acceso.

Por otra parte lo que es la salida se toma el escenario una puerta en la salida, ya que si bien ha aumentado el número de camiones en la puerta de salida, aún son pequeños los tiempos en cola, estando todavía en el rango de 5 minutos como máximo en la espera para salir. Lo anterior queda reflejado en la Tabla comparativa 3.51.

Tabla 3.51 Tabla comparativa decisión escenario 2019

Año	2019			2014
	0	1	2	0
Escenario	0	1	2	0
N° de puertas : Acceso ; Salida	4 ; 1	6 ; 1	6 ; 2	4 ; 1
Tiempo promedio en cola en Gate de Acceso	851,91	8	7,54	8,45
Tiempo promedio en cola en Gate de Salida	1146,22	11,52	10,86	11,47
Tiempo promedio en sistema	2,67	3,28	0,36	0,67
Cantidad promedio de camiones en Gate de Acceso	852	2	2	2
Cantidad promedio de camiones en Gate de Salida	3	4	0	1

Fuente: Elaboración propia

3.1.5.1.8 Situación 6, aumento de la demanda en un 48% con respecto al año 2014 y una disminución de un 1% con respecto al 2019.

Año 2020.

Tabla 3.52 Datos Situación 6

DATOS	
Año de evaluación	2020
Cantidad Pronosticada	60384
Cantidad Simulada	60071
Media Expo. de llegada	0,74
N° puertas de acceso	4
N° puertas de salida	1

Fuente: Elaboración propia

En este año, se infiere que la demanda se ha estabilizado en nuevos valores, en comparación con el 2014, mientras que en los años anteriores la demanda bordeaba los 40.000 camiones mensuales, ahora el panorama indica que bordea los 60.000, recordar que dicho cambio se debe a la ampliación del Terminal 2 (T2).

Cabe señalar que al igual que en el año 2019, el sistema de acceso a ZEAL, necesita cambios, los cuales se analizarán más adelante.

Tabla 3.53 Tiempo promedio en cola

TIEMPO PROMEDIO EN COLA	
Proceso	Tiempos promedios (min)
Capacidad de ZEAL	0
Gate de Acceso 1	1446
Gate de Acceso 2	755
Gate de Acceso 3	735
Gate de Acceso 4	643,37
Promedio Gate Acceso	894,84
Gate de Salida	2,57

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.54 Tiempo promedio en sistema de acceso

Tiempo promedio en sistema de acceso. (min)	
Tiempo entrada 1	620,54
Tiempo entrada 2	671,45
Tiempo entrada 3	1019,67
Tiempo entrada 4	757,75
Promedio	767,35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.55 Cantidad promedio de camiones en espera

Cantidad de Camiones en Espera 2020		
Proceso	Promedio N°Camiones	Aprox. N° Camiones
Capacidad de ZEAL	0	0
Gate de Acceso 1	484,98	485
Gate de Acceso 2	254,60	255
Gate de Acceso 3	250,24	250
Gate de Acceso 4	216,23	216
Promedio Gate de Acceso	301,51	302
Gate de Salida	3,33	3

Fuente: Elaboración propia

3.1.5.1.8.1 Escenarios

Escenario: Aumento de 2 puertas en la entrada con respecto al año 2014.

Tabla 3.56 Datos Escenario

DATOS	
Año de evaluación	2020
N° de Puertas de Acceso	6
N° de puertas de Salida	1

Fuente: Elaboración propia

Para comenzar, se debe acotar que se evaluará el escenario electo en el año 2019, ya que el 2020 presenta una disminución en la demanda con respecto a ese año y por lo tanto es de esperarse que el escenario de aumentar 2 puertas de acceso y mantener una puerta en la salida, soporte esta demanda también y a su vez al no ser una gran variación con respecto al 2019 lo concluido el año anterior se debe adaptar perfectamente.

Resultados

Tabla 3.57 Tiempo promedio en cola

Tiempo en Cola 2020	
Proceso	Tiempos medios (min)
Capacidad de ZEAL	0
Gate de Acceso 1	7,3
Gate de Acceso 2	7,8
Gate de Acceso 3	7,35
Gate de Acceso 4	6,71
Gate de Acceso 5	7,86
Gate de Acceso 6	8,29
Promedio Gate Acceso	7,55
Gate de Salida	3,15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.58 Tiempo promedio en sistema de acceso

Tiempo promedio en sistema de acceso.(min)	
Tiempo entrada 1	10,41
Tiempo entrada 2	10,88
Tiempo entrada 3	10,43
Tiempo entrada 4	9,77
Tiempo entrada 5	10,93
Tiempo entrada 6	11,41
Promedio	10,64

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.59 Cantidad promedio de camiones en espera

Cantidad de Camiones en Espera 2020		
Proceso	Promedio N° Camiones	Aprox. N° Camiones
Capacidad de ZEAL	0	0
Gate de Acceso 1	1,62	2
Gate de Acceso 2	1,77	2
Gate de Acceso 3	1,64	2
Gate de Acceso 4	1,51	2
Gate de Acceso 5	1,77	2
Gate de Acceso 6	1,88	2
Promedio Gate de Acceso	1,70	2
Gate de Salida	4,25	4

Fuente: Elaboración propia

Como se era de esperar, lo concluido en el año 2019 se adapta de buena manera a lo pronosticado para el 2020, por lo cual se concluye en este caso que el modelo con 6 puertas de entrada y una de salida es la mejor opción para soportar la demanda a esperarse a partir del año 2018 en adelante, donde se produce el gran cambio en la demanda y al igual que en los casos anteriores, se presenta una tabla comparativa para justificar la elección.

Tabla 3.60 Tabla comparativa decisión escenario 2020

Año	2020		2014
Escenario	0	1	0
N° de : Acceso ; Salida	4 ; 1	6 ; 1	4 ; 1
Tiempo promedio en cola en Gate de Acceso	894,84	7,55	8,45
Tiempo promedio en cola en Gate de Salida	767,35	10,64	11,47
Tiempo promedio en sistema	2,57	3,15	0,67
Cantidad promedio de camiones en Gate de Acceso	302	2	2
Cantidad promedio de camiones en Gate de Salida	3	4	1

Fuente: Elaboración propia

Análisis de sensibilidad

3.1.5.1.9 Aumento de un 7% en la demanda proyectada del año con mayor demanda (2019)

Tabla 3.61 Datos para análisis de sensibilidad aumento de un 7%

DATOS	
Año de evaluación	2019 + 7% de demanda
Cantidad Simulada	65366
Media Expo. de Llegada	0,68
N° puertas de acceso	6
N° puertas de salida	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.62 Tiempo promedio en cola

Tiempo en Cola 2019 (+7%)	
Proceso	Tiempos medios (min)
Capacidad de ZEAL	0
Gate de Acceso 1	10,43
Gate de Acceso 2	10,85
Gate de Acceso 3	10,60
Gate de Acceso 4	11,66
Gate de Acceso 5	10,25
Gate de Acceso 6	9,92
Promedio Gate Acceso	10,62
Gate de Salida	8,54

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.63 Tiempo en sistema de acceso

Tiempo promedio en sistema de acceso.(min)	
Tiempo entrada 1	13,52
Tiempo entrada 2	13,92
Tiempo entrada 3	13,69

Tiempo entrada 4	14,68
Tiempo entrada 5	13,28
Tiempo entrada 6	12,95
Promedio	13,67

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.64 Cantidad promedio de camiones en espera

Cantidad de Camiones en Espera 2019 + 7%		
Proceso	Promedio N°Camiones	Aprox. N° Camiones
Capacidad de ZEAL	0	0
Gate de Acceso 1	2,53	3
Gate de Acceso 2	2,67	3
Gate de Acceso 3	2,56	3
Gate de Acceso 4	2,85	3
Gate de Acceso 5	2,53	3
Gate de Acceso 6	2,42	2
Promedio Gate de Acceso	2,59	3
Gate de Salida	12,51	13

Fuente: Elaboración propia

3.1.5.1.9.1 Análisis:

Con respecto al análisis de sensibilidad recién expuesto, se puede decir que ante un aumento de 7% de la demanda con respecto a lo proyectado el 2019, el aumento de las puertas de acceso que se ha presupuestado en los últimos años, el cual son 6 en lo que respecta a la entrada, se observa que si bien no es el óptimo que se busca, cumple de igual forma con lo exigido por la empresa.

Por otra parte lo que es la puerta de salida, se visualiza que el sistema no soporta tal cantidad de demanda, generando grandes colas de 13 camiones y tiempos de 9 minutos aproximadamente en la salida, lo cual no se condice con la política de la empresa que exige como máximo tiempo para salir 5 minutos.

Por lo anterior se evaluará el escenario recién presentado pero aumentando en una puerta más en la salida.

Con respecto al comportamiento de las líneas logísticas, como se ve en la columna de variación, tiene diferencias mínimas donde la mayor se presenta en Consolidado con 18,55 minutos más en promedio, pero así este tiempo está contenido en los intervalos de confianza que se calcularon para validar el modelo.

A continuación en la tabla 3.62 se puede observar la variación existente entre los tiempos medios del simulador con respecto al tiempo promedio medido de cada línea logística.

Tabla 3.65 Tiempos de procesos año 2019

Comparación tiempos de procesos 2019 con un 7% más de demanda siendo 6 entradas y 1 salidas (minutos)			
Tiempo Proceso	Tiempo medio Real	Tiempo medio simulado	Variación
Acopio	73,47	73,97	0,5
Almac	35,23	36,14	0,91
Cargmas	47,36	46,99	-0,37
Consol	310,08	328,63	18,55
Embhort	375,94	368,73	-7,21
Insusda	130,74	129,11	-1,63
Porteo	99,95	99,23	-0,72
SDDD	44,68	44,82	0,14
Stack	195,11	197,57	2,46

Fuente: Elaboración propia

3.1.5.1.10 Aumento de un 7% en la demanda proyectada del año con mayor demanda (2019) y 2 puertas de Salida.

Tabla 3.66 Datos Análisis de una 7% más en la demanda del 2019

Datos	Con + 7%
Año de evaluación	2019
Cantidad Simulada	65436
Media Expo. de llegada	0,68
N° puertas de acceso	6
N° puertas de salida	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.67 Tiempo en cola para 2019 + 7%

Tiempo en Cola 2019 (+7%)	
Proceso	Tiempos medios (min)
Capacidad de ZEAL	0
Gate de Acceso 1	10,88
Gate de Acceso 2	10,14
Gate de Acceso 3	9,15
Gate de Acceso 4	10,61
Gate de Acceso 5	12,23
Gate de Acceso 6	9,71
Promedio Gate Acceso	10,45
Gate de Salida	0,42
Gate de Salida 2	0,4
Promedio Gate de Salida	0,41

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.68 Tiempo promedio en el sistema de acceso

Tiempo promedio en sistema de acceso.(min)	
Tiempo entrada 1	13,97
Tiempo entrada 2	13,27
Tiempo entrada 3	12,22
Tiempo entrada 4	13,70
Tiempo entrada 5	15,33
Tiempo entrada 6	12,74
Promedio	15,54

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.69 Cantidad de Camiones promedio en espera

Cantidad de Camiones en Espera 2019 + 7%		
Proceso	Promedio N°Camiones	Aprox. N° Camiones
Capacidad de ZEAL	0	0
Gate de Acceso 1	2,61	3
Gate de Acceso 2	2,44	2

Gate de Acceso 3	2,22	2
Gate de Acceso 4	2,62	3
Gate de Acceso 5	3,02	3
Gate de Acceso 6	2,41	2
Promedio Gate de Acceso	2,55	3
Gate de Salida	0,31	0
Gate de Salida 2	0,29	0
Promedio Gate de Salida	0,30	0

Fuente: Elaboración propia

3.1.5.1.10.1 Análisis:

Con respecto al análisis de sensibilidad recién expuesto, podemos decir que como se menciona en el caso anterior el modelo aún soporta la demanda en la entrada, ya que el problema se encontraba en la salida, donde se observa que al agregar una puerta de salida más, se logra reducir las colas prácticamente a 0 y tiempos menores a un minuto, donde si bien se mejora bastante el modelo, se encuentra un punto donde hay que evaluar el costo de contratar una persona más versus tener tiempos un poco mayor a lo exigido por la empresa. Aunque de igual forma se aconseja este escenario más que el punto anterior, ya que el envío de camiones al puerto es un punto sensible del sistema.

Con respecto al comportamiento de las líneas logísticas, como se ve en la columna de variación, tiene diferencias mínimas donde la mayor se presenta en Consolidado con 17,53 minutos más en promedio, pero aun así este tiempo está contenido en los intervalos de confianza que calculamos para validar el modelo.

A continuación en la tabla 3.67 se puede observar la variación existente entre los tiempos medios del simulador con respecto al tiempo promedio medido de cada línea logística.

Tabla 3.70 Comparación procesos con 7% más de demanda y dos puertas de salida

Comparación tiempos de procesos 2019 con un 7% más de demanda siendo 6 entradas y 2 salidas (minutos)			
Tiempo Proceso	Tiempo medio Real	Tiempo medio simulado	Variación

Acopio	73,47	72,32	-1,15
Almac	35,23	35,95	0,72
Cargmas	47,36	47,67	0,31
Consol	310,08	327,61	17,53
Embhort	375,94	365,04	-10,9
Insusda	130,74	129,46	-1,28
Porteo	99,95	97,47	-2,48
SDDD	44,68	44,63	-0,05
Stack	195,11	193,81	-1,3

Fuente: Elaboración propia

Conclusión

Respecto a la conclusión el sistema en condiciones normales puede funcionar perfectamente con 6 puertas de acceso y 1 puerta de salida. El problema se presenta ante variaciones de aumento en la demanda, por lo cual si bien se tiene un buen sistema en lo que respecta a las entradas y salidas de camiones según la demanda pronosticada, éste va a ser sensible y por lo tanto riesgoso ante un aumento en la demanda. Por lo anterior se recomienda construir 3 puertas más, teniendo 6 entradas y 2 de salidas, lo cual disminuirá los riesgos mencionados anteriormente, así como también se podría mejorar los tiempos de entrada y de salida si fuese el caso de una puerta bidireccional, mejorándose en términos globales la calidad.

Se concluye entonces, que hasta el 2017 no hacen falta cambios en lo que respecta a la estructura de funcionamiento que tiene hoy en día ZEAL, ya que los cambios en la demanda varían de manera no significativa. Además, lo que se debe hacer, para cambios bruscos en la demanda diaria es variar las Puertas de Entrada y de Salida dependiendo por donde haya más congestión en el flujo.

Los cambios significativos en la demanda se producen el año 2018 por lo cual es ese año donde la propuesta debe estar implementada. Este año se presenta una problemática en el sistema de acceso a ZEAL, generando una congestión en las puertas de entrada y por consecuencia en la carretera.

Al realizar los análisis correspondientes, la propuesta para ZEAL es implementar los siguientes cambios

- Pasar de tener 4 puertas de acceso a tener 6 puertas de acceso.
- Pasar de tener 1 puerta de salida a tener 2 puertas de salida.

Si bien el 2018 podría funcionar con 7 puertas (5 entradas y 1 salida), el 2019 ya sería necesario tener una puerta más para no colapsar el sistema. Por lo cual se hace necesario que se implementen las 8 puertas, siendo 2 de ellas bidireccionales.

Por otra parte se detecta que la capacidad de ZEAL no se ve superada como pensaba EPV, por lo tanto no hay que expandir en cantidad de estacionamientos, siempre y cuando los tiempos de las operaciones internas mantengan tiempos similares a los de hoy en día.

La implementación de estos cambios soportará la demanda hasta el 2020 e incluso puede soportar cambios tanto negativos como también positivos respecto a la demanda, lo cual se puede observar en el análisis de sensibilidad.

El modelo realizado en el Software Arena puede ser utilizado para establecer la cantidad de puertas a fijar por turno, sólo es necesario que se sepa la demanda, por lo cual se cumple con el objetivo, de diseñar una herramienta que ayuda en la toma de decisiones en las reuniones de planificación logística agregada.

Cabe señalar que la implementación hace necesario que los organismos que funcionan al interior de ZEAL sigan teniendo tiempos similares a los de hoy en día.

Bibliografía

Publicaciones:

[**García01**]: García, J., Teoría de Colas. Universidad Politécnica de Valencia, España 2001.

[**Hoeger10**]: Hoeger, H., Pasos en un estudio de simulación. Pdf 2010.

[**James97**]: James, P., Gestión de la calidad total. Editorial Prentice Hall., 1997.

[**Kelton08**]: Kelton, W. D., Simulación con Software Arena. Editorial McGraw-Hill., 2008.

[**Shannon 88**]: Shannon R.E., “Simulación de Sistemas. Diseño, desarrollo e implementación”, Teoría de Modelos y Simulación. Introducción a la Simulación. Trillas México.1988

PDF Disponibles en la web

[**Analítica07**]: Manual de diagramación de procesos bajo estándar BPMN. Pdf 2007.

[**Arena12**]: Getting started with Arena. Pdf 2012.

[**Berger, Gambini y Velásquez, 00**] Simulación de Sistemas, disponible en pdf, 2000

[**Bizagi09**]: Bizagi, descripción funcional. (Disponible vía web en <http://www.bizagi.com/docs/Standard%20Descripci%C3%B3n%20Funcional.pdf>)

[**Brown y Forsythe, 74**] “Población y Muestra” disponible en la web, 1974

[**Delfino, 07**] “Test de Hipótesis”, presentación disponible en la web, 2007

[**Domínguez08**] Modelos de Simulación, disponible en la wen formato pdf, 2008

[**Dummies**] Introducción a *BPM Para Dummies*

[**Hoeger06**]: Hoeger, H., Distribuciones comúnmente utilizadas, Pdf 2006.

[**Hoeger05**]: Hoeger, H., Introducción a la simulación. Pdf 2005.

[**Puerto Valparaíso**] Página web Puerto de Valparaíso (Disponible vía web en <http://www.puertovalparaiso.cl>).

[**Rada, 07**] “Estudios Descriptivos”, disponible en la web, 2007

[**Rendón, 04**] “Simulación por Computadoras, archivo Word disponible en la web, 2004

[**ZEAL**]: Página web Zeal (Disponible vía web en <http://www.zeal.cl/>).

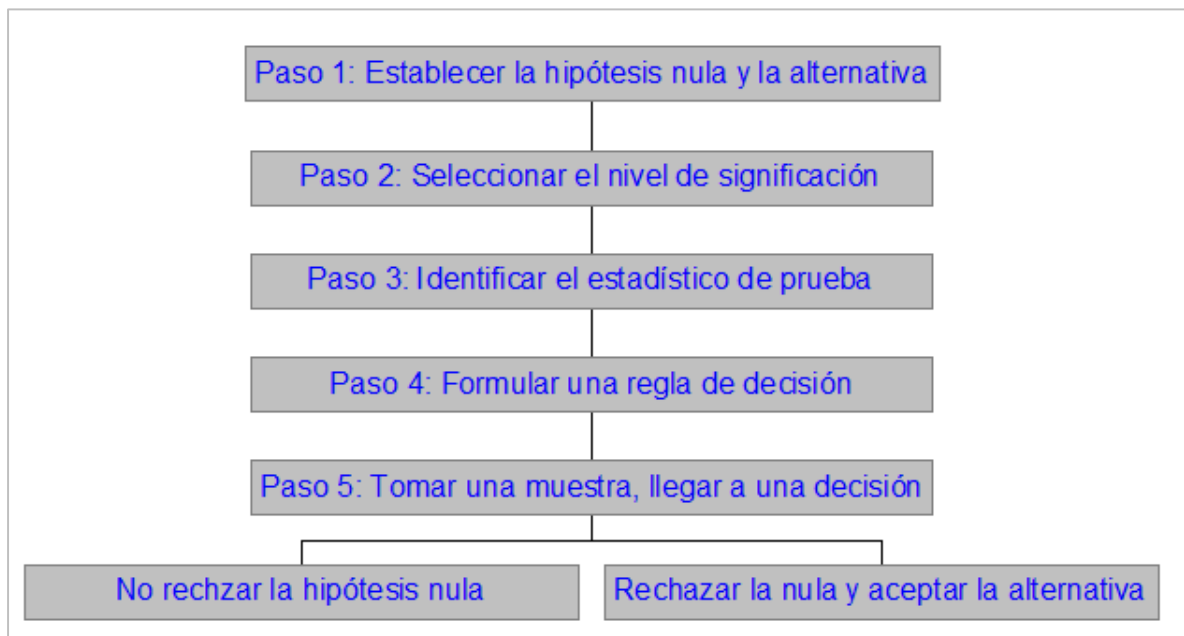
Anexos

Anexo 1

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.



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:

$$z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}} \approx N(0,1) \text{ El cual se distribuye como una Normal de media 0 y desvío estándar 1}$$

- **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:

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

Despejando μ 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 μ 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^2 es conocido. [Rada, 07]

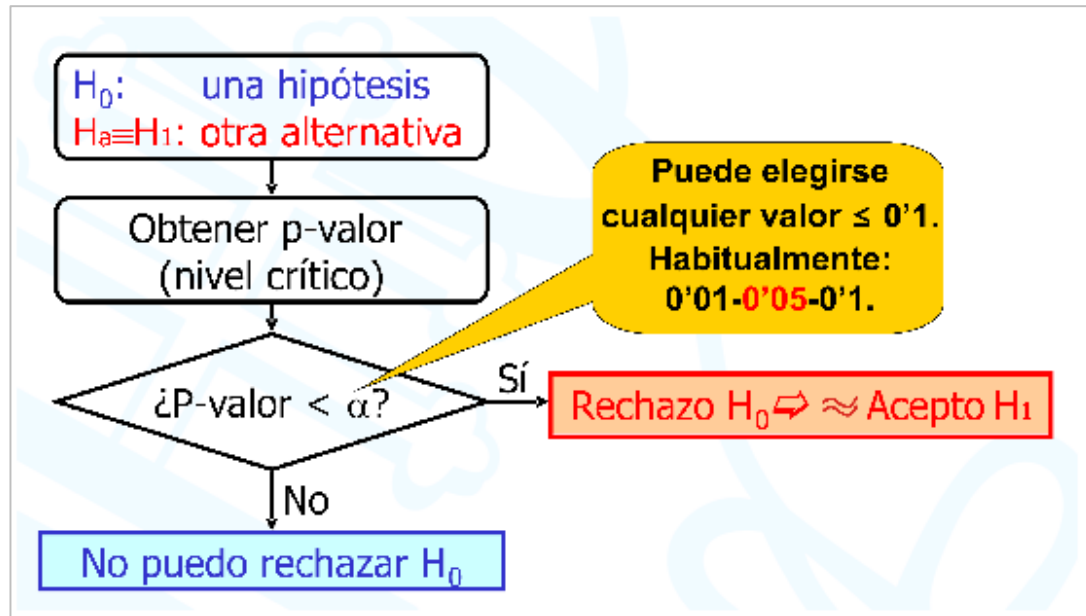
Se puede también abordar el tema de los contrastes de hipótesis y cálculo del p-valor desde una perspectiva integradora con el concepto de intervalo de confianza.

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]

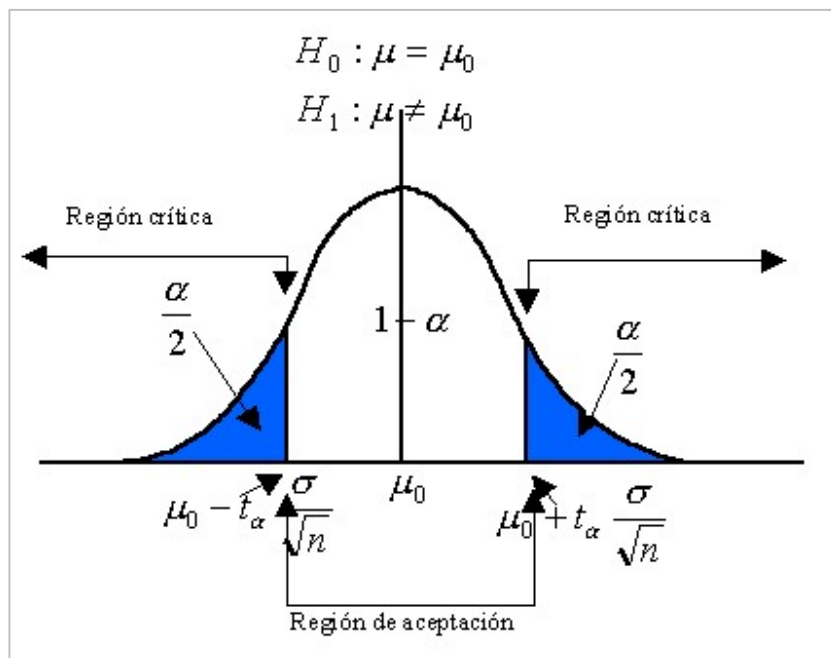
NOTA: La región de aceptación no es más que un intervalo de confianza al 95% (si la significación es 0.05) del estadístico T .

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



Fuente: Brown y Forsythe, 74

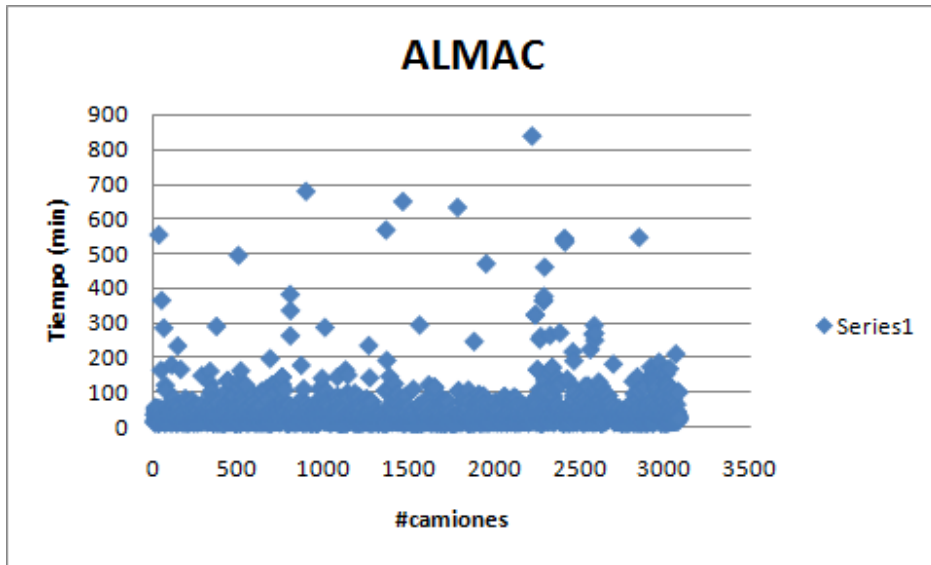
La figura muestra las regiones críticas y de aceptación en el gráfico de un 95% de confianza.



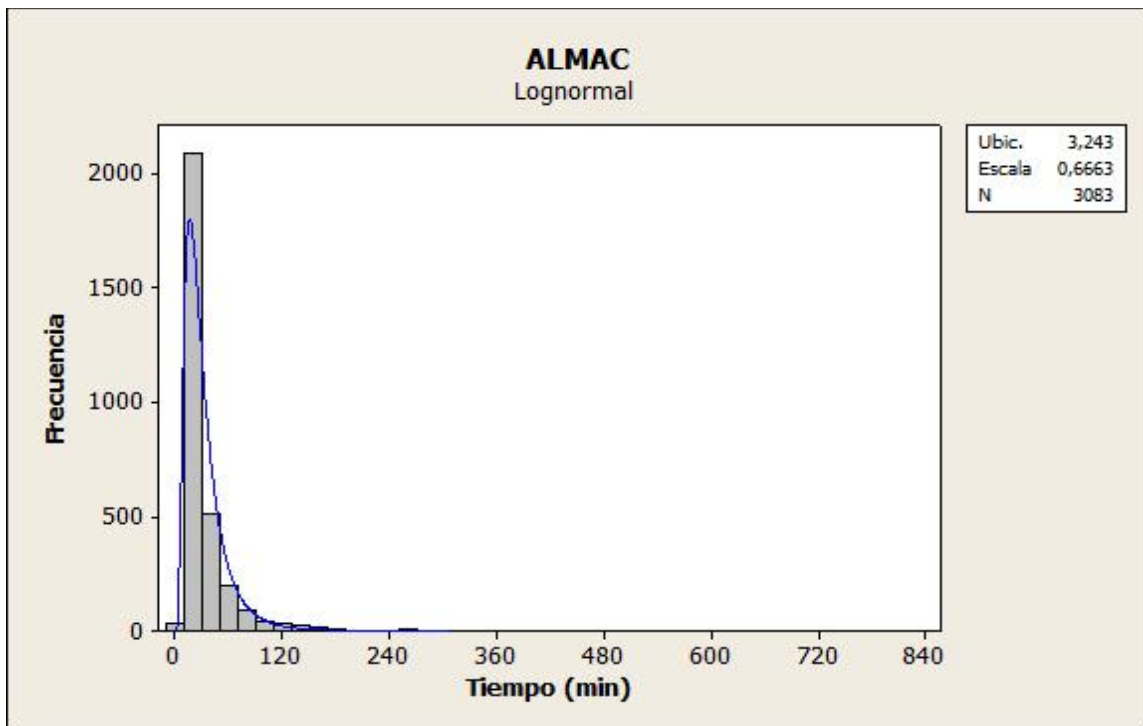
Fuente: Brown y Forsythe, 74

Anexo 2

ALMACENAMIENTO



Fuente: Elaboración propia

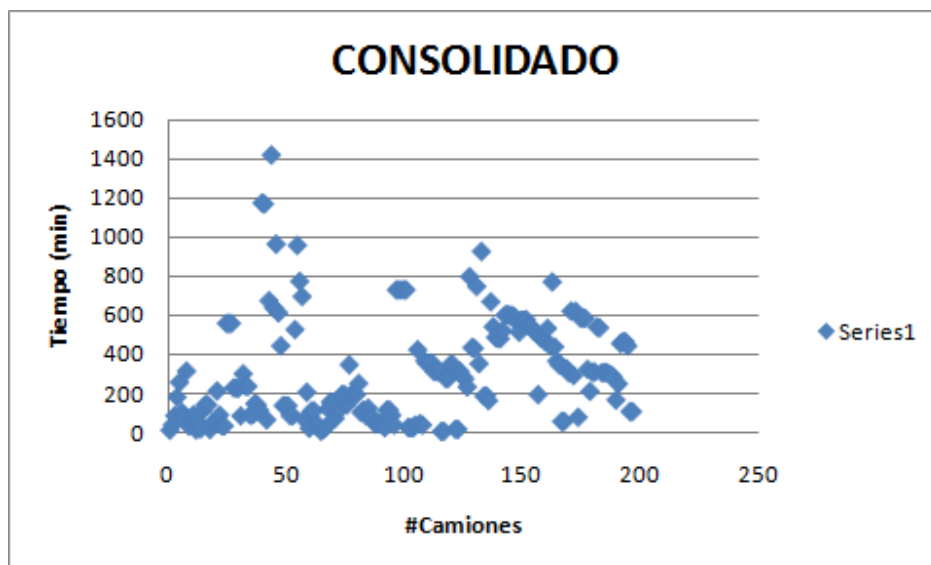


Fuente: Input Analyzer

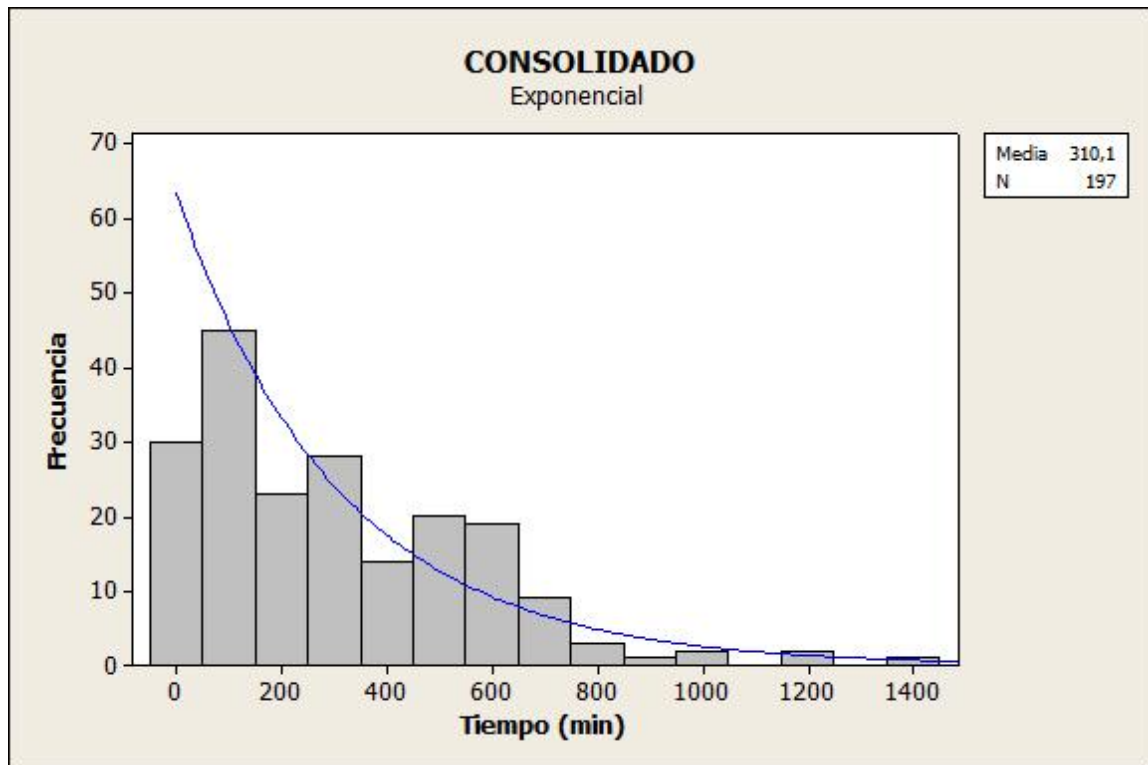
Distribution Summary	
Distribution:	Lognormal
Expression:	9 + LOGN(24.2, 34.9)
Square Error:	0.002078
Chi Square Test	
Number of intervals	= 10
Degrees of freedom	= 7
Test Statistic	= 65.5
Corresponding p-value	< 0.005
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0483
Corresponding p-value	< 0.01

Function	Sq Error
Lognormal	0.00208
Weibull	0.00712
Beta	0.0137
Gamma	0.0268
Exponential	0.0277
Erlang	0.0277
Normal	0.296
Triangular	0.455
Uniform	0.477

CONSOLIDADO



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Input Analyzer

```

Distribution Summary

Distribution:   Beta
Expression:   10 + 1.41e+003 * BETA(0.778, 2.68)
Square Error: 0.005881

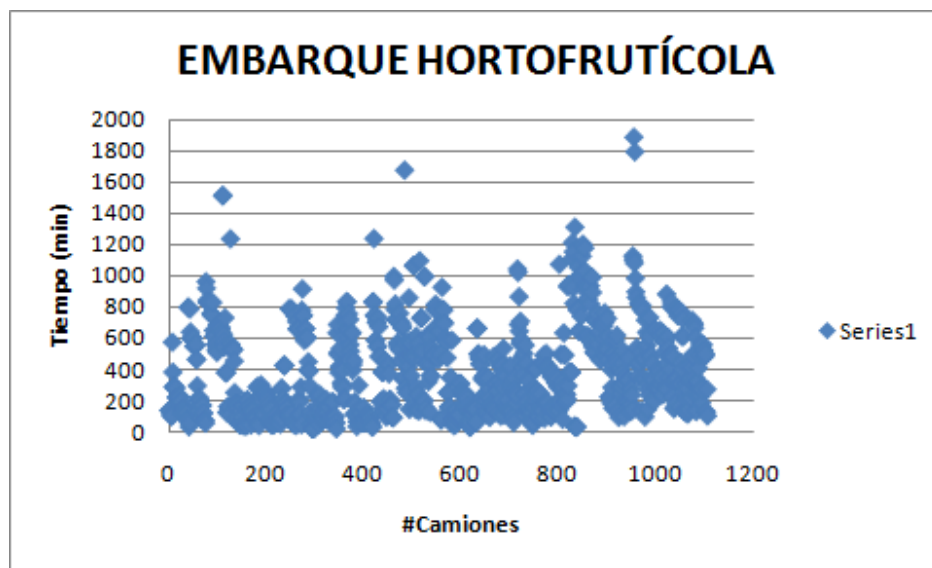
Chi Square Test
Number of intervals = 8
Degrees of freedom  = 5
Test Statistic      = 17.9
Corresponding p-value < 0.005

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic      = 0.0528
Corresponding p-value > 0.15

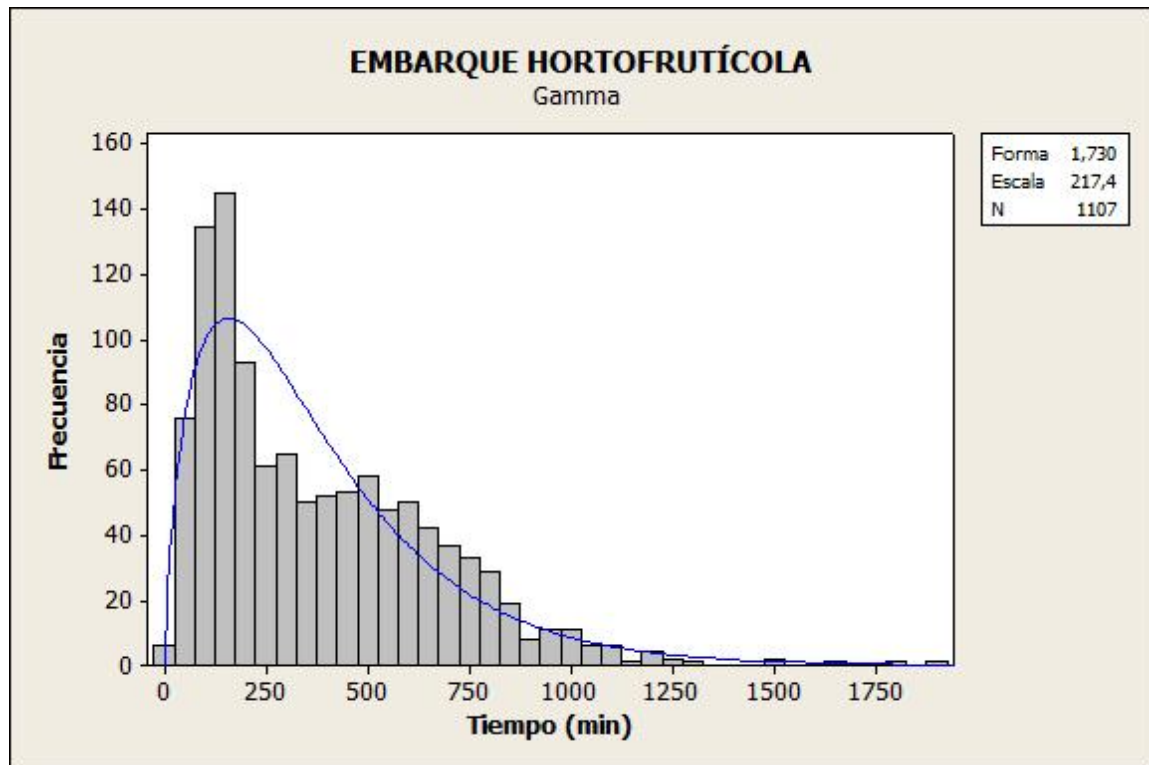
```

Function	Sq Error
Beta	0.00588
Erlang	0.00845
Exponential	0.00845
Weibull	0.00875
Lognormal	0.0176
Triangular	0.0433
Normal	0.0441
Uniform	0.09
Gamma	113

EMBARQUE HORTOFRUTICOLA



Fuente: Elaboración propia



Distribution Summary

Distribution: Gamma
Expression: $23 + \text{GAMM}(257, 1.37)$
Square Error: 0.003808

Chi Square Test

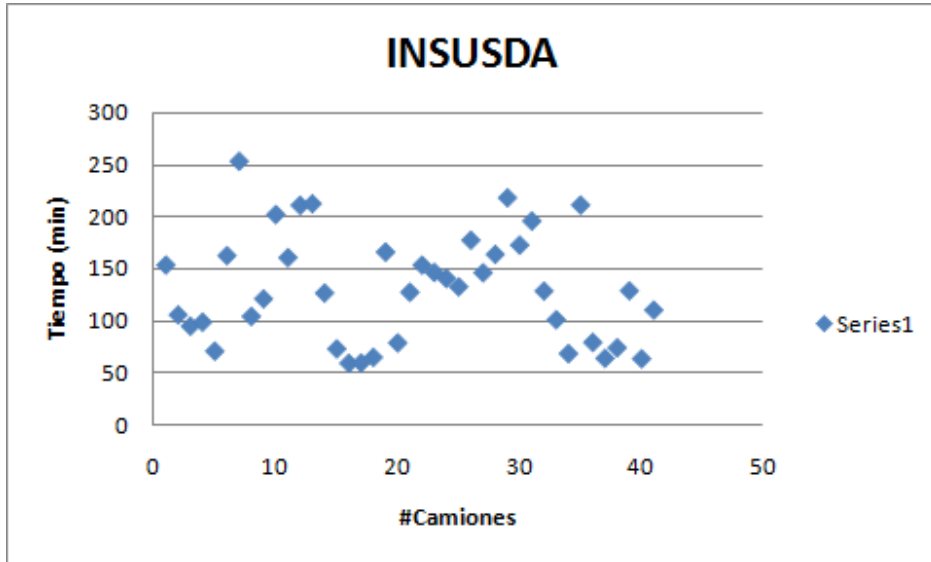
Number of intervals = 21
Degrees of freedom = 18
Test Statistic = 92.2
Corresponding p-value < 0.005

Kolmogorov-Smirnov Test

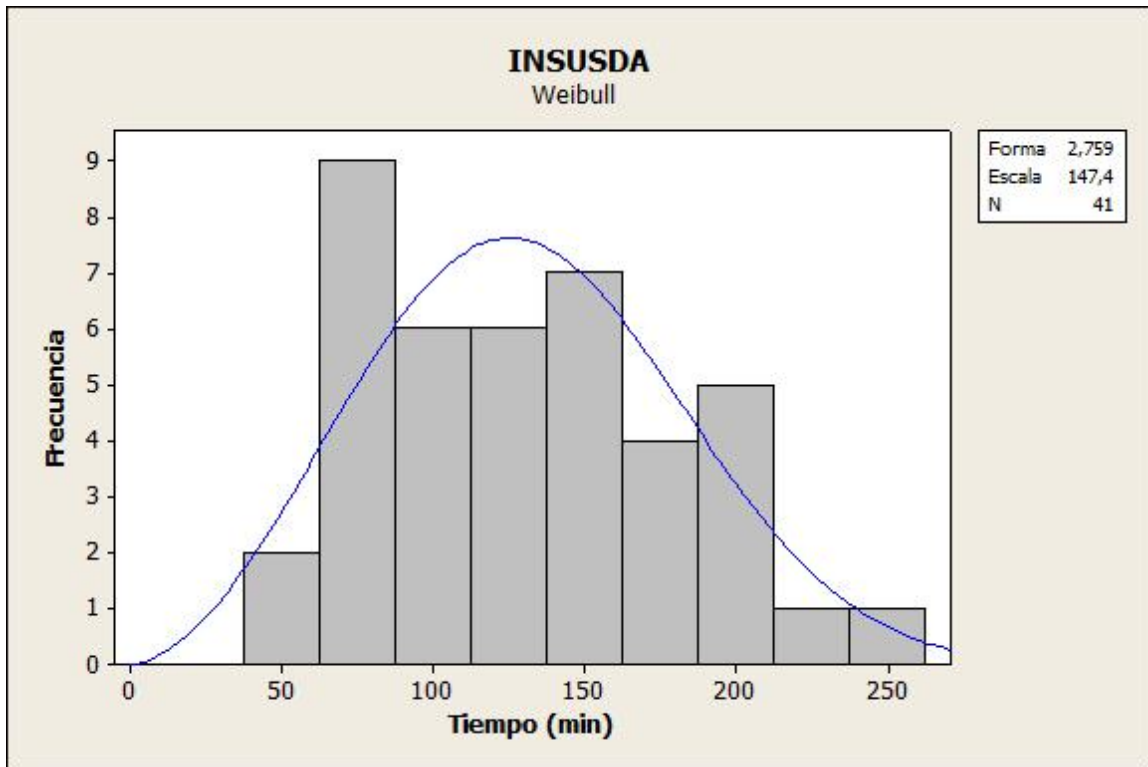
Test Statistic = 0.0575
Corresponding p-value < 0.01

Function	Sq Error
Gamma	0.00381
Lognormal	0.00385
Beta	0.00425
Erlang	0.00726
Exponential	0.00726
Weibull	0.00806
Normal	0.0182
Triangular	0.0225
Uniform	0.0465

INSUSDA



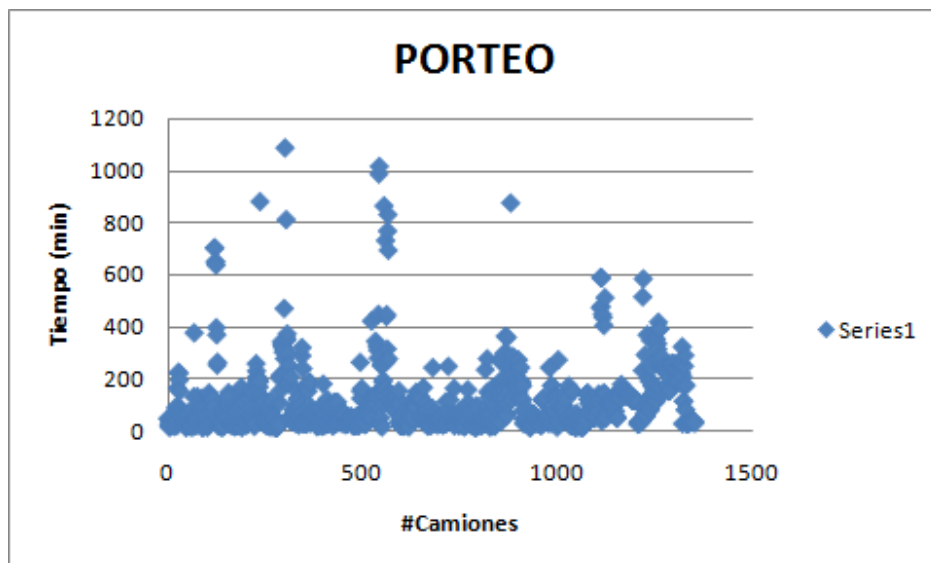
Fuente: Elaboración propia



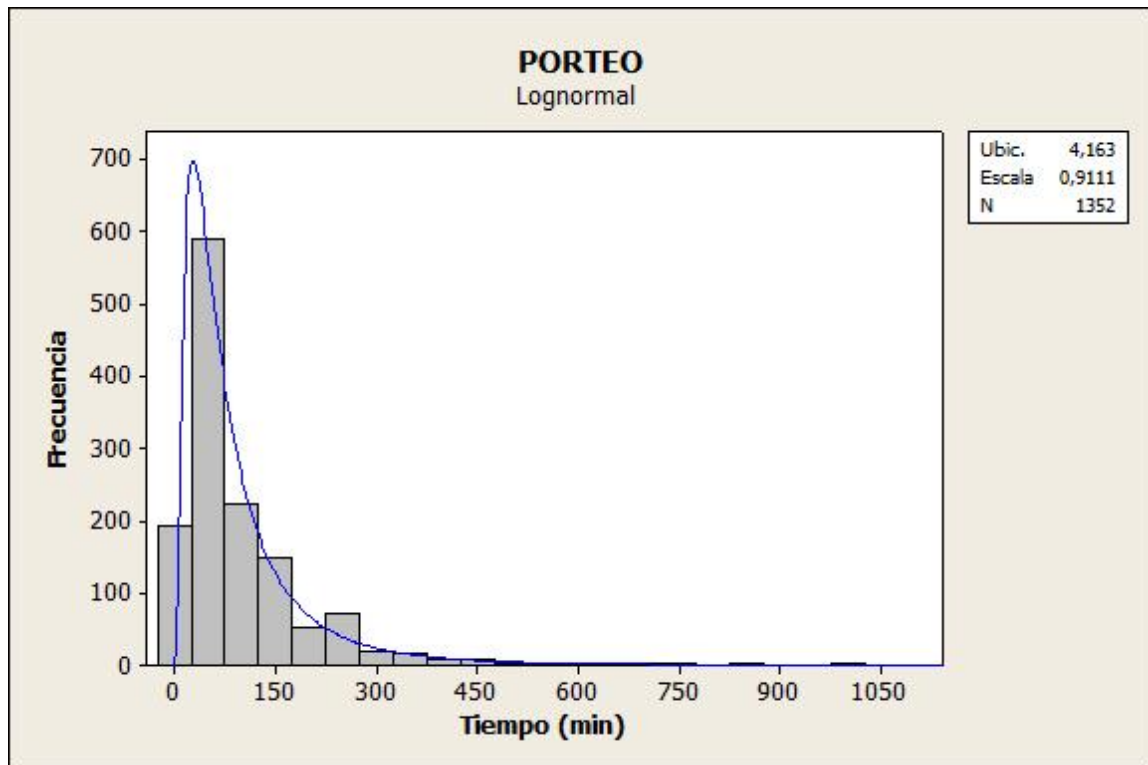
Distribution Summary	
Distribution:	Beta
Expression:	$58 + 195 * \text{BETA}(0.836, 1.4)$
Square Error:	0.010213
Chi Square Test	
Number of intervals	= 5
Degrees of freedom	= 2
Test Statistic	= 1.55
Corresponding p-value	= 0.471
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0895
Corresponding p-value	> 0.15

Function	Sq Error
Beta	0.0102
Triangular	0.0152
Weibull	0.0224
Normal	0.0237
Gamma	0.0271
Erlang	0.0317
Exponential	0.0317
Uniform	0.0374
Lognormal	0.0603

PORTEO



Fuente: Elaboración propia



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
 Expression: $9 + \text{LOGN}(98.6, 170)$
 Square Error: 0.002764

Chi Square Test

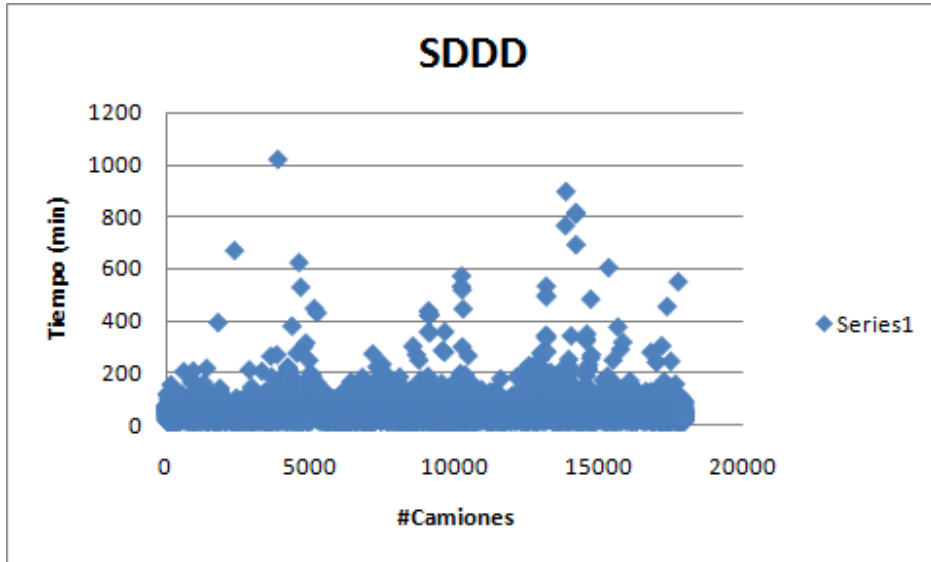
Number of intervals = 16
 Degrees of freedom = 13
 Test Statistic = 68.6
 Corresponding p-value < 0.005

Kolmogorov-Smirnov Test

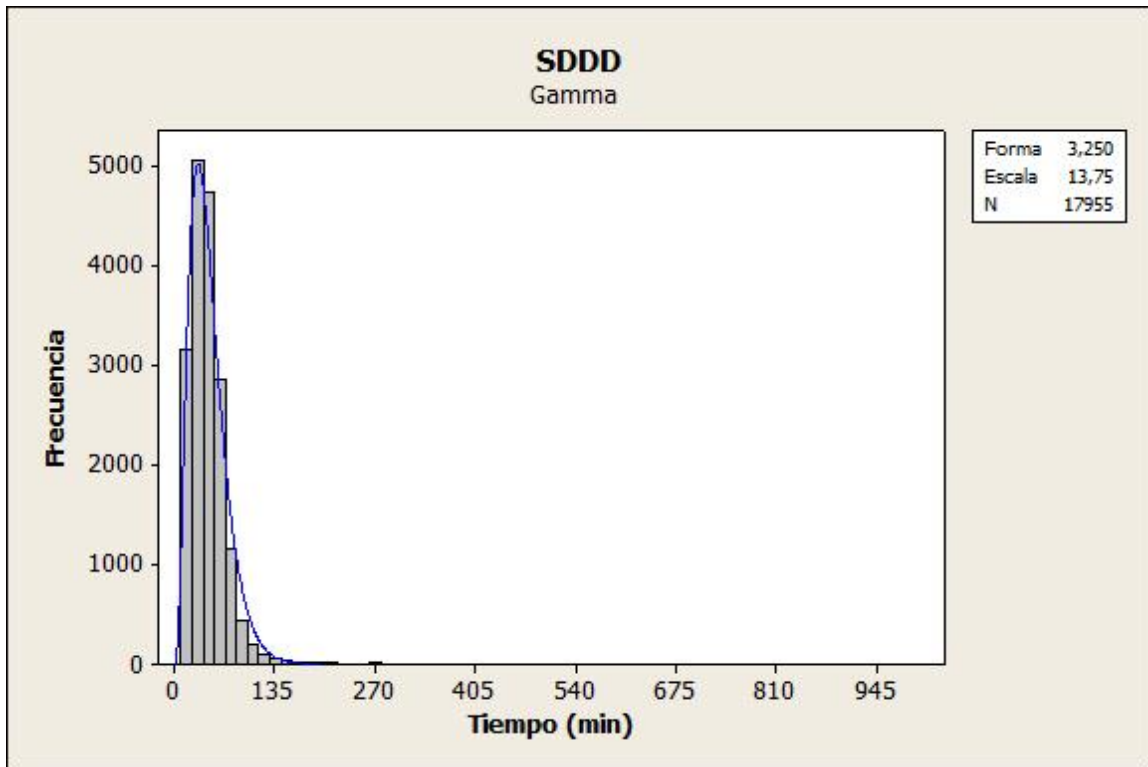
Test Statistic = 0.0446
 Corresponding p-value < 0.01

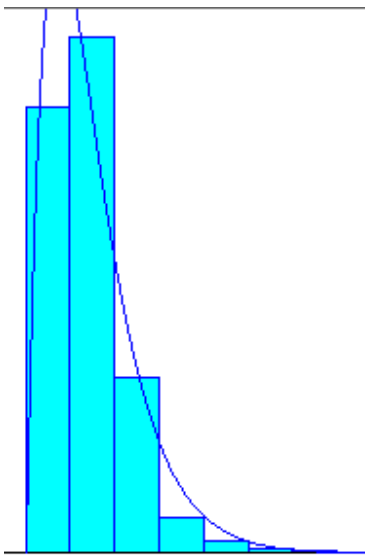
Function	Sq Error
Lognormal	0.00276
Weibull	0.00588
Gamma	0.00657
Beta	0.00719
Exponential	0.00762
Erlang	0.00762
Normal	0.0891
Triangular	0.137
Uniform	0.166

SDDD



Fuente: Elaboración propia





Distribution Summary

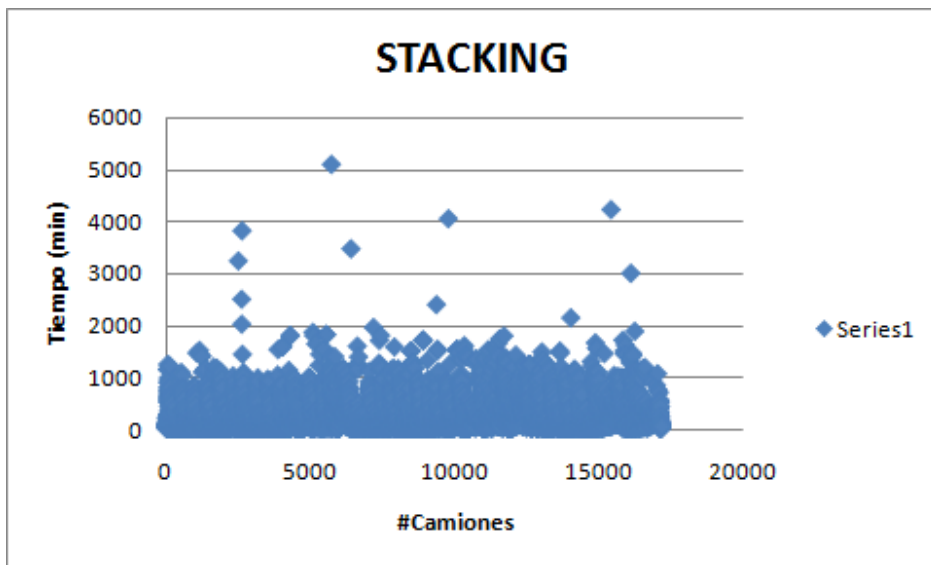
Distribution: Erlang
 Expression: $8 + \text{ERLA}(18.3, 2)$
 Square Error: 0.006434

Chi Square Test

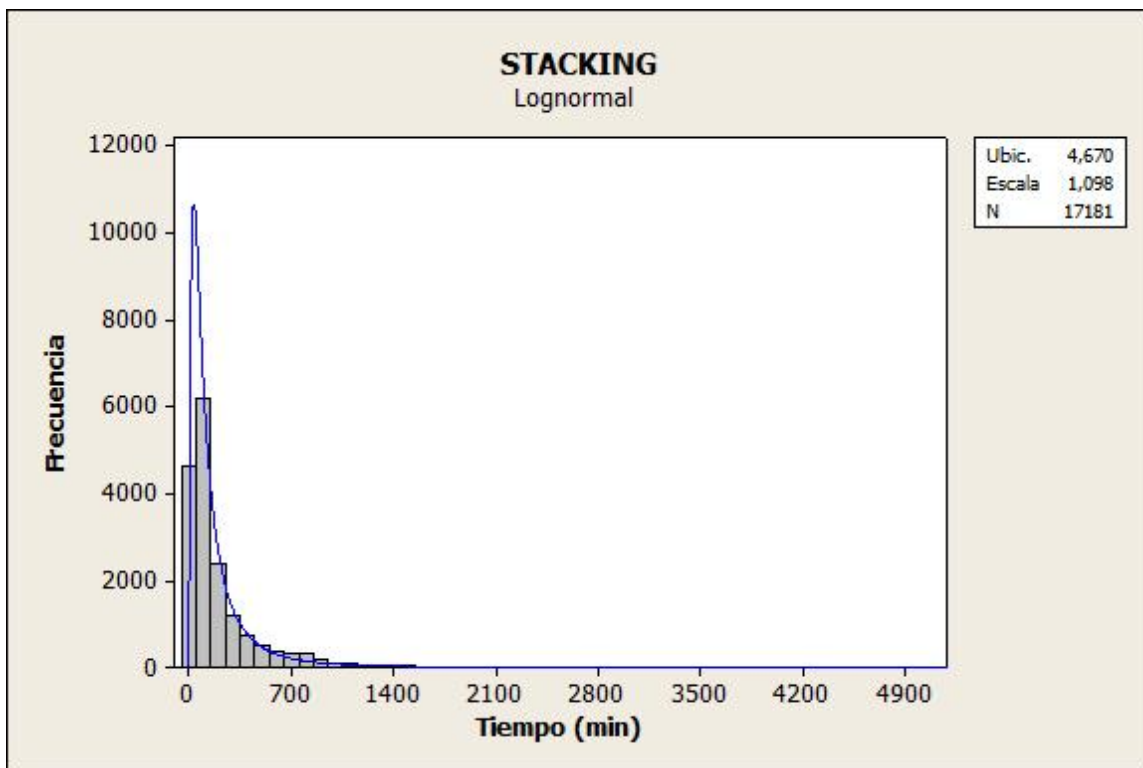
Number of intervals = 8
 Degrees of freedom = 5
 Test Statistic = $1.44e+003$
 Corresponding p-value < 0.005

Function	Sq Error
Erlang	0.00643
Gamma	0.00645
Weibull	0.0105
Lognormal	0.0177
Exponential	0.0504
Normal	0.0514
Beta	0.056
Triangular	0.308
Uniform	0.32

2.6.2 STACK

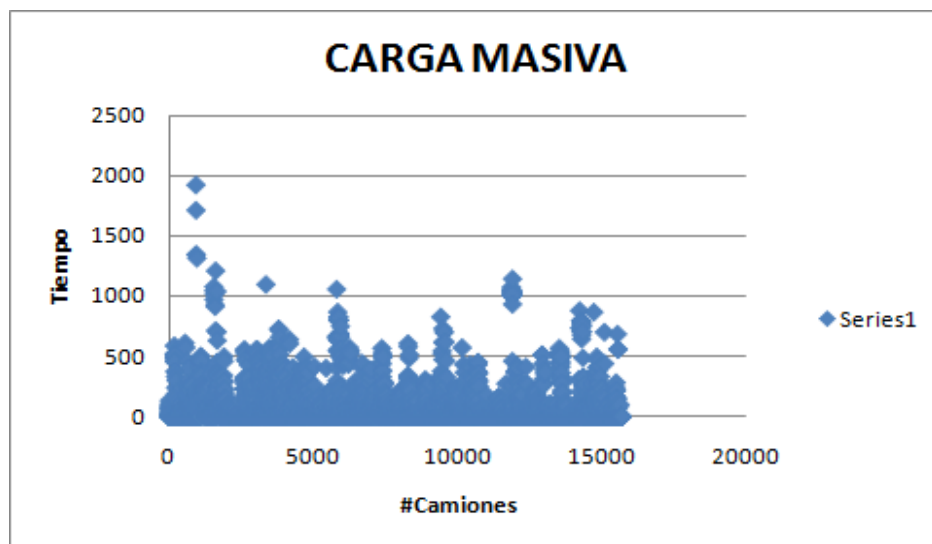


Fuente: Elaboración propia

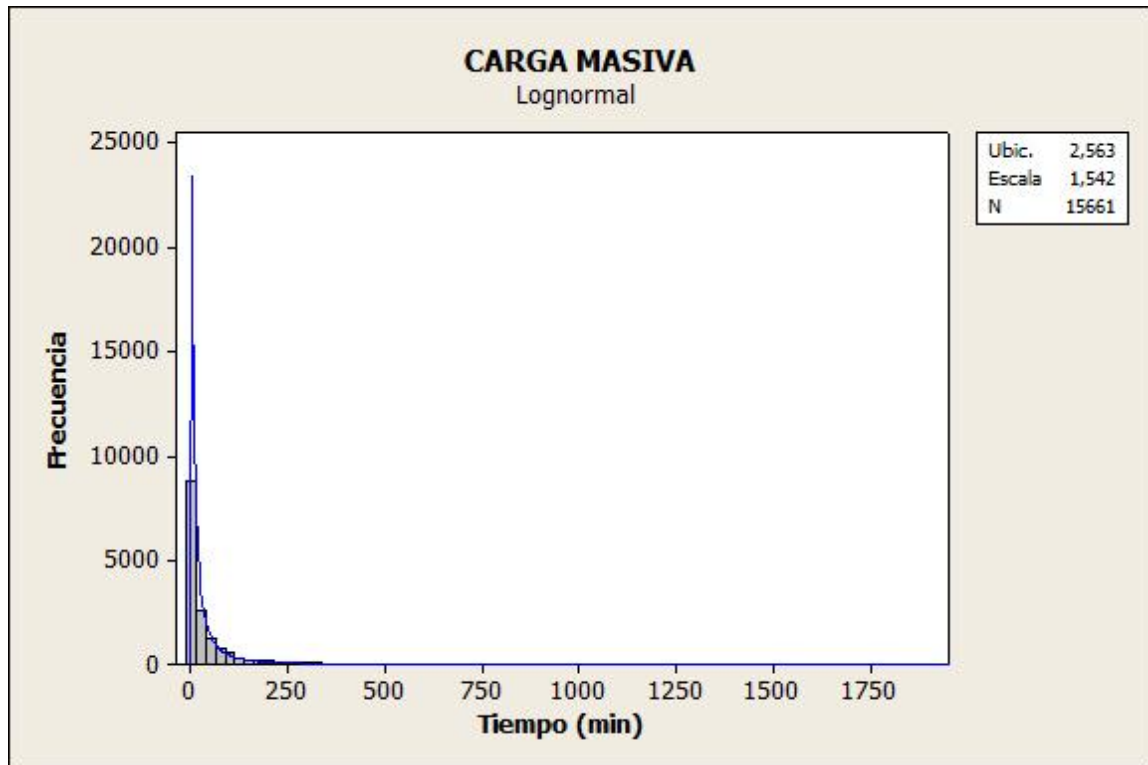


Distribution Summary	
Distribution:	Lognormal
Expression:	9 + LOGN(205, 425)
Square Error:	0.000315
Chi Square Test	
Number of intervals	= 25
Degrees of freedom	= 22
Test Statistic	= 422
Corresponding p-value	< 0.005
Data Summary	
Number of Data Points	= 17181
Min Data Value	= 9.05
Max Data Value	= 5.08e+003
Sample Mean	= 195
Sample Std Dev	= 252
Function	Sq Error
-----	-----
Lognormal	0.000315
Beta	0.000794
Weibull	0.00177
Gamma	0.0129
Exponential	0.0186
Erlang	0.0186
Normal	0.194
Triangular	0.352
Uniform	0.376

CARGA MASIVA



Fuente: Elaboración propia



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
 Expression: $1 + \text{LOGN}(46.2, 196)$
 Square Error: 0.001215

Chi Square Test

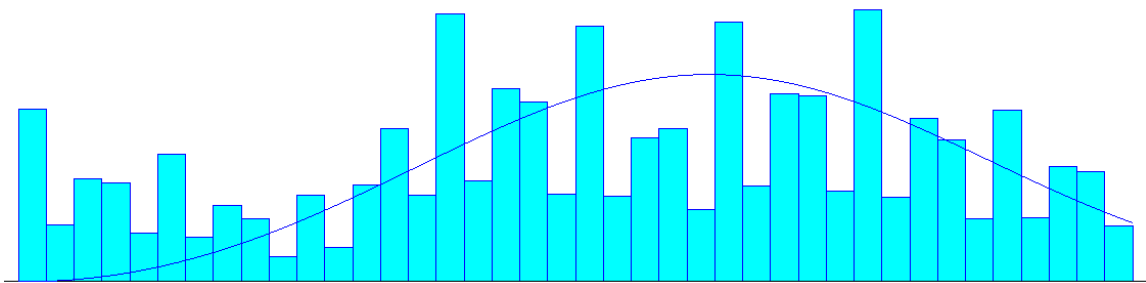
Number of intervals = 22
 Degrees of freedom = 19
 Test Statistic = 382
 Corresponding p-value < 0.005

Data Summary

Number of Data Points = 15661
 Min Data Value = 1.03
 Max Data Value = $1.91e+003$
 Sample Mean = 47.4
 Sample Std Dev = 103

Function	Sq Error
Lognormal	0.00122
Weibull	0.00749
Beta	0.0134
Erlang	0.0322
Exponential	0.0322
Gamma	0.0458
Normal	0.364
Triangular	0.552
Uniform	0.573

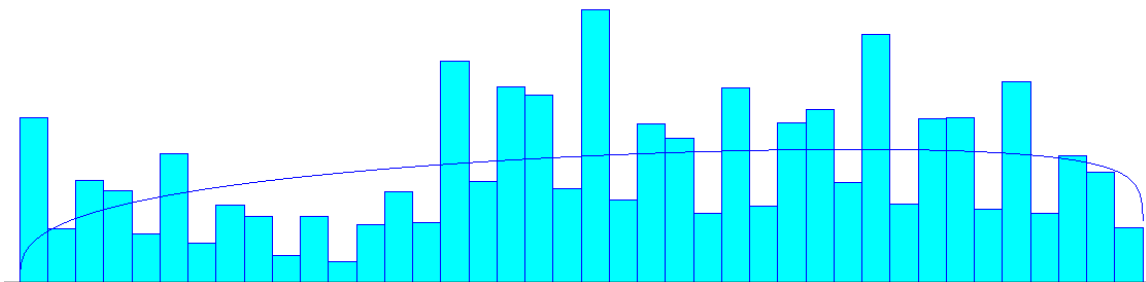
DISTRIBUCIÓN DE LLEGADA



Distribution Summary	
Distribution:	Weibull
Expression:	-0.001 + WEIB(16.9, 3.07)
Square Error:	0.033662
Chi Square Test	
Number of intervals	= 17
Degrees of freedom	= 14
Test Statistic	= 364
Corresponding p-value	< 0.005
Data Summary	
Number of Data Points	= 57331
Min Data Value	= 0
Max Data Value	= 23.6
Sample Mean	= 12.8
Sample Std Dev	= 6.34

Function	Sq Error
Weibull	0.0337
Normal	0.0343
Erlang	0.0349
Beta	0.035
Gamma	0.035
Lognormal	0.0425
Uniform	0.0454
Triangular	0.0458
Exponential	0.0703

DISTRIBUCIÓN DE SALIDA



Distribution Summary

Distribution: Beta
 Expression: $-0.001 + 24 * \text{BETA}(1.32, 1.11)$
 Square Error: 0.006471

Chi Square Test

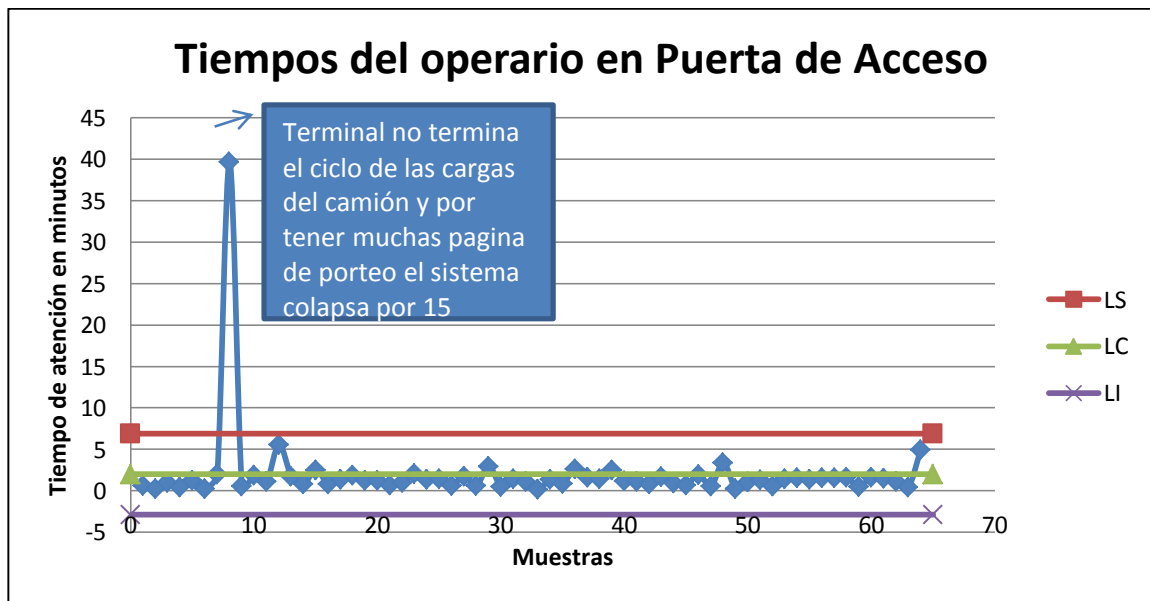
Number of intervals = 40
 Degrees of freedom = 37
 Test Statistic = 1.77e+004
 Corresponding p-value < 0.005

Data Summary

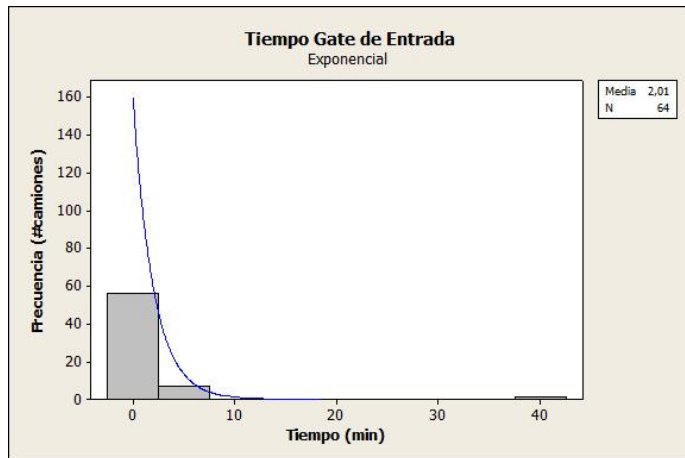
Number of Data Points = 57331
 Min Data Value = 0
 Max Data Value = 23.6
 Sample Mean = 13
 Sample Std Dev = 6.45

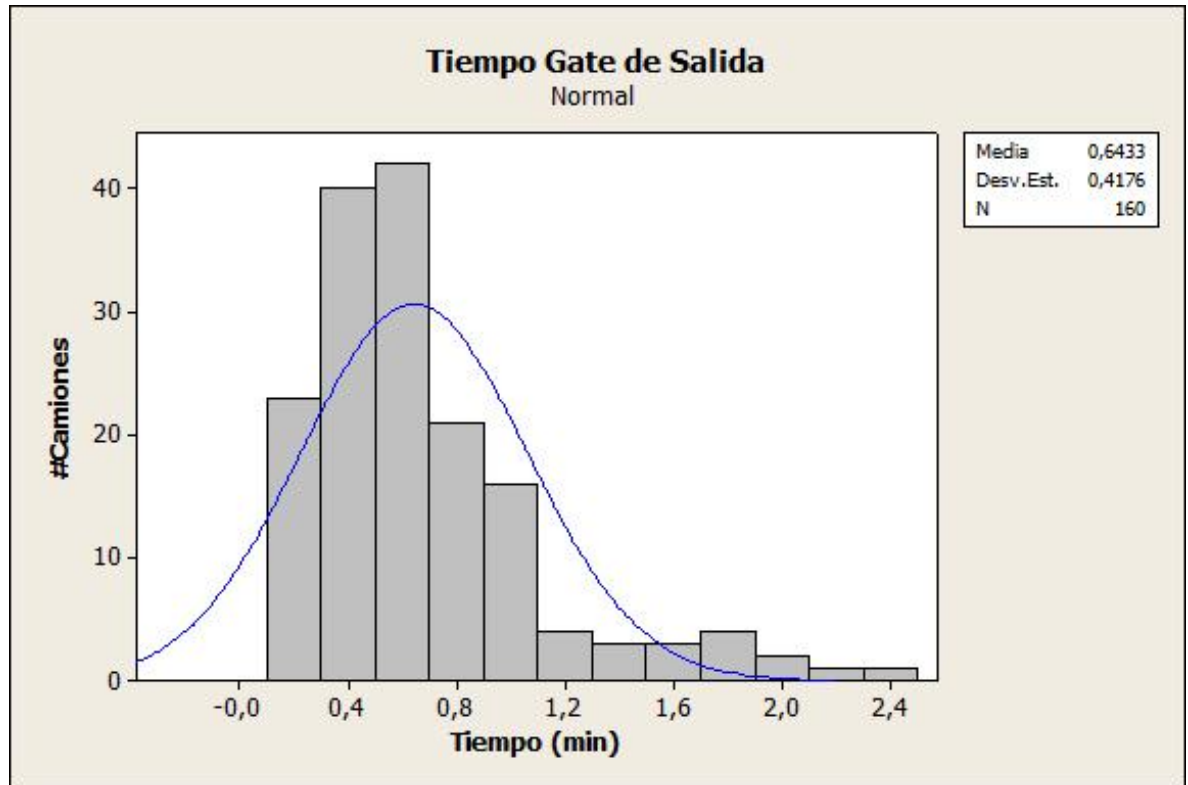
Function	Sq Error
Beta	0.00647
Uniform	0.00716
Normal	0.0075
Weibull	0.00933
Triangular	0.0109
Erlang	0.0125
Gamma	0.0125
Exponential	0.0162
Lognormal	0.0176

GATE DE ACCESO



Fuente: Elaboración propia



GATE DE SALIDA

Anexo 3

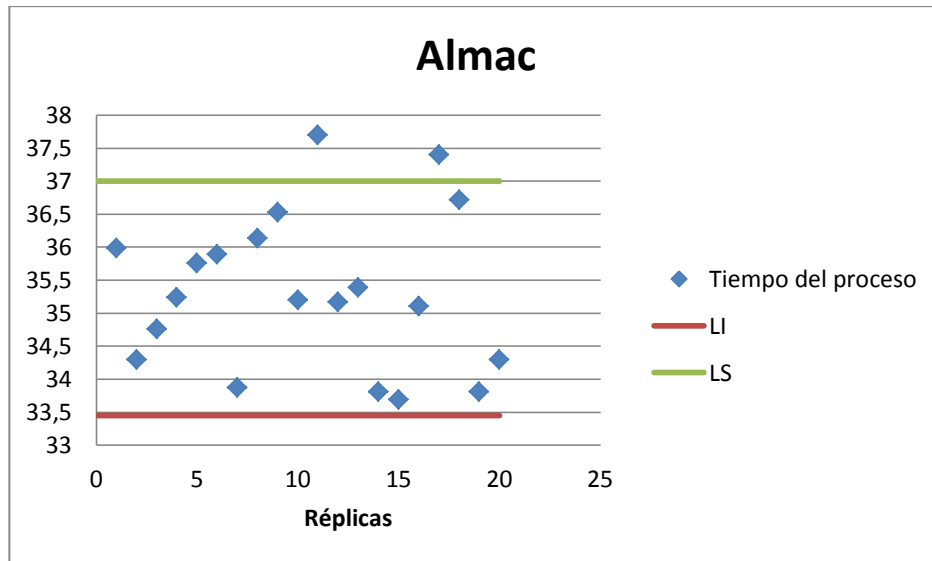
Tiempo de Proceso	Promedio de la data	Intervalo de Confianza
Acopio	73,46943	{65,88 ; 81,05}
Almac	35,231782	{33,45 ; 37}
Cargmas	47,364337	{45,7 ; 49,02}
Consol	310,08232	{273,98 ; 346,17}
Embhort	375,93746	{359,45 ; 392,41}
Insusda	130,73699	{114,79 ; 146,77}
Porteo	99,952441	{93,71 ; 106,19}
SDDD	44,676783	{43,97 ; 44,97}
Stack	195,11177	{191,35 ; 198,87}

Fuente: Elaboración propia

Rçeplicas	Acopio	Almac	Cargmas	Consol	Embhort	Insusda	Porteo	SDDD	Stack
Replica 1	79,32	35,99	46,95	304,28	364,61	132,82	103,44	44,63	193,91
Replica 2	70,14	34,3	47,53	325,65	368,85	131,77	106,72	44,89	195,72
Replica 3	79,11	34,76	47,61	322,12	374,73	125,55	103,7	44,24	193,23
Replica 4	72,24	35,24	47,35	303,28	380,26	136,33	99,36	44,49	192,44
Replica 5	73,63	35,76	47,99	297,96	377,85	136,34	100,03	44,91	143,9
Replica 6	69,21	35,89	47,29	338,82	376,71	127,33	102,57	44,46	195,49
Replica 7	75,53	33,87	48,07	301,61	377,06	130,17	106,55	44,83	197,89
Replica 8	68,44	36,14	47,14	276,16	375,12	133,3	102,87	44,38	199,9
Replica 9	71,41	36,53	48,69	282	391,45	130,74	96,74	44,38	194,7
Replica 10	80,04	35,2	47,19	335,48	372,35	131,24	104	44,84	193,6
Replica 11	71,09	37,7	46,88	295,61	366,7	134,55	100,34	44,98	196,83
Replica 12	73,87	35,17	47,04	267,61	366,46	142,9	104,92	44,87	197,05
Replica 13	79,92	35,39	47,03	335,63	382,43	133,02	102,09	44,67	196,26
Replica 14	75,71	33,81	46,92	336,15	372,88	127,1	98,93	44,81	193,55
Replica 15	77,68	33,69	46,76	302,34	378,6	128,06	100,84	44,53	199,73
Replica 16	72,42	35,11	46,94	266,56	275,09	135,24	97,79	44,94	194,03
Replica 17	70,84	37,4	46,48	332,18	385,34	148,5	102,82	44,86	195,83
Replica 18	77,44	36,72	48,06	292,87	387,99	134,59	96,9	44,65	193,78
Replica 19	75,23	33,81	47,1	316,23	362,08	139,18	106,41	44,6	196
Replica 20	70,84	34,3	47,56	305,32	272,98	152,71	99,53	44,47	196,31

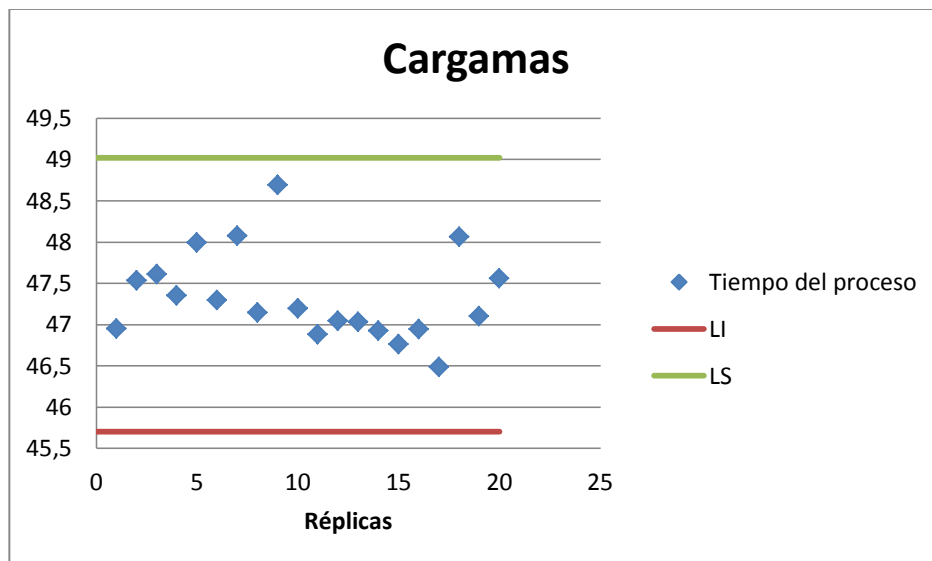
Fuente: Elaboración propia

INTERVALO DE CONFIANZA DE ALMACENAMIENTO.



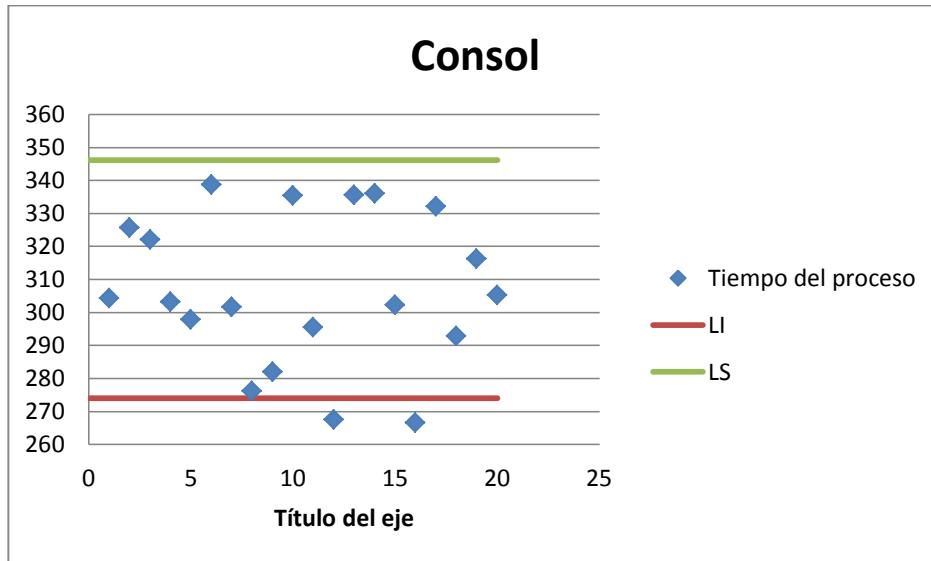
Fuente: Elaboración propia

INTERVALO DE CONFIANZA DE CARGA MASIVA.



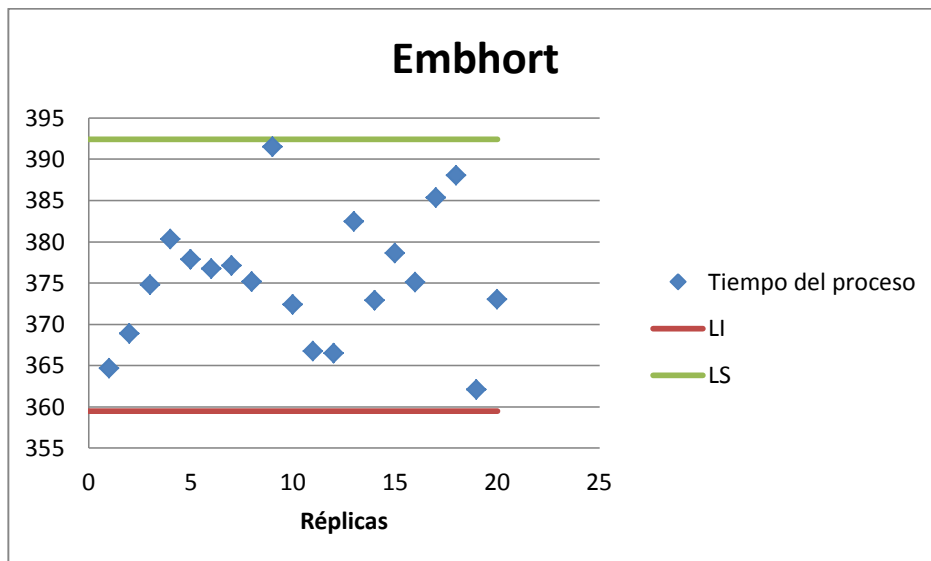
Fuente: Elaboración propia

INTERVALO DE CONFIANZA DE CONSOLIDADO.



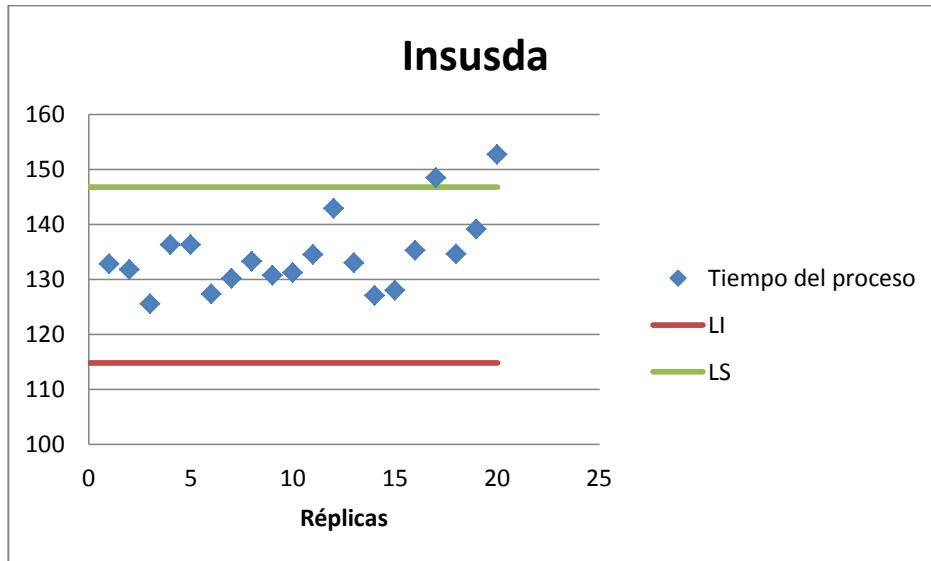
Fuente: Elaboración propia

INTERVALO DE CONFIANZA DE EMBARQUE HORTOFRUTÍCOLA.



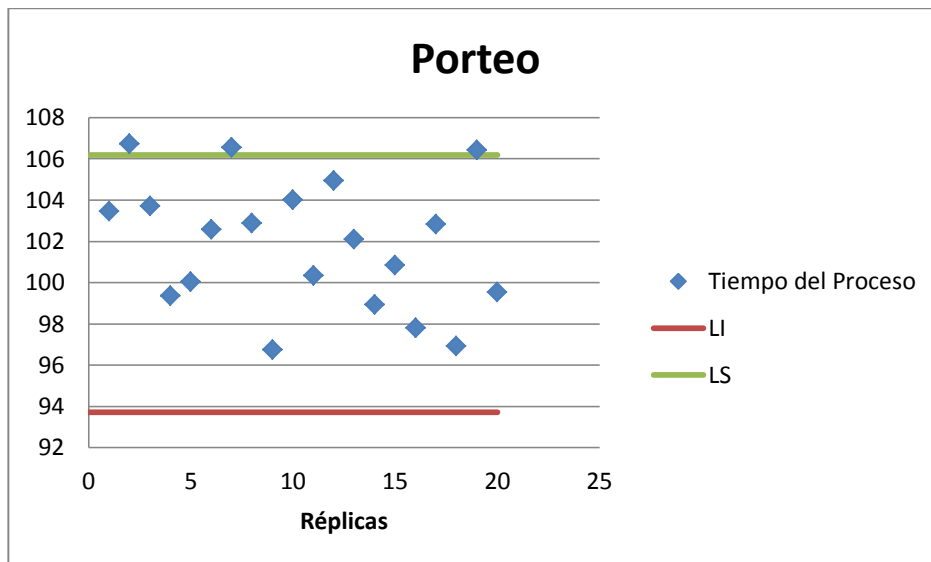
Fuente: Elaboración propia

INTERVALO DE CONFIANZA DE EMBARQUE INSUSDA.



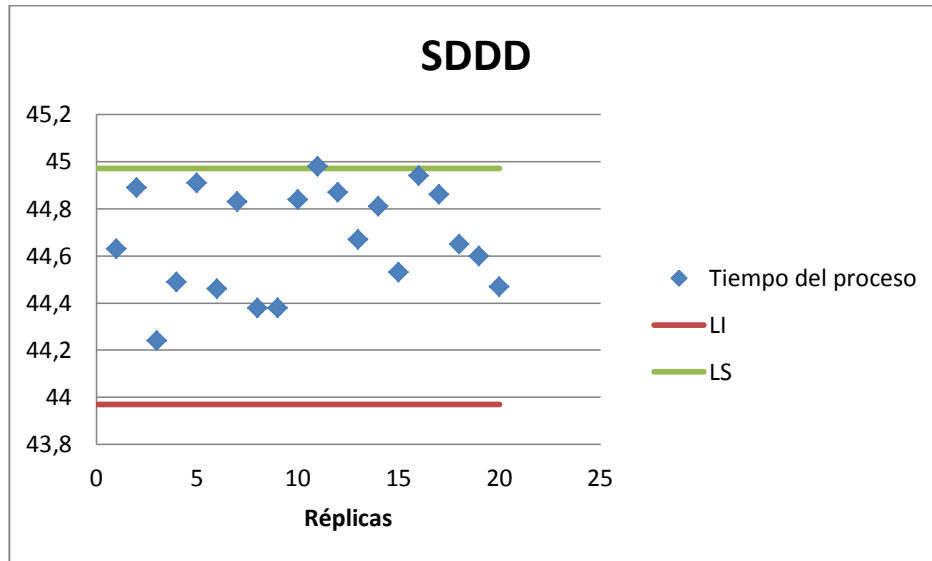
Fuente: Elaboración propia

INTERVALO DE CONFIANZA DE EMBARQUE PORTEO.



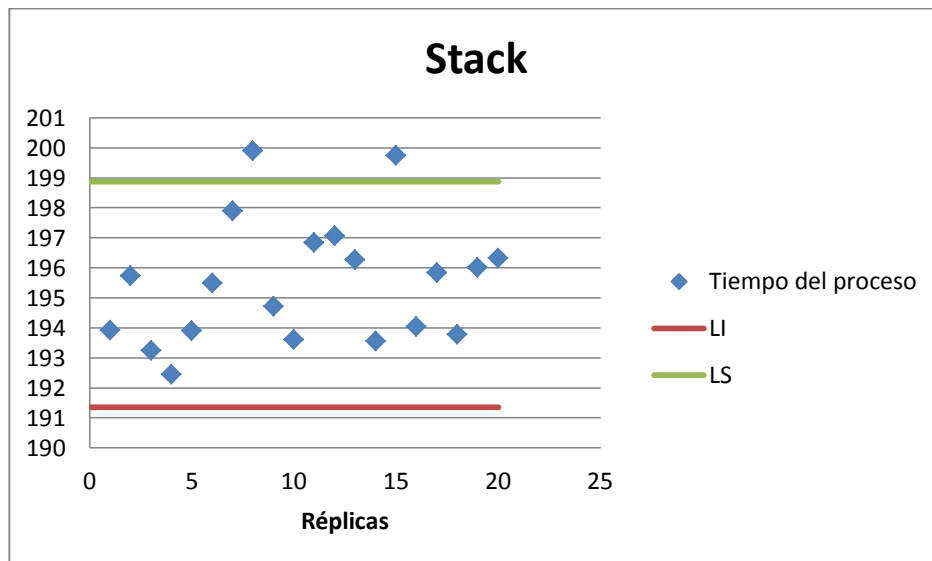
Fuente: Elaboración propia

INTERVALO DE CONFIANZA DE EMBARQUE SDDD.



Fuente: Elaboración propia

INTERVALO DE CONFIANZA DE EMBARQUE STACKING.



Fuente: Elaboración propia

Anexo 4

TIEMPO PROCESOS

Comparación tiempos de procesos 2015 (minutos)			
Tiempo Proceso	Tiempo medio Real	Tiempo medio simulado	Variación
Acopio	73,47	70,09	-3,38
Almac	35,23	36,29	1,06
Cargmas	47,36	47,61	0,25
Consol	310,08	289,04	-21,04
Embhort	375,94	367,06	-8,88
Insusda	130,74	141,33	10,59
Porteo	99,95	102,13	2,18
SDDD	44,68	45,07	0,39
Stack	195,11	195,62	0,51

Comparación tiempos de procesos 2016 (minutos)			
Tiempo Proceso	Tiempo medio Real	Tiempo medio simulado	Variación
Acopio	73,47	73,17	-0,3
Almac	35,23	36,6	1,37
Cargmas	47,36	46,43	-0,93
Consol	310,08	284,89	-25,19
Embhort	375,94	378,58	2,64
Insusda	130,74	137,78	7,04
Porteo	99,95	97,75	-2,2
SDDD	44,68	44,56	-0,12
Stack	195,11	198,89	3,78

Comparación tiempos de procesos 2017 (minutos)			
Tiempo Proceso	Tiempo medio Real	Tiempo medio simulado	Variación
Acopio	73,47	78,72	5,25
Almac	35,23	36,34	1,11
Cargmas	47,36	48,18	0,82
Consol	310,08	283,19	-26,89
Embhort	375,94	368,79	-7,15
Insusda	130,74	134,8	4,06
Porteo	99,95	109,56	9,61

SDDD	44,68	44,75	0,07
Stack	195,11	197,84	2,73

Comparación tiempos de procesos 2018 (minutos)			
Tiempo Proceso	Tiempo medio Real	Tiempo medio simulado	Variación
Acopio	73,47	67,79	-5,68
Almac	35,23	36,26	1,03
Cargmas	47,36	48,51	1,15
Consol	310,08	326,32	16,24
Embhort	375,94	375,45	-0,49
Insusda	130,74	138,04	7,3
Porteo	99,95	101,99	2,04
SDDD	44,68	44,54	-0,14
Stack	195,11	194,07	-1,04

Comparación tiempos de procesos 2018 con 5 entradas y 1 salidas (minutos)			
Tiempo Proceso	Tiempo medio Real	Tiempo medio simulado	Variación
Acopio	73,47	77,25	3,78
Almac	35,23	37,22	1,99
Cargmas	47,36	46,36	-1
Consol	310,08	316,86	6,78
Embhort	375,94	370,16	-5,78
Insusda	130,74	128,74	-2
Porteo	99,95	96,91	-3,04
SDDD	44,68	44,94	0,26
Stack	195,11	197,01	1,9

Comparación tiempos de procesos 2018 con 6 entradas y 1 salidas (minutos)			
Tiempo Proceso	Tiempo medio Real	Tiempo medio simulado	Variación
Acopio	73,47	75,31	1,84
Almac	35,23	35,5	0,27
Cargmas	47,36	48,43	1,07
Consol	310,08	323,31	13,23
Embhort	375,94	375,43	-0,51
Insusda	130,74	129,28	-1,46
Porteo	99,95	99,88	-0,07
SDDD	44,68	44,46	-0,22
Stack	195,11	193,05	-2,06

Comparación tiempos de procesos 2018 con 6 entradas y 2 salidas (minutos)			
Tiempo Proceso	Tiempo medio Real	Tiempo medio simulado	Variación
Acopio	73,47	74,43	0,96
Almac	35,23	35,56	0,33
Cargmas	47,36	47,02	-0,34
Consol	310,08	317,64	7,56
Embhort	375,94	371,27	-4,67
Insusda	130,74	126,58	-4,16
Porteo	99,95	100,45	0,5
SDDD	44,68	44,44	-0,24
Stack	195,11	194,8	-0,31

Comparación tiempos de procesos 2019 (minutos)			
Tiempo Proceso	Tiempo medio Real	Tiempo medio simulado	Variación
Acopio	73,47	74,22	0,75
Almac	35,23	37,25	2,02
Cargmas	47,36	47,71	0,35
Consol	310,08	336,2	26,12

Embhort	375,94	370,69	-5,25
Insusda	130,74	135	4,26
Porteo	99,95	95,73	-4,22
SDDD	44,68	44,67	-0,01
Stack	195,11	195,06	-0,05

Comparación tiempos de procesos 2019 con 6 entradas y 1 salidas (minutos)			
Tiempo Proceso	Tiempo medio Real	Tiempo medio simulado	Variación
Acopio	73,47	78,04	4,57
Almac	35,23	35,44	0,21
Cargmas	47,36	47,68	0,32
Consol	310,08	326,5	16,42
Embhort	375,94	374,8	-1,14
Insusda	130,74	139,76	9,02
Porteo	99,95	102,67	2,72
SDDD	44,68	44,62	-0,06
Stack	195,11	197,44	2,33

Comparación tiempos de procesos 2019 con 6 entradas y 2 salidas (minutos)			
Tiempo Proceso	Tiempo medio Real	Tiempo medio simulado	Variación
Acopio	73,47	74,7	1,23
Almac	35,23	35,71	0,48
Cargmas	47,36	47,18	-0,18
Consol	310,08	326,47	16,39
Embhort	375,94	375,34	-0,6
Insusda	130,74	132,67	1,93
Porteo	99,95	100,11	0,16
SDDD	44,68	44,77	0,09
Stack	195,11	195,15	0,04

Comparación tiempos de procesos 2019 con un 7% mas de demanda siendo 6 entradas y 2 salidas (minutos)			
Tiempo Proceso	Tiempo medio Real	Tiempo medio simulado	Variación
Acopio	73,47	72,32	-1,15
Almac	35,23	35,95	0,72
Cargmas	47,36	47,67	0,31
Consol	310,08	327,61	17,53
Embhort	375,94	365,04	-10,9
Insusda	130,74	129,46	-1,28
Porteo	99,95	97,47	-2,48
SDDD	44,68	44,63	-0,05
Stack	195,11	193,81	-1,3

Comparación tiempos de procesos 2019 con un 7% mas de demanda siendo 6 entradas y 1 salidas (minutos)			
Tiempo Proceso	Tiempo medio Real	Tiempo medio simulado	Variación
Acopio	73,47	73,97	0,5
Almac	35,23	36,14	0,91
Cargmas	47,36	46,99	-0,37
Consol	310,08	328,63	18,55
Embhort	375,94	368,73	-7,21
Insusda	130,74	129,11	-1,63
Porteo	99,95	99,23	-0,72
SDDD	44,68	44,82	0,14
Stack	195,11	197,57	2,46

Comparación tiempos de procesos 2020 (minutos)			
Tiempo Proceso	Tiempo medio Real	Tiempo medio simulado	Variación
Acopio	73,47	76,5	3,03
Almac	35,23	35,21	-0,02
Cargmas	47,36	48,67	1,31
Consol	310,08	291,36	-18,72
Embhort	375,94	371,06	-4,88
Insusda	130,74	120,57	-10,17

Porteo	99,95	105	5,05
SDDD	44,68	44,6	-0,08
Stack	195,11	197,39	2,28

Comparación tiempos de procesos 2020 con 6 entradas y 1 salida (minutos)			
Tiempo Proceso	Tiempo medio Real	Tiempo medio simulado	Variación
Acopio	73,47	71,75	-1,72
Almac	35,23	36,49	1,26
Cargmas	47,36	49,94	2,58
Consol	310,08	307,62	-2,46
Embhort	375,94	372,09	-3,85
Insusda	130,74	134,49	3,75
Porteo	99,95	97,71	-2,24
SDDD	44,68	44,59	-0,09
Stack	195,11	194,26	-0,85

Comparación tiempos de procesos 2020 con 6 entradas y 2 salidas (minutos)			
Tiempo Proceso	Tiempo medio Real	Tiempo medio simulado	Variación
Acopio	73,47	74,69	1,22
Almac	35,23	35,67	0,44
Cargmas	47,36	46,76	-0,6
Consol	310,08	310,18	0,1
Embhort	375,94	376,59	0,65
Insusda	130,74	119,26	-11,48
Porteo	99,95	106	6,05
SDDD	44,68	44,78	0,1
Stack	195,11	196,74	1,63

Anexo 5

REPORTES