

**CASO DE ESTUDIO: SIMULACIÓN DE LOGÍSTICA DE EXPORTACIÓN
HACIENDO USO DE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS**

PROYECTO DE GRADO



Alejandra Herrera Giraldo

Diego Alejandro Quintero Patiño

Universidad Tecnológica de Pereira

Facultad de Ciencias Empresariales

Ingeniería Industrial

Pereira

2021

**CASO DE ESTUDIO: SIMULACIÓN DE LOGÍSTICA DE EXPORTACIÓN
HACIENDO USO DE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS**

**Alejandra Herrera Giraldo
1.054.999.783**

**Diego Alejandro Quintero Patiño
1.088.539.128**

Trabajo de grado para optar por el título de Ingenieros Industriales

**Directora:
Maria Elena Bernal Loaiza**

**Universidad Tecnológica de Pereira
Facultad de Ciencias Empresariales
Ingeniería Industrial**

Pereira

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN:

Firma del director

Firma Jurado

Firma Jurado

Pereira, julio de 2021

AGRADECIMIENTOS

“Queremos agradecer a todas aquellas personas que se cruzaron en nuestro camino y aportaron a la consecución de nuestros objetivos al brindarnos su amistad y apoyo.

Así mismo, agradecemos a los profesores que a través de sus enseñanzas nos proporcionaron innumerables conocimientos que contribuyeron en nuestra formación como profesionales.

De igual forma, expresamos un cálido y especial agradecimiento a la profesora Maria Elena, que bajo su dirección y orientación, encaminó nuestros pasos para forjar con esfuerzo y dedicación este trabajo.

A todos ellos, ¡infinitas gracias!”

DEDICATORIA

“Dedico este trabajo a mi familia, por ser el motor que impulsa mi vida; en especial a mis padres, por llenarme de amor, por la educación que me han brindado, por creer en mis capacidades y apoyarme en cada paso. A mi abuela Albertina, por su ternura, sus enseñanzas y compañía incondicional y a mi abuelo Orlando, quién me enseñó a jamás desistir y dejó una huella indeleble en mi corazón y a pesar de no estar presente, motivó en gran medida la culminación de este logro.”

Alejandra Herrera Giraldo

“Han sido muchas las circunstancias que me han traído hasta este punto, guiadas por el azar de un destino que siguió su rumbo imperturbable ante el inefable paso del tiempo. He acogido muchos aprendizajes que me han hecho crecer y armar mi mente de conocimiento, parte del cual queda impregnado en las páginas de este trabajo. Y siento que es menester para mí dedicarlo a aquellas personas que con su influencia en mi vida aportaron para que esto fuese posible:

A mis padres, por llenarme de amor incansablemente, por apoyarme en cada paso dado, por ser la luz que dominó la oscuridad cuando esta se cruzó en mi camino. Ellos son lo más valioso que tengo en mi vida; les debo los valores que me constituyen como persona, la esencia de mi alma tiene su aroma y los conservo siempre en lo más profundo de mi corazón.

A mis hermanos por sus consejos en todo momento, por orientarme cuando la confusión nubló mi mente y generó que perdiera mi norte. Nunca dejaron de estar ahí en cada momento en que los necesité a pesar de toda circunstancia compleja que tuviésemos que afrontar. Los lazos que nos unen se constituyen de bondad, paciencia y calidad humana.

A los amigos que durante estos años de carrera tocaron a las puertas de mi vida y me mostraron un sinfín de experiencias bellas e inolvidables, tatuándose a fuego en mi memoria y recordándome siempre que la belleza de la vida radica en los momentos vividos con las personas que hacen de pequeños instantes, trozos de eternidad.”

Diego Alejandro Quintero Patiño

RESUMEN

El presente proyecto consta de la simulación de la cadena logística del caso de una empresa exportadora de aguacate Hass, haciendo uso de la resolución de problemas. El caso construido se constituye de tres sucursales encargadas del procesamiento del aguacate que es exportado a través de los puertos de Santa Marta, Cartagena y Buenaventura hacia los clientes finales ubicados en las ciudades de Rotterdam (Países Bajos), Londres (Reino Unido) y Miami (Estados Unidos).

Para el planteamiento de la simulación, se realiza una investigación exploratoria en la cual se recopila la información del funcionamiento del sistema desde el productor del fruto hasta la entrega de este al cliente final. Teniendo los datos representativos, se diseñan los diagramas donde se caracteriza el proceso de empaque del aguacate, el transporte hasta los puertos nacionales y el transporte marítimo hasta los puertos de destino. Posteriormente, se ejecutan los modelos en el software ProModelTM teniendo en cuenta datos del 2019 y se extraen los resultados con los cuales se analiza el comportamiento del sistema. A partir de allí, se crea un nuevo escenario donde, esta vez, se utilizan datos del 2020 con el fin de identificar el impacto de la pandemia en las cifras de exportación y la respuesta de las empacadoras de aguacate ante el crecimiento de la demanda del fruto.

**Palabras clave: Simulación, cadena logística, exportación, aguacate Hass, empacadora, modelo, escenario, ProModelTM, resolución de problemas.*

ABSTRACT

This project consists of a logistics chain simulation for the case of a Hass avocado exporting company, using problem solving. The constructed case consists of three branches in charge of processing avocado that is exported through the ports of Santa Marta, Cartagena and Buenaventura to final customers located in the cities of Rotterdam (Holland), London (United Kingdom) and Miami (United States).

For the approach of the simulation, an exploratory research is carried out in which the information of the operation of the system from the producer of the fruit to the delivery of this to the final customer is compiled. Having the representative data, diagrams are designed to characterize the avocado packing process, the transportation to the national ports and the maritime transportation to the destination ports. Subsequently, the models are run in ProModel™ software considering data from 2019 and the results are extracted to analyze the behavior of the system. From there, a new scenario is created using data from 2020 in order to identify the impact of the pandemic on export volumes and the response of avocado packers to the growth in demand for the fruit.

**Keywords: Simulation, logistics chain, export, Hass avocado, packinghouse, model, scenario, ProModel™, problem solving.*

INTRODUCCIÓN

El aguacate Hass es uno de los frutos más apetecidos en el mercado mundial, siendo actualmente un producto con un crecimiento exponencial en cuanto a su exportación y llegando cada vez a más rincones del mundo.

En consecuencia, los países que poseen grandes extensiones de tierra fértiles y cumplen las condiciones climáticas para el cultivo de este fruto, han apostado por su exportación para satisfacer la demanda creciente. Por su parte, Colombia es actualmente uno de los principales países productores de aguacate Hass, al poseer distintas regiones con climas variados que a lo largo del año mantienen la producción del fruto, haciendo que se tenga una gran oferta de este de forma permanente, principalmente para el ámbito internacional, lo que lo ha convertido en un país importante para los mercados mundiales.

Dentro del proceso de exportación del aguacate Hass se ven involucrados diversos actores, y se hace necesario aplicar diferentes procesos logísticos para hacer llegar al cliente un producto de calidad, estos van desde el procesamiento en planta del fruto, su despacho desde puertos nacionales, la recepción de este en el país destino hasta la entrega al cliente final.

Precisamente, en el presente trabajo se representan los diferentes procesos productivos y logísticos que se llevan a cabo al realizar una exportación de aguacate Hass mediante una simulación en el software PromodelTM.

Este trabajo se hace con el fin de analizar la logística de exportación del aguacate Hass, a través de un caso de estudio que hace uso de la simulación con ayuda de la resolución de problemas, de tal manera que sirva como herramienta académica para identificar cuáles son las fallas y limitaciones del sistema para posteriormente plantear estrategias de mejora.

El caso planteado está constituido como una simulación de tres sucursales exportadoras de aguacate Hass, que realizan el procesamiento del fruto en sus instalaciones y posteriormente lo envían a tres países de destino ubicados en distintas partes del mundo, a través de los principales puertos marítimos de Colombia.

El trabajo contiene una investigación exploratoria donde se obtiene información sobre el proceso de exportación del aguacate Hass, el funcionamiento de las plantas exportadoras de aguacate, los puertos colombianos y los puertos de destino. A partir de estos datos y con ayuda de la resolución de problemas, se construyeron los modelos de simulación que describieran la situación real de las exportaciones de estas sucursales durante el año 2019.

Dentro del documento también se describen cada uno de los componentes usados para la construcción de los modelos, y a partir de su ejecución, se detalla un análisis de los resultados. Finalmente se muestra un segundo escenario donde se modifican las condiciones generales de demanda, usando esta vez los datos del 2020, analizando así los cambios del sistema frente a un aumento en la demanda y la llegada de la pandemia del COVID-19.

El trabajo es un ejemplo práctico que muestra cómo la simulación en ProModel™ se puede emplear para hacer análisis de procesos relativamente complejos en un ambiente controlado y con la posibilidad de extraer datos que permitan analizar sistemas e identificar las limitaciones en ellos, plantear posibles mejoras y evaluar la viabilidad de estrategias antes de ser implementadas en un entorno real.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. SELECCIÓN Y DEFINICIÓN DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	21
1.1. TÍTULO.....	21
1.2. ÁREA DE INVESTIGACIÓN	21
1.3. MATERIAS DE INVESTIGACIÓN	21
1.4. ALCANCE DE INVESTIGACIÓN	21
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	22
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
2.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	23
3. OBJETIVOS.....	24
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	24
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
4. JUSTIFICACIÓN.....	25
5. MARCOS DE REFERENCIA	26
5.1. MARCO CONTEXTUAL.....	26
5.2. MARCO TEÓRICO	28
5.2.1. Logística.....	28
5.2.1.1. <i>Origen de la logística</i>	29
5.2.1.2. <i>Características actuales de la logística</i>	30
5.2.1.3. <i>Logística en Colombia</i>	31
5.2.2. Cadena logística	31
5.2.3. Logística de distribución	32
5.2.4. Logística de exportaciones	33
5.2.4.1. <i>Distribución física internacional</i>	34
5.2.4.2. <i>Componentes logísticos de exportación</i>	34
5.2.5. Exportaciones en Colombia	37
5.2.6. Sistema	40
5.2.6.1. <i>¿Qué es un sistema?</i>	40
5.2.6.2. <i>Elementos de un sistema</i>	40

5.2.7.	Simulación.....	41
5.2.7.1.	<i>¿Qué es simulación?</i>	41
5.2.7.2.	<i>¿Por qué simular?</i>	41
5.2.7.3.	<i>Pasos de una simulación</i>	42
5.2.7.4.	<i>Ventajas y desventajas de la simulación</i>	43
5.2.7.5.	<i>Teoría de las restricciones</i>	43
5.2.7.6.	<i>Proceso de mejora continua</i>	44
5.2.7.7.	<i>Tipos de modelos en la simulación</i>	44
5.2.7.8.	<i>Componentes de un modelo de simulación</i>	45
5.2.8.	ProModel™.....	46
5.2.9.	Resolución de problemas	47
5.2.10.	Aguacate Hass	48
5.2.10.1.	<i>Panorama Mundial</i>	49
5.2.10.2.	<i>Panorama Nacional</i>	49
5.3.	MARCO CONCEPTUAL	50
5.4.	MARCO ESPACIAL.....	52
6.	HIPÓTESIS.....	53
6.1.	HIPÓTESIS DE PRIMER GRADO.....	53
6.2.	HIPÓTESIS DE SEGUNDO GRADO.....	53
7.	ASPECTOS METODOLÓGICOS	54
7.1.	TIPO DE ESTUDIO.....	54
7.2.	METODOLOGÍA.....	54
7.3.	FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	55
8.	CASO DE ESTUDIO.....	56
9.	INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA	58
9.1.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS AGUACATE HASS.....	58
9.2.	CADENA LOGÍSTICA INTERNACIONAL DEL AGUACATE HASS.....	59
9.2.1.	Productores de aguacate.....	59
9.2.1.1.	<i>Cifras de producción</i>	60
9.2.1.2.	<i>Requisitos de predios para exportación de vegetales en fresco</i>	61
9.2.2.	Empacadora / Comercializadora	61

9.2.2.1.	<i>Recepción de lotes</i>	61
9.2.2.2.	<i>Inspección de calidad</i>	62
9.2.2.3.	<i>Almacenamiento</i>	62
9.2.2.4.	<i>Línea de procesamiento</i>	63
9.2.2.5.	<i>Empaque</i>	65
9.2.2.6.	<i>Paletizado</i>	66
9.2.2.7.	<i>Conservación en frío</i>	66
9.2.2.8.	<i>Cargue del contenedor</i>	67
9.2.3.	Transporte terrestre (país de origen)	67
9.2.4.	Proceso de exportación en puerto de origen.....	68
9.2.5.	Datos exportaciones desde puertos	69
9.2.5.1.	<i>Puerto de Santa Marta</i>	70
9.2.5.2.	<i>Puerto de Cartagena</i>	70
9.2.5.3.	<i>Puerto de Buenaventura</i>	70
9.2.6.	Transporte internacional (marítimo)	71
9.2.6.1.	<i>Perfil logístico de Países Bajos</i>	71
9.2.6.2.	<i>Perfil logístico de Reino Unido</i>	72
9.2.6.3.	<i>Perfil logístico de EE. UU</i>	73
9.2.7.	Proceso de importación en puerto de destino.....	74
9.2.8.	Transporte terrestre (país de destino).....	75
9.2.8.1.	<i>Países Bajos</i>	75
9.2.8.2.	<i>Reino Unido</i>	75
9.2.8.3.	<i>EE. UU</i>	76
9.2.9.	Importador.....	76
9.3.	DATOS EXPORTACIÓN AGUACATE HASS.....	77
10.	PRIMER ESCENARIO	81
11.	DESARROLLO MODELO 1: EMPACADORAS.....	82
11.1.	DIAGRAMA DEL PROCESO	82
11.2.	PRUEBA PILOTO.....	82
11.3.	ELEMENTOS DE LA SIMULACIÓN	87
11.3.1.	Arribos	87

11.3.2.	Locaciones	87
11.3.3.	Entidades	89
11.3.4.	Recursos	89
11.3.5.	Redes	89
11.3.6.	Variables.....	90
11.3.7.	Atributos.....	90
11.3.8.	Distribución de usuario.....	90
11.3.9.	Proceso	91
11.3.10.	Información general de la simulación	91
11.4.	EJECUCIÓN DEL MODELO	91
11.5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	91
11.5.1.	Salidas de contenedores.....	91
11.5.2.	Llegadas fallidas.....	92
11.5.3.	Resumen de entidades	92
11.5.4.	Estados de entidades.....	96
11.5.5.	Resumen de locaciones.....	97
11.5.6.	Estados de locaciones	100
11.5.7.	Variables.....	102
11.5.8.	Resumen de recursos	105
11.5.9.	Estados de recursos.....	106
11.5.10.	Conclusiones del análisis de las sucursales de empaque.....	107
12.	DESARROLLO MODELO 2: PUERTOS DE ORIGEN.....	109
12.1.	DIAGRAMA DEL PROCESO	109
12.2.	PRUEBA PILOTO.....	109
12.3.	ELEMENTOS DE LA SIMULACIÓN	113
12.3.1.	Arribos	113
12.3.2.	Locaciones	114
12.3.3.	Entidades	115
12.3.4.	Recursos	115
12.3.5.	Redes	115
12.3.6.	Variables.....	116

12.3.7.	Proceso	116
12.3.8.	Información general de la simulación	116
12.4.	EJECUCIÓN DEL MODELO	116
12.5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	117
12.5.1.	Salidas de contenedores.....	117
12.5.2.	Llegadas fallidas.....	117
12.5.3.	Resumen de entidades	118
12.5.4.	Estados de entidades.....	120
12.5.5.	Resumen de locaciones.....	121
12.5.6.	Estados de locaciones	124
12.5.7.	Resumen de variables	125
12.5.8.	Resumen de recursos	127
12.5.9.	Estados de recursos.....	128
12.5.10.	Conclusiones del análisis de los puertos de origen.....	129
13.	DESARROLLO MODELO 3: PUERTOS DE DESTINO	131
13.1.	DIAGRAMA DEL PROCESO	131
13.2.	ELEMENTOS DE LA SIMULACIÓN	131
13.2.1.	Arribos	131
13.2.2.	Locaciones	132
13.2.3.	Entidades	133
13.2.4.	Recursos	134
13.2.5.	Redes	134
13.2.6.	Variables.....	135
13.2.7.	Proceso	135
13.2.8.	Información general de la simulación	135
13.3.	EJECUCIÓN DEL MODELO	135
13.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	136
13.4.1.	Salidas de contenedores.....	136
13.4.2.	Llegadas fallidas.....	136
13.4.3.	Resumen de entidades	136
13.4.4.	Estados de entidades.....	138

13.4.5.	Resumen de locaciones.....	139
13.4.6.	Estados de locaciones	141
13.4.7.	Resumen de variables	142
13.4.8.	Resumen de recursos	144
13.4.9.	Estados de recursos.....	145
13.4.10.	Conclusiones del análisis de los puertos de destino	146
14.	SEGUNDO ESCENARIO	149
14.1.	DESCRIPCIÓN.....	149
14.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	151
14.2.1.	Llegadas fallidas	151
14.2.2.	Resumen de entidades	151
14.2.3.	Estados de entidades.....	153
14.2.4.	Resumen de locaciones.....	154
14.2.5.	Estados de locaciones	156
14.2.6.	Resumen de variables	158
14.2.7.	Resumen de recursos	159
14.2.8.	Estados de recursos.....	160
14.2.9.	Conclusiones del análisis del segundo escenario	161
	CONCLUSIONES.....	162
	RECOMENDACIONES	163
	TRABAJOS FUTUROS.....	163
	ANEXOS.....	164
	BIBLIOGRAFÍA	165

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Exportaciones por aduanas de Colombia 2019-2020	38
Tabla 2. Exportaciones de Colombia, según grupos de productos 2019-2020.....	38
Tabla 3. Contraste ventajas y desventajas de la simulación.	43
Tabla 4. Datos producción aguacate Hass 2015 – 2019.	60
Tabla 5. Calendario de cosecha aguacate.	60
Tabla 6. Distancias de sucursales a puertos Colombia.	68
Tabla 7. Exportaciones desde puerto de Santa Marta a destinos del caso de estudio.	70
Tabla 8. Exportaciones desde puerto de Cartagena a destinos del caso de estudio.....	70
Tabla 9. Exportaciones desde puerto de Buenaventura a destinos del caso de estudio.....	70
Tabla 10. Frecuencias y tiempo de tránsito marítimo Colombia – Países Bajos.....	72
Tabla 11. Frecuencias y tiempo de tránsito marítimo Colombia – Reino Unido.	73
Tabla 12. Frecuencias y tiempo de tránsito marítimo Colombia – Estados Unidos.....	74
Tabla 13. Peso máximo permitido por contenedor para contenido refrigerado.	76
Tabla 14. Exportaciones de Aguacate en kilogramos	77
Tabla 15. Porcentajes representativos de exportación de aguacate para el año 2019	77
Tabla 16. Toneladas exportadas durante 2019 por algunos departamentos de Colombia....	78
Tabla 17. Kilogramos de aguacate exportado por algunas comercializadoras del país.	78
Tabla 18. Kilogramos de aguacate exportados por Colombia del 2017 al 2019.	79
Tabla 19. Porcentajes de exportaciones mensuales de aguacate Hass en Colombia.	79
Tabla 20. Exportaciones mensuales de aguacate entre 2017 y 2019 de la Sucursal 1.	80
Tabla 21. Exportaciones mensuales de aguacate entre 2017 y 2019 de la Sucursal 2.	80
Tabla 22. Exportaciones mensuales de aguacate 2017 y 2019 de la Sucursal 3.	80
Tabla 23. Entradas de kilogramos de aguacate a las sucursales en promedio.....	82
Tabla 24. Entradas de Lotes de aguacate mensuales para Sucursal 1.	83
Tabla 25. Toneladas exportadas por las Sucursales durante el 2019.....	84
Tabla 26. Cantidad de lotes que ingresan mensualmente a las Sucursales	85
Tabla 27. Número de llegadas diarias a las sucursales de lotes de aguacate.....	85
Tabla 28. Frecuencia de llegada de lotes de aguacate en horas.....	85
Tabla 29. Salidas esperadas vs salidas reales Sucursal 1 – intento 1	86
Tabla 30. Comparación salidas esperadas vs salidas reales con nuevos datos.....	86
Tabla 31. Cantidad de llegadas mensuales a las sucursales	87
Tabla 32. Frecuencia de llegada de lotes de aguacate en horas con factor.....	87
Tabla 33. Datos locaciones de Sucursales	88
Tabla 34. Recursos Sucursales	89
Tabla 35. Redes de ruta Sucursales	89
Tabla 36. Llegadas fallidas Empacadoras	92
Tabla 37. Resumen entidades Sucursal 1	92

Tabla 38. Resumen entidades Sucursal 2	93
Tabla 39. Resumen entidades Sucursal 3	93
Tabla 40. Salidas Empacadoras	93
Tabla 41. Entidades actuales en el sistema.....	95
Tabla 42. Tiempos promedio de caja de aguacate en el Sistema	95
Tabla 43. Resumen locaciones Sucursal 1	97
Tabla 44. Resumen locaciones Sucursal 2	97
Tabla 45. Resumen locaciones Sucursal 3	98
Tabla 46. Contenido promedio y utilización de empacadoras	99
Tabla 47. Resumen variables Sucursal 1	102
Tabla 48. Resumen variables Sucursal 2.....	103
Tabla 49. Resumen variables Sucursal 3.....	103
Tabla 50. Lotes rechazados en Sucursales.....	103
Tabla 51. Aguacate mercado nacional.....	104
Tabla 52. Aguacate no procesado para su exportación	104
Tabla 53. Resumen recursos Sucursal 1	105
Tabla 54. Resumen recursos Sucursal 2.....	105
Tabla 55. Resumen recursos Sucursal 3	105
Tabla 56. Cálculo de frecuencia de salida entre un contenedor y otro.....	110
Tabla 57. Desviación de los datos de frecuencia para la salida de contenedores.....	112
Tabla 58. Cálculo final de frecuencia de salida para los contenedores	112
Tabla 59. Salida de contenedores de aguacate a puertos de origen.....	113
Tabla 60. Cantidad de arribos a los puertos de origen.....	113
Tabla 61. Datos locaciones Puertos de Origen	114
Tabla 62. Recursos Puertos de Origen.....	115
Tabla 63. Redes de ruta Puertos de Origen	115
Tabla 64. Llegadas fallidas Puertos de Origen.....	117
Tabla 65. Resumen entidades Puerto Santa Marta	118
Tabla 66. Resumen entidades Puerto Cartagena	118
Tabla 67. Resumen entidades Puerto Buenaventura	118
Tabla 68. Salidas de Puertos de Origen.....	119
Tabla 69. Resumen locaciones Puerto Santa Marta	121
Tabla 70. Resumen locaciones Puerto Cartagena.....	122
Tabla 71. Resumen locaciones Puerto Buenaventura.....	122
Tabla 72. Resumen variables Puerto Santa Marta.....	125
Tabla 73. Resumen variables Puerto Cartagena	126
Tabla 74. Resumen variables Puerto Buenaventura	126
Tabla 75. Resumen recursos Puerto Santa Marta.....	127
Tabla 76. Resumen recursos Puerto Cartagena	127
Tabla 77. Resumen recursos Puerto Buenaventura	127
Tabla 78. Salida de contenedores de aguacate a puertos de llegada.....	131

Tabla 79. Cantidad de arribos a los puertos de llegada	132
Tabla 80. Datos locaciones Puertos de Llegada	133
Tabla 81. Recursos Puertos de Llegada.....	134
Tabla 82. Redes de ruta Puertos de Llegada.....	134
Tabla 83. Llegadas fallidas Puertos de Destino.....	136
Tabla 84. Resumen entidades Puerto Rotterdam.....	136
Tabla 85. Resumen entidades Puerto Londres	137
Tabla 86. Resumen entidades Puerto Miami	137
Tabla 87. Salidas Puertos de Destino	137
Tabla 88. Resumen locaciones Puerto Rotterdam	139
Tabla 89. Resumen locaciones Puerto Londres.....	139
Tabla 90. Resumen locaciones Puerto Miami	140
Tabla 91. Resumen variables Puerto Rotterdam	142
Tabla 92. Resumen variables Puerto Londres	143
Tabla 93. Resumen variables Puerto Miami.....	143
Tabla 94. Resumen recursos Puerto Rotterdam.....	144
Tabla 95. Resumen recursos Puerto Londres	144
Tabla 96. Resumen recursos Puerto Miami.....	145
Tabla 97. Tiempo promedio en días de entrega contenedor exportado.....	148
Tabla 98. Salidas de contenedores esperadas vs. contenedores entregados al cliente.....	148
Tabla 99. Exportaciones sucursales 2019 - 2020	149
Tabla 100. Porcentaje mensual exportaciones aguacate 2020.....	149
Tabla 101. Exportaciones mensuales de sucursales 2020	150
Tabla 102. Número de lotes que entran por mes 2020	150
Tabla 103. Número de lotes que entran por día 2020.....	150
Tabla 104. Frecuencia de llegada a sucursales 2020.....	150
Tabla 105. Ocurrencias de arribos a sucursales 2020.....	150
Tabla 106. Llegadas fallidas sucursales - escenario 2.....	151
Tabla 107. Resumen de entidades Sucursal 1 - escenario 2	151
Tabla 108. Resumen de entidades Sucursal 2 - escenario 2	152
Tabla 109. Resumen de entidades Sucursal 3 - escenario 2	152
Tabla 110. Salidas esperadas vs salidas reales sucursales - escenario 2	152
Tabla 111. Resumen de locaciones Sucursal 1 - escenario 2	154
Tabla 112. Resumen de locaciones Sucursal 2 - escenario 2	155
Tabla 113. Resumen de locaciones Sucursal 3 - escenario 2	155
Tabla 114. Resumen de variables Sucursal 1 - escenario 2.....	158
Tabla 115. Resumen de variables Sucursal 2 - escenario 2.....	158
Tabla 116. Resumen de variables Sucursal 3 - escenario 2.....	158
Tabla 117. Resumen de recursos Sucursal 1 - escenario 2.....	159
Tabla 118. Resumen de recursos Sucursal 2 - escenario 2.....	159
Tabla 119. Resumen de recursos Sucursal 3 - escenario 2.....	159

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. <i>Cadena logística y sus departamentos de gestión.</i>	32
Figura 2. <i>Logística de distribución internacional</i>	34
Figura 3. <i>Disposiciones de la carga en un contenedor</i>	35
Figura 4. <i>Tipos de pallet</i>	36
Figura 5. <i>Capacidad de carga de medios de transporte</i>	36
Figura 6. <i>Exportaciones en Colombia 2018-2020.</i>	37
Figura 7. <i>Puertos marítimos de Colombia</i>	39
Figura 8. <i>Componentes de un sistema</i>	40
Figura 9. <i>Componentes modelo de simulación.</i>	45
Figura 10. <i>Calibres para la exportación de aguacates.</i>	59
Figura 11. <i>Estructura de cadena logística internacional de aguacate Hass.</i>	59
Figura 12. <i>Descargue de canastillas de aguacate.</i>	62
Figura 13. <i>Inspección de calidad en los aguacates.</i>	62
Figura 14. <i>Canastillas con aguacate en bodega de recepción</i>	62
Figura 15. <i>Volteadora de cajas lineal.</i>	63
Figura 16. <i>Desbasurador.</i>	63
Figura 17. <i>Proceso de cepillado del aguacate.</i>	64
Figura 18. <i>Selección manual de aguacate</i>	64
Figura 19. <i>Singulador de aguacate.</i>	65
Figura 20. <i>Clasificadora por calibres</i>	65
Figura 21. <i>Empaque de aguacate.</i>	65
Figura 22. <i>Aguacate paletizado.</i>	66
Figura 23. <i>Cuartos fríos.</i>	66
Figura 24. <i>Aguacate paletizado en contenedor</i>	67
Figura 25. <i>Aguacate paletizado en perfilamiento.</i>	69
Figura 26. <i>Acceso marítimo y aéreo entre Colombia y Países Bajos.</i>	71
Figura 27. <i>Acceso marítimo y aéreo entre Colombia y Reino Unido.</i>	72
Figura 28. <i>Acceso marítimo y aéreo entre Colombia y Estados Unidos.</i>	73
Figura 29. <i>Diagrama del proceso dentro de la Sucursal</i>	82
Figura 30. <i>Distribuciones de StatFit para las llegadas de lotes a la Sucursal 1</i>	84
Figura 31. <i>Distribuciones de usuario de sucursales</i>	90
Figura 32. <i>Interfaz modelo sucursales en ProModelTM</i>	91
Figura 33. <i>Estados entidades Sucursal 1</i>	96
Figura 34. <i>Estados entidades Sucursal 2</i>	96
Figura 35. <i>Estados entidades Sucursal 3</i>	96
Figura 36. <i>Estados locaciones Sucursal 1</i>	100
Figura 37. <i>Estados locaciones Sucursal 2</i>	101
Figura 38. <i>Estados locaciones Sucursal 3</i>	101

Figura 39. <i>Estados recursos Sucursal 1</i>	106
Figura 40. <i>Estados recursos Sucursal 2</i>	106
Figura 41. <i>Estados recursos Sucursal 3</i>	106
Figura 42. <i>Diagrama del proceso dentro de Puerto de Salida</i>	109
Figura 43. <i>Datos de frecuencias introducidos en StatFit</i>	110
Figura 44. <i>Resultados de StatFit para las frecuencias de salidas de contenedores</i>	111
Figura 45. <i>Gráfico de frecuencias de salida de contenedores</i>	111
Figura 46. <i>Interfaz modelo puertos de origen en ProModelTM</i>	117
Figura 47. <i>Estados entidades Puerto Santa Marta</i>	120
Figura 48. <i>Estados entidades Puerto Cartagena</i>	120
Figura 49. <i>Estados entidades Puerto Buenaventura</i>	120
Figura 50. <i>Estados locaciones Puerto Santa Marta</i>	124
Figura 51. <i>Estados locaciones Puerto Cartagena</i>	124
Figura 52. <i>Estados locaciones Puerto Buenaventura</i>	125
Figura 53. <i>Estados recursos Puerto Santa Marta</i>	128
Figura 54. <i>Estados recursos Puerto Cartagena</i>	128
Figura 55. <i>Estados recursos Puerto Buenaventura</i>	129
Figura 56. <i>Diagrama del proceso dentro del Puerto de Llegada</i>	131
Figura 57. <i>Interfaz modelo puertos de destino en ProModelTM</i>	135
Figura 58. <i>Estados entidades Puerto Rotterdam</i>	138
Figura 59. <i>Estados entidades Puerto Londres</i>	138
Figura 60. <i>Estados entidades Puerto Miami</i>	138
Figura 61. <i>Estados locaciones Puerto Rotterdam</i>	141
Figura 62. <i>Estados locaciones Puerto Londres</i>	141
Figura 63. <i>Estados locaciones Puerto Miami</i>	142
Figura 64. <i>Estados de recursos Puerto Rotterdam</i>	145
Figura 65. <i>Estados recursos Puerto Londres</i>	146
Figura 66. <i>Estados recursos Puerto Miami</i>	146
Figura 67. <i>Estados de entidades Sucursal 1 - escenario 2</i>	153
Figura 68. <i>Estados de entidades Sucursal 2 - escenario 2</i>	153
Figura 69. <i>Estados de entidades Sucursal 3 - escenario 2</i>	154
Figura 70. <i>Estados de locaciones Sucursal 1 - escenario 2</i>	156
Figura 71. <i>Estados de locaciones Sucursal 2 - escenario 2</i>	157
Figura 72. <i>Estados de locaciones Sucursal 3 - escenario 2</i>	157
Figura 73. <i>Estados de recursos Sucursal 1 - escenario 2</i>	160
Figura 74. <i>Estados de recursos Sucursal 2 - escenario 2</i>	160
Figura 75. <i>Estados de recursos Sucursal 3 - escenario 2</i>	160

1. SELECCIÓN Y DEFINICIÓN DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. TÍTULO

CASO DE ESTUDIO: SIMULACIÓN DE LOGÍSTICA DE EXPORTACIÓN HACIENDO USO DE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

1.2. ÁREA DE INVESTIGACIÓN

- a) Estadística
- b) Cadenas de suministro y logística
- c) Simulación de eventos discretos
- d) Resolución de problemas

1.3. MATERIAS DE INVESTIGACIÓN

- a) Estadística I, II y III
- b) Logística
- c) Simulación
- d) Seminario de investigación
- e) Metodología de la investigación

1.4. ALCANCE DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene un alcance exploratorio, donde en principio se pretende simular un caso logístico hipotético de distribución de una empresa exportadora y, posteriormente, plantear diferentes escenarios alternativos y simularlos, buscando así realizar un análisis con base en la resolución de problemas y así encontrar un escenario eficiente.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los continuos cambios en el mercado y en los sistemas de producción han desencadenado avances en la logística de las organizaciones y a su vez, la necesidad de someter todos sus procesos a una permanente mejora continua; una de las herramientas para hacer esto posible es la simulación ya que permite visualizar y experimentar la situación real de un sistema con el fin de entender el comportamiento de éste o evaluar diferentes estrategias con las cuales se puede operar y mejorar el sistema (Shannon, 1988).

Por otro lado, la globalización ha eliminado las fronteras del comercio y ha permitido que muchas empresas nacionales busquen oportunidades de venta alrededor del mundo y Colombia es un país que a lo largo de los años ha ido creciendo en su influencia en el ámbito internacional, donde a través de la apertura económica, ha logrado prevalecer con diversas compañías que han dedicado parte o incluso la totalidad de sus productos a la exportación. En lo corrido del año 2020 más de 6.505 empresas del país han exportado (DIAN- DANE, 2020).

Sin embargo, para exportar desde Colombia, entre cumplimientos fronterizos y documentales se usan 53 horas más que en el resto de los países de Latinoamérica (Díaz J. , 2017), lo que crea la necesidad de que el resto de la logística de exportación sea eficiente tratando de disminuir tiempos de entrega y costos, para así establecer precios competitivos a las empresas latinoamericanas.

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, para llevar a cabo las operaciones de distribución, las empresas exportadoras requieren de un proceso logístico altamente estructurado a través del cual los pedidos realizados por los clientes sean entregados en los plazos establecidos y a la vez haya un uso eficiente de los recursos, para que de esa manera se sostenga la competitividad de la empresa en el sector en que ejerce sus operaciones. Por lo tanto, se plantea la posibilidad de realizar una simulación de dicho proceso logístico en el cual, se pueda analizar cómo se está comportando el sistema de acuerdo con las diferentes variables que influyen en él.

Así, se puede establecer una serie de análisis donde no sólo se observe el comportamiento inicial del sistema, sino que se puedan crear alrededor de él una serie de escenarios donde se determine si hay mejoras que se pueden implementar mediante el resultado de diferentes variaciones en las variables del proceso.

Para lo anterior se hará uso de la resolución de problemas donde a través de la generación de hipótesis e interrogantes, se puede crear una visión global del proceso y generar así un análisis más minucioso y completo donde, finalmente, se creen conclusiones certeras y sugerencias de mejora que sean prácticas y factibles de ser implementadas.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el escenario más eficiente de la logística de distribución para un caso de una empresa exportadora?

2.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

1. ¿Cuáles son los datos representativos del sistema de distribución logística de un caso de una empresa exportadora?
2. ¿De qué manera la información obtenida influye en la representación del sistema?
3. ¿Cuál es el modelo de simulación que representa el sistema?
4. ¿Qué otros escenarios alternativos se pueden formular a partir del resultado inicial?
5. ¿Qué sugerencias y/o mejoras se pueden hacer respecto a la logística de distribución del caso de una empresa exportadora con base al mejor escenario encontrado?

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar diferentes escenarios de una simulación que describa un caso de la logística de distribución de una empresa exportadora, con el fin de determinar mediante la resolución de problemas la alternativa más eficiente.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Recolectar datos representativos del funcionamiento de un caso de una empresa exportadora y su sistema de logística de distribución.
- b. Validar datos e información necesaria para la simulación, asegurando que sean suficientes para representar la situación del caso de estudio.
- c. Realizar el modelo de simulación del caso de estudio a través del software ProModel™.
- d. Simular escenarios alternativos con base en los resultados obtenidos del modelo inicial.
- e. Realizar propuestas de mejora al sistema inicial por medio de la resolución de problemas, analizando los resultados de las simulaciones de los diversos escenarios.

4. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo se realiza con la finalidad de analizar las posibles mejoras a los procesos de distribución logística de un caso de una empresa de exportación y contribuirá en la formación profesional al llevar a un caso hipotético de la industria los conocimientos obtenidos para el análisis y optimización de procesos.

La presente investigación aportará a empresas y estudiantes un análisis del comportamiento de un caso logístico de distribución de exportación y la posibilidad de conocer diferentes perspectivas donde se transformen algunas de las variables iniciales y permitan identificar alternativas de mejora que optimicen el proceso.

Por otro lado, se pretende aplicar los diferentes aprendizajes adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Industrial referentes a procesos logísticos, funcionamiento de la distribución logística y el manejo del software ProModel™ como herramienta de simulación de diferentes sistemas y procesos. A partir de allí, se abre la posibilidad de fortalecer estos conocimientos haciendo un trabajo práctico tomando como caso de estudio el proceso de exportación, logrando así la meta de aplicar lo aprendido.

Es importante para la comunidad educativa abordar los conocimientos logísticos desde el punto de vista práctico, por lo que también se quiere aportar a este aspecto, mostrando más de cerca el funcionamiento de un sistema de distribución de exportación por medio de un software de simulación que permite visualizar un proceso complejo en un ambiente controlado y práctico al momento de ejercer un análisis sobre él.

Por último, se espera aportar modelos y alternativas que permitan ejercer un proceso de mejora continua donde las organizaciones puedan estar constantemente evolucionando, adaptándose a los cambios que le permitan progresar hacia modelos administrativos y productivos para mantener su competitividad y posicionamiento en el mercado.

5. MARCOS DE REFERENCIA

5.1. MARCO CONTEXTUAL

Se usarán como base tesis y artículos relacionados con la elaboración de simulaciones de sistemas logísticos de comercio internacional, de distribución y aplicación de resolución de problemas.

a) Simulación de eventos discretos de la cadena logística de exportación de commodities.

Autores: María Alejandra Guerrero Hernández; André Felipe Henriques Librantz

Año: 2013

Referencia bibliográfica: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052014000200011>

Código on-line: ISSN 0718-3305

Universidad: Universidad Nove de Julho (UNINOVE), Brasil.

Resumen: El trabajo hace uso de la simulación de eventos discretos para desarrollar un problema complejo con múltiples variables, con el objetivo de modelar las operaciones logísticas involucradas en la exportación marítima de commodities tanto en carga suelta como de granel desde doce empresas productoras hasta el puerto marítimo.

Del artículo se tomará referencia del proceso que allí se menciona a través del cual se lleva a cabo la exportación de los productos, además del manejo de datos que fue usado con el fin de crear el modelo de tal forma que se ajustara a la realidad del caso estudiado. Igualmente, se observará el análisis realizado para los escenarios alterativos planteados con los cuales se llegó a las conclusiones requeridas para finalizar el estudio.

b) Modelo para la simulación de un ruteo logístico interno para una empresa que importa textil desde China.

Autores: Correa Marín, Javier Andrés; Rodríguez Daza, Luis Felipe

Año: 2014

Referencia bibliográfica: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/2517>

Identificador local: 20.500.11912/2517

Universidad: Universidad Pontificia Bolivariana

Resumen: El trabajo plantea un modelo de simulación logística para una empresa que importa fibra textil desde China y que se comercializa en algunas ciudades del país. Se buscó estructurar un ruteo interno logístico para la llegada de la materia prima al puerto en Cartagena, su recorrido hacia las bodegas en la Ciudad de Bogotá y el despacho a cada una de las ciudades donde se comercializa el producto. Así mismo, se buscó una optimización de las variables, los costos y los tiempos de recorridos entre cada uno de los nodos.

Del trabajo se tomará referencia de la descripción del proceso logístico del caso estudiado donde se plantea cómo funciona éste y los datos con los que se ve representado. Igualmente, se observará la metodología usada para entender los diferentes conceptos que intervienen al momento de hacer uso del software de simulación ProModel™. Así mismo, se tendrá en cuenta el análisis de datos realizado tras la previa ejecución del modelo por parte de los autores y los escenarios desarrollados para develar alternativas a lo inicialmente diseñado.

c) Modelo de Simulación de un Sistema Logístico de Distribución como Plataforma Virtual para el Aprendizaje Basado en Problemas.

Autores: Edgar L. Giraldo-Picon, Jaime A. Giraldo-García y Jorge A. Valderrama-Ortega

Año: 2018

Referencia bibliográfica: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000600185>

Código on-line: ISSN 0718-0764

Universidad: Universidad Nacional de Colombia

Resumen: En el trabajo se desarrolló una plataforma virtual de simulación de sistemas de producción industrial, buscando analizar las operaciones de un sistema logístico de distribución de pequeña escala, dirigida a estudiantes y profesionales involucrados en la planeación, diseño y operación de los sistemas logísticos. La plataforma está basada en la metodología del Aprendizaje Basado en Problemas, la cual presenta un conjunto de problemas construidos por grupos de profesores o profesionales.

Del trabajo se tomará referencia de la conceptualización y diseño del sistema que fue objeto del caso de estudio, así como de las técnicas de recolección de datos usadas para este mismo fin. Igualmente, se tendrá en cuenta la relación establecida entre el Aprendizaje Basado en Problemas y los casos de logística de distribución para lograr diferentes análisis y conclusiones referentes a los casos de estudio que se pueden plantear.

d) Scenario analysis of Brazilian soybean exports via discrete event simulation applied to soybean transportation: The case of Mato Grosso State.

Autores: Harlenn dos Santos; Renato da Silva; Fabiano Leal; Aline de Carvalho Nelson

Año: 2017

Referencia bibliográfica: <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2017.09.002>

Universidad: Federal University of Itajuba (UNIFEI), Brasil

Resumen: Este estudio consta de la evaluación de diversos escenarios de la red logística de exportación de soja desde el estado de Mato Grosso en Brazil, utilizando como herramienta la simulación de eventos discretos.

En el presente artículo se definen los costos logísticos y elementos fundamentales de un modelo de exportación, siendo las locaciones los puertos y terminales multimodales, teniendo como entidad el producto a exportar: la soja; además de diferentes recursos y variables. La información anterior aporta entonces a la construcción del modelo de logística de exportación del caso a estudiar en este proyecto, a la inclusión de costos logísticos en la simulación y sirve como guía en el planteamiento y análisis de escenarios alternativos, para definir así la mejor opción de ruta según el destino de la carga a exportar.

e) Problem Solving Approach

Autores: Arkeya Pal; Er. Faruk Bin Poyen

Año: 2017

Referencia bibliográfica: <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.4.5.29>

Código on-line: ISSN: 2349-6495(P) | 2456-1908(O)

Universidad: International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)

Resumen: En este artículo se estudian los problemas y las técnicas y métodos con los que estos se pueden resolver o mitigar. La resolución de problemas varía de situación a situación y no existe una regla de oro para corregir un problema como regla generalizada, sin embargo, si existen una serie de pasos que ayudan a entender mejor el problema y establecer preguntas que puedan llevar a una decisión que mejore el resultado que se quiere potenciar.

Lo anterior, ayudará a abordar los diferentes resultados de los escenarios planteados, analizarlos, realizar sugerencias y conclusiones sobre la eficiencia de estos para la posterior toma de decisiones.

5.2. MARCO TEÓRICO

Las bases teóricas en las que está fundamentada esta investigación son:

5.2.1. Logística

La logística se ha convertido en una práctica fundamental en la administración de empresas modernas. “En la actualidad es conveniente plantear las actividades empresariales analizando sus relaciones con el sistema logístico de la empresa, que se ha convertido en uno de los pilares básicos de su organización” (Molins, 2012, pág. 4). De esta manera se entiende que, si se quiere tener una empresa organizada, eficiente y competitiva, la logística contribuye de gran manera a alcanzar estas metas. Así, actualmente las actividades logísticas representan variables importantes en la competitividad de las empresas y esto se puede evidenciar al evaluar su incidencia en los costos, la vinculación con el nivel de servicio al cliente, su importancia en la confiabilidad de las operaciones, la seguridad, y su rol determinante respecto según los diversos que se perciben en el mercado. (Giannice, 2013).

Sin embargo, para que la logística en sí pueda dar frutos dentro de su aplicabilidad en las empresas, se debe entender su concepto y definición. Para esto es posible valerse de la diferente literatura que se encuentra al respecto. El concepto ha ido evolucionando a medida que se iba adaptando a los diferentes entornos y aspectos empresariales, como explica (Mora, 2008, pág. 23) afirmando que “La evolución del concepto de logística tiene que ver con su asimilación a la función de marketing de la empresa, debido al énfasis en su enfoque de satisfacción de necesidades del cliente”. Dicho esto, se puede partir de la base de que, según explica (Bowersox, Closs, & Cooper, 2007, pág. 22), “La logística implica la administración del procesamiento de pedidos, el inventario, el transporte y la combinación del almacenamiento, el manejo de materiales y el empaçado; todo esto integrado mediante la red empresarial”.

Así mismo, (Montanez, Granada, Rodriguez, & Veverka, 2015) afirma:

La logística puede definirse como el set de actividades y procesos necesarios para asegurar la entrega de mercancía a su cliente final. Involucra las actividades que aseguren la entrega de la mercancía al cliente, es decir, el proceso de transportar los bienes desde el lugar de su producción hasta el punto en que el producto es comercializado o entregado al consumidor final (pág. 9).

Y de esa manera, se puede extender el concepto hasta diferentes definiciones, hasta que finalmente se lograría globalizar el concepto partiendo de lo entendido tras las diferentes concepciones que se tienen alrededor.

La logística busca gerenciar estratégicamente la adquisición, el movimiento, el almacenamiento de productos y el control de inventarios, así como todo el flujo de información asociado, a través de los cuales la organización y su canal de distribución se encauzan de modo tal que la rentabilidad presente y futura de la empresa es maximizada en términos de costos y efectividad (Molins, 2012, pág. 4).

5.2.1.1. Origen de la logística

Se ha hablado de logística prácticamente desde que el ser humano empezó a convivir en sociedad. Sin embargo, podemos partir de la explicación que ofrecen (Cardona, Balza, & Henriquez, 2017) al señalar que “Este término a la fecha maneja varias teorías sobre su origen y todas en su mayoría lo asocian con el vocablo “logistikos” que a su vez se desprendía del latín *logistikus*, que tenía por significado capacidad para el cálculo” (pág. 24). No obstante, los primeros acercamientos a la logística que conocemos hoy se remontan hasta el antiguo Egipto, donde, siguiendo la línea de (Cardona, Balza, & Henriquez, 2017):

Los arqueólogos han descubierto evidencias de rutas bien trazadas que ilustran una floreciente civilización, el sistema de regadío para la agricultura y los momentos claves para

cultivar, hicieron de una zona no muy apropiada para el cultivo, una zona con mejores condiciones y cultivable. (pág. 15)

Lo anterior daría muestras de los avances iniciales de una civilización respecto a la definición de rutas óptimas para alcanzar objetivos específicos de acuerdo con las labores realizadas en términos de traslado de un lugar a otro. Y así, como en Egipto, otras culturas a lo largo de la historia contribuyeron al desarrollo de la logística, como lo fueron Los Asirios y Los Romanos. Sin embargo, la literatura refiere que el origen de la logística también se da en gran parte en el ámbito militar, como explica (Mora, 2008, pág. 24) al referir que “El término Logística proviene del campo militar, está relacionado con la adquisición y suministro de los equipos y materiales que se requieren para cumplir una misión”.

No obstante, más allá de lo anterior, está claro que la logística en sí se puede desempeñar en diferentes ámbitos donde, más allá de la evolución del concepto, principalmente se refleja en el mundo empresarial desempeñando allí un rol fundamental al momento de alcanzar éxito. Respecto a lo anterior, (Giannice, 2013, pág. 2) señala que “Esta evolución de los conceptos y las prácticas logísticas obliga a los hacedores de estrategias empresarias a involucrar a la misma en la esencia de sus operaciones, incorporando en sus modelos de negocios bloques correspondientes a la gestión logística.” Desde allí, se ha llegado al punto de reunir las diferentes características que implica la logística que se requiere en el mundo actual de acuerdo con los distintos entornos en que se maneja. “Se puede definir la logística como la gerencia de la cadena de abastecimiento, desde la materia prima hasta el punto donde el producto o servicio es finalmente consumido o utilizado, con tres flujos importantes de materiales (inventarios), información (trazabilidad) y capital de trabajo (costos)” (Mora, 2008, pág. 31).

5.2.1.2. Características actuales de la logística

Actualmente, la logística comprende dentro de sus operaciones diferentes elementos que contribuyen a su correcto desempeño. Se puede hablar de algunos elementos básicos sobre los que está sustentada como lo son: El servicio al cliente, los inventarios, los suministros, el transporte / distribución y el almacenamiento. Así mismo, los eslabones básicos que componen la cadena logística son: aprovisionamiento de materias primas, almacenaje y manipulación y por último, distribución. De esta manera, cadena logística de una empresa se compone por: proveedores, centros de producción, almacenes o plataformas y finalmente, clientes. (Molins, 2012).

De esta manera se obtiene una visión más global de lo que implica llevar a cabo una buena gestión de la cadena de suministro, adicionado otros elementos como lo son los centros de distribución, el outsourcing, la gerencia de materiales, las redes logísticas, los indicadores claves de desempeño (kpi's), los costos asociados a los inventarios, plataformas logísticas, operadores logísticos, e-logística, logística inversa, etc., a la vez que se relaciona con otras áreas de la empresa como el marketing, producción e incluso financiera. Siguiendo a (Giannice, 2013) se explica que “Esto

hace que la logística ya no surja solo como un componente más de las estrategias empresarias, sino que actualmente emerge como el *core* del negocio en muchas empresas de diversos rubros y sectores económicos” (pág. 5). Además de lo anteriormente descrito, todo esto se dirige a un aspecto clave de la logística empresarial moderna, que es la posibilidad de agregar valor a productos determinados a través de ella.

La logística está para crear valor a los clientes, proveedores y accionistas de la compañía. El valor en logística está expresado en términos de tiempo y lugar. Los productos y servicios no tienen valor, a menos que estén en posesión de los clientes cuándo (tiempo) y dónde (lugar) ellos deseen consumirlos (Mora, 2008, pág. 45).

5.2.1.3. *Logística en Colombia*

En el país se han ido desarrollando diferentes tipos de industrias a lo largo de los años, lo que ha ido trayendo consigo la necesidad de que la infraestructura se adaptara a esto de tal forma que las operaciones requeridas por dichas industrias se pudieran llevar a cabo de manera óptima. Colombia se abrió paso en esto cuando la globalización y la apertura económica tocaron a sus puertas. Cuenta (Cardona, Balza, & Henríquez, 2017) que “En el gobierno del entonces presidente Virgilio Barco, y el ministro Cesar Gaviria, se inicia de manera oficial la modernización de los puertos, para poder alcanzar un nivel de mayor competencia en este nuevo episodio del desarrollo económico” (pág. 26). De esta manera, a través de los diferentes puertos, Colombia se abrió paso en competitividad y calidad en cuanto a exportaciones e importaciones se refiere, teniendo 4 de éstos donde las distintas operaciones de importación y exportación se llevan a cabo satisfactoriamente (Buenaventura, Santa Marta, Barranquilla, Puerto de Cartagena).

Dicho esto, en el año 2008, por decisión del Departamento Nacional de Planeación (DNP), se empezó a llevar a cabo Encuesta Nacional de la Logística ya que la dinámica de los Puertos en Colombia, hizo evidenciar la importancia que la logística tenía, y con esta, se recopiló información muy importante, donde, por ejemplo se precisó que los costos logísticos superan en el país el 12.7% de los costos de las empresas y además, aproximadamente 70% de los costos se van en el transporte de las mercancías a nivel local e internacional (Cardona, Balza, & Henríquez, 2017). De esta forma, se evidencia el avance que ha tenido el país en materia de desarrollo en la logística, lo que ha permitido que muchas empresas extranjeras ejerzan sus operaciones en el territorio y así mismo, que otros países pongan sus ojos en Colombia como un destino atractivo de exportación de los diferentes productos que aquí se fabrican.

5.2.2. Cadena logística

(Castellanos, 2017) afirma que:

La cadena logística es la vía imaginaria mediante la cual se realiza el movimiento de mercancías desde su origen hasta el consumidor final. Esta movilización se lleva a cabo a través del servicio, manipulación, transformación, desplazamiento y almacenaje que sufren

los productos desde que son materia prima hasta su elaboración como mercancía final. Las empresas cuentan con tres grandes logísticas que son aprovisionamiento, producción y distribución, las cuales deben estar sincronizadas para su adecuado funcionamiento (pág. 45).

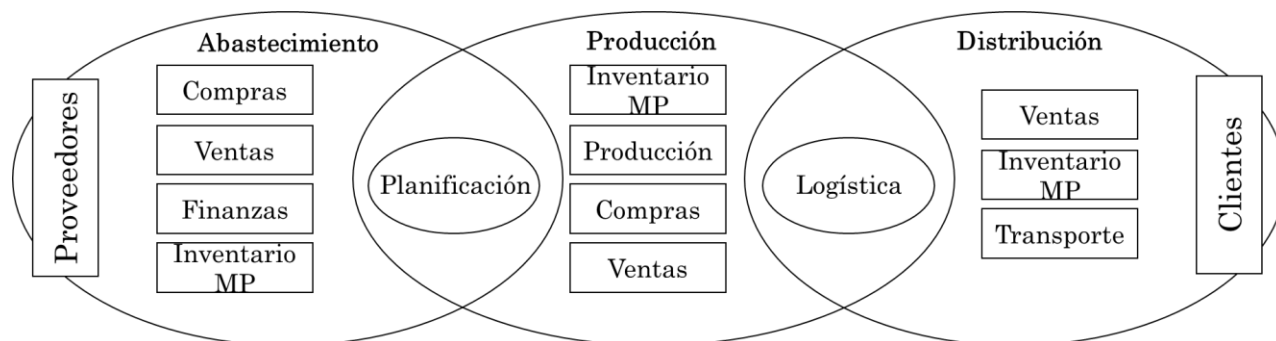


Figura 1. Cadena logística y sus departamentos de gestión.

Fuente: Castellanos, A. (2017). *Logística comercial internacional*. Barranquilla: Universidad del Norte. ECOE Ediciones.

En la gestión del abastecimiento se debe hacer seguimiento a los pedidos y control al ciclo de pedido; en planificación se deben definir los parámetros de cálculo de las necesidades y control sobre la previsión de las ventas. En lo referente a producción, el control de tiempos de producción y los costos y tiempos de recambio de máquinas serán aspectos que se deben tener en cuenta. Por otro lado, el grupo de bodega y almacenamiento deberá tener muy afinadas todas las operaciones de recepción, almacenaje, preparación y expedición, minimizando los movimientos y reduciendo al máximo la pérdida de mercancías. Para la distribución, se debe contar con una flota suficientemente flexible que pueda adaptarse a la demanda de las entregas diarias y mantener control de los tiempos de entrega y nivel de servicio. (Castellanos, 2017, pág. 48).

5.2.3. Logística de distribución

Dentro de la cadena de suministro, se hace necesario hablar de la logística de distribución, que puede ser entendida como una etapa en la cual se gestiona la distribución de los productos que se brindan a los clientes, teniendo en cuenta el almacenaje y la entrega. Siguiendo lo que explica (Mora, 2008, pág. 207) hablamos del transporte como aquella función que “se ocupa de todas las actividades relacionadas directa o indirectamente con la necesidad de situar los productos en los puntos de destino correspondientes de acuerdo con unos condicionantes de seguridad, servicio y costo”. Todo inicia con los canales de distribución, que son una estructura conformada por todos aquellos que hacen parte la cadena de suministro (fabricantes, intermediarios y consumidores).

Una vez que se cuenta con el canal de distribución definido, se deben considerar diferentes factores implicados como la distancia del recorrido (ya que determina el costo del transporte), el peso de

la carga, la densidad del producto que combina el peso y el volumen de lo que se transporta, la capacidad de la estiba (que se ajusta a las dimensiones del producto dentro del medio de transporte), el manejo que se le da al producto mientras se hace el proceso de distribución, la responsabilidad de aquellos implicados en el manejo del producto y finalmente, el mercado, quien también influirá en el coste del transporte (Bowersox, Closs, & Cooper, 2007). Todos estos factores se ven implicados en todas las modalidades de transporte que se consideran en la distribución logística (Transporte marítimo, transporte terrestre por carretera, transporte ferroviario, transporte aéreo) donde todos ellos cuentan con una serie de limitaciones y condicionantes que deben ser tenidos en cuenta para desarrollar la distribución de forma óptima y sin contratiempos (Molins, 2012).

5.2.4. Logística de exportaciones

Sin duda alguna es un hecho que la globalización ha traído consigo que entre los diferentes países del mundo se generen intercambios de productos, donde las empresas pueden trascender las fronteras y competir en nuevos mercados que impulsen su desarrollo y crecimiento. Para ello, hacer uso del transporte internacional de carga se hace completamente fundamental. (Molins, 2012) refiere que:

El transporte internacional de mercancías es el traslado de las mismas desde un punto A, situado en un cierto país, hasta otro punto B, situado en un país distinto, efectuado en tal forma que la mercancía llegue a su destino en las condiciones de contrato (pág. 28).

Para ello, más allá de lo anteriormente descrito referente a los diferentes transportes utilizados para cumplir con la distribución, y lo relacionado a los puertos de cargue y descargue al hablar del ámbito internacional, se usa de manera frecuente las plataformas logísticas, que se pueden definir como:

Estructuras que aprovechan las rupturas de carga en las cadenas de transporte y logística para concentrar actividades y servicios logísticos de valor agregado. Están compuestas en general por instalaciones (terminales intermodales, bodegas, patios, etc.), personal, y sistemas de información y gestión (Montanez, Granada, Rodriguez, & Veverka, 2015, pág. 14)

Siguiendo esta línea, dichas plataformas se pueden clasificar en Plataformas Logísticas de Apoyo en Frontera (PLF), Plataforma Logística de Clusters Productivos (PLC), Plataforma Logística de Distribución (PLADIS) (Montanez, Granada, Rodriguez, & Veverka, 2015). Todas estas, dentro de sus especificaciones, contribuyen a que la distribución internacional se efectúe en las mejores condiciones y que en el canal de distribución, los integrantes puedan manejar sus operaciones garantizando la entrega de los productos en las mejores condiciones de calidad y tiempos.

5.2.4.1. *Distribución física internacional*

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para el desplazamiento de los productos preparados como carga, desde el lugar de producción o manufactura en el país de exportación hasta el local del importador en el país destino, bajo el concepto de óptima calidad costo razonable y entrega justo a tiempo. (Castellanos, 2017, pág. 33)



Figura 2. *Logística de distribución internacional*

Fuente: Cargo flores. (2018). Logística y distribución internacional. Obtenido de Global Logistics Partner in Spain: <https://www.cargoflores.com/service/logistica-y-distribucion-internacional>

5.2.4.2. *Componentes logísticos de exportación*¹

Carga: Es el conjunto de bienes o mercancías protegidas por un embalaje apropiado que facilita su rápida movilización. Según su tipo esta puede ser:

- Carga general: Son los productos que se transportan en cantidades más pequeñas. Esta carga la conforman productos individuales.
- Carga al granel: Se almacena, por lo general, en tanques o silos; estos productos no requieren embalaje o unitarización. Las principales cargas a granel que se transportan en el mundo son: aceite, petróleo, minerales, cereales y fertilizantes.

Según su naturaleza se clasifica en:

- Carga perecedera: productos cuya calidad se degrada por el paso del tiempo y por las condiciones del medio ambiente; por ejemplo: frutas, carne, flores, entre otros.

¹ Tomado de: Castellanos, A. (2017). Logística comercial internacional. Barranquilla: Universidad del Norte. ECOE Ediciones.

- Carga frágil: requiere de un manejo especializado durante su transporte y mucho cuidado en su manipulación, ya que sus características así lo exigen.
- Carga peligrosa: Es toda aquella carga, sustancia química mezcla o artículo que, por sus características, puede ocasionar daños a otros productos, al medio de transporte, a las personas o al medio ambiente.
- Carga de dimensiones especiales: Son cargas muy voluminosas o pesadas que requieren un manejo especial.

Dentro de los contenedores la carga puede tener dos disposiciones:



Figura 3. *Disposiciones de la carga en un contenedor*

Fuente: Castellanos, A. (2017). Logística comercial internacional. Barranquilla: Universidad del Norte. ECOE Ediciones.

Unitarización de carga: Consiste en agrupar en una sola unidad de carga los bultos cargados sobre su plataforma; las estibas o paletas aceleran la manipulación y simplifican los conteos, lo que facilita el transporte de la carga, los almacenajes y distribución de los productos.

Pallet: La norma ISO 445:1965 define el pallet o paleta como una plataforma de carga, conformada básicamente por dos bases separadas entre sí por soportes o una base única apoyada sobre patas, de una altura suficiente para permitir su manipulación por medio montacargas.

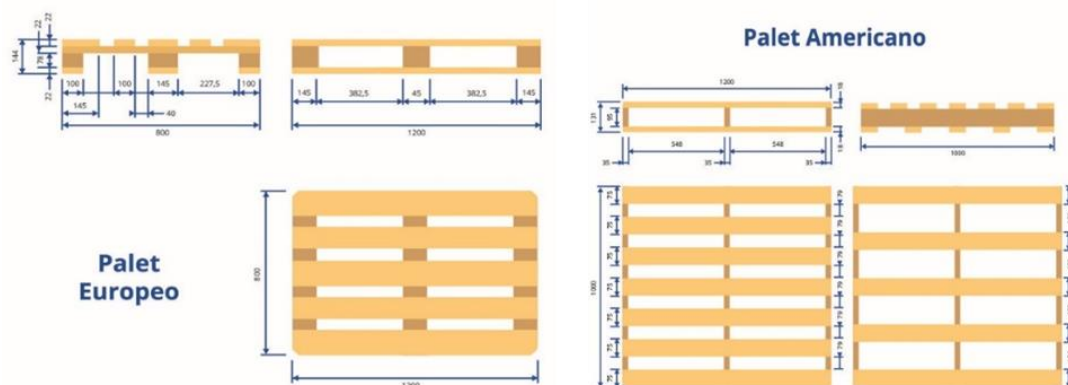


Figura 4. Tipos de pallet

Fuente: Nozal, A. (2020). *Medidas de palets: ¿cuáles son los estándares más extendidos?* Obtenido de: <https://www.logismarket.es/blog/medidas-palets-estandares-extendidos/>

Contenedor: Es un recipiente de transporte, que tiene una calidad duradera y suficientemente resistente para permitir su uso repetitivo; el contenedor está especialmente concebido para facilitar la movilización de las mercancías, sin rotura de la carga, por uno o varios medios de transporte.

Dependiendo del tipo de carga este puede ser convencional para carga seca, abierto en la parte superior, en los costados o incluso refrigerado. Por otro lado, dependiendo del medio de transporte que se utilizará puede estar diseñado para transporte marítimo, férreo o aéreo.

Medio de transporte: Es el elemento físico utilizado para el traslado de bienes; proporciona dos servicios: movimiento físico y almacenamiento. El aspecto del movimiento físico es obvio. Se proporciona almacenamiento porque la carga se guarda durante el transcurso del viaje, ya sea días, semanas o a veces hasta meses. El transporte puede ser por diferentes medios tales como: terrestre, ferroviario, marítimo o aéreo.



Figura 5. Capacidad de carga de medios de transporte

Fuente: Castellanos, A. (2017). *Logística comercial internacional*. Barranquilla: Universidad del Norte. ECOE Ediciones.

El medio marítimo por tradición ha sido el medio más empleado para el transporte de gran capacidad a largas distancias. En la actualidad es un sistema de bajo costo, ideal para largos desplazamientos con grandes volúmenes. (Castellanos, 2017, pág. 150)

Operador portuario: El Estatuto de Puertos Marítimos, Ley 01 de 1991 lo define como “Una empresa que presta servicios en los puertos, directamente relacionados con la entidad portuaria, tales como cargue y descargue, almacenamiento, practicaaje, remolque, estiba y desestiba, manejo terrestre o porteo de la carga, dragado, clasificación, reconocimiento y useria”.

5.2.5. Exportaciones en Colombia

El gran crecimiento económico de la última década, su privilegiada ubicación y el marco legal de los Tratados de Libre Comercio le permiten a Colombia posicionarse como un país viable en materia de exportaciones. Gracias a los acuerdos comerciales firmados en los últimos años, los exportadores colombianos tienen acceso a varios de los más importantes mercados del mundo, los cuales suman más de 1500 millones de consumidores en su conjunto (ProColombia, La internacionalización de la economía colombiana ha permitido el aumento histórico de exportaciones de las mercancías nacionales., 2016).

El 2019 fue de caída constante en las exportaciones de Colombia. Entre enero y noviembre, las ventas del país al exterior disminuyeron 6,2 por ciento. Sin embargo, esa cifra esconde una realidad: el crecimiento de las exportaciones del conjunto de todos los bienes diferentes a petróleo y carbón. Sin estos dos últimos, las ventas al exterior crecieron 1,3 por ciento, y se destacan productos como el aluminio, el banano, los insecticidas y los fungicidas. (Perez, 2020).

Colombia también fue en el 2019 fue el país número 55 en el top de mayores exportaciones en todo el mundo (Workman, 2020).

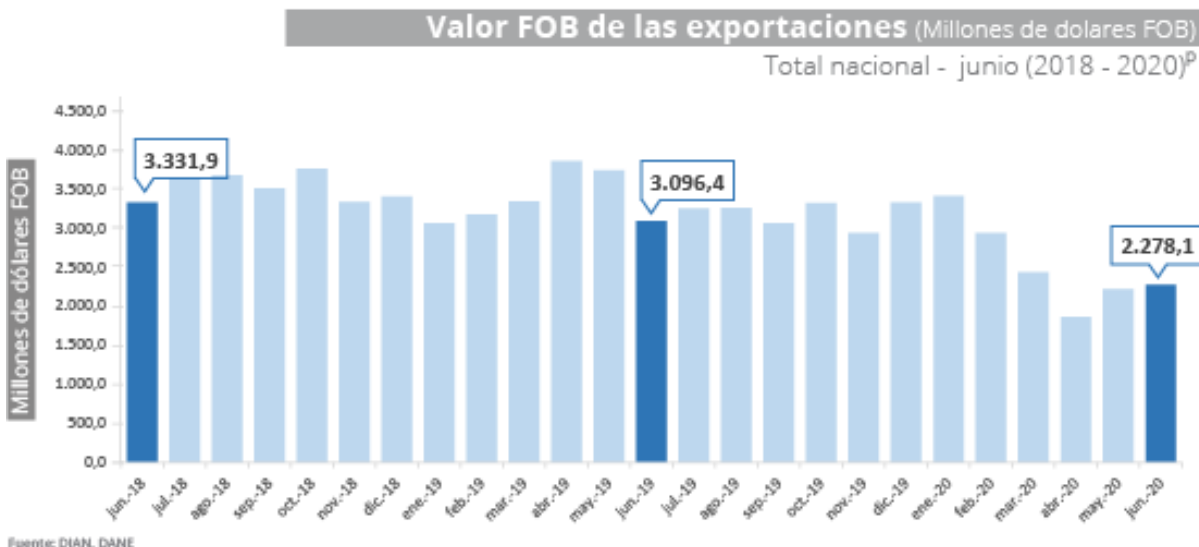


Figura 6. *Exportaciones en Colombia 2018-2020*

Fuente: DIAN – DANE. Exportaciones

Por otro lado, los principales destinos de las exportaciones de empresas colombianas son Estados Unidos, la Unión Europea, India, Panamá, entre otros. (DIAN- DANE, 2020); envíos que salen del país principalmente por vía marítima, por las principales aduanas del país:

Tabla 1.
Exportaciones por aduanas de Colombia 2019-2020

Aduanas	Enero - Junio			Contribución a la variación (pp)
	2019p	2020p	Variación (%)	
	Miles de dólares FOB			
Total	20.301.556	15.164.888	-25,3	-25,3
Cartagena	10.520.508	6.286.888	-40,2	-20,9
Santa Marta	2.237.373	2.096.985	-6,3	-0,7
Buenaventura	1.849.804	1.797.828	-2,8	-0,3

Fuente: DIAN – DANE. Informe exportaciones a junio de 2020

Las exportaciones en Colombia tuvieron una dura caída en abril pasado, cuando perdieron más de 50% en comparación con el mismo mes de 2019. El grupo que más se vio afectado debido al confinamiento por el coronavirus fue el de combustibles y productos de industria extractivas. Estos retrocedieron 70.1 %. Sin embargo para el destino de Estados Unidos hubo sectores que aumentaron sus exportaciones y son los que pertenecen a la agroindustria, en particular las plantas y productos de floricultura que crecieron 5.2%, los frutos comestibles 14.4%, y alimentos, bebidas y tabaco 22.1%. (Revista Semana, 2020)

Tabla 2.
Exportaciones de Colombia, según grupos de productos 2019-2020

Grupos de productos	Enero - junio 2020/2019p Totales		
	2019p	2020p	Variación (%)
	Miles de dólares FOB		
Totales	20.301.556	15.164.888	-25,3
Animales y sus productos	128.975	202.588	57,1
- Pescados y otros	56.840	54.082	-4,9
Vegetales	1.494.502	1.432.354	-4,2
- Plantas y productos de la floricultura	837.769	787.912	-6,0
- Frutos comestibles	642.572	632.273	-1,6
Café, té y especias	1.153.321	1.129.817	-2,0
Alimentos, bebidas y tabaco	969.967	1.012.114	4,3

Grupos de productos	Enero - junio 2020/2019p Totales		
	2019p	2020p	Variación (%)
	Miles de dólares FOB		
- Azúcares y confites	218.823	214.919	-1,8
Minerales	33.039	40.000	21,1
Combustibles	11.578.985	7.017.170	-39,4
Productos químicos	933.494	811.654	-13,1
Materias plásticas	737.868	613.000	-16,9
Cueros y productos	77.508	40.633	-47,6
Papel y sus manufacturas	172.855	125.639	-27,3
Textiles	114.221	65.223	-42,9
Confecciones	247.681	176.036	-28,9
Perlas y piedras preciosas	834.376	1.109.342	33,0
Fundición, hierro y acero	241.144	215.375	-10,7
Metales y sus manufacturas	399.746	315.113	-21,2
Maquinaria eléctrica	228.680	205.975	-9,9
Vehículos	333.489	159.236	-52,3
Navegación aérea o espacial	13.064	14.950	14,4
Demás grupos de productos	608.642	478.669	-21,4

Fuente: DIAN – DANE. Informe exportaciones a junio de 2020

La mayoría de los productos que son exportados salen del país por medio de los puertos marítimos, que se pueden observar a continuación:

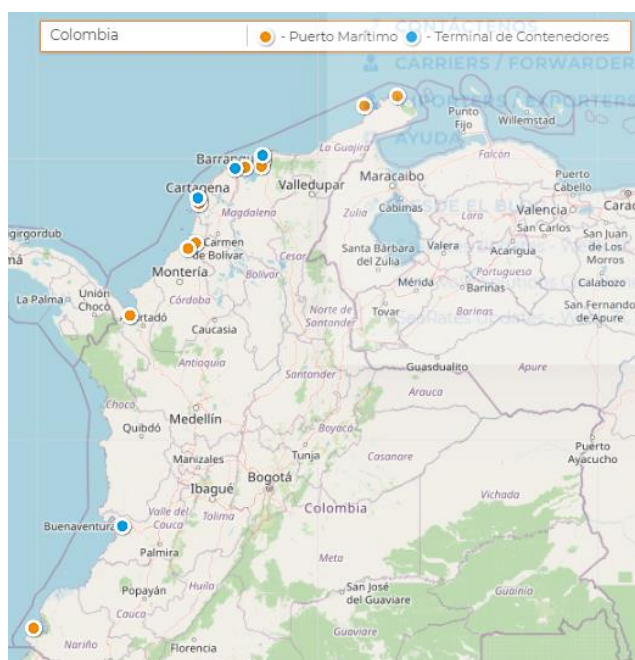


Figura 7. Puertos marítimos de Colombia

Fuente: World, DP. (2020). *Puertos marítimos de Colombia*. Obtenido de Searates: <https://www.searates.com/es/maritime/colombia.html>

5.2.6. Sistema

En muchos casos la dificultad del desarrollo de una mejora en un proceso o la solución de un problema está dada en entender cómo funciona el sistema. En el caso de la simulación esto es un aspecto fundamental, ya que la utilidad del modelo depende así mismo del entendimiento que se tenga del sistema; es importante entender esto debido a que el sistema es un concepto que permite entender los fenómenos que suceden en la realidad y el comportamiento futuro del mismo. (Calvo & Motta, 2011, pág. 32)

5.2.6.1. ¿Qué es un sistema?

Un sistema es un conjunto de componentes o procesos que están interrelacionados de manera organizada y que trabajan juntos para el logro de ciertos fines lógicos y propositivos. Los sistemas cuentan con variables de estado, las cuales son propiedades medibles de un objeto o de todo el sistema. Un sistema en el que las variables de estado cambian instantáneamente en momentos discretos se denomina sistema de eventos discretos, mientras que en un sistema en el que las variables de estado cambian continuamente a través del tiempo se denomina sistema continuo. (Choi & Kang, 2013, pág. 4)

“Un modelo de simulación caracteriza a un sistema por la descripción matemática de las respuestas que pueden resultar de la interacción de las entidades” (Soto, 2007, pág. 131)

Para este proyecto, un sistema de distribución logístico es un conjunto de personas, insumos, herramientas, medios de transporte, entre otros, que interactúan entre sí para la entrega oportuna de un producto desde el almacén de la empresa hasta el cliente final.

5.2.6.2. Elementos de un sistema

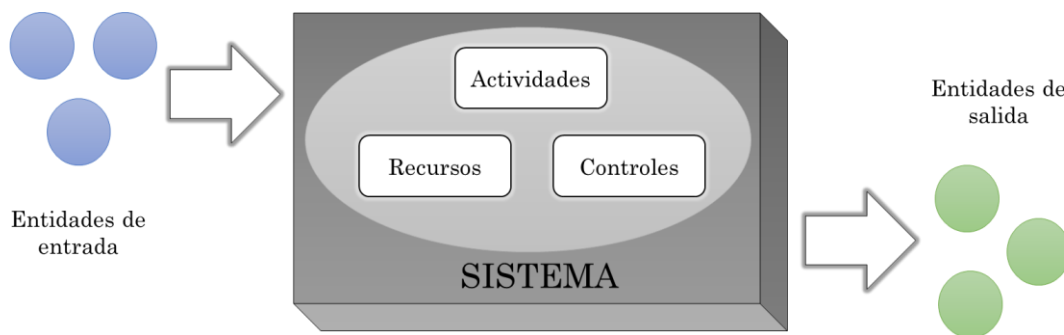


Figura 8. Componentes de un sistema

Adaptado de: Harrell, C. R., Ghosh, B. K., & Bowden, R. O. (2004). *Simulation using Promodel™*. McGraw-Hill, pág 25.

Entidades: Las entidades son los elementos procesados a través del sistema como productos, clientes y documentos; estos entran al sistema, pasan por un proceso de conversión y son exportados al medio o a otros sistemas. Las entidades pueden ser:

- Humanas o animadas (clientes, pacientes, etc.).
- Inanimadas (piezas, documentos, contenedores, etc.).
- Intangibles (llamadas, correos, etc.). (Harrell, Ghosh, & Bowden, 2004, pág. 26)

Para la mayoría de los sistemas de fabricación y servicio, las entidades son elementos discretos.

Proceso de conversión: Es el conjunto de actividades que se realizan a las entidades de entrada, que por medio de la utilización de recursos y controles participan directa o indirectamente en el procesamiento de las entidades; pueden ser tareas encaminadas al movimiento de entidades o recursos, ajustes y mantenimiento de recursos o transformación de las entidades. (Harrell, Ghosh, & Bowden, 2004, pág. 26)

Retroalimentación: Es la información que indica cómo el sistema se está desempeñando, si está haciendo bien o no su trabajo en la búsqueda de su objetivo. Esta información es introducida nuevamente al sistema para realizar correcciones o mejoras. (Calvo & Motta, 2011, pág. 34)

5.2.7. Simulación

5.2.7.1. *¿Qué es simulación?*

Shannon como se citó en (Coss, 2003, pág. 12) define a la simulación como “el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las que se puede operar el sistema”

La simulación es también, entonces, una herramienta que permite analizar el comportamiento de sistemas productivos y logísticos complejos (Gálaper, s.f.) por medio de un software que facilita los medios para analizar el sistema de forma simplificada y permite un enfoque innovador para lograr mejorar soluciones (Belda & Grande, 2009)

5.2.7.2. *¿Por qué simular?*

La simulación proporciona una forma de validar si se están tomando o no las mejores decisiones; evita la naturaleza costosa, lenta y perturbadora de las técnicas tradicionales de ensayo y error. Incluso durante la simulación el usuario puede ajustar interactivamente la velocidad de la animación y cambiar los valores de los parámetros del modelo para hacer un análisis "what if" sobre la marcha. (Harrell, Ghosh, & Bowden, 2004)

5.2.7.3. *Pasos de una simulación*²

Para realizar correctamente un estudio de simulación hay que ejecutar una serie de pasos de acuerdo con el sistema o proceso a analizar, estos son:

1. Definición del sistema: Se debe tener una definición clara del sistema que se quiere simular, es necesario identificar las restricciones del sistema, las variables que interactúan dentro de él y la manera en que se relacionan, las medidas que se usarán para estudiar el sistema y los resultados que se esperan obtener del estudio.

Es recomendable contar con la información suficiente para lograr establecer un modelo conceptual o un mapa mental del sistema bajo estudio, el cual debe incluir sus fronteras y todos los elementos que lo componen, además de las interacciones entre ellos, los flujos de productos, las personas y los recursos, así como las variables de mayor interés para el problema.

2. Formulación del modelo: Una vez se tenga definido un modelo conceptual, se procede a generar un modelo que represente el sistema y las diferentes interrelaciones que hay entre sus componentes, escoger el gráfico más cercano a la realidad e ir agregando las variables aleatorias del sistema con sus respectivas distribuciones de probabilidad. Además es necesario definir un diagrama de flujo que describa en forma completa el modelo.
3. Recolección de datos: Es importante definir con claridad y encontrar aquellos datos que el modelo va a requerir para producir el resultado deseado; se pueden obtener de fuentes estadísticas o en última instancia desde la experimentación.
4. Implementación del modelo: Este paso consiste en la adaptación del modelo formulado y los datos recolectados al software escogido para efectuar la simulación y la ejecución del modelo.
5. Validación del modelo: Se busca verificar la eficiencia del modelo, hallar posibles deficiencias en su formulación y la exactitud con la que se predicen los datos históricos. Se debe también definir si ya se obtuvieron los resultados esperados de la simulación, si es así, se pasa a la interpretación de resultados, de lo contrario, se experimenta con el modelo hasta encontrarlos.
6. Experimentación del modelo: Consiste en generar los datos deseados y en realizar un análisis de sensibilidad de los índices requeridos; en ocasiones también se incluye la generación de escenarios, por ejemplo uno pesimista, uno optimista y uno intermedio para la variable de

² Tomados de: García, E., García, H., & Cárdenas, L. E. (2013). Simulación y análisis de sistemas con Promodel. México: Pearson. & Coss, R. (2003). Simulación: un enfoque práctico. México D.F: Limusa.

respuesta más importante o aquella con la que se considere puede mejorar el comportamiento del sistema.

7. Interpretación de los resultados: En este paso se interpretan las diferentes estadísticas y gráficos obtenidos de la simulación y se toma una decisión encaminada a mejorar el desempeño del sistema.
8. Sugerencias y conclusiones del modelo: Posteriormente al análisis de los resultados obtenidos es importante incluir sugerencias tanto para el uso del modelo como respecto a los resultados. Finalmente se deben presentar conclusiones del estudio de simulación que sinteticen la información y deducciones obtenidas en la corrida del modelo y los escenarios propuestos.

5.2.7.4. *Ventajas y desventajas de la simulación*

Tabla 3.

Contraste ventajas y desventajas de la simulación.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Se pueden conocer el impacto de los cambios en los procesos sin llevarlos a cabo en la realidad	La simulación aunque permite obtener un mejor escenario, no es una herramienta de optimización
Mejora el conocimiento de procesos actuales, al permitir visualizar el comportamiento del modelo bajo diferentes escenarios	El analista necesita dominar el software de simulación y contar con conocimientos estadísticos para analizar los resultados
Puede utilizarse para la toma de decisiones	Requiere de bastante tiempo realizar un buen estudio de simulación
Es más económico que ejecutar los cambios en los sistemas reales	Es posible querer utilizar el modelo fuera de los límites para los que fue construido causando una falsa apreciación del problema.
Permite generar una buena solución en problemas de gran complejidad	No existe ningún criterio científico sobre las posibles alternativas a ser simuladas
Paquetes de software sencillos de usar y aplicar	

Adaptado de: Coss, R. (2003). Simulación: un enfoque práctico. México D.F: Limusa.

5.2.7.5. *Teoría de las restricciones*

Es una metodología que permite a la empresa enfocarse en la búsqueda de soluciones para los problemas críticos que existen no solo en producción sino que también en el área de

ventas, recursos humanos, finanzas, distribución, entre otras. Lo anterior busca que día a día la compañía a través de un proceso de mejoramiento continuo se acerque a su meta. (Calvo & Motta, 2011, pág. 46)

Toda organización tiene una meta hacia la cual dirige todas sus operaciones; es importante tenerla clara y a su vez, entender que todas los procesos que componen la empresa hacen parte de un solo sistema encaminado a la consecución de ese mismo objetivo.

“Todo sistema va al ritmo del recurso más lento o con menor capacidad que hay dentro de él; llamado cuello de botella (limitación), éste es un recurso cuya capacidad es igual o inferior a la demanda ejercida sobre él” (Goldratt, 1998) y que requiere ser potenciado por medio de un proceso de mejora continua.

5.2.7.6. *Proceso de mejora continua*

(Goldratt, 1998) plantea un proceso de cinco pasos para la mejora continua:

1. IDENTIFICAR la(s) limitación(es) del sistema.
2. Decidir cómo EXPLOTAR la(s) limitación(es) del sistema.
3. SUBORDINAR todo lo demás a la decisión anterior.
4. ELEVAR la(s) limitación(es) del sistema.
5. Si en los pasos anteriores la limitación ha sido superada, volver al paso 1, pero no permitir que la INERCIA provoque una limitación del sistema. (pág. 318)

Este proceso tiene aplicación en cualquier empresa, tanto para mantener un buen funcionamiento como para analizar problemas que se puedan estar presentando en ella y ejecutar acciones que permitan elevar la eficiencia de operaciones específicas que aporten a la consecución de la meta.

Una de las herramientas para llevar este proceso a cabo es la simulación, a partir de la situación actual se puede plantear un modelo que represente el sistema con todas sus variables, recursos, restricciones, etc. Y al ejecutarlo se pueden obtener estadísticas que permitan la identificación de las limitaciones existentes y cómo están afectando todo el proceso; además permite el cambio de parámetros y variables en búsqueda de un escenario que cause un mejoramiento del sistema; sin necesidad de realizar una experimentación real que puede fallar y causar costos muy altos. (Belda & Grande, 2009)

5.2.7.7. *Tipos de modelos en la simulación*

Según (Soto, 2007) los modelos de simulación pueden ser:

- Modelo estático: Es aquel que no es influenciado por el tiempo. No ha involucrado ningún reloj de simulación. Los segundos, las horas o los días no juegan ningún papel en el

modelo. El estado de un modelo no cambia con respecto al tiempo. Por ejemplo la salida del lanzamiento de un dado.

- **Modelo dinámico:** Es una representación que está influenciada por el tiempo. El estado del modelo evoluciona sobre segundos, horas días y meses simulados en el reloj de simulación. Los procesos de manufactura y muchos sistemas de servicio se modelan generalmente utilizando una aproximación dinámica. Por ejemplo el uso de colas, tasas de llegada y utilización.

Los modelos de simulación pueden representar dos tipos de eventos:

- **Eventos discretos:** Es una acción instantánea que ocurre en un punto único en el tiempo, en estos eventos el software usado mantiene un instrumento de tiempo conocido como el reloj de simulación que avanza a medida que cada evento toma lugar en un punto fijo en el tiempo. Si un evento representa la iniciación de una actividad que concluirá en el futuro, la simulación agregará el tiempo de finalización a la lista de eventos futuros y avanzará el reloj al siguiente tiempo en que debe ocurrir otro evento.
- **Eventos continuos:** Es una acción que no termina. Esta acción continúa ininterrumpida con respecto al tiempo. Los eventos continuos involucran tasas de cambio en el tiempo, a menudo representadas por ecuaciones diferenciales. También permite a las variables del modelo cambiar continuamente en el tiempo, con una rata definida de cambio ligada al reloj de simulación.

5.2.7.8. *Componentes de un modelo de simulación*³

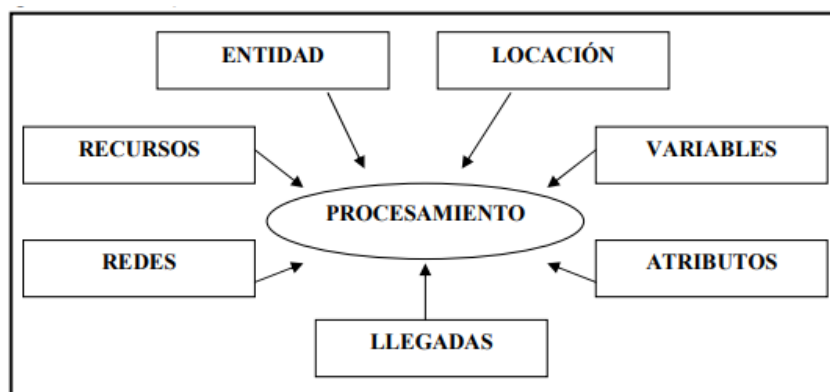


Figura 9. *Componentes modelo de simulación.*

Fuente: “Enfoque metodológico aplicado a los sistemas de manufactura” Sergio Augusto Fernández Henao. 2010.

³ Tomado de: Blanco, L. E., & Fajardo, I. D. (2003). Simulación con Promodel: Casos de producción y logística (Segunda ed.). Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Locaciones: Representan el lugar donde la entidad realizará un proceso, almacenamiento o algún otro tipo de actividad, puede ser una infraestructura, una máquina, persona, etc.

Entidades: Es la materia prima de un producto o servicio que va a ser procesado en una locación; estas pueden ser transformadas durante la simulación.

Redes de ruta: Son los diversos diagramas de recorridos asignados a los recursos (personas, máquinas, etc.) que usan para movilizar las entidades. Se usan también para informar al modelo el tiempo y distancia de una locación a otra.

Recursos: Puede ser una persona, un equipo o un vehículo que puede desempeñar o realizar diferentes operaciones a las entidades, como transporte de un nodo a otro u operaciones puntuales; pueden ser estáticos (quietos en una locación) o dinámicos (tienen asignada una red donde se mueven de un nodo a otro)

Atributos: Es un tipo de variable del sistema que sólo guarda la información en memoria de una locación o entidad particular. Los atributos permiten diferenciar entidades; sirven para establecer condiciones iniciales y no modifican su valor durante el proceso.

Variables: Son mediciones que se quieran extraer del sistema simulado, son útiles para calcular o guardar información numérica; pueden ser globales (permite ser usada en cualquier parte de la simulación) o locales (solo se puede utilizar dentro del bloque en el que se colocó).

Llegadas: Representa los puntos de partida donde llegan el material a una locación del sistema para que el proceso pueda empezar a desarrollarse. Las entidades de entrada llegan en cierta cantidad, con determinada frecuencia y cierta cantidad de veces durante la simulación.

Procesamiento: Consiste en la secuencia de operaciones donde se interrelacionan todos los elementos de la simulación y permite posteriormente la ejecución acertada del modelo planteado.

5.2.8. ProModel™

ProModel™ es uno de los paquetes de software comerciales para simulación más usados en el mercado. Cuenta con herramientas de análisis y diseño que, unidas a la animación de los modelos bajo estudio, permiten al analista conocer mejor el problema y alcanzar resultados más confiables respecto de las decisiones a tomar”. (García, García, & Cárdenas, 2013, pág. 152)

Este software permite evaluar, planificar y rediseñar diferentes procesos. Es el área de trabajo donde se define el modelo, sus componentes y relaciones entre las variables; cuenta con ayudas visuales que ofrecen un mejor entendimiento visual de los modelos y arroja resultados que son fáciles de analizar e interpretar por el usuario (Calvo & Motta, 2011), razones por las cuales es el software de simulación que se usará para la ejecución del presente trabajo.

5.2.9. Resolución de problemas

Al momento de plantear la posible solución de un problema que se antoje necesaria y factible dentro de cualquier ámbito de estudio, se debe entender que, para llegar a ella, se requiere un proceso a través del cual la lógica sea quien facilite el hallazgo de dicha solución. Se puede partir de la generalidad, donde a partir de la formulación de preguntas como ¿Cuáles son los datos?, ¿Cuál es la incógnita?, ¿Cuál es la condición?; se obtiene un sentido y ayudan a esclarecer el problema. Así mismo, se hace uso del sentido común, donde a través de relacionar las incógnitas con problemas o situaciones que sean familiares, se puede obtener un razonamiento que resulte lógico y permita encaminarse a la solución deseada (Polya, 1981). Sin embargo, aunque parezca sencillo llevar a cabo lo descrito anteriormente, se requiere de un gran esfuerzo a través del cual se logre configurar esas habilidades de tal forma que ese proceso se haga de manera rápida y eficaz.

Aprender, pensar y trabajar son habilidades mentales que constituyen estrategias cognitivas y son partes importantes de comparar, deducir y recordar información. El uso de estrategias cognitivas no solo es importante para resolver problemas matemáticos, sino que también ayuda a las personas a lograr ciertos objetivos. (Akben, 2020)

Así mismo, explican (Lippmann & Linder, 2007) “Los problemas matemáticos varían desde problemas de rutina hasta preguntas abiertas que requieren procesos de pensamiento más profundos”, lo que significa que el proceso a través del cual se llegue a la resolución de un problema requiere de al menos una secuencia en la cual se logre amalgamar todos los aspectos involucrados en el camino a darle solución a un problema determinado. Así que, un método eficaz para hacer esto, consta de 4 fases o pasos a través de los cuales se pueden resolver problemas:

1. Inicialmente se debe comprender el problema, donde se identifican los datos, las incógnitas y las condiciones que se presentan.
2. Seguidamente, se debe concebir un plan, donde se relaciona el problema actual con alguno del pasado, los resultados obtenidos anteriormente, a la vez que se contempla la posibilidad de ver el problema de otra manera y así, se traza una hoja de ruta que organice las ideas y de paso a una visión más amplia del enunciado.
3. Luego se lleva a cabo la ejecución del plan previamente concebido que permita llegar a la obtención de la solución
4. Finalmente, se hace una visión retrospectiva, donde se trata de verificar el resultado, el razonamiento y al mismo tiempo, visualizar la reflexión de si es posible haber llegado al resultado de otra manera. (Polya, 1981).

De igual forma, se plantea otro escenario que, siguiendo una línea similar a la descrita anteriormente descrita, donde, a través de lo que el autor llama “Un diálogo” se puede

igualmente resolver problemas. Este se compone de 3 preguntas principales en cada paso que son: ¿Por dónde debo empezar? ¿Qué puedo hacer? ¿Qué gano con esto? Así, el diálogo consta de lo siguiente:

1. Familiarizarse con el problema. Se empieza con el enunciado, se visualiza el problema como un todo y finalmente, se comprende.
2. Trabajar para una mejor comprensión. Se empieza clarificando lo más posible el enunciado, se aíslan las partes principales del problema y se aclaran detalles que serán de uso más adelante.
3. En busca de una idea útil. Se empieza considerando las principales partes del problema, se mira el problema desde diferentes puntos de vista y así se pueden obtener diferentes ideas que ayuden a la resolución del problema.
4. Ejecución del plan. Se empieza por la mejor idea que lleve a la solución, se obtiene la seguridad de si se tiene la plena comprensión del problema y se llega a la solución del problema.
5. Visión retrospectiva. Se analiza la solución en todos sus detalles, se considera la solución desde diferentes puntos de vista y quizás, se encuentre una solución mejor a la previamente hallada (Polya, 1981).

Así, si se aplican estas secuencias anteriormente descritas, se puede alcanzar el objetivo de resolver un problema más allá del ámbito en que se esté manejando, lo que resulta práctico y eficaz, si se tiene en cuenta que en el mundo de hoy, los problemas por resolver abundan y quizás no haya muchos disponiéndose para esa tarea.

5.2.10. Aguacate Hass

El aguacate es una especie vegetal de la familia Lauraceae, también llamado persea americana, esta fruta resulta de la hibridación de dos o más razas y sus variedades se cultivan en todo el mundo. La distribución original de esta especie estaba en América tropical, desde México hasta Colombia, pasando por Centroamérica, Venezuela, Ecuador y Perú. (Galindo Tovar, Ogata Aguilar, & Arzate Fernandez, 2007)

De las diferentes variedades de aguacate, es la variedad Hass la que tiene mayor potencial en el mercado, destacando que esta variedad colombiana tiene un gran consumo en países como Países Bajos, Reino Unido, España y Francia. (Legiscomex, s.f.)

5.2.10.1. Panorama Mundial ⁴

El aguacate Hass viene experimentando un aumento de la demanda en los mercados internacionales, lo cual contrasta con la oferta creciente, pero deficiente, los países productores se ven obligados a aumentar su producción de aguacate Hass para exportación con el fin de cubrir las necesidades de consumo de los países importadores.

Las perspectivas de crecimiento del mercado de aguacate en el contexto internacional siguen altas, producto de la fuerte demanda que se presenta en Estados Unidos y Europa; mientras que países como China, que aún no son grandes compradores pero se muestran como promisorios para aumentar la demanda, lo cual dinamizaría aún más el mercado existente.

Los países productores de aguacate, que esencialmente son latinoamericanos, se verán entonces favorecidos por el auge de consumo de este fruto, el cual no da muestra de ceder su crecimiento en el corto plazo. Esta oportunidad puede revitalizar económicamente a los agricultores, sus zonas de cultivo y todos los miembros de la cadena de valor; por lo que también es importante plantear estrategias a largo plazo que permitan generar un desarrollo económico y social en los países productores que están en vía de desarrollo.

5.2.10.2. Panorama Nacional

Colombia ocupa el tercer lugar en áreas sembradas a nivel mundial, registrando 54.000 hectáreas que representan el 6%. Ostenta el cuarto lugar en producción, logrando un 11% del total producido en todo el mundo, con más de 540.000 toneladas de aguacate Hass (Valencia Pinzón, 2019)

La Unión Europea es el principal destino de este producto. Allí cuatro países concentran 89% de las exportaciones del aguacate Hass colombiano, en su orden: Países Bajos, Reino Unido, España y Bélgica. Por otro lado, Estados Unidos es un mercado que se abrió para el país apenas en agosto del 2017, ya representa 5% de las exportaciones de la fruta y tiene un alto potencial de crecimiento en el corto plazo debido a que las normas exigidas se flexibilizaron para facilitar su cumplimiento. (Restrepo, 2020)

El futuro para Colombia con las exportaciones de aguacate Hass hacia Estados Unidos y el mundo es muy promisorio, y por esa razón gremios, productores, el ICA y entidades del gobierno como la Presidencia de la República, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Comercio, Cancillería, Procolombia, PTP, Analdex y Asohofrucol se unieron, con el fin de abrirles más oportunidades a los agricultores. (AFP/París y Redacción, 2019)

Colombia hace parte de los 10 países que más exportan Aguacate Hass a nivel mundial (Redacción Opportimes, 2019) y teniendo en cuenta la creciente demanda de este fruto y el potencial de cultivo

⁴ Tomado de: Arias, F., Montoya, C., & Velásquez, O. (2018). Dinámica del mercado mundial de aguacate. Revista Virtual Universidad Católica del Norte, (55) 22-35.

que se tiene; se vienen grandes oportunidades de crecimiento como país exportador, con la posibilidad de abarcar cada vez más el mercado mundial y generar desarrollo económico y social.

5.3. MARCO CONCEPTUAL

- **Administración:** Es el proceso de planificar, organizar, dirigir y controlar el uso de los recursos y las actividades de trabajo con el propósito de lograr los objetivos o metas de la organización de manera eficiente y eficaz. (Thompson, 2008)
- **Análisis:** Acción referente a la interpretación de los datos encontrados tras la previa realización de la simulación de un modelo, donde se determina cuál fue el comportamiento de las diferentes variables que tienen importancia dentro de él y a partir de allí, se hacen conclusiones y sugerencias al respecto con el fin de mejorarlo.
- **Buque de carga:** Es un tipo de barco que es usado para transportar diferentes productos desde un puerto a otro, preferiblemente, provenientes de algún tipo de industria. En general, esos productos pueden ser mercancías, bienes, materias primas, etc. A estas embarcaciones también se les llama barco de carga, carguero, o buque mercante.
- **Caja:** Es aquel recipiente que generalmente ostenta una forma de prisma rectangular y que tiene una abertura que se cubre con una tapa que puede estar unida o separada de la mencionada. No existe una universalidad en cuanto a la forma de una caja, por esto es por lo que recipientes descubiertos sin tapa, así como algunos embalajes, se los denomina también cajas. (Ucha, 2009)
- **Competitividad:** Es la capacidad de una persona u organización para desarrollar ventajas competitivas con respecto a sus competidores, obteniendo así una posición destacada en su entorno. La competitividad generalmente se basa en una ventaja competitiva, es decir, cierta habilidad, recursos, tecnología o atributos que hacen superior al que la posee. (Roldán, 2016)
- **Costos logísticos:** Es la suma de los costos ocultos involucrados cuando se mueven y almacenan materiales y productos desde los proveedores hasta los clientes. En estos se incluyen: Costos del aprovisionamiento, costos de almacenamientos, costos de inventarios, costos del transporte interno, costos de la distribución de productos terminados, entre otros. (Portal, 2011)
- **Escenario:** Es una situación hipotética en la cual se presentan variaciones a un contexto inicial con la finalidad de realizar diferentes análisis y conclusiones que permitan una visión más completa de lo planteado en un principio.
- **Exportación:** Acción en la cual algún bien y/o servicio que un país productor o emisor (exportador) envía como mercancía a otro país que actúa como tercero (importador), para su compra o utilización.

- **Globalización:** Es un fenómeno basado en el aumento continuo de la interconexión entre las diferentes naciones del mundo en el plano económico, político, social y tecnológico. (Quiroa, 2015)
- **Inventario:** Es el almacenaje de productos que serán adquiridos por el consumidor final para su uso. Además, se incluye los productos consumibles y activos fijos que son necesarios para el funcionamiento de la empresa. (Valora, 2018)
- **Limitación:** Situación que se presenta cuando alguna máquina del proceso de producción de un determinado producto recibe más material del que puede procesar, por lo que allí se genera un cuello de botella y genera retrasos en el sistema productivo.
- **Mercado:** Es el conjunto de 1) compradores reales y potenciales que tienen una determinada necesidad y/o deseo, dinero para satisfacerlo y voluntad para hacerlo, los cuales constituyen la demanda, y 2) vendedores que ofrecen un determinado producto para satisfacer las necesidades y/o deseos de los compradores mediante procesos de intercambio, los cuales constituyen la oferta. Ambas, la oferta y la demanda son las principales fuerzas que mueven el mercado. (Thompson, 2008)
- **Operador portuario:** Es una autoridad o compañía portuaria quien, a través de contratos, mueve carga a través de un puerto a un nivel mínimo de productividad estipulado en dichos contratos. Puede ser de propiedad estatal o también de naturaleza privada.
- **Pallet:** Es un armazón de madera, plástico, cartón prensado, aleación ligera u otro material que es empleado en el traslado de carga, el cual facilita el levantamiento y manejo con pequeñas grúas hidráulicas (carretillas elevadoras). (CeroScrap, 2020)
- **Proveedor:** Es aquella persona física o jurídica que provee o suministra profesionalmente de un determinado bien o servicio a otros individuos o sociedades, como forma de actividad económica y a cambio de una contra prestación. (Sánchez, 2018)
- **Puerto:** Espacio que, situado en una orilla o en la costa, permite que las embarcaciones desarrollen operaciones de descarga y carga o de desembarco y embarque. Si este puerto está junto al océano se cataloga como puerto marítimo. (Afuera, 2018)
- **Retrospectiva:** Hace referencia a observar hacia atrás en un determinado momento cuando se hace necesario tener un contexto más amplio en una situación específica.

- **Recurso:** Se trata de un elemento que permite realizar una actividad dentro de un proceso determinado o es responsable del mismo. Se puede tratar de una persona o una máquina.
- **Simulación:** Es un proceso en el cual se diseña y desarrolla un modelo a través de un computador de un sistema o proceso determinado y se conducen experimentos con el mencionado modelo con la finalidad de analizar y entender el comportamiento del sistema a la vez que evaluar estrategias o mejoras con las cuales se puede operar el sistema.
- **Trazabilidad:** Es la capacidad de rastrear todos los procesos, desde la adquisición de materias primas hasta la producción, para poder aclarar cuándo y dónde fue fabricado un producto y por quién, además de determinar los diversos pasos y/o rutas que recorre el producto final desde su nacimiento hasta su ubicación actual en la cadena de suministro.

5.4. MARCO ESPACIAL

Este proyecto será desarrollado en la Facultad de Ciencias Empresariales de la Universidad Tecnológica de Pereira, como un caso de estudio donde se aplican e integran conceptos fundamentales para los estudiantes de Ingeniería Industrial como lo son la logística y la simulación de procesos.

6. HIPÓTESIS

6.1. HIPÓTESIS DE PRIMER GRADO

Si se realiza un análisis de los diferentes escenarios que se plantean a partir de un caso de estudio de la logística de distribución de exportación, se entenderá de manera más precisa cómo se realizan estos procesos a través de simulaciones y se podrá además plantear diferentes opciones de mejora que permitan que dichos procesos se desempeñen de mejor manera.

6.2. HIPÓTESIS DE SEGUNDO GRADO

La simulación entonces se convertirá en una herramienta de gran ayuda tanto dentro de la comunidad académica como en las diferentes organizaciones para estudiar y analizar diferentes procesos logísticos, entre ellos, el de las exportaciones, logrando entender mejor su funcionamiento y las diferentes variables que intervienen, además de utilizar enfoques diferentes al momento de tomar decisiones y proponer mejoras.

7. ASPECTOS METODOLÓGICOS

7.1. TIPO DE ESTUDIO

Se hará uso de estudios exploratorios para la presente investigación en primer lugar buscando conocer cómo funciona el proceso de exportación en el país; y posteriormente en el planteamiento de escenarios alternativos que puedan ser eficientes para el sistema.

7.2. METODOLOGÍA

La metodología para llevar a cabo el proyecto se basa en los pasos para realizar una simulación, el método de resolución de problemas y proceso de mejora continua; se definen entonces las tareas que permitirán el alcance de cada uno de los objetivos planteados.

- a. Recolectar datos representativos del funcionamiento de un caso de una empresa exportadora y su sistema de logística de distribución.
 - Investigar aspectos generales de la logística de exportación colombiana.
 - Diseñar un modelo conceptual que represente el sistema, identificando sus elementos, flujos e interrelaciones.
 - Identificar la información requerida para la construcción del modelo.
 - Consultar datos necesarios en las fuentes de información establecidas.
- b. Validar datos e información necesaria para la simulación, asegurando que sean suficientes para representar la situación del caso de estudio.
 - Formular modelo con la información recolectada.
 - Ejecutar prueba piloto del modelo.
 - Verificar similitud de la simulación con los procesos y los datos hipotéticos.
- c. Realizar el modelo de simulación del caso de estudio del software ProModel™.
 - Ejecutar modelo representativo del sistema.
 - Visualizar resultados de la simulación.

- d. Simular escenarios alternativos con base en los resultados obtenidos del modelo inicial.
- Establecer elementos variables que más influyen en el resultado de la simulación.
 - Plantear escenarios alternativos al sistema inicial.
 - Ejecutar simulación de escenarios alternativos.
- e. Realizar propuestas de mejora al sistema inicial por medio de la resolución de problemas, analizando los resultados de las simulaciones de los diversos escenarios.
- Analizar resultados de los diferentes escenarios simulados.
 - Identificar las limitaciones del sistema.
 - Realizar sugerencias y conclusiones sobre el sistema estudiado.

7.3. FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Fuentes secundarias

La información utilizada en el proyecto será extraída de fuentes secundarias, la cual es toda aquella resultante de la búsqueda en artículos científicos, trabajos de grado, videos y páginas web.

8. CASO DE ESTUDIO

Colombia es un territorio propicio para el cultivo de diferentes frutas, entre ellas, el aguacate y particularmente la variedad Hass, ya que las diversas condiciones climáticas del país permiten que su producción se mantenga activa durante todo el año (Ver [Tabla 5](#)). Sin embargo, existen territorios específicos en los cuales la producción tiene un volumen mayor que en el resto de las regiones, por ejemplo, en el 2019 los departamentos que más aportaron a la producción de aguacate fueron Antioquia con un 25.3%, Caldas con un 16.4% y Tolima con un 14.1%. A pesar de ello, estos no fueron los tres departamentos que más exportaron durante ese año, puesto que el departamento de Antioquia entregó el 49% de la fruta exportada, seguido Risaralda y Valle del Cauca con el 30% y 7%, respectivamente (MinAgricultura, 2020).

En estas regiones es donde se ubican las tres principales empresas exportadoras de aguacate Hass de Colombia, específicamente:

- En las afueras de la ciudad de Pereira, en el departamento de Risaralda
- En el municipio de El Jardín, en el departamento de Antioquia
- En las afuera de la ciudad de Palmira, en el departamento del Valle del Cauca

En los territorios anteriores se encuentran empresas exportadoras de aguacate que se abastecen de productores de diferentes zonas del país, teniendo así una oferta amplia de este fruto, lo que causa que la mayor parte de las exportaciones totales de aguacate Hass en el país provenga de estos tres departamentos (Ver [Tabla 16](#)).

Esto los convierte en referentes en cuanto al proceso de exportación de este producto, haciendo que su posicionamiento en el extranjero sea cada vez más fuerte y se conviertan en empresas reconocidas, estando a la altura de las exigencias de los países a los cuales se está exportando. Por estas razones, dichas empresas se escogieron como referencia para la construcción del caso de estudio del presente trabajo, al ser las más representativas en cuanto a la exportación de aguacate Hass en el país.

En el mundo ha ido incrementando el consumo de aguacate Hass colombiano, ya que, por su versatilidad a la hora del consumo, se convirtió en una variedad muy apetecida en muchos de los países del mundo. Sin embargo, existen destinos de exportación que, por sus distintas cualidades, marcan una diferencia respecto a los demás. Dentro de estos países, vale la pena resaltar tres muy importantes:

- Países Bajos
- Reino Unido
- Estados Unidos

Países Bajos es uno de los principales destinos de exportación del país, y puntualizando en el aguacate Hass, es la nación a la cual se realizan más exportaciones. Cabe resaltar además, que posee el puerto marítimo más grande de Europa (Puerto de Rotterdam), lo que facilita la

distribución de cualquier tipo de producto dentro de este continente y lo que lo hace un destino de gran relevancia a nivel mundial, por esta razón se consideró indispensable tomarlo como uno de los destinos de exportación en el caso de estudio.

Además, teniendo en cuenta que los principales compradores de aguacate colombiano están en la Unión Europea, y que Países Bajos y el Reino Unido son los principales destinos de la producción nacional, seguido por España y Francia; representando más del 95% de las ventas externas de Aguacate Hass del país (Parra Ramírez & Serrano Scarpetta, 2017) y que diferentes empresas exportadoras del país cuentan con puntos directos de comercialización en estos países, se optó por la elección también de Reino Unido como uno de los destinos a simular dentro del presente trabajo.

Así mismo, el mayor mercado potencial para los pequeños y medianos exportadores se encuentra principalmente en la Unión Europea y en Estados Unidos. Sin embargo, hasta el 2017 no se había logrado exportar aguacate Hass a Estados Unidos, que, a pesar de estar cerca, contaba con reglamentaciones muy estrictas en cuanto a la importación de este tipo de productos, haciendo que fuese complicada la apertura de estos mercados con respecto a la comercialización de aguacate Hass.

El 02 de noviembre de 2017 se hizo la primera exportación a Estados Unidos destinada a los almacenes Walmart; las empresas protagonistas de esta exportación fueron WestSole Fruit y el Grupo Cartama. Colombia estuvo en negociaciones con Estados Unidos durante 12 años para ingresar este fruto a su mercado y después de su apertura, se espera que Colombia se convierta en un proveedor significativo para el mayor importador de aguacate Hass del mundo. (Redacción Economía. El Espectador, 2017)

A partir de lo anterior, Estados Unidos se ha convertido cada vez más en un destino importante para las exportaciones de aguacate Hass colombiano, incrementando sus cifras con el paso de los años (Ver [Tabla 14](#)).

Lo anteriormente descrito indica que son destinos de exportación muy interesantes de analizar e incluir dentro de la simulación, ya que constituyen países desarrollados y con mercados grandes que, al tener este tipo de intercambios comerciales con Colombia, hacen que el país sea más reconocido como exportador del fruto Hass, permitiéndole abrir aún más mercados alrededor del mundo.

El caso de estudio construido para la simulación de un proceso de distribución internacional consistirá entonces en una empresa exportadora de aguacate Hass, la cual contará con tres sucursales en diferentes lugares del país (Pereira - Risaralda, Roza – Valle del Cauca y Jardín - Antioquia), donde cada una se dedicará a la compra del fruto a productores de diferentes regiones del país, el procesamiento de este y la distribución internacional a clientes ubicados en: Países Bajos, Reino Unido y EE. UU.

9. INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA

Para la correcta simulación del caso de estudio, es necesario conocer el producto de exportación, cómo funciona la cadena logística internacional del aguacate Hass, cuáles son las características de cada uno de los elementos que permiten que el fruto sea procesado y posteriormente llegue al cliente, cuál es el comportamiento de este producto en el mercado mundial y qué tan significativas son las exportaciones colombianas en él.

9.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS AGUACATE HASS⁵

Una de las características más relevantes de la variedad Hass es que una vez alcanza su madurez fisiológica puede mantenerse en el árbol durante varios meses, ya que su propio árbol actúa como un frigorífico, lo cual permite extender el período de cosecha.

Los frutos de exportación deben tener la forma, el tamaño y la coloración típica de la variedad; deben estar libres de defectos tales como malformaciones, quemaduras de sol, heridas y manchado (raspaduras, daño por insecto, daño por uñas y cicatrices causadas por el viento), pardeamiento de la pulpa y ausencia de enfermedades, incluyendo antracnosis y pudrición de la cicatriz del pedúnculo.

Temperatura: La temperatura óptima de almacenamiento es de 5 – 13 °C para aguacates verde – maduros (con madurez de cosecha) y la temperatura de conservación va desde 5.5 a 6.5 °C.

Almacenamiento: Se recomienda almacenar el aguacate con destino de exportación en atmósferas controladas, esto retrasa el ablandamiento, los cambios en el color de la piel y disminuye las tasas de respiración y de producción de etileno.

Transporte: El transporte de la fruta debe hacerse en vehículos apropiados (con refrigeración) que presenten buenas condiciones higiénicas y que eviten la exposición del fruto al sol, al viento, a la humedad y que reduzcan el daño mecánico, ya sea por vibración, compresión o impacto.

Según su peso, el aguacate Hass puede ser de diferentes calibres:

⁵ Briceño, E. (23 de Agosto de 2014). Ficha técnica de manejo cosecha y postcosecha de Aguacate. Obtenido de <http://colexagro.com/fichas/Ficha%20tecnica%20AGUACATE%20HASS.pdf>



Figura 10. Calibres para la exportación de aguacates.

Adaptado de Periban Avocados. (S.f.). Obtenido de <https://www.peribanavocados.com/productos>.

9.2. CADENA LOGÍSTICA INTERNACIONAL DEL AGUACATE HASS

Colombia cuenta con una ubicación privilegiada para el comercio internacional por vía marítima, esto gracias a su cercanía al canal de Panamá y al ser un punto de conexión tanto entre Norte y Sur América como entre la Costa Este y Oeste de Estados Unidos y Asia; considerándose como un punto estratégico de la conectividad global (ProColombia, Infraestructura logística y transporte de carga en Colombia., 2016).

Para lograr un proceso de exportación, se requiere contar con una cadena logística internacional, la cual está definida por varios elementos y actores con diferentes responsabilidades en el proceso de comercialización internacional.

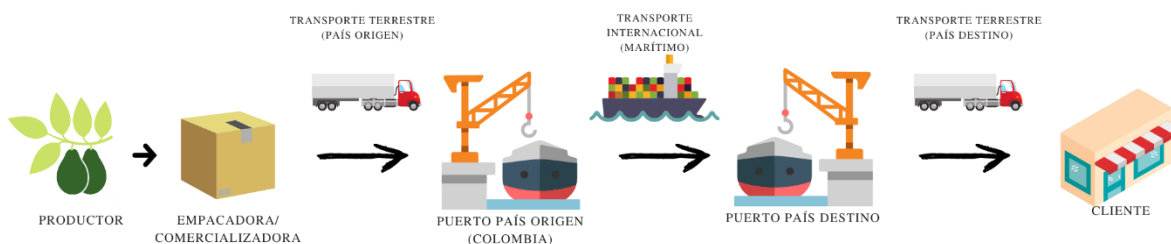


Figura 11. Estructura de cadena logística internacional de aguacate Hass.

Fuente: Elaboración propia.

Los actores que están involucrados en la cadena logística internacional del aguacate Hass, son:

9.2.1. Productores de aguacate

Son aquellos campesinos o asociaciones campesinas que se dedican a la siembra y cosecha de aguacate para su comercialización en el mercado extranjero.

9.2.1.1. Cifras de producción

Colombia es uno de los proveedores de aguacate Hass con mayor potencial del mundo; es un país sin estaciones que cuenta con cosecha de este fruto durante todo el año, ya que, aunque el aguacate requiere de una altitud específica para dar sus frutos, también se pueden encontrar cosechas tempranas en climas más cálidos y tardía en climas más fríos (ProColombia, 2018).

Para el 2019 en Colombia hubo un área sembrada de aguacate de 84.587 Ha; los departamentos de Tolima, Antioquia, Caldas, Santander, Bolívar, Cesar, Valle del Cauca y Quindío, representaron el 86% del total de área sembrada de este fruto en el país. Por su parte, el aguacate Hass equivale al 26% del total de área sembrada de aguacate en el país, contando con las siguientes cifras en los últimos años:

Tabla 4.

Datos producción aguacate Hass 2015 – 2019.

Variable	2015	2016	2017	2018	2019
Área Sembrada (Ha)	13.530	16.642	17.474	19.221	20.182
Área Cosechada (Ha)	7.429	9.435	11.322	12.907	14.843
Producción (Ton)	52.003	70.761	90.574	116.162	148.429
Rendimiento (Ton/Ha)	7	8	8	9	10

Adaptado de: MinAgricultura: Cadena productiva Aguacate.

<https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Hay que tener en cuenta que ningún departamento tiene disponibilidad todo el año de este fruto, por lo que cada uno de estos cuenta con un calendario diferente de cosecha que depende de su ubicación geográfica:

Tabla 5.

Calendario de cosecha aguacate.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Antioquia												
Caldas												
Cauca												
Risaralda												
Quindío												
Tolima												
Valle del Cauca												

Adaptado de: MinAgricultura: Cadena productiva Aguacate.

<https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Cerca del 70% del área sembrada de aguacate Hass se encuentra en edad productiva y el restante en etapa de desarrollo, por lo que se espera que la producción anual del fruto se incremente paulatinamente.

9.2.1.2. Requisitos de predios para exportación de vegetales en fresco

Los requisitos para la producción de vegetales para exportación en fresco están determinados en la Resolución No. 00000448 del ICA, donde se establece que para que los frutos cosechados en un predio puedan ser calificados como de exportación, éste debe contar con:

- Registro de predios productores para la exportación en fresco.
- Registro como exportador de vegetales frescos (ICA, 2016).

Además de esto, dependiendo del destino del fruto que se cultiva, deben cumplir con los requerimientos de la comercializadora o importadora.

En 2018 hubo un total de 2.160 predios denominados como predios exportadores con un total de 14.387 Ha sembradas. Sin embargo, para asegurar que el aguacate tenga calidad de exportación se recomienda contar con el certificado de buenas prácticas agrícolas, con el cual contaban tan solo 316 predios con 3.284 Ha (MinAgricultura, 2020).

9.2.2. Empacadora / Comercializadora

Las empacadoras de aguacate son aquellas compañías que se encargan de procesar y embalar el aguacate para su respectiva exportación; estas tienen como proveedores predios certificados como “exportadores” en diferentes zonas del país, garantizando disponibilidad del producto durante todo el año para comercializarlo en el exterior. Generalmente la misma empacadora se encarga de la venta del fruto a compañías de otros países.

El fruto que se exporta debe ser de la mejor calidad, cumplir con todos los estándares internacionales, requisitos fitosanitarios y características deseadas dependiendo de su destino final; por lo que esto se debe verificar durante toda su cosecha y procesamiento.

Dentro de la empacadora, el aguacate Hass pasa por diferentes procesos, estos son⁶:

9.2.2.1. Recepción de lotes

Se refiere al arribo de los lotes de fruta enviados por los proveedores, el descargue de las canastillas y el etiquetado de estas por medio de un código de identificación que permite identificar la fecha, origen y volumen de la carga.

⁶ La información de los procesos en la empacadora es una recopilación, formada desde: (Gómez Tamayo, Escobar Palacio, Tapias Osorio, Cardeño, & Isaza, 2019); (Romero Rodríguez, 2011); (MADR, 2017); (TvAgro, Como Exportar Aguacate Hass de Calidad [Archivo de video], 2018) & (TvAgro, Características del Proceso de la Exportación de Aguacate- TvAgro por Juan Gonzalo Angel [Archivo de Video], 2019)



Figura 12. *Descargue de canastillas de aguacate.*

Fuente: MADR. (2017). Agricultura al día - MinAgricultura apoya exportación de aguacate Hass [Archivo de Vídeo]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=jv16WorQHW0>

9.2.2.2. *Inspección de calidad*

Consiste en examinar y medir las características de la fruta de cada lote a través de un muestreo, donde se realiza una prueba de materia seca y se mide el porcentaje de maduración, verificando así que su calidad sea apta para ser exportada. Aquellos lotes que no pasan la prueba de inspección son regresados al proveedor para su comercialización nacional.



Figura 13. *Inspección de calidad en los aguacates.*

Fuente: MADR. (2017). Agricultura al día - MinAgricultura apoya exportación de aguacate Hass [Archivo de Vídeo]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=jv16WorQHW0>

9.2.2.3. *Almacenamiento*

Los lotes que sean calificados con calidad de exportación pasan a ser almacenados, a la espera de ser procesados.



Figura 14. *Canastillas con aguacate en bodega de recepción*

Fuente: MADR. (2017). Agricultura al día - MinAgricultura apoya exportación de aguacate Hass [Archivo de Vídeo]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=jv16WorQHW0>

9.2.2.4. Línea de procesamiento

Cada uno de los lotes almacenados pasa a ser procesado sin que se mezcle la fruta de diferentes proveedores, llevando así un control riguroso de la calidad y el rendimiento de cada lote.

La fruta pasa por una banda transportadora con diversa maquinaria y filtros antes de ser empacada:

- Volteadora de cajas: Tiene como finalidad establecer la pauta para que el vaciado de fruta de las canastillas sea regular y suave, evitando que se presenten problemas de saturación en las siguientes partes de la línea de selección y la fruta tenga una caída suave sin sufrir daños. Esta consta de una banda transportadora donde deben ser colocadas las canastillas, esta las transporta hasta que son giradas de forma tal que se separa la fruta de las canastillas.



Figura 15. Volteadora de cajas lineal.

Fuente: Zaizer. (S.f.). Obtenido de <https://www.zaizer.com.mx/volteadora-cajas.html>

- Elevador desbasurador: Transporta la fruta desde el vaciado inicial hasta la primera piscina de la cepilladora. Tiene como propósito darle a la fruta una elevación adecuada y a la vez actuar en forma de desbasurador, ya que al girar la fruta sobre sus rodillos las pequeñas ramas y hojas que trae consigo caen por la gravedad.



Figura 16. Desbasurador.

Fuente: Zaizer. (S.f.). Obtenido de <https://www.zaizer.com.mx/elevador-desbasurador.html>

- **Cepilladora:** Se encarga de lavar y secar la fruta. La fruta cae suavemente del elevador a una primera piscina donde es lavada con agua para quitar el polvo; pasa a unos cepillos de cerdas suaves que quitan toda suciedad adicional que esta tenga; luego, cae nuevamente en una piscina que contiene un fungicida que evita la aparición de plagas postcosecha para posteriormente pasar por un horno secador con un par de ventiladores que dejarán la fruta seca y lista para seguir su procesamiento.



Figura 17. *Proceso de cepillado del aguacate.*

Fuente: TvAgro. (2018). Como Exportar Aguacate Hass de Calidad [Archivo de video]. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=U_cOH1uOKZE

- **Seleccionadora manual:** Tiene como finalidad transportar lentamente la fruta sobre rodillos giratorios; al girar la fruta los trabajadores visualizan fácilmente algún defecto, procediendo a retirarla manualmente de su trayecto. En esta estación de la línea de procesamiento se retira la fruta raspada, con heridas o afectada por golpes de sol.

Esta máquina cuenta en su parte superior con una banda transportadora sobre la cual el trabajador coloca la fruta que no tenga calidad de exportación, esta banda transportadora permite darle un camino previamente definido a la fruta sin que el trabajador descuide su actividad visual de revisión. Esta selección manual es la última etapa para retirar la fruta no adecuada, la cual regresa a los proveedores para comercializarla en el mercado nacional.



Figura 18. *Selección manual de aguacate*

Fuente: TvAgro. (2018). Como Exportar Aguacate Hass de Calidad [Archivo de video]. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=U_cOH1uOKZE

- **Singulador:** Se encarga de acomodar la fruta por filas y para el proceso de etiquetado. Es importante que el Singulador se encuentre en sincronía con la clasificadora computarizada.



Figura 19. *Singulador de aguacate.*

Fuente: TvAgro. (2018). Como Exportar Aguacate Hass de Calidad [Archivo de video]. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=U_cOH1uOKZE

- **Clasificadora:** Desde la salida del Singulador cada fruta pasa a una plataforma la cual tiene un pesaje automatizado y es clasificada según su calibre, esta es enviada a una salida especificada para su respectivo empaque.



Figura 20. *Clasificadora por calibres*

Fuente: TvAgro. (2018). Como Exportar Aguacate Hass de Calidad [Archivo de video]. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=U_cOH1uOKZE

9.2.2.5. *Empaque*

Al terminar su procesamiento, el aguacate se encuentra listo para ser empacado; en esta etapa, los operarios toman la fruta clasificada anteriormente y la colocan de forma adecuada en cajas de 4 o 10 kilogramos. La cantidad de aguacates por caja está definida por el número del calibre.



Figura 21. *Empaque de aguacate.*

Fuente: Solución en Cosechas. (2021). Soluciones en Cosechas Video. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=LITnxuhG2Ig&ab_channel=SolucionenCosechas

9.2.2.6. Paletizado

Las cajas de aguacate pasan a ser agrupadas sobre un pallet; aquí se apilan de tal forma que se obtenga una estructura resistente, se ponen esquineros a las cajas estibadas y se zunchan para su posterior almacenamiento y transporte. De esta manera, se facilita la manipulación de los productos, se ahorra espacio y se asegura la vida y calidad del fruto durante el trayecto al cliente.



Figura 22. *Aguacate paletizado.*

Fuente: TvAgro. (2018). Como Exportar Aguacate Hass de Calidad [Archivo de video]. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=U_cOH1uOKZE

9.2.2.7. Conservación en frío

Lo más importante en todo el proceso del aguacate es su periodo de conservación en frío, ya que sin este, la fruta no podría soportar todo el recorrido de su exportación hacia el cliente final; tiene la función de almacenar la fruta y conservarla mediante el uso de equipos de refrigeración avanzados, acondicionando el cuarto frío con temperaturas bajas hasta que la fruta alcance los 5 °C, temperatura necesaria para conservarse en buen estado por un periodo más largo de tiempo.

Por lo tanto, los pallets con cajas de aguacate son almacenados en cuartos fríos por 12 horas, hasta enfriarse y alcanzar la temperatura ideal para su conservación.



Figura 23. *Cuartos fríos.*

Fuente: FDF Refrigeración. (S.f.). Obtenido de <https://fdrefrigeracion.com/nuestros-servicios>

9.2.2.8. Cargue del contenedor

Cuando terminan su proceso de enfriamiento, las cajas estibadas son organizadas dentro de un contenedor soportado por un tractocamión para su transporte al puerto nacional. Se debe asegurar que la carga dentro del contenedor quede de forma compacta, de modo que ningún movimiento de este afecte el estado de la fruta.

Cuando el contenedor está completamente cargado, este es despachado hacia el puerto del cual zarpará la carga con todos los documentos requeridos por la agencia de aduanas.



Figura 24. Aguacate paletizado en contenedor

Fuente: Vivero los viñedos SAC. (2016). PACKING DE PALTO. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=SPZ0HdFKTaw>

9.2.3. Transporte terrestre (país de origen)

La red vial de Colombia cuenta con una extensión de 11.317,47 kilómetros, donde el 80,98% son carreteras pavimentadas, 18,67% sin pavimentar y 0,34% están actualmente en intervención (Invías, 2020).

(Díaz P. , 2019) asegura que a pesar del desarrollo que ha habido en las vías del país, aún hay problemas con las condiciones de las vías terciarias, donde se dificulta el transporte del aguacate desde las fincas productoras hasta la empacadora para su procesamiento. Además, considera que los puertos no se encuentran preparados para recibir la amplia cantidad de fruta que pronto se producirá; por lo que se requieren proyectos que trabajen en la agilidad tanto de las carreteras como de los puertos.

Con base en las ubicaciones elegidas para las sucursales del caso de estudio y los puertos más utilizados para la exportación de aguacate Hass, se hallaron las rutas de transporte terrestre nacional y las distancias correspondientes:

Tabla 6.
Distancias de sucursales a puertos Colombia.

Ubicación sucursal	Puerto	Distancia (km)		
		Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3
Rozo – Palmira	Santa Marta	1.188	1.187	
Rozo – Palmira	Cartagena	1.293	1.023	
Rozo – Palmira	Buenaventura	152	152	150
Pereira (Risaralda)	Santa Marta	1.024	1.015	
Pereira (Risaralda)	Cartagena	1.120	861	
Pereira (Risaralda)	Buenaventura	241		
Jardín (Antioquia)	Santa Marta	995	950	
Jardín (Antioquia)	Cartagena	1.100	874	787
Jardín (Antioquia)	Buenaventura	385	351	350

Elaboración propia con datos tomados de Google Maps.

9.2.4. Proceso de exportación en puerto de origen⁷

El proceso en puerto es extenso y requiere de una revisión minuciosa, por lo que la carga debe estar en las instalaciones portuarias días antes de la fecha de llegada de la motonave; asegurando así que cuando esta arribe al puerto se cuente ya con la autorización de la aduana para el embarque.

En los puertos marítimos se tienen como intervinientes las entidades de control (DIAN, ICA, PONAL, INVIMA), los agentes de aduana, las transportadoras y las dependencias del puerto, los cuales tienen definidos unos pasos que tiene que seguir cada una de las cargas que llega al puerto:

- Llegada al puerto: Cuando el tractocamión llega al puerto, el conductor debe presentar en la portería el documento único administrativo (DUA), el cual contiene la información del producto que se va a exportar.
- Básculas: Al ingresar al puerto el tractocamión pasa por una primera báscula, donde se pesa el total de la mercancía más el vehículo y se entregan los documentos legales que acreditan la mercancía y el documento de ingreso al puerto.

Después de dejar la mercancía en el depósito portuario, el tractocamión sin carga vuelve a pasar por una segunda báscula que mide su peso, determinando así el valor real del peso de la carga que ingresó al puerto.

- Descargue de contenedor en depósito portuario: Los operarios del puerto le indican al conductor del tractocamión el lugar adecuado donde debe aparcar para la descarga del contenedor con ayuda de los vehículos de carga del puerto; estos ya se encargan de ubicarlo en un lugar designado para este en el depósito portuario y el tractocamión sale del puerto.

⁷ Tomado de: Durán, A. (2015). Esquema general de procesos: exportación e importación en Puerto. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=T9uPVTSmEq8&t=113s>

- **Perfilamiento y revisión:** El contenedor se mueve a un lugar específico del puerto destinado a realizar el proceso de perfilamiento y revisión, donde las entidades de control realizan un muestreo de la carga para una revisión de esta, verificando que coincida con los documentos presentados, que no haya contenido de contrabando y en caso de ser productos agropecuarios, el ICA verifica que los productos estén libres de plagas y cumplan con los requisitos que exige el país destino. Para esta revisión, las estibas son desmontadas y terminada la revisión, éstas se vuelven a amarrar y el contenedor es devuelto a un depósito portuario.



Figura 25. *Aguacate paletizado en perfilamiento.*

Fuente: Instituto Agropecuario Colombiano. (2021). ICA Comunica Tv- Estamos presentes en los procesos de exportación en los terminales marítimos. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=HzKdHPn3rXc>

- **Revisión documental:** En este punto se hace un control documental donde se tiene en cuenta la naturaleza de la exportación y de la carga, el dictamen de las entidades de control sobre el contenido del contenedor, el estado de facturación de la transacción comercial y la información de la naviera. Los agentes de aduana dan la autorización para el embarque.
- **Planeación logística de embarque:** El puerto realiza preparativos logísticos y planeación estratégica para que inmediatamente el buque llegue al muelle respectivo, se inicie el proceso de carga de los contenedores correspondientes.
- **Embarque de contenedores:** Al llegar el buque, los contenedores son cargados en este con ayuda de la grúa pórtico, colocándolos uno sobre otro. Cuando ya se cargan todos los contenedores que tenían asignada esa motonave, el buque sale del puerto hacia su destino.

9.2.5. Datos exportaciones desde puertos⁸

Con respecto a la categoría de “Frutos comestibles, cortezas de agrios o melones”, en la cual se encuentra el aguacate Hass, el puerto más usado para su exportación es el de Santa Marta, seguido por el de Cartagena y Buenaventura.

Algunos de los datos de exportaciones tramitadas en los últimos años en cada uno de los puertos son:

⁸ Tomado de: DIAN. (2012-2019). Consultor de estadísticas de comercio exterior por seccional y año.

9.2.5.1. Puerto de Santa Marta

Durante el 2019, el 38% de las exportaciones del país se hicieron mediante el puerto de Santa Marta.

Tabla 7.

Exportaciones desde puerto de Santa Marta a destinos del caso de estudio.

Kg netos	EE. UU.	REINO UNIDO	PAISES BAJOS
2017	2.476.055.418	924.824.561	13.853.263.206
2018	2.366.519.916	940.004.043	1.438.862.431
2019	3.247.295.077	816.809.543	2.153.773.373

Adaptado de DIAN. (2012-2019). Consultor de estadísticas de comercio exterior por seccional y año.

9.2.5.2. Puerto de Cartagena

El 33% de las exportaciones realizadas en el 2019 se realizaron por medio del puerto de Cartagena.

Tabla 8.

Exportaciones desde puerto de Cartagena a destinos del caso de estudio.

Kg netos	EE. UU.	REINO UNIDO	PAISES BAJOS
2017	15.140.855.116	15.911.805	26.281.737
2018	12.555.916.301	12.928.575	135.704.913
2019	15.048.399.952	12.483.091	1.049.271.353

Adaptado de DIAN. (2012-2019). Consultor de estadísticas de comercio exterior por seccional y año.

9.2.5.3. Puerto de Buenaventura

De las exportaciones del 2019, solo el 2,6% salieron del país desde el puerto de Buenaventura

Tabla 9.

Exportaciones desde puerto de Buenaventura a destinos del caso de estudio.

Kg netos	EE. UU.	REINO UNIDO	PAISES BAJOS
2017	346.235.090	25.200.322	16.896.882
2018	406.737.969	43.882.432	17.340.256
2019	436.657.148	65.744.701	20.939.480

Adaptado de DIAN. (2012-2019). Consultor de estadísticas de comercio exterior por seccional y año.

De los datos anteriores se puede concluir que, durante el 2019, el destino más significativo de las exportaciones que se realizaron desde el puerto de Buenaventura fue EE. UU seguido de Reino Unido; también que el puerto más usado para las exportaciones a EE. UU. fue el de Cartagena y a Países Bajos, el puerto de Santa Marta.

9.2.6. Transporte internacional (marítimo)

El transporte marítimo dentro de esta cadena logística internacional cumple la tarea de transportar el producto de un país a otro, por medio de motonaves con portacontenedores.

Los puertos colombianos conectan más de 4.200 rutas marítimas de exportación en servicio regular, directas y con conexión, ofrecidas por 40 navieras con destino a más de 590 ciudades en el mundo. (ProColombia, Infraestructura logística y transporte de carga en Colombia., 2016).

Teniendo en cuenta los destinos elegidos para la exportación de Aguacate Hass, es importante conocer los perfiles logísticos en cuanto al transporte marítimo de estos, los cuales permiten conocer las rutas marítimas disponibles desde los puertos del país y el tiempo total del recorrido desde cada uno de estos:⁹

9.2.6.1. Perfil logístico de Países Bajos

Países Bajos ocupa el puesto número 6 en el mundo en cuanto al desempeño logístico, cuenta con una excelente infraestructura portuaria, tiene más de 40 puertos entre principales y auxiliares. Una de sus mayores fortalezas es contar con el puerto de Rotterdam, puesto que es este el principal hub de Europa y del mundo donde la mayoría de las líneas marítimas conectan y distribuyen carga a diferentes lugares en el mundo.

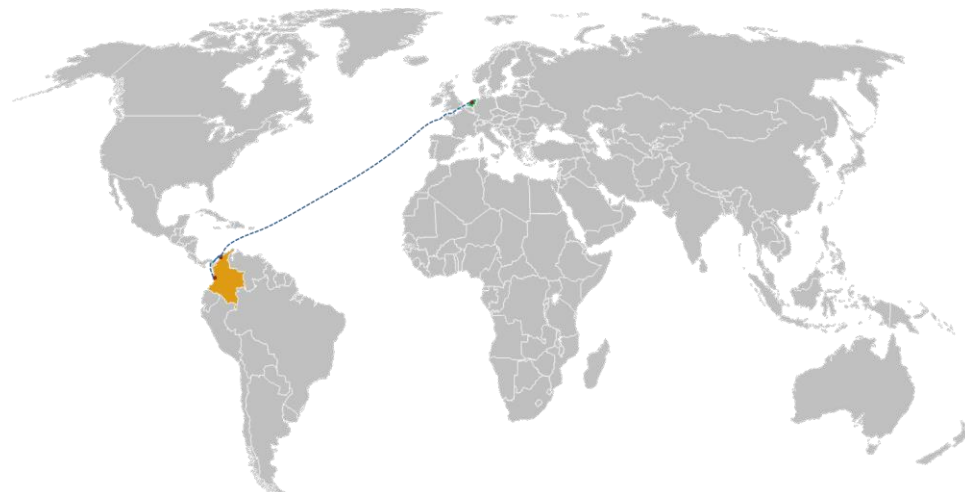


Figura 26. Acceso marítimo y aéreo entre Colombia y Países Bajos.

Fuente: ProColombia. (S.f.). Perfil logístico de exportación a Países Bajos. Obtenido de <https://www.colombiatrader.com.co/herramientas-del-exportador/perfiles-logisticos-de-exportacion-por-pais/perfil-logistico-de-exportacion-paises-bajos>

⁹ Tomado de: ProColombia. (2019). Perfiles logísticos de exportación por país. Bogotá. Obtenido de <https://www.colombiatrader.com.co/herramientas-del-exportador/logistica/perfiles-logisticos-de-exportacion-por-pais>

Tabla 10.

Frecuencias y tiempo de tránsito marítimo Colombia – Países Bajos.

Puerto de Desembarque	Puerto de Embarque	Conexiones	Tiempo de tránsito (días)
Rotterdam	Cartagena	Directo	12
	Santa Marta	Directo	14
	Buenaventura	Balboa-Manzanillo-Panamá	20
Ámsterdam	Cartagena	Rotterdam-Países Bajos	14
	Santa Marta	Antwerp-Bélgica	12
	Buenaventura	Balboa-Manzanillo-Panamá, Rotterdam- Países Bajos	22

Adaptado de ProColombia. (S.f.). Perfil logístico de exportación a Países Bajos. Obtenido de <https://www.colombiatrade.com.co/herramientas-del-exportador/perfiles-logisticos-de-exportacion-por-pais/perfil-logistico-de-exportacion-paises-bajos>

9.2.6.2. Perfil logístico de Reino Unido

Reino Unido ocupa el puesto número 9 en el mundo en cuanto al desempeño logístico. El país cuenta con varios puertos de gran importancia, entre ellos los de Tilbury, Belfast, Felixstowe, Liverpool, Londres, entre otros. La mayoría de estos puertos pertenecen a sociedades portuarias, facilitando así los trámites de documentación en los casos de transferencia interna de mercancías.



Figura 27. Acceso marítimo y aéreo entre Colombia y Reino Unido.

Fuente: ProColombia. (S.f.). Perfil logístico de exportación a Reino Unido. Obtenido de <https://www.colombiatrade.com.co/herramientas-del-exportador/perfiles-logisticos-de-exportacion-por-pais/perfil-logistico-de-exportacion-reino-unido>

Tabla 11.

Frecuencias y tiempo de tránsito marítimo Colombia – Reino Unido.

Puerto de Desembarque	Puerto de Embarque	Conexiones	Tiempo de tránsito (días)
Felixtowe	Santa Marta	Kingston - Jamaica, Rotterdam - Países Bajos	23
	Buenaventura	Manzanillo-Panamá	27
	Cartagena	Rotterdam - Países Bajos	19
Londres	Santa Marta	Cartagena - Colombia	18
	Buenaventura	Cartagena - Colombia	27
	Cartagena	Directo	14

Adaptado de ProColombia. (S.f.). Perfil logístico de exportación a Reino Unido. Obtenido de <https://www.colombiatrade.com.co/herramientas-del-exportador/perfiles-logisticos-de-exportacion-por-pais/perfil-logistico-de-exportacion-reino-unido>

9.2.6.3. Perfil logístico de EE. UU

Estados Unidos ocupa el puesto número 14 en el mundo en cuanto al desempeño logístico. Algunos de los puertos estadounidenses se encuentran dentro del rango de los más grandes y de mayor movimiento de carga del mundo.

Posee una infraestructura portuaria compuesta por más de 400 puertos y sub-puertos, de los cuales 50 manejan el 90% del total de toneladas de carga. Están localizados estratégicamente en los Océanos Pacífico y Atlántico.



Figura 28. Acceso marítimo y aéreo entre Colombia y Estados Unidos.

ProColombia. (S.f.). Perfil logístico de exportación a Estados Unidos. Obtenido de <https://www.colombiatrade.com.co/herramientas-del-exportador/perfiles-logisticos-de-exportacion-por-pais/perfil-logistico-de-exportacion-estados-unidos>

Tabla 12.
Frecuencias y tiempo de tránsito marítimo Colombia – Estados Unidos.

Puerto de Desembarque	Puerto de Embarque	Conexiones	Tiempo de tránsito (días)
New York	Cartagena	Manzanillo-Panamá	7
	Santa Marta	Manzanillo-Panamá	9
	Buenaventura	Cartagena-Colombia, Manzanillo-Panamá	15
Miami	Cartagena	Santa Marta - Rio Haina - Port Lafito	6.5
	Santa Marta	Rio Haina - Port Lafito	6
	Buenaventura	Puerto Balboa, PA	16

Adaptado de ProColombia. (S.f.). Perfil logístico de exportación a Estados Unidos. Obtenido de <https://www.colombiatrade.com.co/herramientas-del-exportador/perfiles-logisticos-de-exportacion-por-pais/perfil-logistico-de-exportacion-estados-unidos>

9.2.7. Proceso de importación en puerto de destino¹⁰

La naviera en la que se está transportando la carga debe dar aviso de su llegada al puerto de destino y su manifiesto de carga, así este puede preparar la logística para el descargue de los contenedores. El proceso en el puerto de destino está dado por:

- Descargue de contenedores: Cuando el buque arriba al muelle de llegada, los contenedores son bajados de este y almacenados en el depósito portuario.
- Direccionamiento de la carga: Las agencias navieras o agentes de carga internacional informan el direccionamiento y disposición de la carga, decidiendo si esta será nacionalizada en el mismo puerto, en una zona franca o por el mismo importador mediante agentes de aduana.
- Salida de carga no nacionalizada en puerto: La carga que no será nacionalizada en el puerto es recogida por un operador logístico de transporte pasando por las básculas correspondientes y dejando evidencia documental.
- Perfilamiento: Cada uno de los contenedores pasa por un proceso de inspección y perfilamiento con el fin de controlar su contenido y decidir si la carga será inmovilizada o seguirá el proceso de importación.

¹⁰ Tomado de: Durán, A. (2015). Esquema general de procesos: exportación e importación en Puerto. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=T9uPVTSmEq8&t=113s>

- Nacionalización de la carga: La carga que pasa el proceso de inspección pasa por un monitoreo documental y finalmente es nacionalizada para su comercio en el país correspondiente.
- Solicitud de carga: Los agentes de transporte realizan una solicitud al puerto de una cita para recoger la carga respectiva, llenan unos formularios y se les dan las condiciones para la salida del puerto.
- Retiro carga importada: Entra un camión vacío por una primera báscula, luego recoge el contenedor en el depósito portuario después de un control documental, pasa por una segunda báscula y sale del puerto hacía el importador.

9.2.8. Transporte terrestre (país de destino)

Se refiere al vehículo terrestre usado para recoger la carga en el puerto de destino y transportarla por el territorio extranjero hasta el cliente final (importador). Este puede ser parte de un operador logístico o perteneciente al mismo cliente.

El tiempo y eficiencia de este transporte en el país de destino depende del vehículo utilizado, las rutas elegidas y las condiciones viales de dicho país. Con respecto a los países de destino utilizados en la simulación del caso de estudio, se tienen las siguientes características:

9.2.8.1. Países Bajos¹¹

Países Bajos tiene una red vial moderna y amplia (de 139.000 km), sin embargo, la capacidad de las carreteras es a menudo incapaz de soportar la demanda de transporte, lo que resulta en congestión vehicular.

El país posee una red interna de vías navegables que cubren 6.237 km, por donde navegan barcos de hasta 50 toneladas. En 2006, 318 millones de toneladas de productos pasaron por vías navegables internas, lo cual representa el 30% de los productos transportados por todos los Países Bajos. De acuerdo con el gobierno neerlandés, su plan a largo plazo es promover la navegación interior y reducir el tráfico en las carreteras.

9.2.8.2. Reino Unido

La infraestructura vial de Reino Unido está compuesta por una red de carreteras de 394.428 km que se extiende por todo el país, los cuales en su totalidad se encuentran pavimentados e incluyen 3.520 km de autopistas. Entre las autopistas importantes están la A1 que conecta Londres con el Norte del país, la M3 que conecta a la ciudad con el Oeste del país, entre otras. Por otra parte, la

¹¹ Tomado de: Santander Trade Markets. (Septiembre de 2020). Países Bajos: Exportación de productos. Obtenido de Santandertrade: https://santandertrade.com/es/portal/gestionar-embarques/paises-bajos/exportacion-de-productos?accepter_cookies=oui

infraestructura ferroviaria del Reino Unido cuenta con una extensión de 16.567 km, la cual se utiliza tanto para el transporte de carga como para servicios de pasajeros (ProColombia, S.f.).

Se debe tener en cuenta el peso máximo vehicular para el tránsito de los diferentes vehículos por las carreteras nacionales del Reino Unido, pues para un vehículo de tres ejes, como suelen ser los tractocamiones que transportan los contenedores, este peso máximo es de 25.000 kilogramos o 26.000 con suspensión compatible con la carretera (Department for Transport, 2010).

9.2.8.3. EE. UU

Estados Unidos cuenta con la red de carreteras interestatales, la cual es un sistema de autopistas gratuitas que forman parte del Sistema Viario Nacional. Cuenta con una longitud de 75.376 km, que vertebró todo su sistema de transportes y se considera esencial para la defensa, movilidad y economía del país. Estas carreteras son ventajosas para el transporte de contenedores debido a su doble función, están diseñadas para soportar el tráfico de automóviles y vehículos pesados (Moldtrans, 2014).

Al momento de realizar exportaciones al mercado de Estados Unidos, se debe tener en cuenta el transporte interno por carretera, así como el peso máximo permitido para los camiones.

Tabla 13.

Peso máximo permitido por contenedor para contenido refrigerado.

Contenedor (ft)	Tipo de Carga	Tipo de chasis	Máximo (kilogramos)
20	Refrigerada	Slider Chasis	15.830
40	Refrigerada	Slider Chasis de 3 ejes	18.010
	Refrigerada	(H = 8ft 6in) Chasis	18.050
	HC Refrigerada	(H = 9ft 6in) Chasis	17.830

Adaptado de: ProColombia. (S.f.). Perfil logístico de exportación a Estados Unidos. Obtenido de <https://www.colombiatrader.com.co/herramientas-del-exportador/perfiles-logisticos-de-exportacion-por-pais/perfil-logistico-de-exportacion-estados-unidos>

9.2.9. Importador

El importador del producto se refiere al cliente final, el último integrante de la cadena logística de exportación. Generalmente el aguacate Hass es exportado y vendido a grandes superficies que posteriormente lo comercializan en sus respectivas sucursales. Al llegar el producto a éste, termina la distribución internacional.

En cuanto a los clientes escogidos para representar en el modelo, se estableció para cada país de destino un cliente con una demanda de aguacate elevada.

En el caso de Reino Unido existe un centro de comercialización del aguacate Hass colombiano ubicado en Paddock Wood, el cual después se encarga de distribuirlo a las cadenas de supermercados Marks & Spencer y supermercados Sainsbury's. (Uribe, 2017)

De la misma manera, en el caso de Países Bajos, se cuenta con un centro de comercialización de este fruto donde llegan las exportaciones que se hacen desde Colombia y posteriormente se distribuye para satisfacer el alto consumo de aguacate Hass dentro del país; este centro se encuentra ubicado en las afueras de Rotterdam.¹²

Para Estados Unidos, hubo un incremento en el consumo de aguacate Hass en el sudeste del país, principalmente en Miami, además de Tampa, Orlando y Jacksonville (Portal Frutícola, 2020). Tras lo descrito, la ciudad escogida para el cliente final en Estados Unidos es Miami, específicamente el centro de distribución de la cadena Walmart, que es la minorista más grande del país.

9.3. DATOS EXPORTACIÓN AGUACATE HASS

El aguacate Hass es, sin duda, todo un fenómeno de la agricultura nacional: Colombia ocupa ya el cuarto puesto como productor mundial, con 540 mil toneladas, antecedida por México (1.9 millones), Perú (470 mil) y Chile (133 mil), y ha pasado a ser la segunda fruta de exportación después del banano, con ventas que se acercaron a los US\$62 millones en el 2018 (SAC, 2020).

Tabla 14.

Exportaciones de Aguacate en kilogramos

	2017	2018	2019	TOTAL
Total Mundo	28.487.049	30.008.709	44.570.068	103.065.826
Estados Unidos	29.292	346.185	1.404.643	1.780.120
Reino Unido	6.759.671	5.506.200	8.814.826	21.080.697
Países Bajos	10.183.655	13.991.590	21.398.946	45.574.191

Adaptado de TradeMap. (2019). Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas. Valores de exportación. Obtenido de TradeMap:

<https://www.trademap.org/Index.aspx?lang=es>

Dado que la simulación se realizará con base en los datos correspondientes al 2019, se resumen los porcentajes de exportación a los destinos elegidos para este año:

Tabla 15.

Porcentajes representativos de exportación de aguacate para el año 2019

Países Bajos	21.398946	67,68%
Reino Unido	8.814.826	27,88%
EE. UU.	1.404.643	4,44%
	31.618.415	

Fuente: Elaboración propia

¹² Tomado de: <https://www.cartamaeurope.com/>

Según el origen de las exportaciones, los departamentos tuvieron el siguiente comportamiento durante el 2019:

Tabla 16.

Toneladas exportadas durante 2019 por algunos departamentos de Colombia.

Departamento	Toneladas
Antioquia	24.034
Risaralda	14.461
Valle del Cauca	3.616
Caldas	1.869
Otros	4.642

Adaptado de: MinAgricultura. (2020). Cadena productiva Aguacate. Obtenido de MinAgricultura: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Durante el año 2019, el departamento de Antioquia entregó el 49% de la fruta exportada, seguido Risaralda y Valle del Cauca con el 30% y 7%, respectivamente. Además, en los últimos 5 años la dinámica comercial de la cadena productiva de aguacate ha cambiado, debido al aumento de la producción de aguacate variedad Hass, que ha permitido que Colombia conquiste los mercados internacionales con demanda insatisfecha de la fruta en fresco.

Desde el año 2019 fue excepcional la dinámica productiva y comercial a tal punto que se incrementaron 48% las exportaciones respecto al año 2018, registrando importaciones casi nulas de este producto. (MinAgricultura, 2020).

Dentro de la simulación del caso de estudio, los datos de las tres sucursales se basarán en datos históricos de tres empresas exportadoras de aguacate Hass muy representativas en el país, teniendo como referencia:

Tabla 17.

Kilogramos de aguacate exportado por algunas comercializadoras del país.

	2017	2018	2019
SUCURSAL 1	4.999.656	5.956.544	10.646.092
SUCURSAL 2	4.881.901	4.967.015	7.716.040
SUCURSAL 3	1.863.540	3.507.108	4.255.221

Adaptado de: DIAN. (2020). Directorio de Exportadores Colombia. Obtenido de DIAN: <https://www.dian.gov.co/dian/cifras/Paginas/EstadisticasComEx.aspx>

Así mismo, se usarán los datos totales de las exportaciones de aguacate realizadas en Colombia durante el 2019.

Tabla 18.

Kilogramos de aguacate exportados por Colombia del 2017 al 2019.

	2.017	2.018	2.019
Enero	2.358.262	3.496.048	4.832.833
Febrero	1.473.459	3.916.344	6.016.789
Marzo	1.635.417	2.604.034	5.603.448
Abril	1.371.765	3.941.154	4.367.727
Mayo	2.501.184	1.916.525	3.191.354
Junio	4.215.585	1.267.535	3.072.758
Julio	1.775.703	1.645.686	2.699.480
Agosto	1.912.495	2.068.515	3.711.130
Septiembre	1.724.129	1.594.129	2.264.950
Octubre	2.899.082	2.659.114	2.821.044
Noviembre	2.434.373	2.739.757	2.771.791
Diciembre	4.185.595	2.159.868	3.216.764
Total año	28.487.049	30.008.709	44.570.068

Elaboración propia tomando como referencia DIAN. (2020). Directorio de Exportadores Colombia.
Obtenido de DIAN: <https://www.dian.gov.co/dian/cifras/Paginas/EstadisticasComEx.aspx>

Teniendo en cuenta la tabla anterior, se procede a calcular el porcentaje que representó cada uno de los meses dentro del total anual, así:

$$\frac{\text{Total exportaciones mes X, año W}}{\text{Total exportaciones año W}}$$

Del cálculo anterior, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 19.

Porcentajes de exportaciones mensuales de aguacate Hass en Colombia.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
2.017	8,3%	5,2%	5,7%	4,8%	8,8%	14,8%	6,2%	6,7%	6,1%	10,2%	8,5%	14,7%
2.018	11,7%	13,1%	8,7%	13,1%	6,4%	4,2%	5,5%	6,9%	5,3%	8,9%	9,1%	7,2%
2.019	10,8%	13,5%	12,6%	9,8%	7,2%	6,9%	6,1%	8,3%	5,1%	6,3%	6,2%	7,2%

Elaboración propia con datos de TradeMap. (2019). Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas. Valores de exportación. Obtenido de TradeMap:
<https://www.trademap.org/Index.aspx?lang=es>

Con base en los datos anuales encontrados para cada una de las sucursales y los porcentajes calculados, se obtiene un estimado del total de exportaciones mensuales de cada una de las sucursales durante los últimos años.

Tabla 20.

Exportaciones mensuales de aguacate entre 2017 y 2019 de la Sucursal 1.

Exportaciones Aguacate Hass (Toneladas)												
SUCURSAL 1	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2.017	414	259	287	241	439	740	312	336	303	509	427	735
2.018	694	777	517	782	380	252	327	411	316	528	544	429
2.019	1.154	1.437	1.338	1.043	762	734	645	886	541	674	662	768

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21.

Exportaciones mensuales de aguacate entre 2017 y 2019 de la Sucursal 2.

Exportaciones Aguacate Hass (Toneladas)												
SUCURSAL 2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2.017	404	253	280	235	429	722	304	328	295	497	417	717
2.018	579	648	431	652	317	210	272	342	264	440	453	357
2.019	837	1.042	970	756	552	532	467	642	392	488	480	557

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22.

Exportaciones mensuales de aguacate 2017 y 2019 de la Sucursal 3.

Exportaciones Aguacate Hass (Toneladas)												
SUCURSAL 3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2.017	154	96	107	90	164	276	116	125	113	190	159	274
2.018	409	458	304	461	224	148	192	242	186	311	320	252
2.019	461	574	535	417	305	293	258	354	216	269	265	307

Fuente: Elaboración propia.

10. PRIMER ESCENARIO

Para la construcción del modelo de simulación, es importante tener en cuenta las limitaciones en cuanto a los elementos de simulación del software ProModel™. Por esta razón, se decidió dividir el proceso en tres modelos principales pertenecientes a la cadena logística de exportación del aguacate Hass, donde se realizan las actividades más trascendentes de este proceso.

Estos modelos son:

- Empacadora
- Transporte y logística nacional (puerto de origen de la exportación)
- Transporte y logística internacional (puerto de destino de la exportación)

A partir de allí, se realiza la construcción de los modelos donde se representen las 3 sucursales de la empacadora, los 3 puertos de origen y los 3 puertos de destino, obteniendo finalmente 9 modelos de simulación que se irán conectando de la siguiente manera:

- En los modelos de las empacadoras, se calculan las llegadas de los lotes de aguacate a partir de los datos de exportaciones consultados (Ver Tabla 20, 21 & 22). Del primer modelo se obtienen como salidas los contenedores de aguacate Hass a exportar que se despachan a los puertos de origen.
- En los modelos de puertos de origen, las entradas están representadas por los contenedores de aguacate despachados desde las tres sucursales, de acuerdo con porcentajes asignados para la distribución en los puertos, de tal manera que cada uno recibiera una cantidad determinada de contenedores de cada sucursal.

En estos modelos se transportan los contenedores desde las empacadoras hasta los puertos de origen y se representa todo el proceso en el puerto, solo de los contenedores que son objeto de exportación, hasta que son embarcados a los puertos de destino.

- Finalmente, en los modelos de puertos de destino, las entradas están representadas por los contenedores embarcados desde cada uno de los puertos de origen, haciendo uso de una distribución porcentual para definir su país de destino.

En estos modelos, se incluye el transporte marítimo entre puertos y se representa todo el proceso en el puerto de destino, solo de aquellos contenedores provenientes de los puertos de origen hasta que, finalmente, son llevados hasta el cliente final.

El tiempo de simulación elegido fue de 1 año calendario y los datos usados para iniciar la ejecución del modelo se basaron en la información histórica de las exportaciones del año 2019.

11. DESARROLLO MODELO 1: EMPACADORAS

11.1. DIAGRAMA DEL PROCESO

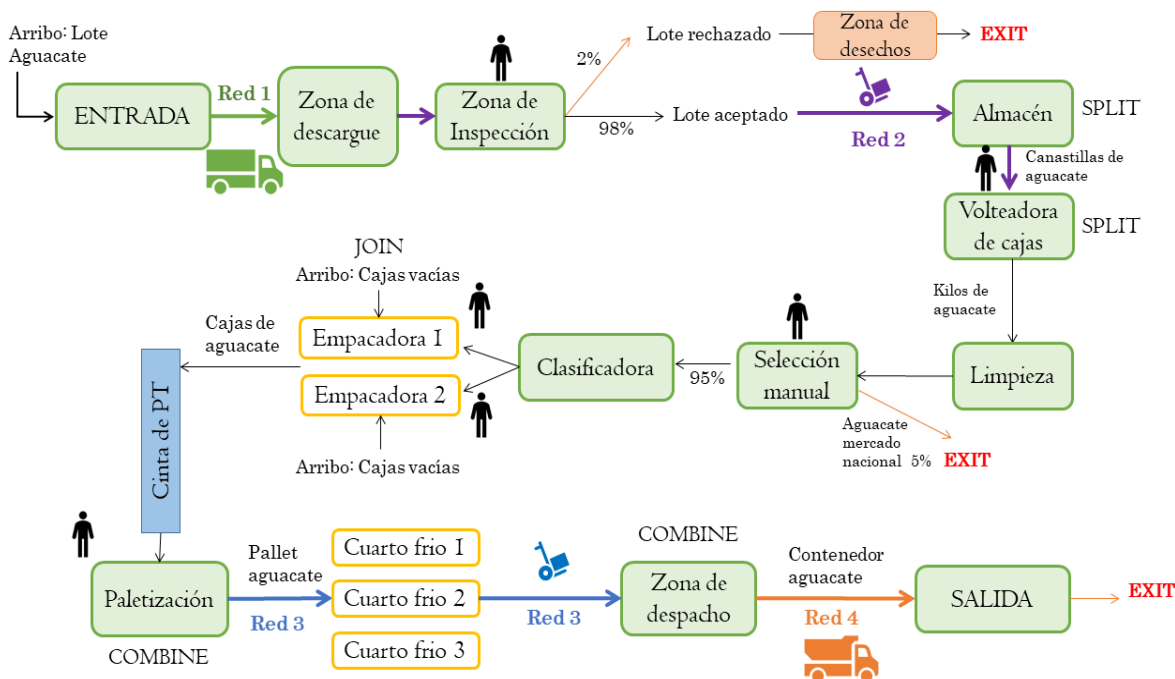


Figura 29. Diagrama del proceso dentro de la Sucursal

Fuente: Elaboración propia

11.2. PRUEBA PILOTO

Antes de ejecutar la simulación de las sucursales, era necesario estimar las llegadas que tendría el modelo teniendo en cuenta los datos de exportación de aguacate Hass obtenidos previamente; estos datos muestran los kilogramos estimados de este fruto que fueron exportados mensualmente desde el 2017 hasta el año 2019 (Ver Tablas [20](#), [21](#) y [22](#)).

Para ello, se pensó inicialmente en dividir cada uno de los datos mensuales en la cantidad de días que le correspondía a cada mes con base en el calendario del año que se trabajaría (2019) y a partir de allí, hacer un promedio de cuántos kilogramos de aguacate entrarían diariamente a cada sucursal, teniendo ocurrencias infinitas y una frecuencia de llegada de 24 horas.

Tabla 23.

Entradas de kilogramos de aguacate a las sucursales en promedio

	Promedio	Máximo	Mínimo	Rango	Desviación
Sucursal 1	29.299,58	51.328	18.034	33.294	10.206,32
Sucursal 2	21.235,42	37.201	13.070	24.131	7.397,40
Sucursal 3	11.711	20.516	7.208	13.308	4.079,46

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, al calcular la desviación se encontró que las llegadas programadas de esta manera no tendrían congruencia con la realidad debido a la fluctuación que presentaban los datos, por lo que la idea de manejar un promedio en esta situación no representaría el comportamiento real del sistema.

Por otra parte, las llegadas no podían darse en kilogramos de aguacate ya que con base a la información consultada, a las empacadoras llegan lotes de aguacate mediante vehículos turbo, los cuales pueden transportar hasta 4,5 toneladas¹³; por lo tanto esta es la cantidad de toneladas de aguacate que conforma cada uno de los lotes.

Posteriormente, se pasaron los datos a lotes de aguacate y se calcularon los lotes diarios que llegarían a las sucursales durante cada uno de los meses.

Tabla 24.

Entradas de Lotes de aguacate mensuales para Sucursal 1.

	Kg Exportados	Toneladas	Lotes	Lotes diarios
Enero	1.154.380	1.154	256	8,3
Febrero	1.437.182	1.437	319	11,4
Marzo	1.338.450	1.338	297	9,6
Abril	1.043.284	1.043	232	7,7
Mayo	762.293	762	169	5,5
Junio	733.965	734	163	5,4
Julio	644.803	645	143	4,6
Agosto	886.448	886	197	6,4
Septiembre	541.010	541	120	4,0
Octubre	673.840	674	150	4,8
Noviembre	662.075	662	147	4,9
Diciembre	768.362	768	171	5,5

Fuente: Elaboración propia

Con los datos anteriores, se intentó hacer de nuevo la estimación de las llegadas haciendo uso de la herramienta de ProModelTM llamada Stat::Fit, a través de la cual se obtienen distribuciones estadísticas de acuerdo con la naturaleza de los datos que se ingresan.

Se ingresaron entonces los datos de llegadas diarias de lotes para cada uno de los 12 meses, en este caso, pertenecientes a la Sucursal 1 y al ejecutar esta herramienta, se obtuvieron algunas distribuciones a través de las cuales, según el aplicativo, se podrían describir los datos insertados.

¹³ Consultado desde: TCC (s.f). Tipos de vehículos de carga masiva. Recuperado de: <https://www.tcc.com.co/transporte/carga-masiva-tipos-de-vehiculos/>

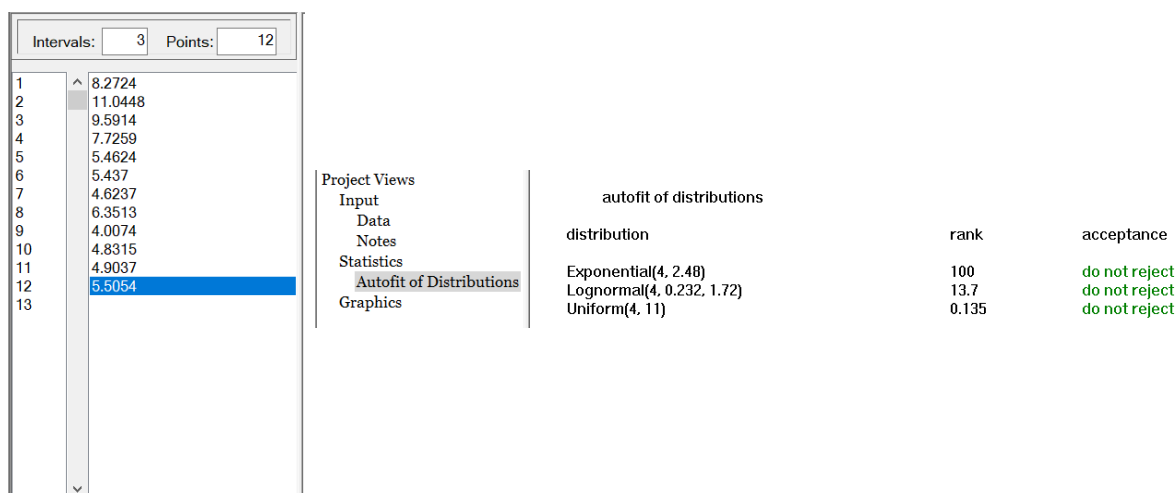


Figura 30. *Distribuciones de StatFit para las llegadas de lotes a la Sucursal 1*
Tomado de: Estadísticas StatFit

De las distribuciones arrojadas por Stat::Fit, la que representaba mejor a los datos ingresados era la exponencial; la cual se ingresó en el modelo como la cantidad de llegadas diarias para esta sucursal, con ocurrencias infinitas. Sin embargo, al ejecutar la simulación, solo salieron del sistema 63 contenedores de aguacate, es decir, 1.512 toneladas, cuando se esperaba la salida de 10.645 toneladas

Sin duda, se debía encontrar otra estrategia para diseñar las entradas del modelo; por lo que se analizaron nuevamente los datos mensuales estimados y se observó que los datos variaban en gran medida mes a mes, así que sería mejor no mezclarlos, sino programar una entrada para cada uno de ellos.

Buscando resolver el problema, se plantearon las preguntas clave, que al responderlas, darían solución a los datos de llegadas al sistema, estas fueron: ¿cuántos lotes deben ingresar cada mes para cumplir la demanda?, ¿cuántos lotes deben ingresar al día? y ¿cada cuánto tiempo debe ingresar un lote?

A partir de allí y teniendo en cuenta los datos estimados de las toneladas mensuales exportadas por cada sucursal durante el 2019:

Tabla 25.
Toneladas exportadas por las Sucursales durante el 2019

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sucursal 1	1.154	1.437	1.338	1.043	762	734	645	886	541	674	662	768
Sucursal 2	837	1.042	970	756	552	532	467	642	392	488	480	557
Sucursal 3	461	574	535	417	305	293	258	354	216	269	265	307

Fuente: Elaboración propia

Se plantearon y siguieron una serie de pasos lógicos buscando hallar respuesta a las preguntas planteadas:

- Primero, se dividió el total de toneladas mensuales por la cantidad de toneladas que iba a contener cada uno de los lotes que arribaría al modelo (4.5 ton), obteniendo entonces la cantidad de lotes que deben ingresar mensualmente a las sucursales, cantidad que representa las ocurrencias por mes.

Tabla 26.

Cantidad de lotes que ingresan mensualmente a las Sucursales

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sucursal 1	257	319	297	232	169	163	143	197	120	150	147	171
Sucursal 2	186	231	216	168	123	118	104	143	87	109	107	124
Sucursal 3	103	128	119	93	68	65	57	79	48	60	59	68

Fuente: Elaboración propia

- Luego, se calculó el número de lotes que llegarían diariamente por cada uno de los meses, teniendo en cuenta la cantidad de días del respectivo mes.

Tabla 27.

Número de llegadas diarias a las sucursales de lotes de aguacate

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sucursal 1	8	11	10	8	5	5	5	6	4	5	5	6
Sucursal 2	6	8	7	6	4	4	3	5	3	4	4	4
Sucursal 3	3	5	4	3	2	2	2	3	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia

- Finalmente, se dividieron las 24 horas del día entre el número de lotes diarios que debían llegar a las sucursales, encontrando así cada cuánto tiempo debía ingresar un lote al sistema.

Tabla 28.

Frecuencia de llegada de lotes de aguacate en horas

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sucursal 1	2,900	2,104	2,501	3,106	4,392	4,414	5,192	3,777	5,989	4,969	4,894	4,357
Sucursal 2	4,002	2,903	3,451	4,285	6,060	6,091	7,164	5,211	8,263	6,855	6,752	6,012
Sucursal 3	7,256	5,264	6,258	7,770	10,988	11,044	12,991	9,449	14,983	12,431	12,244	10,902

Fuente: Elaboración propia

De esta forma, se digitarían una cantidad de 12 entradas en total para cada sucursal, una por cada mes del año. Se decidió además que la primera vez para las llegadas mensuales sería el penúltimo día del mes anterior a las 12:00 am, buscando que al finalizar el mes ya se hubiese procesado y despachado el aguacate esperado. Sin embargo, para el mes de enero la primera vez se programó

18 horas antes que en los demás meses, debido a que en este momento apenas iniciaría el funcionamiento del sistema y tardaría un tiempo en funcionar de forma continua.

Para comprobar si esta vez las entradas sí representaban la realidad del sistema, se ejecutó la simulación para la sucursal 1 y los resultados mostraron una salida de contenedores mucho más cercana a la esperada que en el intento anterior.

Tabla 29.

Salidas esperadas vs salidas reales Sucursal 1 – intento 1

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Salidas esperadas	48	60	56	43	32	31	27	37	23	28	28	32	445
Salidas reales	47	55	53	39	29	29	25	34	20	27	25	28	411

Fuente: Elaboración propia

A pesar de la cercanía de los datos, hubo una diferencia de 34 contenedores, que representan 816.000 kilogramos de aguacate Hass. Tras buscar la causa de esta diferencia, se encontró que se pasó por alto el hecho de que, dentro del procesamiento del aguacate en las sucursales, parte de este salía del sistema ya fuera como aguacate para venta nacional o como aguacate rechazado en el control de calidad. Esto significaba que no era conveniente diseñar las entradas de lotes con base en los datos de las exportaciones que se iban a realizar, sino que debía ingresar más aguacate del que se pretendía exportar para que después de los filtros se alcanzara a exportar la cantidad esperada.

Se decidió multiplicar la cantidad de toneladas exportadas por un factor, para hallar la cantidad de lotes que debían entrar al sistema; este factor se halló después de varias iteraciones de prueba y error, digitando las entradas del modelo y llegando a una cifra final que permitiera la salida del sistema de una cantidad de contenedores muy cercana a lo esperado. El factor de multiplicación al que se llegó fue *1,0950*.

De esta manera, se obtuvieron finalmente las llegadas óptimas que permitieran tener las salidas de contenedores que se esperaban para la Sucursal 1, teniendo así la información necesaria para las demás sucursales.

Tabla 30.

Comparación salidas esperadas vs salidas reales con nuevos datos

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Salidas esperadas	48	60	56	43	32	31	27	37	23	28	28	32	445
Salidas reales	51	60	57	43	32	32	27	37	23	29	28	30	449

Fuente: Elaboración propia

11.3. ELEMENTOS DE LA SIMULACIÓN

11.3.1. Arribos

Los arribos de lotes a los modelos de las Sucursales se definieron teniendo en cuenta las exportaciones de aguacate Hass realizadas en 2019, los pasos definidos en la prueba piloto y el factor encontrado, obteniendo los siguientes parámetros para las llegadas:

Ocurrencias:

Tabla 31.

Cantidad de llegadas mensuales a las sucursales

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sucursal 1	281	350	326	254	185	179	157	216	132	164	161	187
Sucursal 2	204	253	236	184	134	129	114	156	95	119	117	136
Sucursal 3	112	140	130	101	74	71	63	86	53	66	64	75

Fuente: Elaboración propia

Frecuencia:

Tabla 32.

Frecuencia de llegada de lotes de aguacate en horas con factor

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sucursal 1	2,649	1,922	2,284	2,836	4,011	4,031	4,742	3,449	5,469	4,537	4,469	3,979
Sucursal 2	3,654	2,651	3,152	3,913	5,534	5,562	6,542	4,759	7,546	6,261	6,166	5,490
Sucursal 3	6,627	4,808	5,715	7,096	10,035	10,086	11,863	8,630	13,683	11,352	11,181	9,956

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, a estos modelos también arriban cajas vacías a las locaciones “Empacadora 1” (3 cajas) y “Empacadora 2” (10 cajas), con ocurrencias infinitas y una frecuencia de llegada de 1 minuto. Se programó de esta manera dado que en la empacadora 2 se empaca el aguacate Hass con mayor calibre, el cual equivale al 75% del aguacate total que se procesa.

11.3.2. Locaciones

Las capacidades y tiempos de las locaciones se determinaron teniendo en cuenta datos encontrados sobre las instalaciones cada una de las sucursales. La sucursal 1 cuenta con maquinaria Maf-Roda de 4 líneas, capaz de procesar 18.000 kilogramos de aguacate Hass por hora; por otro lado, la sucursal 2 cuenta con una máquina greefa holandesa de 6 líneas con capacidad de procesar 16.000 kilogramos por hora y por último la sucursal 3 posee una capacidad de procesar 3.000 kilogramos por hora.

La locación de limpieza abarcará los procesos de desbasurador y cepillado de la fruta, a la vez que la locación “Clasificadora” incluirá la función del Singulador.

Tabla 33.
Datos locaciones de Sucursales

Locación	Entidad (es) que alberga	Sucursal 1		Sucursal 2		Sucursal 3	
		Capacidad	Tiempo de permanencia de la entidad	Capacidad	Tiempo de permanencia de la entidad	Capacidad	Tiempo de permanencia de la entidad
Entrada	Lote aguacate	1	10 min	1	10 min	1	10 min
Zona de descargue	Lote aguacate	3	30 min	3	30 min	3	30 min
Inspección	Lote aguacate	3	30 min	3	30 min	3	30 min
Zona de desechos	Lote aguacate	1	0 min	1	0 min	1	0 min
Almacén	Lote aguacate	5	1 min	3	1 min	3	1 min
	Canastilla aguacate		0 min		0 min		0 min
Volteadora de cajas	Canastilla aguacate	39	1,8 min	36	1,9 min	34	9,53 min
	Kilo aguacate		0 min		0 min		0 min
Limpieza	Kilo aguacate	541	1,8 min	502	1,9 min	476	9,53 min
Selección manual	Kilo aguacate	541	1,8 min	502	1,9 min	476	9,53 min
Clasificadora	Kilo aguacate	541	1,8 min	502	1,9 min	476	9,53 min
Empacadora 1	Caja Vacía	5.000	15 seg	3.500	15 seg	1.875	20 seg
Empacadora 2	Caja Vacía	15.000	15 seg	10.500	15 seg	5.625	20 seg
Cinta de PT	Caja Aguacate	30	move	30	move	30	move
Paletización	Caja Aguacate	600	5 min	504	5 min	504	5 min
	Pallet Aguacate		0 min		0 min		0 min
Cuarto frío 1	Pallet Aguacate	50	12 hr	50	12 hr	70	12 hr
Cuarto frío 2	Pallet Aguacate	50	12 hr	10	5 hr	70	12 hr
Cuarto frío 3	Pallet Aguacate	50	12 hr	50	12 hr	70	12 hr
Zona de despacho	Pallet Aguacate	25	30 min	25	30 min	25	30 min
	Contenedor Aguacate		0 min		0 min		0 min
Salida	Contenedor Aguacate	1	10 min	1	10 min	1	10 min

Fuente: Elaboración propia

11.3.3. Entidades

- Lote Aguacate
- Canastilla aguacate
- Kilo aguacate
- Caja Vacía
- Caja Aguacate
- Pallet Aguacate
- Contenedor Aguacate

Las entidades del sistema se relacionan de la siguiente manera:

En un lote de aguacate, llegan 320 canastillas de aguacate y cada una de estas contiene 14 kilogramos de aguacate. Más adelante en el proceso, se empaacan 4 kilos de aguacate en una caja vacía, conformando una caja de aguacate y 300 de estas cajas conforman un pallet de aguacate en la Sucursal 1 y 2, mientras que en la sucursal 3 tan solo 252 cajas forman un pallet. Por último, un contenedor de aguacate está formado por 20 pallets de aguacate Hass.

11.3.4. Recursos

Se determinan la velocidad de los recursos y la cantidad de recursos por cada sucursal, con la única diferencia que en la Sucursal 1 se cuentan con menor cantidad de operarios, a causa de que en el proceso de selección manual se tiene además un verificador de calidad computarizado.

Tabla 34.
Recursos Sucursales

Recurso	Velocidad vacío (mpm)	Velocidad lleno (mpm)	Cantidad Sucursal 1	Cantidad Sucursal 2	Cantidad Sucursal 3
Operario	N/A	N/A	3	5	5
Transpalé_1	100	100	2	2	2
Transpalé_2	100	100	2	2	2
Tractomula	1.000	833	1	1	1
Turbo	1.333	1.000	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

11.3.5. Redes

Tabla 35.
Redes de ruta Sucursales

Ruta	Origen	Destino	Distancia (m)
R1	Entrada	Zona de descarga	100
R2	Zona de descargue	Inspección	50
	Inspección	Zona de desechos	50
	Inspección	Almacén	50
	Almacén	Volteadora de cajas	5

Ruta	Origen	Destino	Distancia (m)
R3	Paletizado	Cuarto frío 1	2 min
	Cuarto frío 1	Cuarto frío 2	2 min
	Cuarto frío 2	Cuarto frío 3	2 min
	Cuarto frío 3	Zona de despacho	2 min
R4	Zona de despacho	Salida	100

Fuente: Elaboración propia

11.3.6. Variables

- Lotes Rechazados
- Kg Aguacate Nacional
- Pallets en Cuartos Fríos
- Contenedores S1 Despachados
- Kg Aguacate Procesado
- Kg en Limpieza
- Kg en Selección
- Kg en Clasificadora
- Pallets en despacho

11.3.7. Atributos

- Calibre del aguacate Hass:
ID: acalibre_hass
Tipo: Entero
Clasificación: Entidad
- Cuarto frío destino:
ID: apallets
Tipo: Entero
Clasificación: Entidad

11.3.8. Distribución de usuario

ID: dcalibre_hass

Tipo: Discreto

Tabla definida

ID: d_pallets

Tipo: Discreto

Tabla definida

Porcentaje	Valor
7	14
8	16
10	18
25	22
30	24
20	26

Porcentaje	Valor
34	1
33	2
33	3

Figura 31. Distribuciones de usuario de sucursales

Fuente: Elaboración propia en ProModel™

11.3.9. Proceso

El proceso con el que se programó la simulación del sistema de las sucursales se puede encontrar en el Anexo 1, Hoja 1 del presente trabajo.

11.3.10. Información general de la simulación

La simulación del modelo uno se hará desde el 29 de diciembre de 2018 hasta el 30 de diciembre de 2019. Además, la información del modelo se trabajará en minutos y metros.

11.4. EJECUCIÓN DEL MODELO

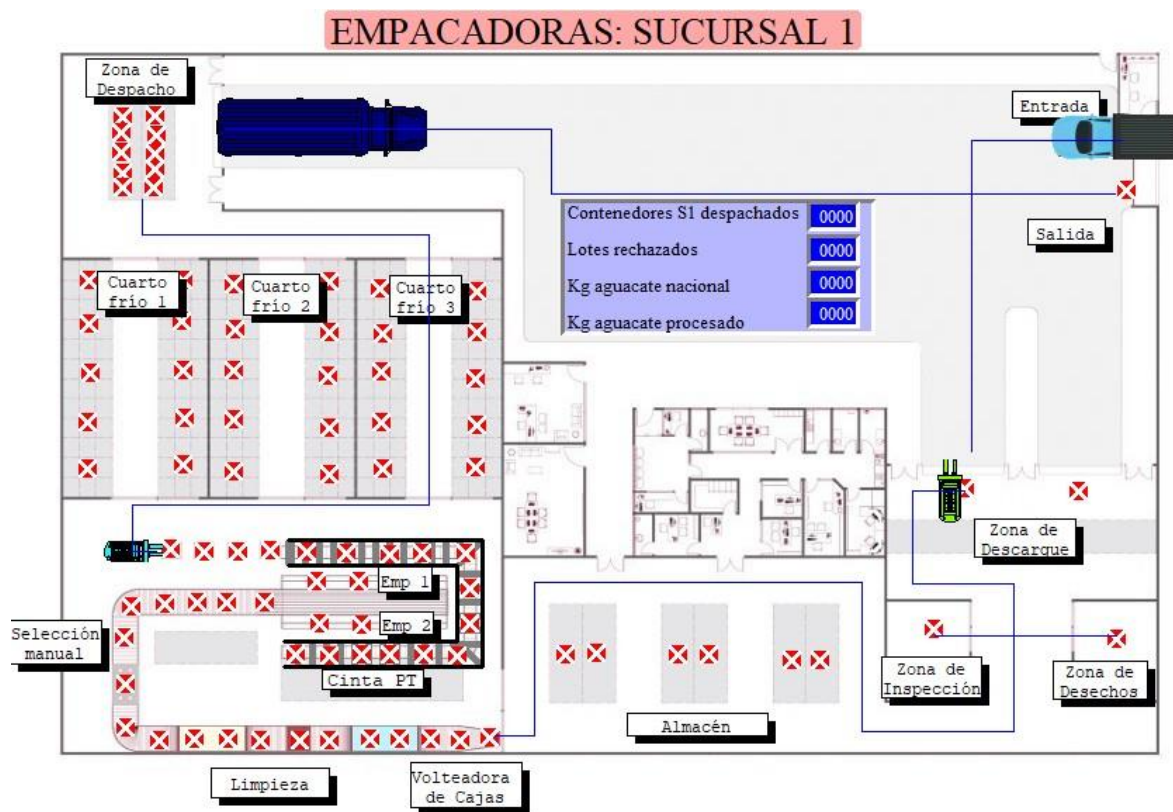


Figura 32. Interfaz modelo sucursales en ProModel™

Fuente: Elaboración propia

Después de diseñar la interfaz de los modelos de las sucursales y pasar toda la información del modelo a ProModel™, se procede a ejecutar los modelos de las tres sucursales.

11.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

11.5.1. Salidas de contenedores

Para conocer en qué momento ocurrieron las salidas del sistema, se exportaron desde las estadísticas los datos de series de tiempo de la entidad “Contenedor aguacate”, la cual es la entidad

que se despacha desde las sucursales a los puertos nacionales y posteriormente llega al cliente. Este documento se puede encontrar en el Anexo 1, Hoja 2 del presente trabajo.

11.5.2. Llegadas fallidas

Tabla 36.

Llegadas fallidas Empacadoras

Nombre	Locación	Total Fallidas S1	Total Fallidas S2	Total Fallidas S3
Lote Aguacate	Entrada	2,00	0,00	0,00
Caja Vacía	Empacadora 1	868.998	1.056.576	1.278.018
Caja Vacía	Empacadora 2	3.121.244	3.687.764	4.350.604

Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 1, 2 y 3)

Durante la simulación, la sucursal 1 fue la única que presentó llegadas fallidas en cuanto a los lotes de aguacate (2 en total), situación que se pudo presentar por el tiempo de ejecución que tuvo el modelo, es decir, de acuerdo con la configuración de llegadas programadas, no alcanzaron a entrar al sistema 2 de los lotes que se habían dispuesto para ello. Se puede concluir que no es un problema de capacidad, dado que en el momento en el que finaliza el modelo, las locaciones que albergan la entidad “Lote Aguacate” se encuentran vacías.

En cuanto al número de llegadas fallidas de la entidad “Caja Vacía” se debe a la capacidad de las locaciones a las que arriba, ya que, al momento de finalizar la simulación, estas se encuentran completamente llenas; esto puede deberse a que se tiene una llegada muy alta de esta entidad, además de que a las locaciones “Empacadora 1” y “Empacadora 2” ingresa también la entidad “Kilo Aguacate”. Por lo anterior, sería factible buscar estrategias que sincronicen la llegada de los kilos de aguacate con las cajas vacía, para que así solo ocupen la locación las entidades necesarias para el proceso de empaque y no se presenten aglomeraciones.

11.5.3. Resumen de entidades

Tabla 37.

Resumen entidades Sucursal 1

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual en Sistema	Tiempo en Sistema Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)
Lote Aguacate	2.590	0	1,24	0,03
Canastilla Aguacate	812.480	0	0,16	0,12
Kilo Aguacate	11.374.720	0	0,09	0,00
Caja Vacía	0	20.000	0,00	0,00
Caja Aguacate	2.701.500	93	64,42	64,40
Pallet Aguacate	8.980	25	21,48	9,34
Contenedor Aguacate S1	449	0	0,34	0,00

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 1)

Tabla 38.
Resumen entidades Sucursal 2

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual en Sistema	Tiempo en Sistema Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)
Lote Aguacate	1.877	0	1,21	0,01
Canastilla Aguacate	587.520	0	0,18	0,14
Kilo Aguacate	8.225.280	0	0,09	0,00
Caja Vacía	0	14.000	0,00	0,00
Caja Aguacate	1.953.300	195	62,66	62,64
Pallet Aguacate	6.500	11	22,62	12,83
Contenedor Aguacate S2	325	0	0,34	0,00

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 2)

Tabla 39.
Resumen entidades Sucursal 3

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual en Sistema	Tiempo en Sistema Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)
Lote Aguacate	1.035	0	1,21	0,01
Canastilla Aguacate	323.520	0	0,85	0,68
Kilo Aguacate	4.529.280	0	0,47	0,00
Caja Vacía	0	7.501	0,00	0,00
Caja Aguacate	1.075.536	176	61,87	61,85
Pallet Aguacate	4.260	8	31,62	19,49
Contenedor Aguacate S3	213	0	0,34	0,00

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 3)

Las tablas anteriores permiten observar qué tan cerca a la realidad se encuentran los modelos ejecutados, ya que muestran la cantidad de contenedores de aguacate que salieron de cada una de las sucursales.

Durante la simulación, estas salidas se registraron de forma mensual por medio de pausas de usuario para comparar con más exactitud las variaciones del modelo con respecto a las cifras esperadas según la realidad de estas sucursales durante el año 2019, obteniendo como resultado:

Tabla 40.
Salidas Empacadoras

Mes	Fecha inicio	Fecha final	Sucursal 1		Sucursal 2		Sucursal 3	
			Salidas esperadas	Salidas reales	Salidas esperadas	Salidas reales	Salidas esperadas	Salidas reales
Enero	29/12/2018	30/01/2019	48	51	35	37	23	24
Febrero	30/01/2019	27/02/2019	60	60	43	43	28	29
Marzo	27/02/2019	30/03/2019	56	57	40	41	27	26
Abril	30/03/2019	29/04/2019	43	43	32	31	21	21

Mes	Fecha inicio	Fecha final	Sucursal 1		Sucursal 2		Sucursal 3	
			Salidas esperadas	Salidas reales	Salidas esperadas	Salidas reales	Salidas esperadas	Salidas reales
Mayo	29/04/2019	30/05/2019	32	32	23	24	15	15
Junio	30/05/2019	29/06/2019	31	32	22	23	15	14
Julio	29/06/2019	30/07/2019	27	27	19	20	13	14
Agosto	30/07/2019	30/08/2019	37	37	27	26	18	17
Septiembre	30/08/2019	29/09/2019	23	23	16	16	11	11
Octubre	29/09/2019	30/10/2019	28	29	20	21	13	13
Noviembre	30/10/2019	29/11/2019	28	28	20	21	13	14
Diciembre	29/11/2019	30/12/2019	32	30	23	22	15	15
TOTAL			445	449	320	325	212	213

Fuente: Elaboración propia.

Los resúmenes de entidades de las diferentes sucursales muestran también como en la sucursal 1, de 2.590 lotes de aguacate que entraron a ella, se lograron procesar 449 contenedores de aguacate Hass para exportación, en la Sucursal 2 con la entrada de 1.877 lotes se procesaron 325 contenedores y en la Sucursal 3, 213 contenedores con el arribo de 1.035 lotes de aguacate Hass.

Se puede comprobar también que de acuerdo con las cantidades que conforman cada entidad en la programación del modelo, existe coherencia con la cantidad total que salió del sistema.

De esta manera se distribuyen las salidas del sistema y se puede corroborar la coincidencia con las cantidades programadas (Cálculos realizados con información de Sucursal 1):

Total Salidas Lote Aguacate	2.590	Total Salidas	812.480 canastillas	= 2.539 lotes
Lotes Aguacate Rechazados	-51	Canastillas	320 canastillas/ lote	
Lote Aguacate Procesado	2.539			
Kg en Cajas Aguacate	93cajas*4kg/caja	=	372 kg	
Kg en Pallet Aguacate	25 pallets * 300cajas/pallet * 4kg/caja	=	30000 kg	
Kg Aguacate en Sistema			30.372 kg	
Total Salidas Kg Aguacate	11.374.720	Kg Aguacate en Contenedores	449 contenedores * 20 pallets/ contenedor * 300 cajas/pallet * 4kg / caja	
Kg Aguacate Nacional	-568.342			
Kg Aguacate en Sistema	-30.372			
Kg Aguacate Procesado	10.776.006			10.776.000

Cabe resaltar que en este caso se entiende por salidas a aquellas entidades que pasaron a la locación siguiente de aquella donde termina su procesamiento, por lo que en el dato de salidas de “Kg Aguacate” se tienen en cuenta las cantidades de esta entidad agrupadas en otras entidades que continúan en el sistema como “Caja Aguacate” y “Pallet Aguacate”.

Por otro lado, al terminar la simulación, en las tres sucursales quedan algunas entidades dentro del sistema tales como “Caja Vacía”, “Caja Aguacate” y “Pallet Aguacate” las cuales están distribuidas en el sistema de la siguiente manera:

Tabla 41.
Entidades actuales en el sistema

Entidad	Locación	Sucursal 1	Sucursal 2	Sucursal 3
Caja Vacía	Empacadora 1	5.000	3.500	1.875
	Empacadora 2	10.000	10.500	5.626
		15.000	14.000	7.501
Caja Aguacate	Paletizado	93	195	176
Pallet Aguacate	Cuarto frío 1	4	2	2
	Cuarto frío 2	2	1	0
	Cuarto frío 3	5	2	2
	Zona de Despacho	14	6	4
		25	11	8

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a las cajas vacías, quedaron distribuidas entre la empacadora 1 y 2, ocupando la capacidad total de estas locaciones. Las cajas de aguacate están en la localización de Paletizado, donde no consiguieron convertirse en pallets de aguacate, ya que al terminar la simulación no estaba procesada la cantidad requerida de cajas de aguacate para estibar y completar el pallet de aguacate. Por último, algunos de los pallets de aguacate se encontraban al finalizar la simulación en los cuartos fríos a la espera de completar el ciclo de frío y otros en la zona de despacho.

Por otro lado, la entidad que pasa más tiempo promedio esperando y más tiempo en el sistema es “Caja Aguacate”, mostrando datos similares en las tres sucursales.

Tabla 42.
Tiempos promedio de caja de aguacate en el Sistema

	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)
Sucursal 1	64,42	64,40
Sucursal 2	62,66	62,64
Sucursal 3	61,87	61,85

Adaptado de: Tabla 37, 38 y 39

Es necesario recordar que el programa, a pesar de que la entidad de cajas de aguacate se convierte en pallets, continúa contando los tiempos de procesamiento de esta nueva entidad hasta que finalmente sale del sistema contenida en la entidad global de contenedor de aguacate; por lo tanto, la “Caja Aguacate” en la Sucursal 1 pasó en promedio 64,42 horas en el sistema antes de salir como parte de un contenedor de aguacate.

11.5.4. Estados de entidades

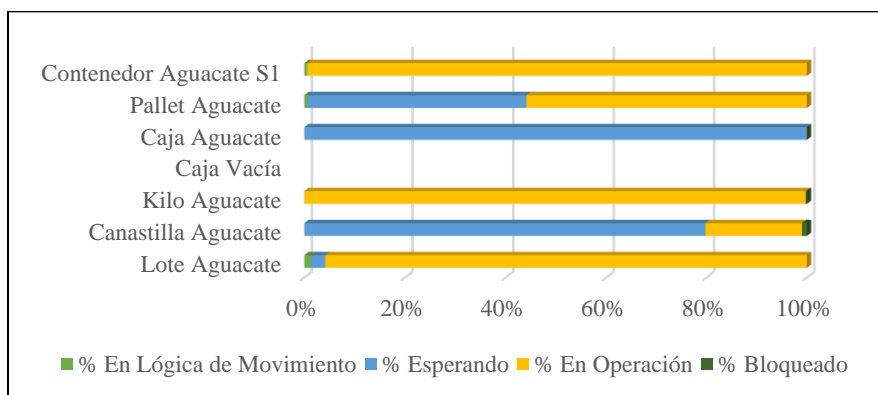


Figura 33. *Estados entidades Sucursal 1*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 1)

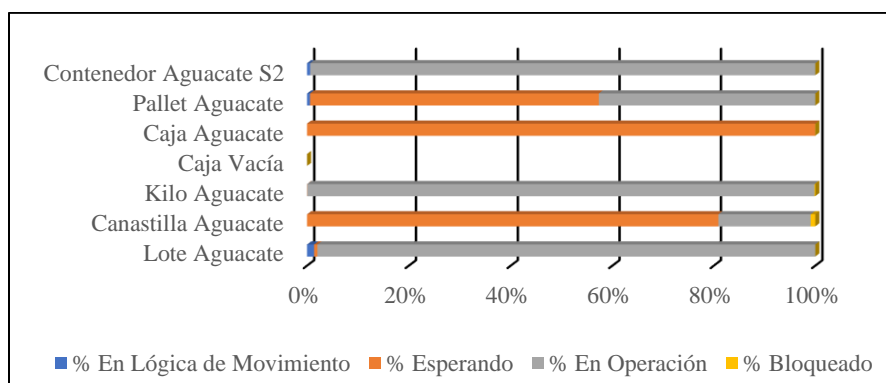


Figura 34. *Estados entidades Sucursal 2*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 2)

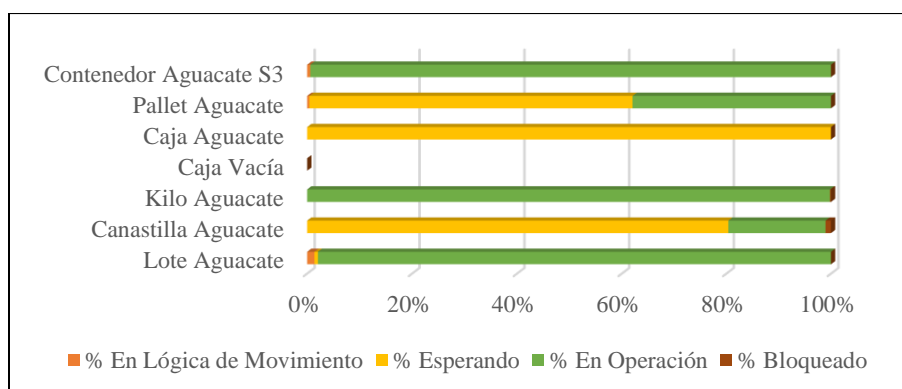


Figura 35. *Estados entidades Sucursal 3*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 3)

Los gráficos de estados de entidad para cada sucursal tienen mucha similitud, pues para todas se visualiza que los lotes de aguacate, kilos de aguacates, pallets de aguacate y los contenedores pasan la mayor parte de su tiempo en operación, sin presentar un bloqueo significativo, por lo cual se

entiende que la línea está fluyendo constantemente, evidenciando que las capacidades asignadas permiten un buen funcionamiento del proceso.

La entidad que pasa mayor tiempo esperando es la caja de aguacate, por motivo de que en la locación de Paletizado ésta debe esperar a que se procesen 299 cajas más (251 en la Sucursal 3), para conformar un pallet y continuar con su proceso en la sucursal.

11.5.5. Resumen de locaciones

Tabla 43.

Resumen locaciones Sucursal 1

Nombre	Capacidad	Total Entradas	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Entrada	1	2.590	0,04927	1	0	4,93
Zona de Descargue	3	2.590	0,15	2	0	4,92
Zona de Inspección	3	2.590	0,16	2	0	5,26
Almacén	5	2.539	0,08	1	0	1,58
Volteadora de Cajas	39	812.480	2,81	39	0	7,21
Limpieza	541	11.374.720	38,91	541	0	7,19
Selección manual	541	11.374.720	38,92	541	0	7,19
Clasificadora	541	10.806.378	36,98	541	0	6,84
Empacadora 1	5.000	679.887	4.933,24	5.000	5.000	98,66
Empacadora 2	15.000	2.041.706	14.826,87	15.000	15.000	98,85
Cinta PT	30	2.701.593	0,98	22	0	5,60
Paletizado	600	2.701.593	156,27	600	93	26,05
Cuarto frío 1	50	2.944	4,05	15	4	8,10
Cuarto frío 2	50	2.992	4,12	14	2	8,23
Cuarto frío 3	50	3.069	4,23	15	5	8,45
Zona de Despacho	25	8.994	9,63	22	14	38,53
Salida	1	449	0,01	1	0	0,85
Zona de Desechos	1	51	0,00	1	0	0,00

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 1)

Tabla 44.

Resumen locaciones Sucursal 2

Nombre	Capacidad	Total Entradas	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Entrada	1	1.877	0,04	1	0	3,57
Zona de Descargue	3	1.877	0,11	1	0	3,56
Zona de Inspección	3	1.877	0,11	1	0	3,62
Almacén	3	1.836	0,06	1	0	2,02
Volteadora de Cajas	36	587.520	2,18	36	0	6,05
Limpieza	502	8.225.280	30,01	502	0	5,98
Selección manual	502	8.225.280	30,02	502	0	5,98
Clasificadora	502	7.813.982	28,53	502	0	5,68
Empacadora 1	3.500	492.309	3.458,26	3.500	3.500	98,81
Empacadora 2	10.500	1.475.186	10.391,27	10.500	10.500	98,96

Nombre	Capacidad	Total Entradas	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Cinta PT	30	1.953.495	0,73	22	0	4,20
Paletizado	504	1.953.495	151,38	504	195	30,04
Cuarto frío 1	50	2.173	2,98	13	2	5,96
Cuarto frío 2	10	2.183	1,26	7	1	12,60
Cuarto frío 3	50	2.155	2,97	13	2	5,94
Zona de Despacho	25	6.506	9,57	22	6	38,26
Salida	1	325	0,01	1	0	0,62
Zona de Desechos	1	41	0,00	1	0	0,00

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 2)

Tabla 45.
Resumen locaciones Sucursal 3

Nombre	Capacidad	Total Entradas	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Entrada	1	1.035	0,02	1	0	1,97
Zona de Descargue	3	1.035	0,06	1	0	1,97
Zona de Inspección	3	1.035	0,06	1	0	2,00
Almacén	3	1.011	0,17	1	0	5,59
Volteadora de Cajas	34	323.520	5,91	34	0	17,39
Limpieza	471	4.529.280	81,52	471	0	17,31
Selección manual	471	4.529.280	81,52	471	0	17,31
Clasificadora	471	4.302.849	77,45	461	0	16,44
Empacadora 1	1.875	270.867	1.870,57	1.875	1.875	99,76
Empacadora 2	5.626	812.346	5.615,44	5.626	5.626	99,81
Cinta PT	30	1.075.712	0,37	22	0	2,10
Paletizado	504	1.075.712	125,47	252	176	24,89
Cuarto frío 1	70	1.506	2,06	8	2	2,95
Cuarto frío 2	70	1.417	1,95	10	0	2,78
Cuarto frío 3	70	1.345	1,85	9	2	2,65
Zona de Despacho	25	4.264	9,51	20	4	38,03
Salida	1	213	0,00	1	0	0,41
Zona de Desechos	1	24	0,00	1	0	0,00

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 3)

En las anteriores tablas, que muestran el comportamiento de las locaciones en el modelo, se hace relevante analizar el dato “Cantidad máxima” y compararlo con la capacidad total de la locación, ya que de allí se puede inferir la necesidad de reducir o ampliar la capacidad de las locaciones que hacen parte del proceso, buscando así una mayor productividad en las sucursales.

De estos datos se puede observar que las entidades: Entrada, Volteadora de cajas, Limpieza, Selección manual, Clasificadora, Empacadora 1, Empacadora 2, Paletizado, Salida y Zona de desechos son aquellas que en algún momento de la simulación usaron el 100% de su capacidad para procesar o almacenar alguna entidad.

Del mismo modo, se evidencia que el valor máximo de entidades que albergó la locación de Almacén es 1, con un porcentaje de utilización de menos del 6% en todas las sucursales, por lo

que no se está aprovechando la capacidad de almacenamiento de lotes que tiene esta locación; esto abre paso a inferir que las pocas llegadas de lotes afecta la productividad de las locaciones siguientes, ya que cuando se termina de procesar un lote, en varias ocasiones, la línea de procesamiento se queda vacía hasta la llegada de uno nuevo. En este caso, es viable la programación de más llegadas de lotes al sistema y que estos se almacenen en esta locación, evitando así que la línea de procesamiento quede vacía.

En cuanto a las locaciones “Entrada”, “Inspección”, “Zona de Descargue”, “Cinta PT” y “Salida” los contenidos promedio y máximos indican que no tienen problemas en cuanto a su capacidad, en cambio, presentan porcentajes muy bajos de utilización, todos estos menores al 5%, lo cual se explica atendiendo a que estas son locaciones de transición a otras y en ellas no se tiene ningún procesamiento de entidades. En lo que respecta a la zona de desechos, es una locación que no tiene ninguna representación, ni utilización en el sistema.

En las volteadoras de cajas se nota también un porcentaje bajo de utilización, donde hubo cifras muy bajas en el contenido promedio para las sucursales. La misma situación también ocurre para las locaciones de “Limpieza”, “Selección Manual” y “Clasificadora”, donde su utilización no supera un poco más del 7% en la Sucursal 1 y 2, y el 17,4% en la Sucursal 3, a pesar de que su contenido máximo alcanzara el total de la capacidad de estas.

Al continuar con las empacadoras, se parte del hecho de que son las locaciones determinantes dentro del proceso en las sucursales, ya que es allí donde se podría desencadenar un cuello de botella o bloqueo del sistema.

Tabla 46.

Contenido promedio y utilización de empacadoras

Sucursal	Empacadora 1		Empacadora 2	
	Cont. Promedio	Utilización	Cont. Promedio	Utilización
1	4.933,24	98,66%	14.826,87	98,85%
2	3.458,26	98,81%	10.931,27	98,96%
3	1.870,57	99,76%	5.615,44	99,81%

Adaptado de: Tabla 43, 44 y 45

Durante la simulación, en todas las empacadoras el nivel de utilización de estas locaciones es muy cercano al 100%, mostrando que están constantemente llenas, trabajando a su máxima capacidad y marcando el ritmo de paso del aguacate a las locaciones que las preceden. Sin embargo, esto se puede deber a la llegada ilimitada de cajas vacías a estas locaciones, quitando así espacio para albergar los kilos de aguacate a procesar que necesitan pasar por allí.

Posiblemente con las condiciones de capacidad actuales, las sucursales se verían en problemas si hay un aumento de demanda y no hay una llegada frecuente de kilos de aguacate a las empacadoras, pues en el momento en que finaliza la simulación, ambas empacadoras se encuentran completamente llenas de cajas vacías, por lo que no se puede procesar más aguacate Hass.

En cuanto al paletizado, igualmente representa una locación clave, ya que la estiba de las cajas de aguacate da inicio del proceso de enfriamiento, siendo este el más demorado dentro de las sucursales y clave para el posterior despacho de contenedores hacia los puertos. Sin embargo, no se muestra como una locación conflictiva en temas de capacidad, lo que indica que actualmente su funcionamiento es aceptable y podría aprovecharse mucho más.

En cuanto a los cuartos fríos, se presenta un nivel de utilización bastante bajo, con porcentajes que sólo alcanzaron un máximo de poco más de 12% para el cuarto frío 2 en la sucursal 2, donde se evidencia que se tiene una capacidad demasiado alta con respecto a la cantidad de pallets que están pasando a la misma vez por los cuartos fríos, por lo que esta locación soportaría un aumento en la demanda de aguacate.

Por último, en la zona de despacho, en todas las sucursales los datos son muy similares con una utilización cercana al 38%, no existe saturación de la capacidad y siempre hay flujo constante de los productos paletizados que van siendo ingresados al contenedor.

11.5.6. Estados de locaciones

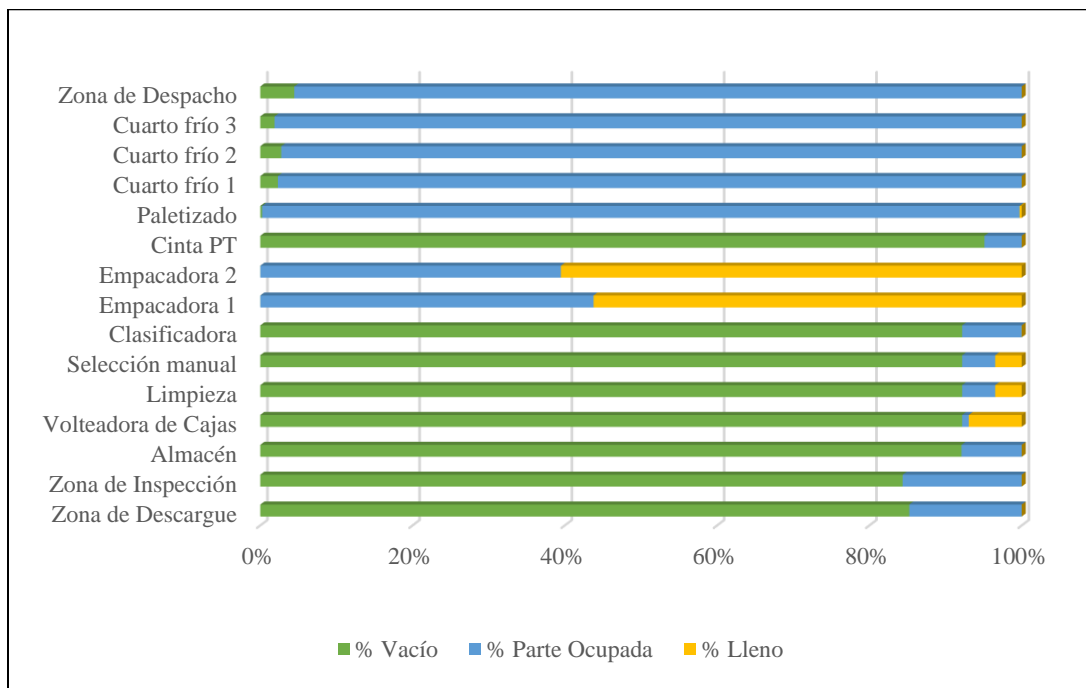


Figura 36. *Estados locaciones Sucursal 1*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 1)

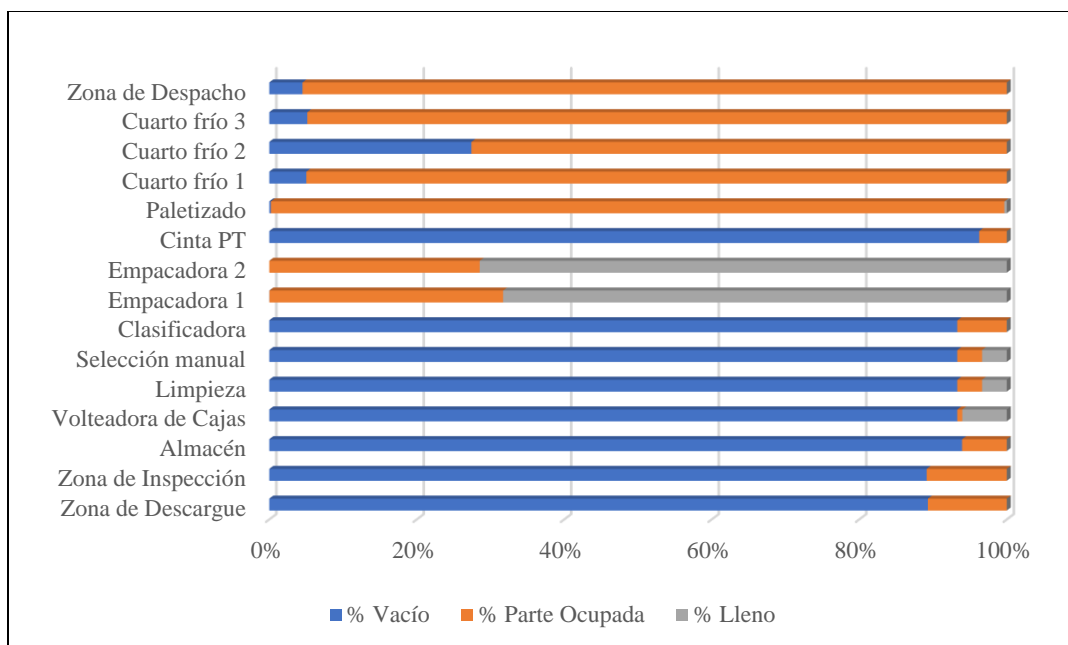


Figura 37. *Estados locaciones Sucursal 2*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 2)

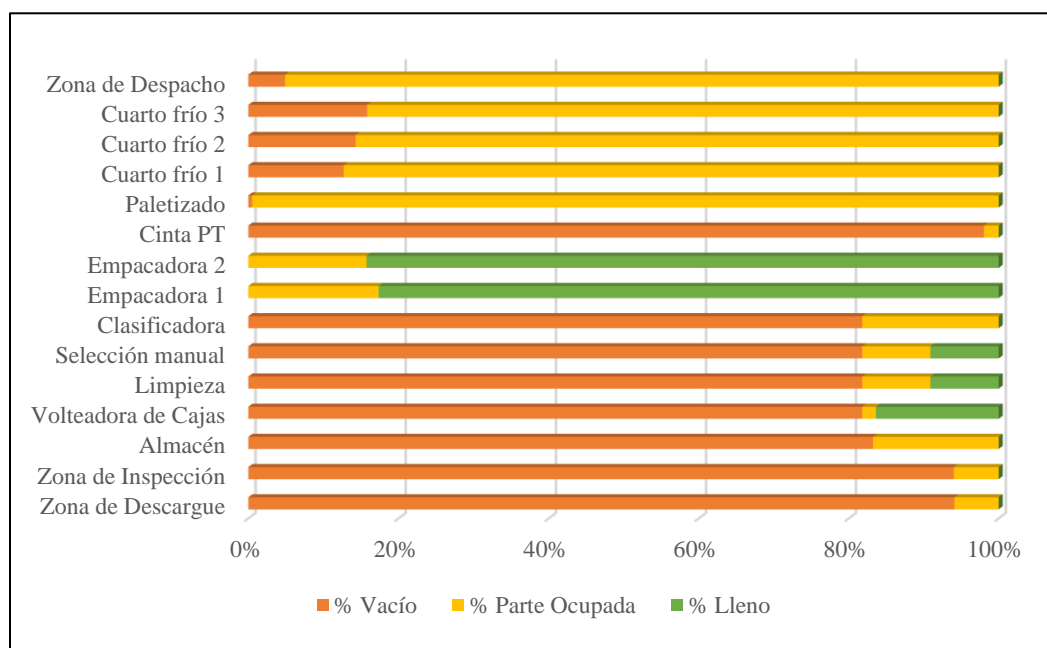


Figura 38. *Estados locaciones Sucursal 3*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 3)

Continuando ahora con los estados de las locaciones, se escogió analizar aquellos que representan las locaciones de múltiple capacidad, ya que éstas son las locaciones donde se procesa el aguacate Hass y por lo tanto, las más representativas en el aspecto logístico.

Para empezar, la “Zona de descargue” y “Zona de inspección” en todas las sucursales muestran que estuvieron vacías durante más del 84% del tiempo de la simulación y el resto del tiempo con un porcentaje de su capacidad ocupada, pero en ningún momento llegaron a estar llenas.

Con respecto a las locaciones de “Almacén”, “Volteadora de cajas”, “Limpieza”, “Selección manual” y “Clasificadora” pasaron más del 80% del tiempo vacías en la Sucursal 3 y más del 90% del tiempo vacías en la Sucursal 1 y 2; La clasificadora y el almacén tuvieron el resto del tiempo con una parte ocupada pero no llegaron al 100% de ocupación; por otro lado, en las locaciones de “Volteadora de cajas”, “Limpieza” y “Selección manual”, hubo un espacio de tiempo donde alcanzaron a estar llenas, en su mayoría menos del 10% del tiempo de la simulación.

A diferencia de las locaciones anteriores, la “Empacadora 1” y “Empacadora 2” pasaron más de la mitad del tiempo de simulación llenas y el resto del tiempo con parte de su capacidad ocupada.

La locación que más tiempo permaneció con porcentaje de ocupación sin llegar a estar llena es “Paletizado”, más del 99% del tiempo tuvo parte de su capacidad ocupada y el resto del tiempo estuvo vacía.

Por otra parte, los cuartos fríos en la Sucursal 1 y 2 estuvieron más del 94% del tiempo con parte de su capacidad ocupada. En la Sucursal 3, estas locaciones estuvieron ocupadas durante más del 85% del tiempo de la simulación y el resto del tiempo estuvieron vacías.

Por último, la “Zona de despacho” en todas las sucursales estuvo durante más del 95% del tiempo con un porcentaje de su capacidad ocupada esperando que llegaran pallets para su embarque hacia los puertos nacionales, no estuvo llena en ningún momento de la simulación.

11.5.7. Variables

Tabla 47.

Resumen variables Sucursal 1

Nombre	Total Cambios	Tiempo por Cambio Promedio (Hr)	Valor Máximo	Valor Actual
Lotes Rechazados	51	166,29	51	51
Kg Aguacate Nacional	568.342	0,02	568.342	568.342
Pallets en Cuartos Fríos	17.999	0,49	32	11
Contenedores S1 Despachados	449	19,51	449	449
Kg Aguacate Procesado	449	19,51	10.776.000	10.776.000
Kg en Limpieza	11.374.720	0,00	540	167
Kg en Selección	10.806.378	0,00	541	1
Kg en Clasificadora	2.699.551	0,00	541	1
Pallets en despacho	9.443	0,93	22	14

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 1)

Tabla 48.
Resumen variables Sucursal 2

Nombre	Total Cambios	Tiempo Por cambio Promedio (Hr)	Valor Máximo	Valor Actual
Lotes Rechazados	41	205,09	41	41
Kg Aguacate Nacional	411.298	0,02	411.298	411.298
Pallets en Cuartos Fríos	13.017	0,67	18	5
Contenedores S2 Despachados	325	26,98	325	325
Kg Aguacate Procesado	325	26,98	7.800.000	7.800.000
Kg en Limpieza	8.225.280	0,00	501	501
Kg en Selección	7.813.982	0,00	502	1
Kg en Clasificadora	1.955.238	0,00	502	2
Pallets en despacho	6.831	1,29	22	6

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 2)

Tabla 49.
Resumen variables Sucursal 3

Nombre	Total Cambios	Tiempo Por cambio Promedio (Hr)	Valor Máximo	Valor Actual
Lotes Rechazados	24	327,16	24	24
Kg Aguacate Nacional	226.431	0,04	226.431	226.431
Pallets en Cuartos Fríos	8.532	1,03	13	4
Contenedores S3 Despachados	213	41,16	213	213
Kg Aguacate Procesado	213	41,16	4.294.080	4.294.080
Kg en Limpieza	4.529.280	0,00	470	256
Kg en Selección	4.302.849	0,00	471	1
Kg en Clasificadora	1.075.968	0,01	460	5
Pallets en despacho	4.477	1,96	20	4

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 3)

La primera de las variables programadas corresponde a “Lotes Rechazados”. Esta determina cuántos de los lotes de aguacate que entran a las sucursales llegan con defectos de calidad que les impiden ser procesados para su exportación y que terminan finalmente en la zona de desechos para ser devueltos al proveedor, generando que se malgasten esfuerzos logísticos por parte del proveedor y de la Sucursal. En este caso, la sucursal 1 fue quien obtuvo mayor cantidad de lotes rechazados, con una cifra bastante significativa dado los kilos de aguacate que representa, pero baja a comparación del total de lotes que entraron al sistema.

Tabla 50.
Lotes rechazados en Sucursales

Sucursal	Lotes que entraron	Lotes rechazados	Kg de Aguacate rechazados
1	2.590	51	228.480
2	1.877	41	183.680
3	1.035	24	107.520

Fuente: Elaboración propia

Dentro de las sucursales existe un segundo “filtro” para controlar las condiciones de calidad del aguacate para ser exportado, que se da en la Selección manual, donde se retira la fruta que tiene algún defecto que evita considerarse para exportación. La variable “Aguacate Nacional” es la que determina cuántos más kilos de aguacate Hass se destinaron para el mercado nacional. Como en la situación anterior, nuevamente la sucursal 1 es la que más kilos tiene en este rubro, situación que se explica debido a que es la que más aguacate procesa gracias a su mayor capacidad con respecto a las otras dos sucursales.

Tabla 51.
Aguacate mercado nacional

Sucursal	Kilogramos mercado nacional
1	568.342
2	411.298
3	226.431

Fuente: Elaboración propia

Con los datos anteriormente extraídos, es posible plantear un escenario más completo de los kilos de aguacate que no lograron ser parte del proceso de exportación de las sucursales porque no cumplían con los parámetros de calidad de exportación:

Tabla 52.
Aguacate no procesado para su exportación

Sucursal	Kg no procesados para exportación	Cantidad representada		
		En cajas de aguacate	En pallets	En contenedores
1	796.822	199.205	664	33
2	594.978	148.744	495	24
3	333.951	83.487	331	16

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, respecto a la variable Contenedores Despachados, las cantidades coinciden con las salidas de esta entidad y como se puede visualizar en la [Tabla 40](#), existe mucha similitud de los datos de la simulación con los datos reales para el año 2019 en estas Sucursales. Esta variable se ve complementada por la de “Aguacate procesado” donde se indican las cantidades de kilos de aguacate que salen en los contenedores despachados.

Las demás variables como “Pallets en cuartos fríos”, “Kg en limpieza”, “Kg en selección”, “Kg en clasificadora” y “Pallets en despacho” son variables con función de contador que se usaron como apoyo a la visualización del comportamiento de las locaciones y el sistema mientras se ejecutaba la simulación, así que, por esta razón, los datos que nos arrojan las tablas para estos casos no constituyen gran valor de análisis.

11.5.8. Resumen de recursos

Tabla 53.

Resumen recursos Sucursal 1

Nombre	Unidades	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	% Utilización
Turbo	1	435	2.590	4,96
Operario	3	12.181	2.724.183	46,26
Transpalé 1	2	1.362	817.660	7,76
Transpalé 2	2	1.889	17.999	10,76
Tractocamión	1	1	449	0,01

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 1)

Tabla 54.

Resumen recursos Sucursal 2

Nombre	Unidades	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	% Utilización
Turbo	1	315	1.877	3,59
Operario	5	12.743	1.969.372	29,04
Transpalé 1	2	1.044	591.274	5,95
Transpalé 2	2	1.350	13.017	7,69
Tractocamión	1	1	325	0,01

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 2)

Tabla 55.

Resumen recursos Sucursal 3

Nombre	Unidades	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	% Utilización
Turbo	1	174	1.035	1,98
Operario	5	7.017	1.084.248	15,99
Transpalé 1	2	2.932	325.590	16,70
Transpalé 2	2	839	8.532	4,78
Tractocamión	1	0	213	0,00

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 3)

El porcentaje de utilización mayor del recurso “Turbo” se presentó en la Sucursal 1 con 4,96%, para el “Transpalé 2” fue de 10,76% también en la Sucursal 1 y el recurso “Tractocamión” no supera una utilización del 0,01% en ninguna de las Sucursales, esto dado que en estos modelos solo se tiene en cuenta el transporte del contenedor desde la “Zona de despacho” a la “Salida” de las sucursales, recorrido que tiene una distancia de 100 metros.

El recurso con mayor utilización en la Sucursal 1 y 2 fue “Operario” con un porcentaje de 46,26% y 29,04% respectivamente, para la Sucursal 2 el más utilizado fue “Transpalé 1” con un porcentaje de 16,70%; se concluye entonces que, para ser los recursos con mayor utilización de todos los

modelos durante la simulación, tienen un porcentaje muy bajo, lo que indica que la mayoría de tiempo los recursos permanecen inactivos.

El número de veces en las que fue utilizado el recurso “Turbo” coincide con el número de llegadas de lotes al sistema ya que este recurso es el encargado del transporte de esta entidad; de la misma manera, el número de veces en las que fue utilizado el recurso “Tractocamión” es igual al número de contenedores despachados desde las Sucursales.

11.5.9. Estados de recursos

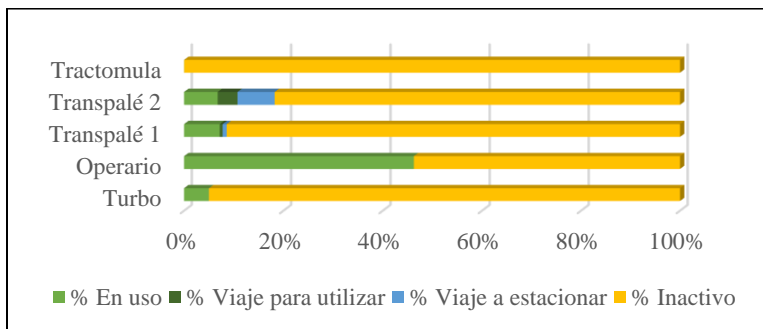


Figura 39. *Estados recursos Sucursal 1*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 1)

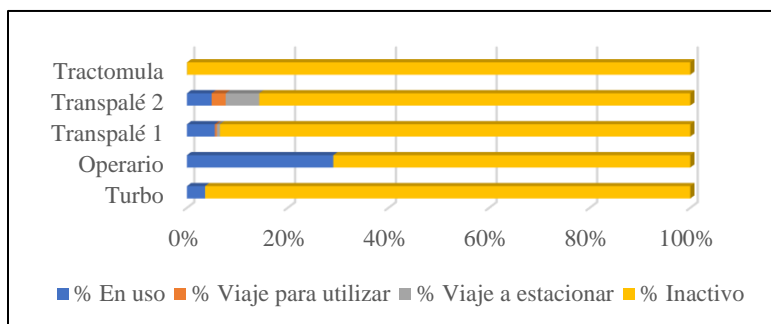


Figura 40. *Estados recursos Sucursal 2*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 2)

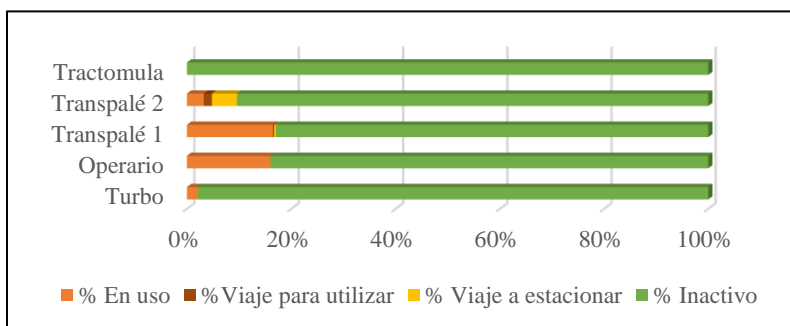


Figura 41. *Estados recursos Sucursal 3*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 2)

Los gráficos de estado de los recursos confirman que la sucursal 1 es la que posee una mayor utilización de estos con respecto a las otras dos sucursales. Sin embargo, para todas las sucursales se nota un gran porcentaje de tiempo inactivo para cada uno de los recursos, tanto los estáticos como los dinámicos.

De los recursos dinámicos, el que presenta un mayor viaje para utilizar es el transpalé 2, mientras que el transpalé 1 presenta un porcentaje que difícilmente alcanza un punto porcentual. Y de la misma forma, es el que utiliza más porcentaje de tiempo para viajar a estacionar y posteriormente, pasar la mayoría del tiempo de la simulación inactivo.

Estos gráficos corroboran la importancia de realizar un estudio para determinar qué tan necesarias son las cantidades de recursos programadas para la simulación, dado que, si no alcanzan un porcentaje de utilidad mayor al 50%, se podría pensar en la factibilidad de una reducción de estos, o a su vez, que, al momento de incrementar las entradas en la planta, no sea necesario aumentar la cantidad de recursos que se utiliza en ella.

11.5.10. Conclusiones del análisis de las sucursales de empaque

- Los resultados de la simulación en cuanto a la cantidad de contenedores despachados por cada una de las sucursales tuvieron muy poca fluctuación con respecto a los esperados de la simulación.
- La línea de procesamiento de aguacate tiene una fluidez constante de las entidades que allí son procesadas y no presenta ningún tipo de saturación en cuanto a capacidad, pues permanece en todas las sucursales más del 80% del tiempo de la simulación vacía.
- Las locaciones que tienen mayor relevancia y que podrían convertirse en los “cuellos de botella” son las empacadoras, que en ningún momento de la simulación permanecen vacías, sino que más de la mitad del tiempo permanecen llenas y el tiempo restante con parte de su capacidad ocupada.
- Todos los recursos de los modelos pasan inactivos la mayoría del tiempo de la simulación, situación que se presta para un análisis más profundo sobre las cantidades necesarias para el funcionamiento del modelo y en un escenario real, teniendo en cuenta los salarios y gastos que estos acarrearán al no estarse aprovechando al máximo.
- En caso de un crecimiento en el mercado de aguacate Hass, las sucursales cuentan con la capacidad y recursos necesarios para suplir una demanda mayor mientras se considere menor tiempo entre los arribos, almacenamiento de lotes en el almacén y una estrategia en las empacadoras para sincronizar las cantidades de aguacate que llegan a la locación con el número de cajas vacías requeridas para su empaque, evitando así que las cajas vacías ocupen

de forma innecesaria parte de la capacidad de estas locaciones y disminuya la productividad de toda la sucursal.

- A pesar de que cada sucursal cuenta con tiempos de procesamiento y capacidades diferentes, todos los resultados de estas son muy similares ya que siguen el mismo flujo de actividades y condiciones, por esto, los problemas que presentan son iguales; se espera entonces que, si una estrategia de mejoramiento funciona en una de las sucursales, al ser aplicada en cualquiera de las demás sucursales, también generará resultados positivos.

12. DESARROLLO MODELO 2: PUERTOS DE ORIGEN

12.1. DIAGRAMA DEL PROCESO

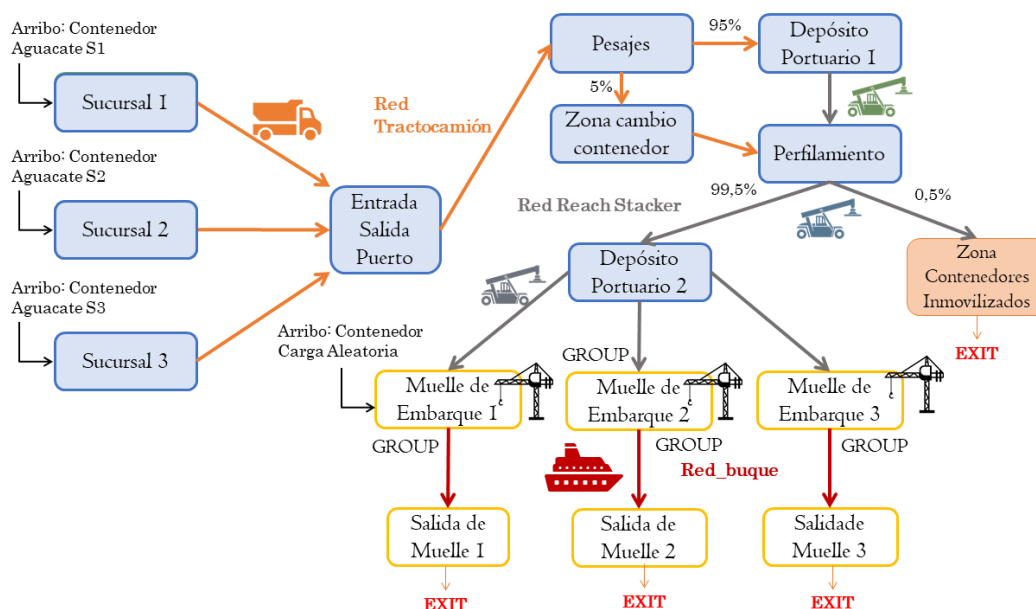


Figura 42. Diagrama del proceso dentro de Puerto de Salida.

Fuente: Elaboración propia.

12.2. PRUEBA PILOTO

Para el caso de los modelos de los puertos de origen, era necesario conectar las salidas de los modelos anteriores con las llegadas de estos nuevos modelos y así dar continuidad al proceso logístico de exportación del aguacate Hass.

Para ello, como se mencionó anteriormente, se exportaron los datos de series de tiempo de los contenedores de aguacate, logrando visualizar las fechas y horas exactas en las cuales cada contenedor había abandonado el sistema en cada una de las sucursales.

Además, para determinar el puerto por medio del cual se iba a exportar cada contenedor de las sucursales, se hizo una distribución porcentual (Ver [Tabla 59](#)), teniendo en cuenta la cercanía de las sucursales con los puertos e información consultada en la investigación exploratoria; por lo que el trabajo para descifrar la mejor forma de digitar las entradas a los modelos partió de haber distribuido bajo criterios aleatorios, con la ayuda de los porcentajes, las entradas para cada uno de los tres puertos de origen.

Inicialmente, se pensó en descifrar si los datos seguían algún tipo de distribución estadística, principalmente alguna que se pudiera incluir en los modelos a través de las opciones que el programa ofrece y así, lograr que los contenedores que salieran de las sucursales ingresaran a los puertos a través de dicha distribución, esperando que esas entradas tuvieran coherencia con

respecto a los espacios de tiempo que transcurrían entre la salida de un contenedor y otro. Teniendo entonces las fechas y horas exactas de las salidas de los contenedores (cantidad de ocurrencias), se calculó la frecuencia de salida en horas de la salida de cada contenedor con respecto al anterior.

Tabla 56.

Cálculo de frecuencia de salida entre un contenedor y otro

Fecha salida	Hora salida	No. Días	Días en horas	Horas	Fx horas
31/12/2018	3:40:44 a. m.				
1/01/2019	11:37:12 a. m.	1	24	7	31
2/01/2019	4:49:30 p. m.	1	24	5	29
4/01/2019	12:24:54 a. m.	2	48	7	55
5/01/2019	5:37:01 a. m.	1	24	5	29
7/01/2019	2:37:34 a. m.	2	48	21	69

Fuente: Elaboración propia

Se tomaron los 50 primeros datos de frecuencia de los contenedores de la Sucursal 1 que se despachaban al puerto de Santa Marta y se ejecutó el Stat::Fit con estos valores para evaluar las distribuciones que arrojaba.

Interval	Frequency
1	31
2	29
3	55
4	29
5	69
6	29
7	31
8	31
9	74
10	29
11	29
12	29
13	55
14	45
15	55
16	29
17	29
18	71
19	58
20	31
21	29
22	64
23	34
24	46
25	45
26	47
27	32
28	45
29	24
30	45
31	45
32	32
33	47
34	46
35	45
36	56
37	45
38	22
39	45
40	45
41	56
42	21
43	50
44	47
45	34
46	45
28	45
29	24
30	45
31	45
32	32
33	47
34	46
35	45
36	56
37	45
38	22
39	45
40	45
41	56
42	21
43	50
44	47
45	34
46	45
47	45
48	24
49	47
50	38

Figura 43. Datos de frecuencias introducidos en StatFit

Tomado de: StatFit

Pero al ejecutar el Stat::Fit, el programa rechazó la posibilidad de que los datos pudieran asociarse a una distribución de probabilidad normal logarítmica, exponencial o uniforme.

autofit of distributions

distribution	rank	acceptance
Lognormal(21, 2.81, 0.794)	100	reject
Exponential(21, 20.7)	8.01	reject
Uniform(21, 74)	0.133	reject

Figura 44. Resultados de StatFit para las frecuencias de salidas de contenedores
Tomado de: StatFit

Buscando otra manera de encontrar la frecuencia para los arribos, se creó entonces un gráfico con los datos de frecuencias calculados, esto con el fin de evaluar si los datos seguían alguna clase de tendencia, teniendo en cuenta que no se podían analizar la totalidad de los datos en la herramienta Stat::Fit por la limitación respecto a la cantidad de datos que se pueden ingresar

Al hacerlo, el gráfico mostró de manera mucho más clara que los datos no seguían ningún tipo de tendencia ni había alguna distribución de probabilidad que los representara:

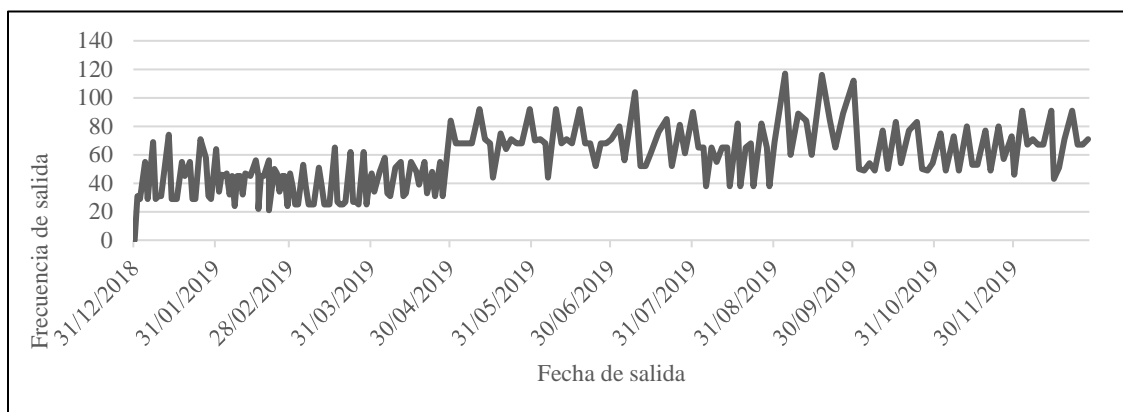


Figura 45. Gráfico de frecuencias de salida de contenedores
Fuente: Elaboración propia

Descartando la idea de usar una distribución de probabilidad para programar las frecuencias, se planteó la posibilidad de utilizar el promedio de los datos de frecuencia calculados.

Al hacer la ejecución del modelo, se evidenció que sí saldrían la cantidad de contenedores estipulados (por la cantidad de ocurrencias programadas); sin embargo, al analizar las estadísticas de la simulación no mostraban la realidad del sistema, debido a la dispersión de los datos de las frecuencias.

Tabla 57.

Desviación de los datos de frecuencia para la salida de contenedores

	Ocurrencias	Frecuencia (hr)	Máximo (hr)	Mínimo (hr)	Rango (hr)	Desviación (hr)
S1 - Santa Marta	202	55	117	21	96	20,5
S1 - Cartagena	202	55,1	116	19	97	20
S1 - Buenaventura	45	207,6	335	109	226	62,1
S2 - Santa Marta	81	120,2	212	58	154	35,8
S2 - Cartagena	81	118,7	213	58	155	36,1
S2 - Buenaventura	163	47,5	116	28	88	21,3
S3 - Santa Marta	107	94,3	173	44	129	27,4
S3 - Cartagena	106	94,9	161	43	118	27,7

Fuente: Elaboración propia

Al no encontrar una manera de simplificar la programación de los arribos al sistema y en búsqueda de que los datos de las salidas de los modelos anteriores coincidieran con los datos de llegadas a los modelos de puertos de origen, representando el funcionamiento real del sistema; se determinó digitar las entradas teniendo en cuenta la fecha y hora de salida de los contenedores desde las empacadoras y las horas transcurridas entre cada salida.

Se intentó agrupar las entradas con aquellos datos que tuvieran una frecuencia de llegada similar, con una diferencia menor a 5 horas, haciendo uso de promedios para generar la frecuencia final, teniendo así la frecuencia de llegada para el número de ocurrencias según la cantidad de llegadas que hubiesen sido utilizadas para hallar dicho promedio, generando situaciones - por ejemplo - en que 3 entradas quedaban reducidas a 1 sola.

Tabla 58.

Cálculo final de frecuencia de salida para los contenedores

Fecha salida	Hora salida	No. Días	Días en horas	Horas	Fx horas	Ocurrencias	Frecuencia
31/12/2018	3:40:44 a. m.				0		
1/01/2019	11:37:12 a. m.	1	24	7	31		
2/01/2019	4:49:30 p. m.	1	24	5	29	3	30

Fuente: Elaboración propia

Para los datos del ejemplo, la entrada tendría como primera vez de llegada el 31/12/2018 a las 3:40 am, 3 ocurrencias y una frecuencia de 30hr.

Este procedimiento se realizó para todas las entradas de los modelos de puertos de origen, logrando conectar los dos grupos de modelos con una variación muy pequeña de los datos y al ejecutar la simulación, esta se acercó mucho más al funcionamiento real del sistema.

12.3. ELEMENTOS DE LA SIMULACIÓN

12.3.1. Arribos

El modelo 2 es una continuación al proceso de exportación del aguacate Hass, en el diagrama se puede observar cómo los contenedores de aguacate provenientes de cada sucursal ingresan de nuevo simbólicamente a ella para iniciar su transporte en el territorio nacional (Ver [Figura 42](#)).

Es por esta razón que las salidas del modelo 1 son los arribos que se programan para el modelo 2. Teniendo en cuenta el comportamiento de los puertos colombianos, la información encontrada sobre las sucursales y la cercanía de los puertos con las mismas, se hizo la siguiente distribución de los contenedores de aguacate:

Tabla 59.
Salida de contenedores de aguacate a puertos de origen

Sucursal	Total Salidas	Destino	%	Cantidad	Redondeando
S1	449	Puerto Santa Marta	45%	202,05	202
		Puerto Cartagena	45%	202,05	202
		Puerto Buenaventura	10%	44,9	45
S2	325	Puerto Santa Marta	25%	81,25	81
		Puerto Cartagena	25%	81,25	81
		Puerto Buenaventura	50%	162,50	163
S3	213	Puerto Santa Marta	50%	106,5	107
		Puerto Cartagena	50%	106,5	106

Fuente: Elaboración propia

Teniendo entonces los datos de salidas de contenedores de aguacate de cada una de las sucursales, se escogieron de forma aleatoria y teniendo en cuenta la distribución anterior, los contenedores que iban a llegar a cada uno de los puertos de origen y el momento en que lo iban a hacer a lo largo de la simulación (Fecha y hora de salida del modelo 1); programándose así los arribos de contenedores a cada uno de los puertos de este modelo, teniendo en cuenta lo concluido en la prueba piloto.

Tabla 60.
Cantidad de arribos a los puertos de origen

	Puerto Santa Marta	Puerto Cartagena	Puerto Buenaventura
Contenedor Aguacate S1	202	202	45
Contenedor Aguacate S2	81	81	163
Contenedor Aguacate S3	107	106	0
TOTAL	390	389	208

Fuente: Elaboración propia

Otra de las entidades que arribará al modelo es “Contenedor de Carga Aleatoria”, este llegará a los muelles de embarque, haciendo parte del final del modelo, se programa de esta manera dado que para el caso de estudio solo es relevante analizar el comportamiento de los contenedores de aguacate, pero al querer representar la realidad, no es coherente que los buques transporten exclusivamente contenedores de un mismo producto o empresa. Por lo anterior, los contenedores de carga aleatoria llegan a los muelles de embarque para formar un cargamento que posteriormente es transportado por un buque a territorio internacional.

A todos los muelles de los puertos de origen llegan entonces 86 contenedores de carga aleatoria por día, suponiendo así que de cada puerto salen dos buques por semana a cada uno de los destinos internacionales.

12.3.2. Locaciones

Los datos de capacidad de los depósitos portuarios y perfilamiento se determinaron teniendo en cuenta datos consultados sobre los puertos colombianos¹⁴ como las conexiones con las que cuentan para contenedores refrigerados y las instalaciones dedicadas al aguacate Hass; en el resto de las locaciones se puso la capacidad necesaria para el funcionamiento del modelo entendiendo que en la realidad se tiene una capacidad mayor.

Por otra parte, los tiempos de procesamiento se estimaron teniendo en cuenta el índice de desempeño logístico del país, según el cual, Colombia estuvo en el puesto 58 de un total de 160 países del mundo durante el 2018 (DIAN, 2018)

Tabla 61.

Datos locaciones Puertos de Origen

Locación	Capacidad			Tiempo de permanencia de la entidad (min)
	Puerto de Santa Marta	Puerto de Cartagena	Puerta de Buenaventura	
Sucursal 1	5	5	5	0
Sucursal 2	5	5	5	0
Sucursal 3	5	5	5	0
Entrada/Salida Puerto	2	2	2	15
Pesajes de carga	2	2	2	60
Zona cambio contenedor	5	10	3	1440
Depósito portuario 1	288	1250	192	T(1080,1440,2160)
Perfilamiento	8	12	5	T(60, 180, 300)
Zona contenedores inmovilizados	10	20	5	T(1080,1440,2160)
Depósito portuario 2	288	1250	192	T(1080,1440,2160)
Muelle de embarque 1	600	600	600	540
Muelle de embarque 2	600	600	600	540
Muelle de embarque 3	600	600	600	540
Salida muelle 1	1	1	1	10
Salida muelle 2	1	1	1	10

¹⁴ Consultado desde: (Grupo Puerto de Cartagena, s.f), (Grupo Puerto de Cartagena, 2020), (Sociedad Portuaria de Buenaventura, s.f) & (Logistics Capacity Assessment, s.f)

Locación	Capacidad			Tiempo de permanencia de la entidad (min)
	Puerto de Santa Marta	Puerto de Cartagena	Puerta de Buenaventura	
Salida muelle 3	1	1	1	10

Fuente: Elaboración propia

12.3.3. Entidades

- Contenedor Aguacate S1
- Contenedor Aguacate S2
- Contenedor Aguacate S3
- Contenedor Carga Aleatoria
- Cargamento Contenedores

Todas las entidades tuvieron una velocidad de 50 mpm y la entidad “Cargamento contenedores” está conformada por 300 contenedores, tanto de contenedores de aguacate S1, S2, S3 como de contenedores de carga aleatoria.

12.3.4. Recursos

Tabla 62.

Recursos Puertos de Origen

Recurso	Velocidad vacío (mpm)	Velocidad lleno (mpm)	Cantidad Puerto Santa Marta	Cantidad Puerto Cartagena	Cantidad Puerto Buenaventura
Tractocamión	1000	819	9	9	3
Reach_stack_1	385	331,6	1	1	1
Reach_stack_2	385	331,6	1	1	1
Reach_stack_3	385	331,6	3	3	3
Grúa Pórtico	N/A	N/A	3	3	3
Buque	740	679	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

12.3.5. Redes

Las distancias de las redes de ruta utilizadas en estos modelos fueron estimadas con ayuda de Google Earth sobre los mapas de los puertos colombianos reales.

Tabla 63.

Redes de ruta Puertos de Origen

Ruta	Origen	Destino	Distancia en metros		
			Puerto Santa Marta	Puerto Cartagena	Puerto Buenaventura
Red camión	Sucursal 1	Entrada/Salida Puerto	1.015.000	861.000	241.000
	Sucursal 2	Entrada/Salida Puerto	1.187.000	1.023.000	150.000
	Sucursal 3	Entrada/Salida Puerto	950.000	787.000	350.000

Ruta	Origen	Destino	Distancia en metros		
			Puerto Santa Marta	Puerto Cartagena	Puerto Buenaventura
Red camión	Entrada/Salida Puerto	Pesajes de carga	121	150	90
	Pesajes de carga	Depósito portuario 1	475	200	475
	Pesajes de carga	Zona cambio contenedores	200	700	200
Red Reach stacker	Depósito portuario 1	Perfilamiento	322	240	186
	Perfilamiento	Zona cambio contenedores	200	100	200
	Perfilamiento	Zona contenedores inmovilizados	200	280	200
	Perfilamiento	Depósito portuario 2	413	200	560
	Depósito portuario 2	Muelle de embarque 1	137	300	105
	Depósito portuario 2	Muelle de embarque 2	307	250	285
	Depósito portuario 2	Muelle de embarque 3	400	360	500
Red buque	Muelle de embarque 1	Salida muelle 1	1.000	1.000	1.000
	Muelle de embarque 2	Salida muelle 2	1.000	1.000	1.000
	Muelle de embarque 3	Salida muelle 3	1.000	1.000	1.000
	Muelle de embarque 1	Muelle de embarque 2	500	500	500
	Muelle de embarque 2	Muelle de embarque 3	500	500	500

Fuente: Elaboración propia

12.3.6. Variables

- Contenedores_Rechazados_Perfilamiento
- Contenedores_con_Sobrepeso
- Cont_Rechazados_S1
- Cont_Rechazados_S2
- Cont_Rechazados_S3

12.3.7. Proceso

El proceso con el que se programó la simulación del sistema de los puertos de origen se puede encontrar en el Anexo 1, Hoja 4 del presente trabajo.

12.3.8. Información general de la simulación

La simulación del modelo dos se hará desde el 30 de diciembre de 2018 hasta el 05 de enero de 2020. Además, la información del modelo se trabajará en minutos y metros.

12.4. EJECUCIÓN DEL MODELO

Después de diseñar la interfaz de los modelos de los puertos de origen y pasar toda la información del modelo a ProModel™, se procede a ejecutar los modelos de los tres puertos.

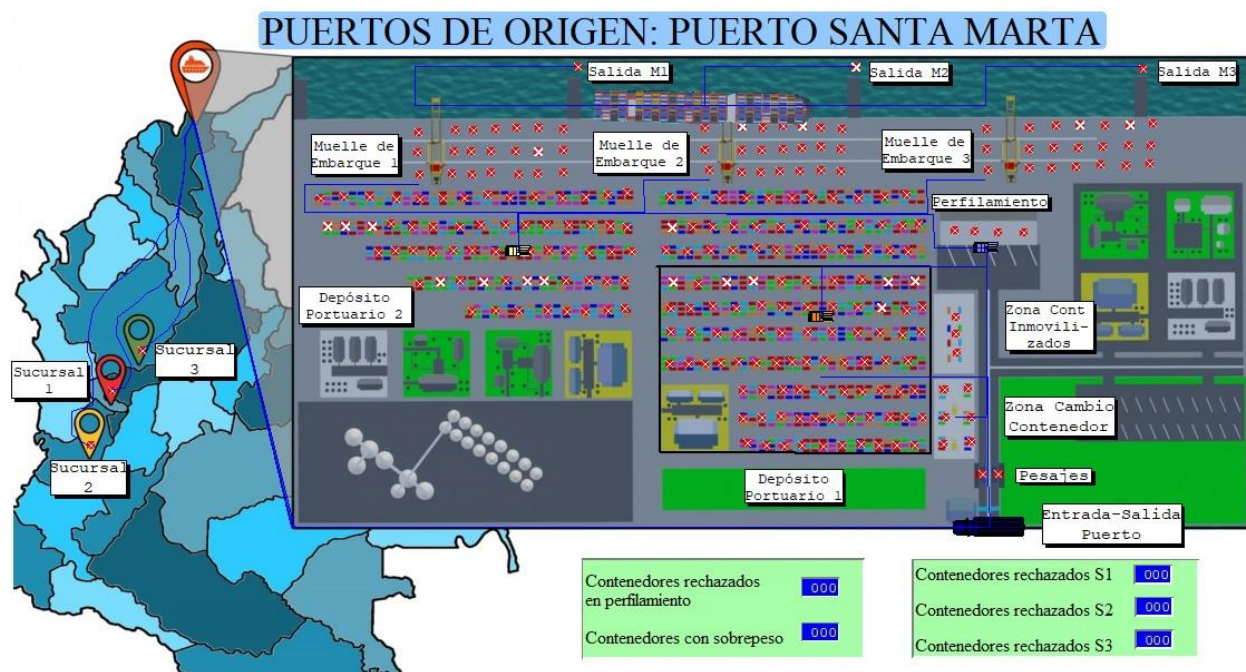


Figura 46. Interfaz modelo puertos de origen en ProModel™

Fuente: Elaboración propia

12.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

12.5.1. Salidas de contenedores

Para conocer en qué momento ocurrieron las salidas del sistema, se exportaron desde las estadísticas los datos de series de tiempo de la entidad “Contenedor aguacate S1”, “Contenedor aguacate S2” y “Contenedor aguacate S3”, las cuales son las entidades que se despachan desde los puertos nacionales a los puertos de destino. Este documento se puede encontrar en el Anexo 1, Hoja 5 del presente trabajo.

12.5.2. Llegadas fallidas

Tabla 64.

Llegadas fallidas Puertos de Origen

Nombre	Locación	Total Fallidas SM	Total Fallidas CG	Total Fallidas BV
Contenedor Aguacate S1	Sucursal 1	0,00	0,00	0,00
Contenedor Aguacate S2	Sucursal 2	0,00	0,00	0,00
Contenedor Aguacate S3	Sucursal 3	0,00	0,00	0,00
Contenedor Carga Aleatoria	Muelle de Embarque 1	0,00	0,00	0,00
Contenedor Carga Aleatoria	Muelle de Embarque 2	0,00	0,00	0,00
Contenedor Carga Aleatoria	Muelle de Embarque 3	0,00	0,00	0,00

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puertos de origen)

No existen llegadas fallidas en ninguno de los modelos de los Puertos de Origen (Colombia) con respecto a los contenedores provenientes de las Sucursales 1, 2 y 3; esto se debe a que las entradas de estos modelos son exactamente iguales a las salidas de contenedores de los modelos anteriores, por lo que su arribo se encuentra programado dentro del tiempo de simulación y al no presentarse problema de capacidad en las locaciones, se tiene la certeza que entraron al sistema la totalidad de contenedores despachados.

Por otro lado, los contenedores de carga aleatoria no tuvieron llegadas fallidas por la alta capacidad que poseen los Muelles de Embarque, locaciones a las que arriba esta entidad; además, el tiempo de espera en estas locaciones es bajo, lo que facilita el tránsito de las entidades entre las locaciones y evita que se presente saturación allí. Adicionalmente, no hay una locación posterior a estas que pueda generar un bloqueo en el sistema y evitar que uno de estos contenedores arribe.

12.5.3. Resumen de entidades

Tabla 65.
Resumen entidades Puerto Santa Marta

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)
Contenedor Aguacate S1	202	0	146,33	58,65
Contenedor Aguacate S2	81	0	151,85	60,29
Contenedor Aguacate S3	107	0	139,92	53,68
Contenedor Carga Aleatoria	95.910	66	50,37	41,35
Cargamento Contenedores	321	0	9,09	0,06

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Santa Marta)

Tabla 66.
Resumen entidades Puerto Cartagena

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)
Contenedor Aguacate S1	202	0,00	139,15	56,29
Contenedor Aguacate S2	81	0,00	148,13	60,41
Contenedor Aguacate S3	106	0,00	139,84	57,51
Contenedor Carga Aleatoria	95.913	63,00	50,35	41,33
Cargamento Contenedores	321	0,00	9,08	0,06

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Cartagena)

Tabla 67.
Resumen entidades Puerto Buenaventura

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)
Contenedor Aguacate S1	45	0,00	109,67	39,20

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)
Contenedor Aguacate S2	163	0,00	113,28	44,47
Contenedor Aguacate S3	0	0,00	0,00	0,00
Contenedor Carga Aleatoria	95.193	783,00	50,56	41,53
Cargamento Contenedores	318	0,00	9,08	0,06

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Buenaventura)

Al momento en que finalizó la simulación no había en el sistema ningún contenedor proveniente de las sucursales de aguacate, además, al no haberse registrado llegadas fallidas, se concluye que todos los contenedores provenientes del modelo anterior fueron procesados en el puerto correspondiente, saliendo satisfactoriamente del sistema.

Tabla 68.

Salidas de Puertos de Origen

	Contenedor Aguacate S1	Contenedor Aguacate S2	Contenedor Aguacate S3	Contenedores Carga Aleatoria	Cargamento Contenedores
Puerto Santa Marta	202	81	107	95.910	321
Puerto Cartagena	202	81	106	95.913	321
Puerto Buenaventura	45	163	0	95.193	318
Total/Entidad	449	325	213	287.016	960

Fuente: Elaboración propia

Se observa como las salidas de los contenedores de Aguacate S1, S2 y S3 coinciden con la cantidad de contenedores despachados desde las sucursales. Sin embargo, no se puede asegurar que todos los contenedores que salieron de los puertos nacionales hayan sido despachados a territorio internacional, debido a la posibilidad de que algunos hayan sido inmovilizados.

Existe también un gran número de salidas de contenedores de carga aleatoria consistente con los arribos programados de estos, lo que representa un poco la realidad de los puertos nacionales, pues los buques no transportan contenedores de un solo producto, sin embargo, estos son más un complemento para el funcionamiento del modelo y para el presente proyecto solo es relevante analizar los datos de contenedores de aguacate pertenecientes a las sucursales planteadas.

En los datos arrojados por el resumen de entidades de los modelos, se hace importante analizar los tiempos que permanecen los contenedores en el sistema, siendo, a nivel logístico, valores que tienen gran importancia pensando en la planificación de envíos a clientes internacionales. En este caso, el tiempo en el sistema se refiere al tiempo transcurrido desde el momento que el contenedor sale de la sucursal hasta que este mismo es embarcado hacia territorio internacional desde uno de los puertos.

El puerto de Buenaventura es el que conserva durante menor cantidad de tiempo los contenedores de aguacate, teniendo un promedio de tiempo en el sistema de 4,56 días para contenedores de la sucursal 1 y 4,72 días para contenedores de la sucursal 2, esto puede deberse a que la distancia

entre las sucursales y este puerto es mucho menor que la que hay para llegar hasta los otros puertos de la costa Caribe. Por la misma razón de las distancias, los contenedores de la sucursal 2 demoran mayor tiempo en el sistema que los contenedores de la sucursal 1, siendo 6,32 días el mayor tiempo promedio en el sistema perteneciente a los contenedores de la sucursal 2 en el puerto de Santa Marta.

12.5.4. Estados de entidades

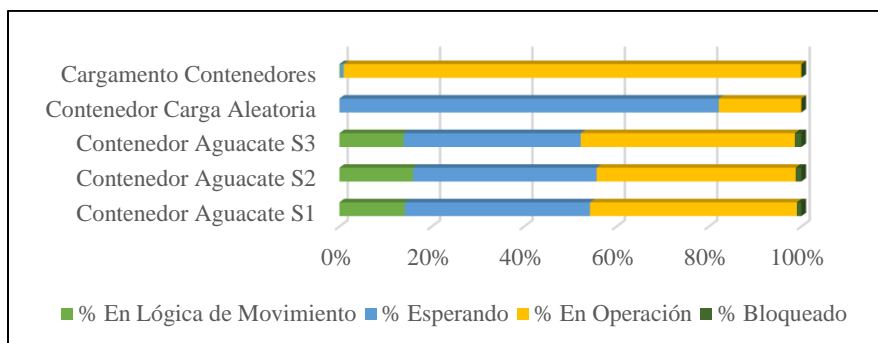


Figura 47. *Estados entidades Puerto Santa Marta*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Buenaventura)

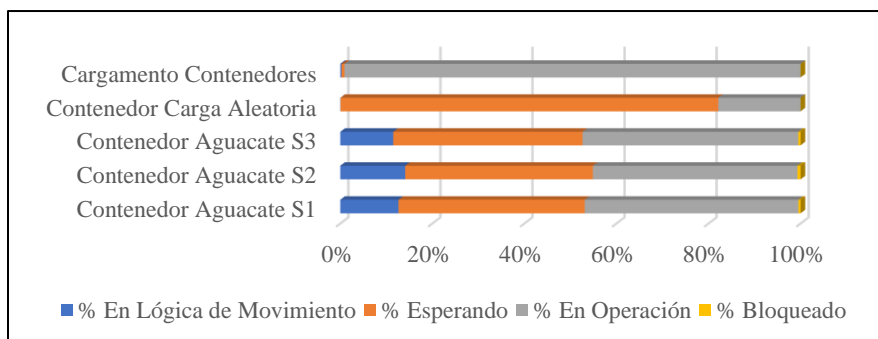


Figura 48. *Estados entidades Puerto Cartagena*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Cartagena)

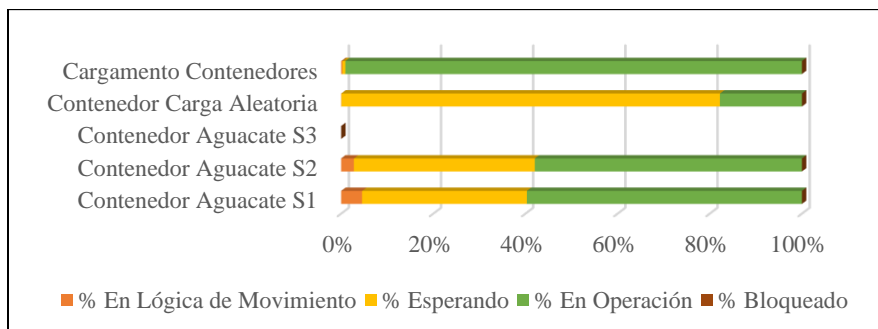


Figura 49. *Estados entidades Puerto Buenaventura*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Buenaventura)

Analizando ahora los estados de las entidades, se visualiza cómo desde que los cargamentos de contenedores son conformados pasan más del 99% del tiempo de la simulación de todos los modelos en operación, no presentan ningún bloqueo y tienen un porcentaje de lógica de movimiento casi nulo dado a que en este modelo no hay transporte internacional, sino que el buque moviliza esta entidad hasta la salida del puerto.

En cuanto los contenedores de aguacate, en el puerto de Santa Marta y Cartagena se encuentra una gran similitud en los porcentajes, en ambos puertos estos pasan aproximadamente el 45% del tiempo de la simulación en operación, 40% del tiempo esperando, 14% en lógica de movimiento y 1% en bloqueo.

Del tiempo que los contenedores permanecieron en el sistema, pasaron aproximadamente de 2 a 2,5 días esperando, no por falta de capacidad en las locaciones sino a la espera de que el cargamento de contenedores se completara para ser embarcado.

Por otro lado, en el puerto de Buenaventura las entidades no tuvieron ningún bloqueo, pasaron casi el 60% del tiempo en operación, menos del 4,55% del tiempo en lógica de movimiento y en promedio 37,5% esperando. Esto indica que el puerto presenta mayor fluidez con respecto a los demás y el bajo porcentaje de lógica de movimiento se puede explicar debido a la cercanía que tiene el puerto con las sucursales.

12.5.5. Resumen de locaciones

Tabla 69.
Resumen locaciones Puerto Santa Marta

Nombre	Capacidad	Total Entradas	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Sucursal 1	5	202	0,42	3,00	0,00	8,30%
Sucursal 2	5	81	0,20	2,00	0,00	3,94%
Sucursal 3	5	107	0,21	2,00	0,00	4,28%
Entrada Salida Puerto	2	390	0,01	2,00	0,00	0,55%
Pesajes	2	390	0,04	2,00	0,00	2,19%
Zona Cambio Contenedor	5	21	0,06	2,00	0,00	1,13%
Depósito Portuario 1	288	369	1,09	4,00	0,00	0,38%
Perfilamiento	8	390	0,13	2,00	0,00	1,65%
Zona Contenedores Ilegales	10	0	0,00	0,00	0,00	0,00%
Depósito Portuario 2	288	390	1,14	4,00	0,00	0,39%
Muelle de Embarque 1	600	32.126	180,15	384,00	26,00	30,03%
Muelle de Embarque 2	600	32.112	181,98	385,00	12,00	30,33%
Muelle de Embarque 3	600	32.128	181,84	385,00	28,00	30,31%
Salida de Muelle 1	1	107	0,00	1,00	0,00	0,00%
Salida de Muelle 2	1	107	0,00	1,00	0,00	0,00%
Salida de Muelle 3	1	107	0,00	1,00	0,00	0,00%

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Santa Marta)

Tabla 70.
Resumen locaciones Puerto Cartagena

Nombre	Capacidad	Total Entradas	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Sucursal 1	5	202	0,34	3,00	0,00	6,80
Sucursal 2	5	81	0,16	2,00	0,00	3,28
Sucursal 3	5	106	0,16	2,00	0,00	3,29
Entrada Salida Puerto	2	389	0,01	2,00	0,00	0,55
Pesajes	2	389	0,04	2,00	0,00	2,18
Zona Cambio Contenedor	10	20	0,05	2,00	0,00	0,54
Depósito Portuario 1	1.250	369	1,07	4,00	0,00	0,09
Perfilamiento	12	389	0,13	2,00	0,00	1,09
Zona Contenedores Ilegales	20	2	0,01	1,00	0,00	0,03
Depósito Portuario 2	1.250	387	1,13	5,00	0,00	0,09
Muelle de Embarque 1	600	32.105	181,04	385,00	5,00	30,17
Muelle de Embarque 2	600	32.135	180,89	384,00	35,00	30,15
Muelle de Embarque 3	600	32.123	181,91	385,00	23,00	30,32
Salida de Muelle 1	1	107	0,00	1,00	0,00	0,00
Salida de Muelle 2	1	107	0,00	1,00	0,00	0,00
Salida de Muelle 3	1	107	0,00	1,00	0,00	0,00

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Cartagena)

Tabla 71.
Resumen locaciones Puerto Buenaventura

Nombre	Capacidad	Total Entradas	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Sucursal 1	5	45	0,02	1,00	0,00	0,41%
Sucursal 2	5	163	0,05	1,00	0,00	0,92%
Sucursal 3	5	0	0,00	0,00	0,00	0,00%
Entrada Salida Puerto	2	208	0,01	2,00	0,00	0,29%
Pesajes	2	208	0,02	2,00	0,00	1,17%
Zona Cambio Contenedor	3	5	0,01	1,00	0,00	0,45%
Depósito Portuario 1	192	203	0,60	3,00	0,00	0,31%
Perfilamiento	5	208	0,07	2,00	0,00	1,40%
Zona Contenedores Ilegales	5	1	0,00	1,00	0,00	0,04%
Depósito Portuario 2	192	207	0,61	3,00	0,00	0,32%
Muelle de Embarque 1	600	32.057	180,86	385,00	257,00	30,14%
Muelle de Embarque 2	600	32.065	180,94	385,00	265,00	30,16%
Muelle de Embarque 3	600	32.061	182,06	385,00	261,00	30,34%
Salida de Muelle 1	1	106	0,00	1,00	0,00	0,00%
Salida de Muelle 2	1	106	0,00	1,00	0,00	0,00%
Salida de Muelle 3	1	106	0,00	1,00	0,00	0,00%

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Buenaventura)

El contenido máximo de las locaciones “Sucursal 1,2 y 3” indica la cantidad de contenedores que en algún momento del modelo estuvieron juntos en la salida de la sucursal listos para ser despachados al puerto, que para el caso de la sucursal 1 fue de 3 contenedores y para la sucursal 2 y 3, de 2 contenedores.

Los muelles de embarque son las locaciones que muestran mayor porcentaje de utilización en los tres modelos contando con un 30,2% de utilización y más de 32.000 entradas. A pesar de la gran cantidad de entradas y de que los muelles cuentan con una capacidad de 600, se cuenta con un contenido máximo de 385 contenedores ya que cuando el contenido de estas locaciones llega a 300 se forma un cargamento que después de 9 horas de proceso de carga hacia el buque, sale del sistema. Estas locaciones tienen mayor utilización dado a que no solo procesan los contenedores de aguacate, sino también los contenedores de carga aleatoria.

En el caso de las salidas de los muelles, la cantidad de entradas a estos son equivalentes a las salidas de la entidad cargamento contenedores; además no tienen ningún porcentaje de utilización y su contenido máximo es 1, esto se debe a que son locaciones completamente simbólicas para mostrar que los buques salen de los puertos.

Para el resto de las locaciones se evidencia un porcentaje de utilización muy bajo, teniendo para el puerto de Santa Marta y Cartagena un máximo valor de 2,18% y para el puerto de Buenaventura un 1,4%. Además, ninguna de estas locaciones tuvo un contenido máximo que supere las 5 unidades, esta situación era de esperarse debido a que las capacidades de los modelos fueron programadas teniendo en cuenta el entorno real del puerto, pero las entidades a analizar en ese escenario son exclusivamente los contenedores de aguacate provenientes de las sucursales planteadas en el caso de estudio.

Finalmente, la cantidad de entradas en las locaciones del puerto son consistentes; por ejemplo en el caso del puerto de Cartagena, de 389 contenedores que entraron al sistema, 20 tuvieron que realizar un cambio de su contenedor por sobrepeso, por lo que solo 369 contenedores se almacenaron en el depósito portuario 1; después, de los 389 contenedores que pasaron a perfilamiento, 2 de ellos fueron inmovilizados y salieron del sistema, por lo que solo 387 contenedores pasaron a ser almacenados en el depósito portuario 2 y posteriormente despachados a territorio internacional como parte de un cargamento de contenedores.

12.5.6. Estados de locaciones

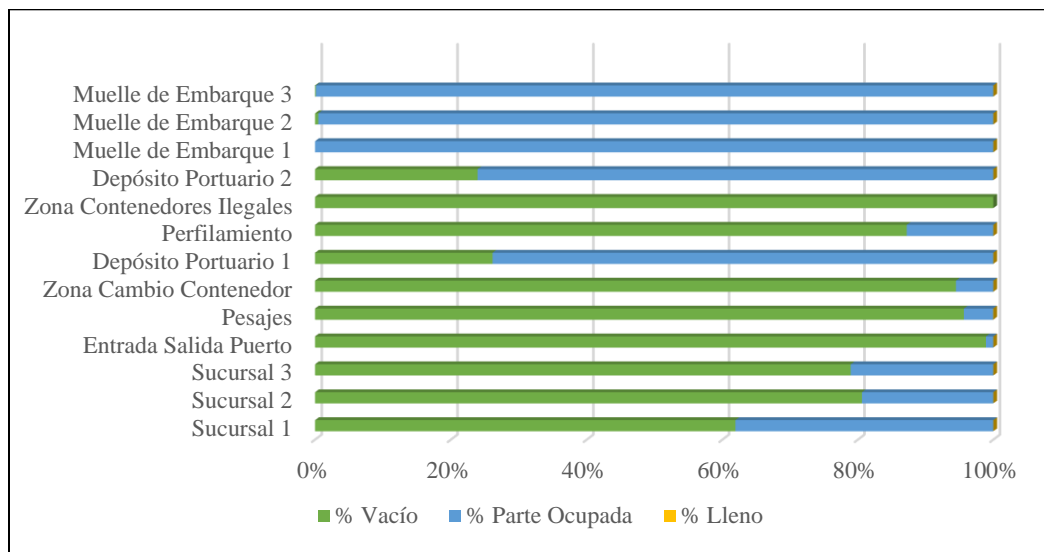


Figura 50. *Estados locaciones Puerto Santa Marta*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Santa Marta)

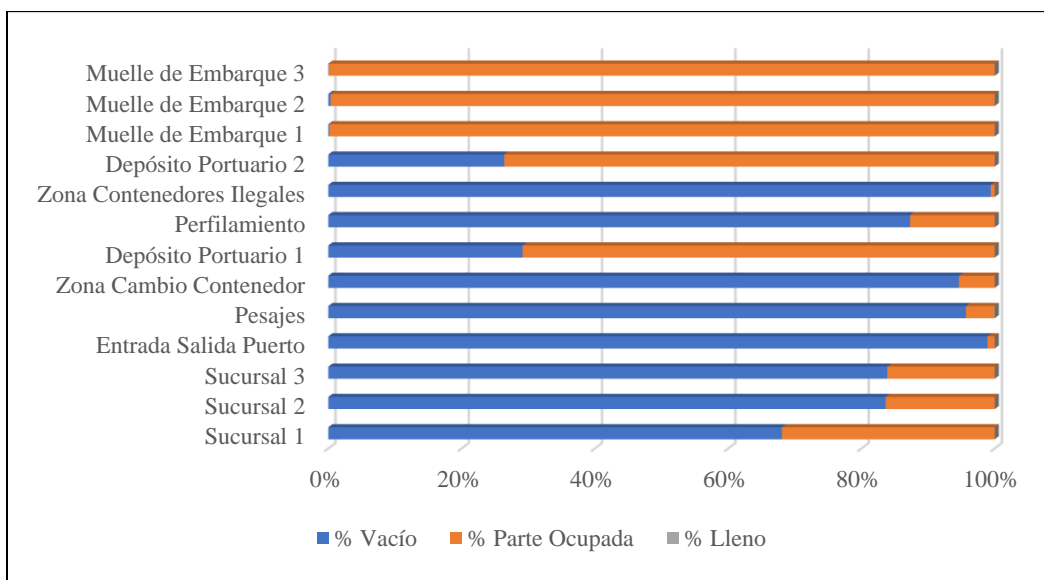


Figura 51. *Estados locaciones Puerto Cartagena*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Cartagena)

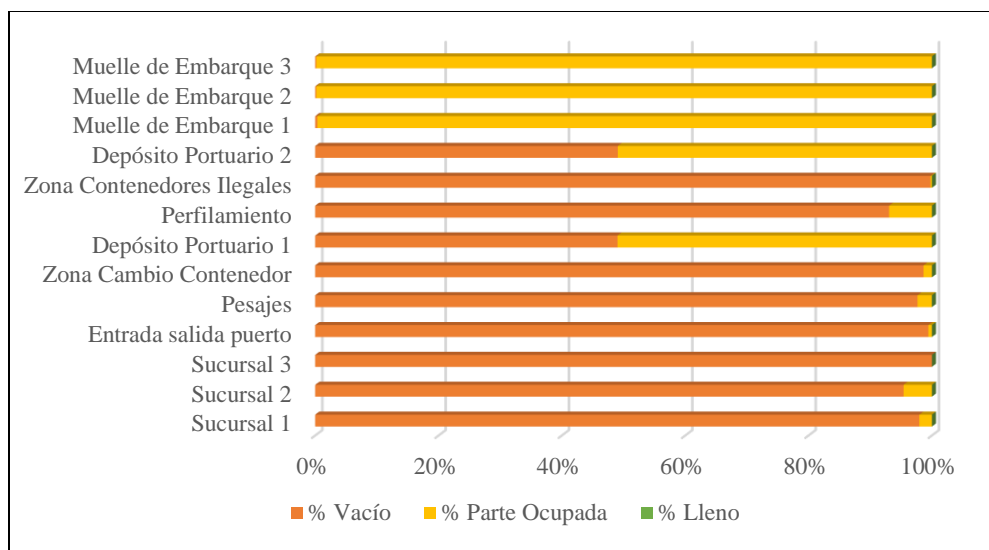


Figura 52. Estados locaciones Puerto Buenaventura
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Buenaventura)

Según los estados de las locaciones ninguna de estas se encuentra llena a su máxima capacidad en ningún momento de la simulación. Los muelles de embarque que presentaban el mayor porcentaje de utilización son también las locaciones que pasan más del 95% del tiempo de la simulación con parte de su capacidad ocupada, esto debido a los constantes arribos de contenedores de carga aleatoria a estas locaciones.

Los depósitos portuarios en el puerto de Buenaventura pasan el 49% del tiempo vacíos, mientras que en los demás puertos pasan solo el 26% del tiempo en este estado; el resto del tiempo tienen parte de su capacidad ocupada. La locación de perfilamiento en ninguno de los modelos supera el 12,8% donde posee contenedores de aguacate, el resto del tiempo de la simulación permanece vacía.

En las demás locaciones, a excepción de las sucursales, se nota que la mayor parte del tiempo de la simulación permanecen vacías, esto se da por más del 94% del tiempo de la simulación en todos los puertos de origen.

12.5.7. Resumen de variables

Tabla 72.

Resumen variables Puerto Santa Marta

Nombre	Total Cambios	Tiempo Por cambio Promedio (Hr)	Valor Máximo	Valor Actual
Contenedores Rechazados Perfilamiento	0	0,00	0	0
Contenedores con Sobrepeso	21	404,99	21	21
Cont Rechazados S1	0,0	0,0	0,0	0,0
Cont Rechazados S2	0,0	0,0	0,0	0,0
Cont Rechazados S3	0,0	0,0	0,0	0,0

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Santa Marta)

Tabla 73.
Resumen variables Puerto Cartagena

Nombre	Total Cambios	Tiempo Por cambio Promedio (Hr)	Valor Máximo	Valor Actual
Contenedores Rechazados Perfilamiento	2,00	2.847,13	2,00	2,00
Contenedores con Sobrepeso	20,00	391,95	20,00	20,00
Cont Rechazados S1	2,0	2.847,13	2,00	2,00
Cont Rechazados S2	0,0	0,00	0,0	0,0
Cont Rechazados S3	0,0	0,00	0,0	0,0

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Cartagena)

Tabla 74.
Resumen variables Puerto Buenaventura

Nombre	Total Cambios	Tiempo Por cambio Promedio (Hr)	Valor Máximo	Valor Actual
Contenedores Rechazados Perfilamiento	1,00	2612,06	1,00	1,00
Contenedores con Sobrepeso	5,00	1276,33	5,00	5,00
Cont Rechazados S1	1,00	2612,06	1,00	1,00
Cont Rechazados S2	0,00	0,00	0,00	0,00
Cont Rechazados S3	0,00	0,00	0,00	0,00

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Buenaventura)

Según las variables escogidas para analizar más detalles de los modelos, en el Puerto de Santa Marta se presentaron 21 cambios de contenedor a causa de un sobrepeso en ellos, en el Puerto de Cartagena 20 cambios y en el de Buenaventura tan solo 5, lo que indica mayores tiempos de espera y mayores costos, que a la larga pueden perjudicar a la sucursal de la cual provinieron.

Por otra parte, se tiene una de las variables más importante para evaluar el caso de estudio, la cual es el número de contenedores rechazados en perfilamiento, evidenciando que en el puerto de Santa Marta no se inmovilizó ninguno de los contenedores de aguacate que ingresaron, en el puerto de Cartagena se presentaron 2 rechazos y en el puerto de Buenaventura 1. Con ayuda de las demás variables, se logra determinar que el total de los contenedores rechazados en el proceso de perfilamiento ya sea por razones documentales o de contaminación, pertenecen a contenedores de la sucursal 1.

Estos datos son importantes puesto que podrían representar aquellas fallas legales que se pueden presentar al momento de realizar una exportación y que puede significar una pérdida de dinero y de prestigio para los involucrados en el proceso de exportación.

12.5.8. Resumen de recursos

Tabla 75.

Resumen recursos Puerto Santa Marta

Nombre	Unidades	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	% Utilización
Tractocamión	9,00	16.051,34	390,00	20,01
Buque	1,00	15,54	321,00	0,17
Reach stacker 1	1,00	6,56	390,00	0,07
Reach stacker 2	1,00	7,80	390,00	0,09
Reach stacker 3	3,00	5,32	390,00	0,02
Grúa Pórtico	3,00	2.889,00	321,00	10,80

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Santa Marta)

Tabla 76.

Resumen recursos Puerto Cartagena

Nombre	Unidades	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	% Utilización
Tractocamión	9,00	13.375	389,00	16,67
Buque	1,00	15	321,00	0,17
Reach stacker 1	1,00	5	389,00	0,06
Reach stacker 2	1,00	5	389,00	0,06
Reach stacker 3	3,00	6	387,00	0,02
Grúa Pórtico	3,00	2.889	321,00	10,80

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Cartagena)

Tabla 77.

Resumen recursos Puerto Buenaventura

Nombre	Unidades	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	% Utilización
Tractocamión	3,00	1.570	208,00	5,87
Buque	1,00	15	318,00	0,17
Reach stacker 1	1,00	2	208,00	0,02
Reach stacker 2	1,00	6	208,00	0,07
Reach stacker 3	3,00	3	207,00	0,01
Grúa Pórtico	3,00	2.862	318,00	10,70

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Buenaventura)

De todos los recursos involucrados en el modelo de puertos de origen, el que tiene mayor utilización en el puerto de Santa Marta y Cartagena es el Tractocamión con un porcentaje promedio de 18%, mayor que en el puerto de Buenaventura que es de 5,87% dado a la distancia que existe entre las sucursales y los puertos.

Por otra parte, los recursos como los Reach stacker 1,2,3 y el Buque cuentan con un porcentaje de utilización menor al 0,2%, lo cual se explica teniendo en cuenta que estos solo fueron usados en

el modelo para el transporte de los contenedores durante poco muy tiempo con respecto al tiempo total de simulación.

Por último, se puede observar que el número de las veces en las que fue utilizado el tractocamión en cada uno de los puertos coincide con el número de contenedores de aguacate despachados para estos y con el número de veces que fueron utilizados los Reach stacker 1 y 2 que son los encargados de transportar estos contenedores desde el depósito portuario 1 y la zona de cambio de contenedor hasta la locación de Perfilamiento. De la misma manera, la cantidad de veces que fue utilizado el Reach stacker 3 coincide con el número de contenedores que salieron del sistema como cargamento de exportación, dado a que este transporta los contenedores desde Perfilamiento hasta el Muelle de embarque correspondiente.

12.5.9. Estados de recursos

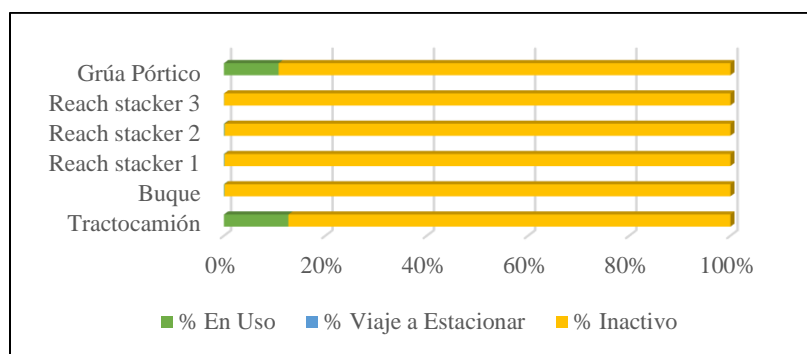


Figura 53. *Estados recursos Puerto Santa Marta*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Santa Marta)

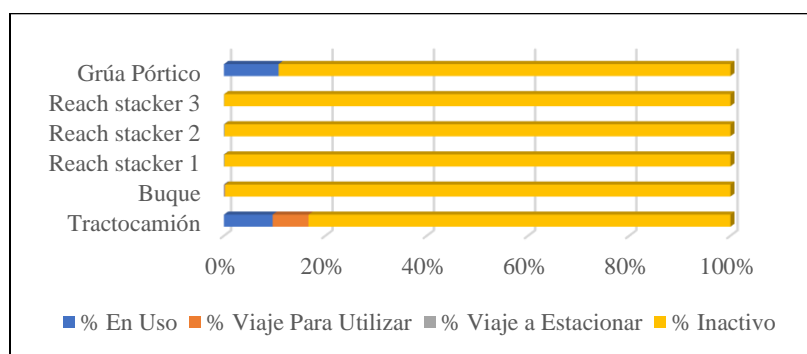


Figura 54. *Estados recursos Puerto Cartagena*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Cartagena)

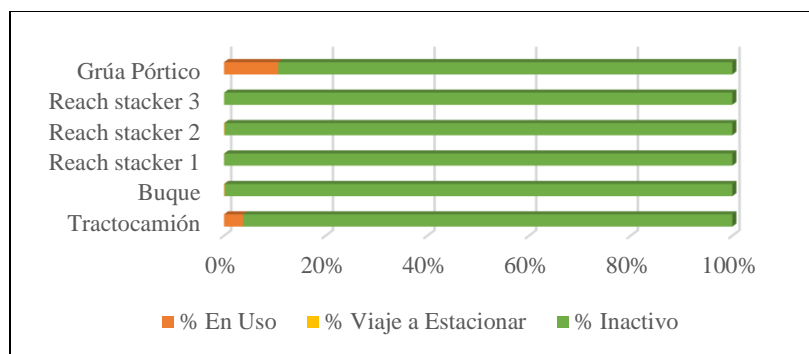


Figura 55. *Estados recursos Puerto Buenaventura*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Buenaventura)

Finalmente, en cuanto a los estados de los recursos, se puede verificar como todos pasan más del 70% del tiempo de la simulación inactivos. El buque y los Reach stacker 1, 2 y 3 se encuentran en uso durante aproximadamente 0,01% del total del tiempo simulado; por otra parte, la grúa pórtico cuenta con un porcentaje de uso equivalente a su porcentaje de utilización, por lo que pasa aproximadamente el 89,9% del tiempo inactivo.

Es entonces para los tres puertos el Tractocamión el recurso que mayor cantidad de tiempo de la simulación pasa en uso, pero aun así permanece inactivo en el puerto de Santa Marta, Cartagena y Buenaventura el 79,9%, 83,33% y el 94,13% del tiempo respectivamente.

12.5.10. Conclusiones del análisis de los puertos de origen

- Los contenedores de aguacate pasan la mayor parte del tiempo de la simulación en operación, sin embargo, también pasan un porcentaje muy significativo de ésta en espera.
- Para los puertos de origen se concluye que los contenedores de aguacate en el funcionamiento normal de los puertos ocupan menos del 1,4% de las locaciones portuarias del puerto de Buenaventura y no más del 2,18% en el puerto de Santa Marta y Cartagena.
- Durante la simulación se presentaron diversos contenedores de aguacate que, a causa de un sobrepeso en la locación de pesajes según la reglamentación del puerto, requirieron de un cambio en el contenedor antes de continuar con su proceso.
- Del total de contenedores de aguacate que ingresaron al sistema de los diferentes puertos solo 3 de ellos fueron inmovilizados y no pudieron ser exportados; esto no quiere decir necesariamente que el contenido de los contenedores estuviera contaminado o tuviera alguna irregularidad, pudo haber ocurrido problemas con los documentos que soportan el producto y los permisos legales para la exportación. A pesar de que son pocos contenedores los inmovilizados a comparación del total que ingresaron, estos representan un total de 72.000 kilos de aguacate Hass que no pudieron llegar a su cliente final, lo que representa pérdidas para la compañía y afecta la credibilidad por parte de los clientes internacionales; por lo cual

se debe realizar un control riguroso sobre los factores que puedan estar causando las inmobilizaciones y aplicar correctivos para que todos los contenedores que salgan de las sucursales lleguen a su cliente final en el exterior.

- Teniendo en cuenta el mayor tiempo promedio de permanencia en el sistema por parte de los contenedores de aguacate, en el puerto de Santa Marta se demoran en promedio 6,32 días en el sistema, mientras que en el puerto de Cartagena se demoran en promedio 6,17 días y en el puerto de Buenaventura 4,72 días. Este tiempo transcurre desde que los contenedores son despachados desde las sucursales a uno de los puertos y hasta que estos mismos salen del puerto como contenedores inmobilizados o como parte del cargamento de contenedores en un buque.

El tiempo de permanencia de estas entidades en el sistema es de alta relevancia para la logística de exportación dado que ayuda a planear la antelación con la que se debe enviar el contenedor desde las sucursales para así cumplir la fecha de entrega, por lo que también se debe ejercer un control más riguroso del peso del contenedor utilizado para que no haya necesidad de realizar un cambio en el puerto y se disminuya el tiempo de permanencia en el sistema.

- El modelo planteado para los puertos de origen muestra fluidez en su funcionamiento, siendo un ejemplo factible del comportamiento de los puertos colombianos en realidad con respecto al producto específico de Aguacate Hass. Por lo tanto, ante un aumento en la llegada de contenedores de aguacate no habría inconvenientes de capacidad ni de recursos para procesarlos y despacharlos al exterior.

13. DESARROLLO MODELO 3: PUERTOS DE DESTINO

13.1. DIAGRAMA DEL PROCESO

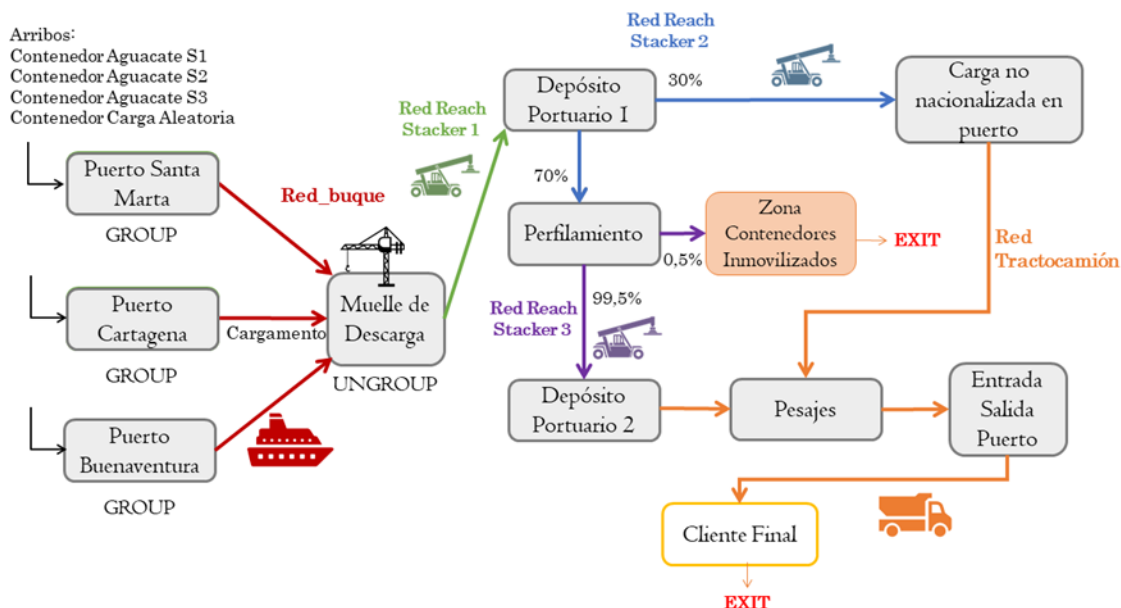


Figura 56. Diagrama del proceso dentro del Puerto de Llegada.
 Elaboración propia

13.2. ELEMENTOS DE LA SIMULACIÓN

13.2.1. Arribos

El modelo 3 es una continuación al proceso de exportación del aguacate Hass en puerto, pudiendo observar en el diagrama cómo los contenedores de aguacate provenientes de los puertos colombianos ingresan de nuevo simbólicamente a ellos para iniciar su transporte marítimo hacia los países de destino.

Por esta razón, las salidas del modelo 2 son los arribos que se programan para el modelo 3. Teniendo en cuenta las exportaciones realizadas desde Colombia a los países de destino del caso de estudio durante el 2019, se hizo la siguiente distribución de los contenedores:

Tabla 78.

Salida de contenedores de aguacate a puertos de llegada

Puerto	Contenedor	Total Salidas	%	Cantidades para los destinos (redondeado)		
				Países Bajos	Reino Unido	EE. UU.
Santa Marta	S1	202	67,7%	137	56	9
	S2	81	67,7%	55	23	3
	S3	107	67,7%	72	30	5

Puerto	Contenedor	Total Salidas	%	Cantidades para los destinos (redondeado)		
				Países Bajos	Reino Unido	EE. UU.
Cartagena	S1	200	27,9%	135	56	9
	S2	81	27,9%	55	23	3
	S3	106	27,9%	72	29	5
Buenaventura	S1	44	4,4%	30	12	2
	S2	163	4,4%	110	46	7

Fuente: Elaboración propia

Teniendo entonces los datos de salidas de contenedores de aguacate de cada uno de los puertos de origen, se escogieron de forma aleatoria y teniendo en cuenta la distribución anterior, los contenedores que iban a llegar a cada uno de los puertos de destino y el momento en que lo iban a hacer a lo largo de la simulación (Fecha y hora de salida del modelo 2); programándose así los arribos de contenedores a cada uno de los puertos de este modelo, teniendo en cuenta la metodología abordada en la prueba piloto del modelo anterior.

Tabla 79.

Cantidad de arribos a los puertos de llegada

	Puerto de Rotterdam	Puerto de Londres	Puerto de Miami
Contenedor Aguacate S1	302	124	20
Contenedor Aguacate S2	220	92	13
Contenedor Aguacate S3	144	59	10
TOTAL	666	275	43

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en los puertos de origen, otra de las entidades que arribará al modelo es “Contenedor de Carga Aleatoria”, los cuales llegarán a los puertos de origen junto con los contenedores de aguacate. Allí se forma entonces un cargamento que posteriormente es transportado por un buque a territorio internacional y que desembarcará en los distintos puertos de destino.

A los puertos de origen llegan entonces 258 contenedores de carga aleatoria por día, haciendo alusión a que en los puertos de origen llegaban 86 a cada uno de los 3 muelles que contenían, logrando así la coherencia en cuanto a las cantidades de estas entidades que llegan a los modelos y que no se altere la continuidad del proceso con los datos que se vienen manejando.

13.2.2. Locaciones

Los datos de capacidad de los depósitos portuarios y perfilamiento se determinaron teniendo en cuenta datos consultados sobre los puertos de destino¹⁵ como las conexiones con las que cuentan para contenedores refrigerados y las instalaciones dedicadas al aguacate Hass; en el resto de las

¹⁵ Consultado desde: (Port of Rotterdam, s.f), (Port Miami, s.f) & (London Gateway, s.f.)

locaciones se puso la capacidad necesaria para el funcionamiento del modelo entendiendo que en la realidad se tiene una capacidad mayor.

Por otra parte, los tiempos de procesamiento se estimaron teniendo en cuenta el índice de desempeño logístico del país consultado anteriormente en los perfiles logísticos de los países destino.

Tabla 80.
Datos locaciones Puertos de Llegada

Locación	Rotterdam		Londres		Miami	
	Capacidad	Tiempo de permanencia de la entidad	Capacidad	Tiempo de permanencia de la entidad	Capacidad	Tiempo de permanencia de la entidad
Puerto Santa Marta	1800	0	1800	0	1800	0
Puerto Cartagena	1800	0	1800	0	1800	0
Puerto Buenaventura	1800	0	1800	0	1800	0
Muelle de Llegada	900	1.5 hr	900	1.5 hr	900	1.5 hr
Depósito portuario 1	9250	T(6,10,18) hr	4100	T(6,10,18) hr	1500	T(6,10,18) hr
Carga no nacionalizada en puerto	100	2 hr	100	2 hr	100	2 hr
Perfilamiento	100	T(0.5,1,2) hr	100	T(0.5,1,2) hr	60	T(0.5,1,2) hr
Zona contenedores ilegales	50	T(6,10,18) hr	50	T(6,10,18) hr	50	T(6,10,18) hr
Depósito portuario 2	9250	T(6,10,18) hr	4100	T(6,10,18) hr	1500	T(6,10,18) hr
Pesajes de carga	6	15 min	6	15 min	4	15 min
Entrada/Salida Puerto	6	10 min	6	10 min	4	10 min
Cliente	1	0	1	0	1	0

Fuente: Elaboración propia

13.2.3. Entidades

- Contenedor Aguacate S1
- Contenedor Aguacate S2
- Contenedor Aguacate S3
- Contenedor Carga Aleatoria
- Cargamento Contenedores

Nuevamente, todas las entidades tuvieron una velocidad de 50 mpm y la entidad “Cargamento contenedores” estuvo conformada por 300 contenedores, tanto de contenedores de aguacate S1, S2, S3 como de contenedores de carga aleatoria.

13.2.4. Recursos

Tabla 81.
Recursos Puertos de Llegada

Recurso	Velocidad vacío (mpm)	Velocidad lleno (mpm)	Cantidad Puerto Rotterdam	Cantidad Puerto Londres	Cantidad Puerto Miami
Tractocamión	1000	833	2	2	2
Reach_stack_1	385	331,6	3	3	3
Reach_stack_2	385	331,6	3	3	3
Reach_stack_3	385	331,6	3	3	3
Grúa Pórtico	0	0	5	5	5
Buque (Rotterdam)	463	410	100	0	0
Buque (Londres)	394,43	332,7	0	100	0
Buque (Miami)	246,93	184,13	0	0	100

Fuente: Elaboración propia

13.2.5. Redes

Las distancias de las redes de ruta utilizadas en estos modelos fueron estimadas con ayuda de Google Earth sobre los mapas de los puertos de destino reales y los clientes del caso de estudio.

Tabla 82.
Redes de ruta Puertos de Llegada

Ruta	Origen	Destino	Distancia en metros		
			Puerto Rotterdam	Puerto Londres	Puerto Miami
Red tractor 1	Muelle de Llegada	Depósito Portuario 1	1140	430	1000
Red tractor 2	Depósito Portuario 1	Perfilamiento	700	1600	400
	Depósito Portuario 1	Carga no Nacionalizada en Puerto	200	1800	200
Red tractor 3	Perfilamiento	Depósito Portuario 2	530	1200	145
	Perfilamiento	Zona Contenedores Ilegales	200	900	200
Red camión	Depósito Portuario 2	Pesajes	1400	1700	460
	Pesajes	Entrada Salida Puerto	460	380	800
	Entrada Salida Puerto	Cliente Final	23.000	59.545,6	15.288,8
	Depósito Portuario 2	Carga no Nacionalizada en Puerto	200	1000	200
Red Buque	Puerto Santa Marta	Muelle de Llegada	8.472.328	8.378.064	1.877.638
	Muelle de Llegada	Puerto Cartagena	8.642.766	8.553.524	1.977.428
	Muelle de Llegada	Puerto Buenaventura	9.835.822	9.741.559	2.852.792
	Puerto Santa Marta	Puerto Cartagena	185.719	185.719	185.719
	Puerto Buenaventura	Puerto Cartagena	1.199.221,83	1.199.221,83	1.199.221,83

Fuente: Elaboración propia

13.2.6. Variables

- Cont S1 Recibidos
- Cont S2 Recibidos
- Cont S3 Recibidos
- Cont Nacionalizados en Puerto
- Cont Nacionalizados Fuera del Puerto
- Cont S1 Entregados al Cliente
- Cont S2 Entregados al Cliente
- Cont S3 Entregados al Cliente
- Cont Rechazados S1
- Cont Rechazados S2
- Cont Rechazados

13.2.7. Proceso

El proceso con el que se programó la simulación del sistema de los puertos de destino se puede encontrar en el Anexo 1, Hoja 7 del presente trabajo.

13.2.8. Información general de la simulación

La simulación del modelo tres se hará desde el 30 de diciembre de 2018 hasta el 01 de febrero de 2020. Además, la información del modelo se trabajará en horas y metros.

13.3. EJECUCIÓN DEL MODELO

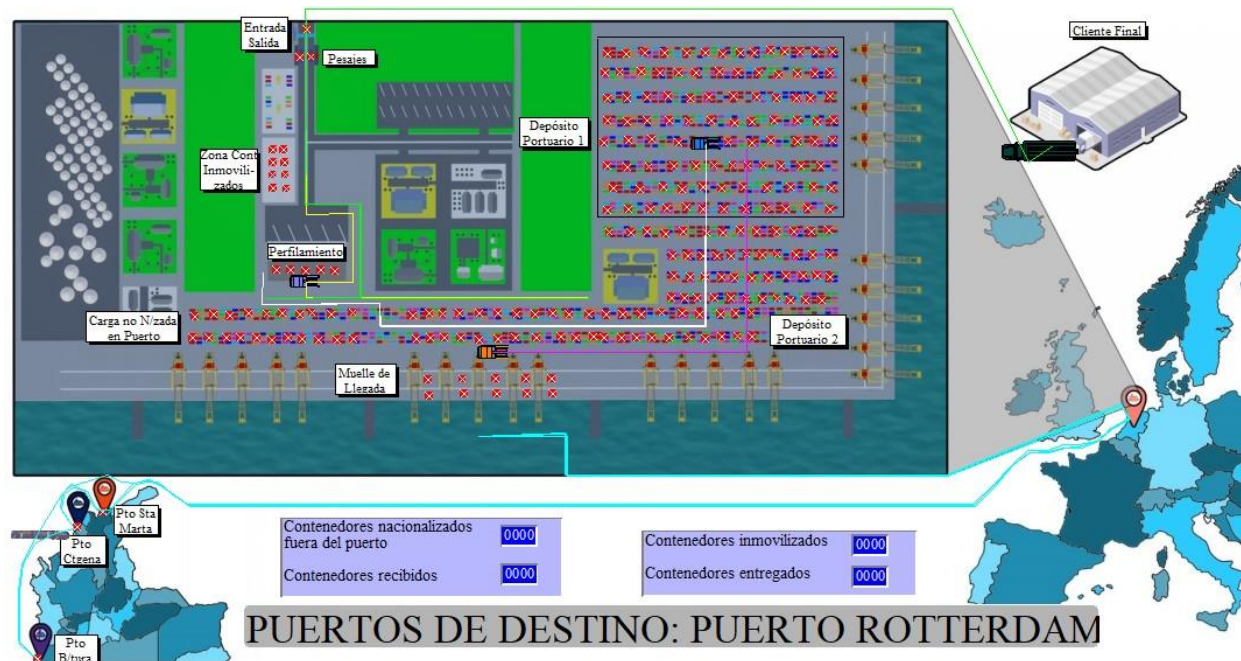


Figura 57. Interfaz modelo puertos de destino en ProModel™

Fuente: Elaboración propia

Después de diseñar la interfaz de los modelos de los puertos de destino y pasar toda la información del modelo a ProModel™, se procede a ejecutar los modelos de los tres puertos.

13.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

13.4.1. Salidas de contenedores

Para conocer en qué momento ocurrieron las salidas del sistema y entregas al cliente, se exportaron desde las estadísticas los datos de series de tiempo de la entidad “Contenedor aguacate S1”, “Contenedor aguacate S2” y “Contenedor aguacate S3”, las cuales son las entidades que se salen de los puertos de destino hacia el cliente final. Este documento se puede encontrar en el Anexo 1, Hoja 8 del presente trabajo.

13.4.2. Llegadas fallidas

Tabla 83.

Llegadas fallidas Puertos de Destino

Nombre	Locación	Total Fallidas Rotterdam	Total Fallidas Londres	Total Fallidas Miami
Contenedor Aguacate S1	Puerto Santa Marta	0,00	0,00	0,00
Contenedor Aguacate S1	Puerto Cartagena	0,00	0,00	0,00
Contenedor Aguacate S1	Puerto Buenaventura	0,00	0,00	0,00
Contenedor Aguacate S2	Puerto Santa Marta	0,00	0,00	0,00
Contenedor Aguacate S2	Puerto Cartagena	0,00	0,00	0,00
Contenedor Aguacate S2	Puerto Buenaventura	0,00	0,00	0,00
Contenedor Aguacate S3	Puerto Santa Marta	0,00	0,00	0,00
Contenedor Aguacate S3	Puerto Cartagena	0,00	0,00	0,00
Contenedor Carga Aleatoria	Puerto Santa Marta	0,00	0,00	0,00
Contenedor Carga Aleatoria	Puerto Cartagena	0,00	0,00	0,00
Contenedor Carga Aleatoria	Puerto Buenaventura	0,00	0,00	0,00

Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Puertos de destino)

No se presentaron llegadas fallidas en ninguno de los puertos de destino, todas las salidas de los puertos de origen, es decir, los arribos programados para estos puertos lograron entrar al sistema.

13.4.3. Resumen de entidades

Tabla 84.

Resumen entidades Puerto Rotterdam

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)
Contenedor Aguacate S1	302,00	0,00	401,96	25,17
Contenedor Aguacate S2	220,00	0,00	440,71	42,22
Contenedor Aguacate S3	144,00	0,00	394,83	22,52
Contenedor Carga Aleatoria	296.034,00	12.792,00	397,90	30,34
Cargamento Contenedores	989,00	42,00	382,56	16,51

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Rotterdam)

Tabla 85.
Resumen entidades Puerto Londres

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)
Contenedor Aguacate S1	124,00	0,00	483,57	27,90
Contenedor Aguacate S2	92,00	0,00	528,14	46,57
Contenedor Aguacate S3	59,00	0,00	474,26	24,66
Contenedor Carga Aleatoria	293.425,00	15.401,00	480,92	33,24
Cargamento Contenedores	979,00	50,00	465,53	19,35

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Londres)

Tabla 86.
Resumen entidades Puerto Miami

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)
Contenedor Aguacate S1	20,00	0,00	234,54	29,12
Contenedor Aguacate S2	13,00	0,00	315,39	71,07
Contenedor Aguacate S3	10,00	0,00	224,06	23,86
Contenedor Carga Aleatoria	300.557,00	8.269,00	250,86	44,81
Cargamento Contenedores	1.002,00	27,00	233,91	30,86

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Miami)

Al momento en que finaliza la simulación en el sistema no hay ningún contenedor de aguacate, lo que indica que todos salen del mismo, lo que se confirma con el número de las salidas de estos del modelo, totales que coinciden con el número de contenedores que fueron despachados de los puertos nacionales en los modelos anteriores:

Tabla 87.
Salidas Puertos de Destino

	Contenedor Aguacate S1	Contenedor Aguacate S2	Contenedor Aguacate S3
Puerto Rotterdam	302	220	144
Puerto Londres	124	92	59
Puerto Miami	20	13	10
Total/Entidad	446	325	213

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al tiempo que pasan los contenedores de aguacate en el sistema, se observa que desde que el contenedor de aguacate es despachado desde uno de los puertos nacionales como parte de un cargamento y hasta que este llega al cliente final en el país de destino pasan en promedio 17,16 días teniendo como destino Rotterdam, 20,63 días si es Londres y 10,74 días en el caso de Miami.

A cada uno de los puertos de destino ingresaron una gran cantidad de contenedores de carga aleatoria, los cuales junto con los contenedores de aguacate llegan al muelle de desembarque en

forma de cargamento de contenedores, allí se desagrupa esta entidad y los contenedores de carga aleatoria salen del sistema, continuando con el proceso en el puerto solo los contenedores de aguacate, razón por la cual aparecen aún en el sistema unidades de contenedores de carga aleatoria y cargamento de contenedores; sin embargo de las entidades en estudio ya salieron del sistema todos los arribos programados.

13.4.4. Estados de entidades

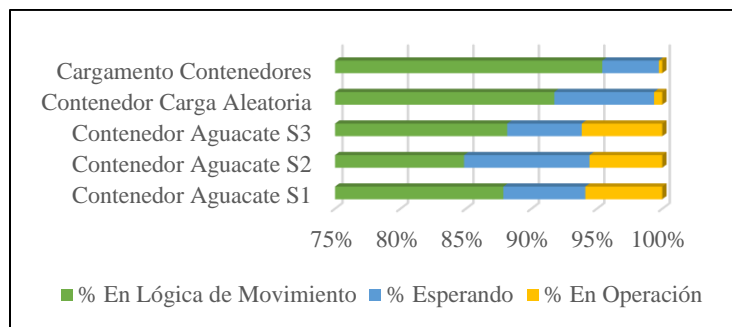


Figura 58. *Estados entidades Puerto Rotterdam*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Rotterdam)

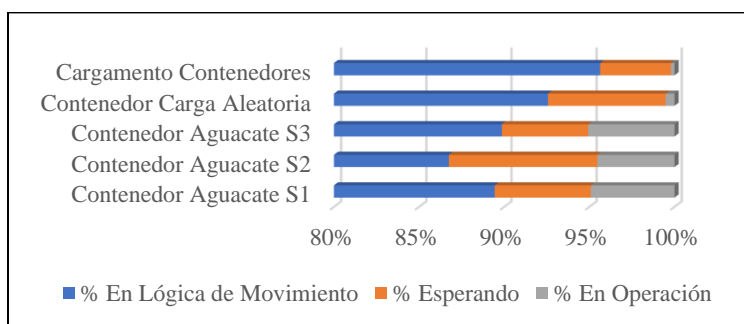


Figura 59. *Estados entidades Puerto Londres*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Londres)

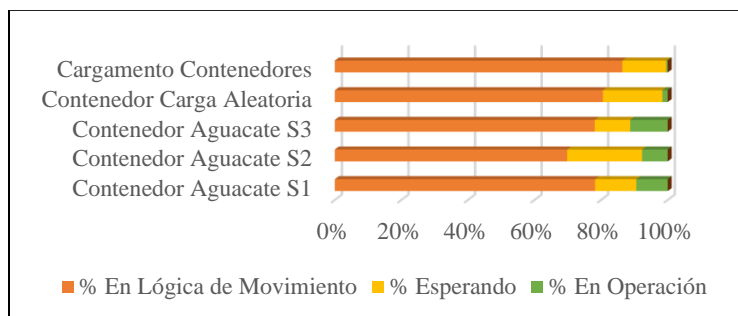


Figura 60. *Estados entidades Puerto Miami*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Miami)

Con respecto a los estados de las entidades durante la simulación, los contenedores de aguacate en el puerto pasan la mayor parte de la simulación en lógica de movimiento con un porcentaje de 86.95% para el puerto de Rotterdam, 88.68% para el puerto de Londres y 75.34% para el puerto de Miami; esto se debe a las grandes distancias entre los puertos de origen y los puertos de destino, por lo que el tiempo de transporte de cargas pesadas en buque representa gran parte del tiempo de simulación.

El resto de la simulación, los contenedores de aguacate se encuentran esperando o en operación, siendo mayor el porcentaje de espera al de operación, esta espera ocurre desde los puertos de origen donde de nuevo se requieren de 300 contenedores para formar un cargamento y ser transportado a los puertos de destino.

Se puede observar que todas las entidades en el puerto de Miami pasan menor porcentaje del tiempo en lógica de movimiento, mayor porcentaje en espera y en operación; esto se puede explicar dado que la distancia entre los puertos de Colombia y el puerto de Miami es menor que la que hay a los demás destinos y porque en este puerto hay menos unidades del recurso “Grúa Pórtico” por lo que el tiempo para desagrupar un cargamento es mayor.

13.4.5. Resumen de locaciones

Tabla 88.
Resumen locaciones Puerto Rotterdam

Nombre	Capacidad	Total Entradas	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Puerto Santa Marta	1.800,00	103.206,00	557,00	306,00	12,32
Puerto Cartagena	1.800,00	103.204,00	557,00	4,00	8,26
Puerto Buenaventura	1.800,00	103.082,00	816,00	782,00	34,02
Muelle de Llegada	900,00	989,00	2,00	0,00	0,03
Depósito Portuario 1	9.250,00	666,00	14,00	0,00	0,01
Perfilamiento	100,00	493,00	5,00	0,00	0,06
Zona contenedores ilegales	50,00	5,00	1,00	0,00	0,01
Depósito Portuario 2	9.250,00	488,00	11,00	0,00	0,01
Pesajes	6,00	661,00	2,00	0,00	0,29
Carga no Nacionalizada en Puerto	100,00	173,00	4,00	0,00	0,04
Entrada Salida Puerto	6,00	661,00	2,00	0,00	0,19
Cliente Final	1,00	661,00	1,00	0,00	0,00

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Rotterdam)

Tabla 89.
Resumen locaciones Puerto Londres

Nombre	Capacidad	Total Entradas	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Puerto Santa Marta	1.800,00	103.051,00	557,00	451,00	13,01%
Puerto Cartagena	1.800,00	103.050,00	557,00	150,00	8,30%
Puerto Buenaventura	1.800,00	103.000,00	1.073,00	1.000,00	38,51%

Nombre	Capacidad	Total Entradas	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Muelle de Llegada	900,00	979,00	2,00	0,00	0,03%
Depósito Portuario 1	4.100,00	275,00	4,00	0,00	0,01%
Perfilamiento	100,00	195,00	3,00	0,00	0,02%
Zona contenedores ilegales	50,00	2,00	1,00	0,00	0,00%
Depósito Portuario 2	4.100,00	193,00	4,00	0,00	0,01%
Pesajes	6,00	273,00	3,00	0,00	0,33%
Carga no Nacionalizada en Puerto	100,00	80,00	2,00	0,00	0,03%
Entrada Salida Puerto	6,00	273,00	2,00	0,00	0,17%
Cliente Final	1,00	273,00	1,00	0,00	0,00%

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Londres)

Tabla 90.
Resumen locaciones Puerto Miami

Nombre	Capacidad	Total Entradas	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Puerto Santa Marta	1.800,00	102.959,00	557,00	359,00	15,81
Puerto Cartagena	1.800,00	102.959,00	557,00	59,00	8,32
Puerto Buenaventura	1.800,00	102.951,00	1.331,00	1.251,00	56,46
Muelle de Llegada	900,00	1.002,00	2,00	0,00	0,05
Depósito Portuario 1	1.500,00	43,00	4,00	0,00	0,00
Perfilamiento	60,00	28,00	2,00	0,00	0,01
Zona contenedores ilegales	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Depósito Portuario 2	1.500,00	28,00	2,00	0,00	0,00
Pesajes	4,00	43,00	1,00	0,00	0,04
Carga no Nacionalizada en Puerto	100,00	15,00	1,00	0,00	0,00
Entrada Salida Puerto	4,00	43,00	1,00	0,00	0,02
Cliente Final	1,00	43,00	1,00	0,00	0,00

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Miami)

Las locaciones con mayor porcentaje de utilización en todos los modelos fueron los puertos de origen, puesto que allí arriban todas las entidades programadas y de forma infinita llegan contenedores de carga aleatoria, por lo que la mayor cantidad del tiempo la locación permanece ocupada.

La cantidad máxima de contenedores que hubo en los puertos de origen fue de 557 para Santa Marta y Cartagena, y de 1.073 para Buenaventura, esto se debe a los tres muelles de embarque que hay en cada puerto, donde necesitan acumularse 300 contenedores para agrupar un cargamento.

Con respecto a las locaciones que conforman directamente los puertos marítimos de llegada, ninguna de estas presenta un porcentaje de utilización mayor al 0.5%. Para la simulación del caso de estudio, los contenedores de aguacate son los únicos procesados por estas locaciones, lo que explica las cifras de utilización en comparación con las capacidades de los puertos.

Según las entradas a la locación de Zona de contenedores inmovilizados, se concluye que en el perfilamiento de los contenedores en el puerto de destino se rechazaron 5 contenedores en el puerto de Rotterdam y 2 en el puerto de Londres.

13.4.6. Estados de locaciones

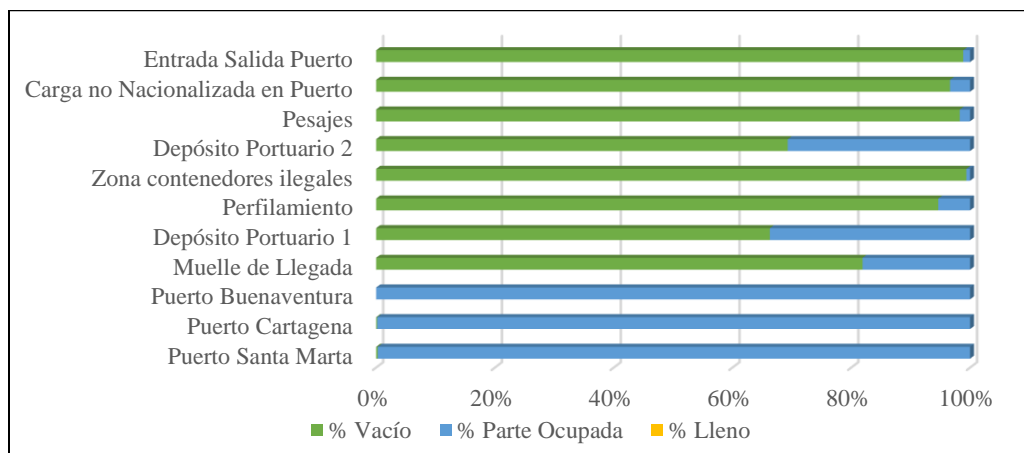


Figura 61. *Estados locaciones Puerto Rotterdam*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Rotterdam)

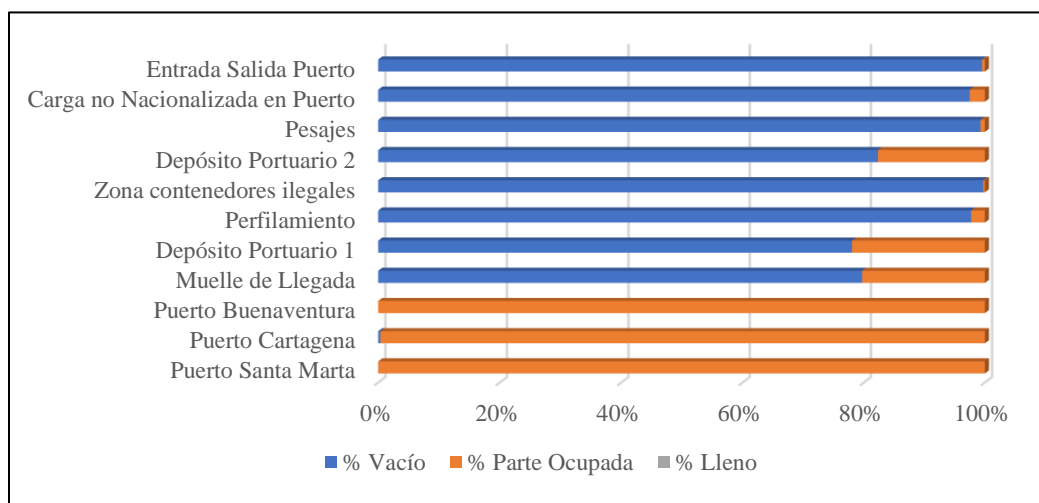


Figura 62. *Estados locaciones Puerto Londres*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Londres)

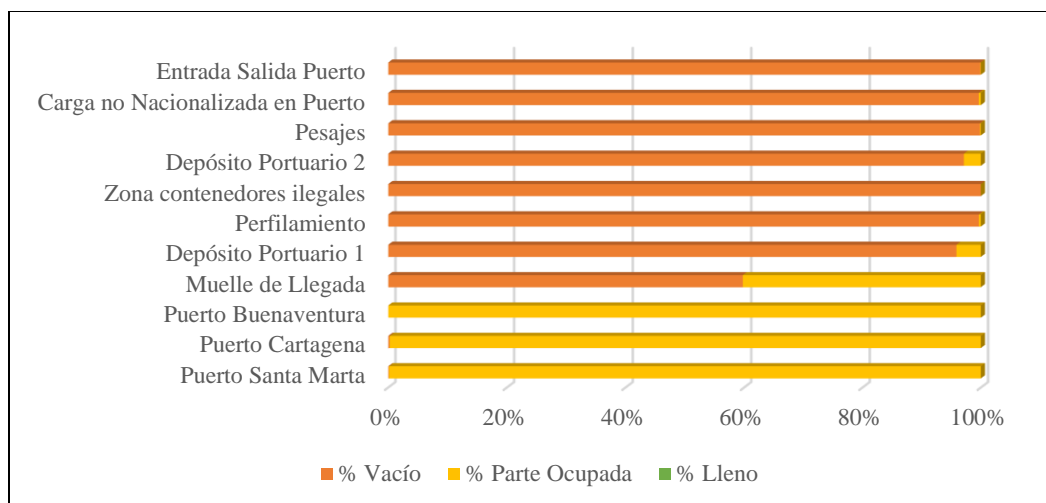


Figura 63. *Estados locaciones Puerto Miami*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Miami)

De los estados de las locaciones se reafirma que los puertos de origen en todos los modelos pasaron más del 99% del tiempo de la simulación con parte de su capacidad ocupada. Además, se visualiza que ninguna de las locaciones estuvo en algún momento de la simulación llena.

Las locaciones con mayor porcentaje del tiempo con parte de su capacidad ocupada son los depósitos en el puerto de Rotterdam con un porcentaje promedio de 32.2%, Muelle de llegada y Depósitos portuarios en el caso del puerto de Londres con un porcentaje que no supera el 22% y el Muelle de llegada en el puerto de Miami con un porcentaje de 40,21%. El resto de las locaciones no supera el 10% en porcentaje de ocupación.

13.4.7. Resumen de variables

Tabla 91.

Resumen variables Puerto Rotterdam

Nombre	Total Cambios	Tiempo Por cambio Promedio (Hr)	Valor Máximo	Valor Actual
Cont S1 Recibidos	302,00	31,27	302,00	302,00
Cont S2 Recibidos	220,00	42,50	220,00	220,00
Cont S3 Recibidos	144,00	64,62	144,00	144,00
Cont Nacionalizados en Puerto	493,00	19,19	493,00	493,00
Cont Nacionalizados Fuera del Puerto	173,00	52,79	173,00	173,00
Cont S1 Entregados al Cliente	299,00	31,70	299,00	299,00
Cont S2 Entregados al Cliente	218,00	43,00	218,00	218,00
Cont S3 Entregados al Cliente	144,00	64,76	144,00	144,00
Cont Rechazados S1	3,00	2.677,55	3,00	3,00
Cont Rechazados S2	2,00	4.070,38	2,00	2,00
Cont Rechazados S3	0,00	0,00	0,00	0,00

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Rotterdam)

Tabla 92.
Resumen variables Puerto Londres

Nombre	Total Cambios	Tiempo Por cambio Promedio (Hr)	Valor Máximo	Valor Actual
Cont S1 Recibidos	124,00	75,46	124,00	124,00
Cont S2 Recibidos	92,00	102,40	92,00	92,00
Cont S3 Recibidos	59,00	157,39	59,00	59,00
Cont Nacionalizados en Puerto	195,00	48,38	195,00	195,00
Cont Nacionalizados Fuera del Puerto	80,00	117,21	80,00	80,00
Cont S1 Entregados al Cliente	123,00	76,27	123,00	123,00
Cont S2 Entregados al Cliente	91,00	103,81	91,00	91,00
Cont S3 Entregados al Cliente	59,00	157,92	59,00	59,00
Cont Rechazados S1	1,00	8.459,69	1,00	1,00
Cont Rechazados S2	1,00	4.341,93	1,00	1,00
Cont Rechazados S3	0,00	0,00	0,00	0,00

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Londres)

Tabla 93.
Resumen variables Puerto Miami

Nombre	Total Cambios	Tiempo Por cambio Promedio (Hr)	Valor Máximo	Valor Actual
Cont S1 Recibidos	20	389,57	20	20
Cont S2 Recibidos	13	585,78	13	13
Cont S3 Recibidos	10	894,30	10	10
Cont Nacionalizados en Puerto	28	319,99	28	28
Cont Nacionalizados Fuera del Puerto	15	520,22	15	15
Cont S1 Entregados al Cliente	20	390,88	20	20
Cont S2 Entregados al Cliente	13	586,99	13	13
Cont S3 Entregados al Cliente	10	897,48	10	10
Cont Rechazados S1	0	0,00	0	0
Cont Rechazados S2	0	0,00	0	0
Cont Rechazados S3	0	0,00	0	0

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Miami)

Los resultados de las variables que se incluyeron en el modelo confirman que el número de contenedores recibidos proveniente de cada sucursal coincide con el número de estos que fueron despachados desde los puertos nacionales para su exportación.

Por otra parte, no todos los contenedores de aguacate fueron nacionalizados en el puerto, por lo que con ayuda de las variables conocemos las cifras de los que sí pasaron por la locación de perfilamiento y los que salieron del puerto a realizar su legalización en otro lugar; por ejemplo, en

el puerto de Rotterdam fueron 173 los contenedores nacionalizados fuera del puerto, mientras que en el puerto de Londres fueron 80 y en el puerto de Miami 15.

También se puede observar como de los 666 contenedores que arribaron a Rotterdam, fueron entregados al cliente un total de 661, presentándose 5 contenedores rechazados en perfilamiento por problemas documentales. De la misma manera, de los 275 contenedores que llegaron al puerto de Londres, 2 de ellos fueron inmovilizados, por lo que llegaron al cliente un total de 273 y en el caso del puerto de Miami no hubo contenedores rechazados, es decir que la totalidad de contenedores que entraron al puerto, fueron entregados al cliente final.

Por último, de los contenedores inmovilizados se muestra como 4 pertenecen a la sucursal 1, 3 a la sucursal 2 y no hay ninguno que provenga de la sucursal 3.

13.4.8. Resumen de recursos

Tabla 94.
Resumen recursos Puerto Rotterdam

Nombre	Unidades	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	% Utilización
Buque	100,00	384.849,04	1.028,00	40,29
Grúa Pórtico	5,00	989,00	989,00	2,07
Reach Stacker 1	3,00	39,92	666,00	0,14
Reach Stacker 2	3,00	18,99	666,00	0,07
Reach Stacker 3	3,00	12,74	493,00	0,04
Tractocamión	2,00	290,87	834,00	1,52

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Rotterdam)

Tabla 95.
Resumen recursos Puerto Londres

Nombre	Unidades	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	% Utilización
Buque	100,00	465.933,13	1.025,00	48,78
Grúa Pórtico	5,00	979,00	979,00	2,05
Reach Stacker 1	3,00	5,78	275,00	0,02
Reach Stacker 2	3,00	22,80	275,00	0,08
Reach Stacker 3	3,00	11,67	195,00	0,04
Tractocamión	2,00	796,68	353,00	4,17

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Londres)

Tabla 96.
Resumen recursos Puerto Miami

Nombre	Unidades	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	% Utilización
Buque	100,00	236.572,73	1024,00	24,77
Grúa Pórtico	2,00	1002,00	1002,00	5,24
Reach Stacker 1	3,00	2,15	43,00	0,01
Reach Stacker 2	3,00	0,71	43,00	0,00
Reach Stacker 3	3,00	0,20	28,00	0,00
Tractocamión	2,00	44,26	58,00	0,23

Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Miami)

El buque es el recurso que tiene mayor porcentaje de utilización en todos los modelos con un porcentaje mayor al 40%, esto se debe a que los contenedores se encuentran gran parte de la simulación en lógica de movimiento transportados por los buques. Los demás recursos no alcanzan a tener un porcentaje de utilización mayor al 5.5%.

Por otro lado, el número de veces en las que fue utilizado el buque en cada puerto es igual al número de cargamentos que arribaron a los muelles de desembarque y de la misma manera, el número de veces que fue usado el tractocamión corresponde a la suma de los contenedores que no fueron nacionalizados en puerto y los contenedores que fueron finalmente entregados al cliente.

Con respecto al transporte dentro de las locaciones del puerto, los Reach stacker 1 y 2 transportaron la totalidad de los contenedores de aguacate que ingresaron a cada puerto, mientras que el Reach stacker 3 solo transportó aquellos contenedores que fueron nacionalizados en el puerto.

13.4.9. Estados de recursos

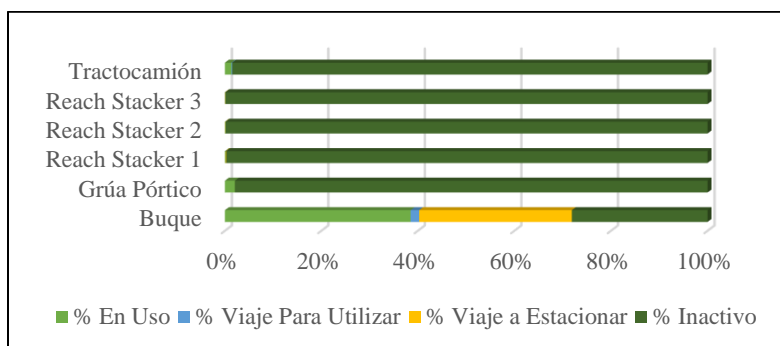


Figura 64. *Estados de recursos Puerto Rotterdam*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Rotterdam)

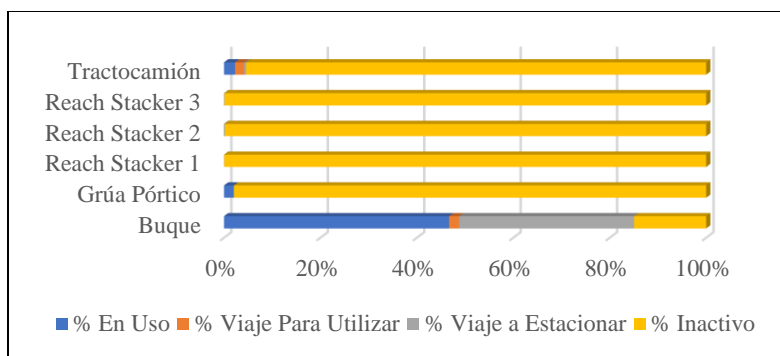


Figura 65. *Estados recursos Puerto Londres*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Londres)

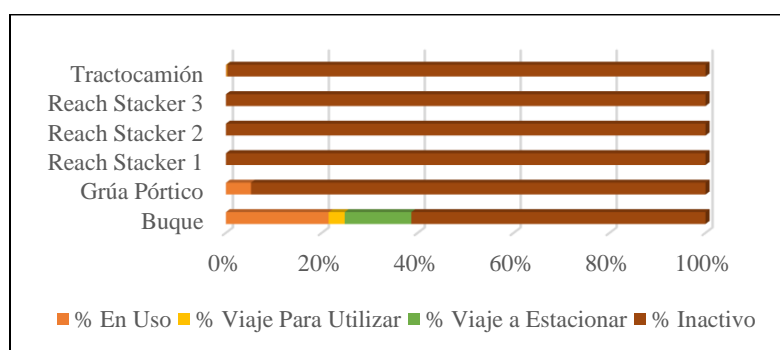


Figura 66. *Estados recursos Puerto Miami*
Tomado de: Estadísticas ProModel™ (Puerto Miami)

A pesar de ser el buque el recurso que más se usó en todos los modelos, no tiene un porcentaje de uso mayor al 50% del tiempo en ninguno de los puertos, esto debido a la gran cantidad de buques que están disponibles para transportar cargamento de contenedores entre puertos marítimos.

El buque cuenta también con un porcentaje significativo de tiempo que utilizó viajando para estacionar, el cual fue de 31.61% en el puerto de Rotterdam, 36.26% en el puerto de Londres y 13.89% en el puerto de Miami, tiempo en que el buque retorna al puerto de origen para realizar un nuevo viaje.

Además, en el puerto de Miami se presentan algunos recursos que pasaron el 100% del tiempo de la simulación inactivos; sin embargo, estos recursos si fueron utilizados en pocas ocasiones, veces que no fueron suficientes para lograr un porcentaje reflejado en las estadísticas.

13.4.10. Conclusiones del análisis de los puertos de destino

- Los contenedores de aguacate pasan la mayor parte del tiempo de la simulación en lógica de movimiento, lo que resulta razonable debido al tiempo en tránsito que deben afrontar mientras se movilizan de un puerto a otro, haciendo que el tiempo en operación – que en los puertos de origen era más representativo– se vea reducido significativamente.

- Las locaciones de los puertos de destino, tal y como ocurrió con los puertos nacionales, no presentan ningún problema de capacidad, al ser simulado exclusivamente el procesamiento de los contenedores de aguacate Hass de las sucursales planteadas.
- En estos modelos se presentaron en total 7 contenedores inmovilizados, 5 para el puerto de Rotterdam y 2 para el puerto de Londres. Desglosando más esta situación, 4 contenedores provenían de la Sucursal 1 y 3 contenedores de la Sucursal 2. Nuevamente, esto podría estar relacionado a que se tiene poco control de la documentación o la carga que se transporta.

Se trata de una cantidad total de 168.000 kilogramos de aguacate que no se entregan al cliente (96.000 de la Sucursal 1 y 72.000 de la Sucursal 2), lo que económicamente representa millonarias pérdidas para los implicados en la exportación y la construcción de una mala imagen para la compañía; razón por la que se reitera la importancia de establecer controles más rigurosos tanto desde la administración de las sucursales, como en las entidades de control de los puertos nacionales.

- Partiendo del mayor tiempo en promedio que pasan los contenedores los puertos de llegada, se puede concluir que en el puerto de Rotterdam los contenedores de aguacate se demoran en promedio 18,36 días en el sistema, mientras que en el puerto de Londres 22,01 días en promedio y en el puerto de Miami 13,14 días. Este cálculo se hace tomando el tiempo transcurre desde que los contenedores son embarcados y se despachan desde los puertos de origen hasta que salen del sistema en los puertos de destino, sea siendo entregados al cliente final o como contenedores inmovilizados.

Este tiempo de permanencia de estas entidades en el sistema tiene una gran importancia en términos logísticos y económicos, pues permite generar un planificación más amplia y acertada que le permite a las sucursales predecir de forma correcta sus tiempos de entrega. Igualmente, al ser estos tiempos tan prolongados, se destaca la importancia de la cadena de frío, la cual no debe ser interrumpida en ningún momento del trayecto para impedir el deterioro de la fruta hasta que llegue a su destino final.

De esta forma, con las estadísticas del modelo 2 y 3, se puede establecer el mayor tiempo promedio en días que puede tomar la entrega de un contenedor de aguacate desde su despacho en las sucursales hasta su llegada al cliente en el país de destino.

Este sería el tiempo de entrega de cada sucursal para cada destino independientemente del puerto del cual hayan sido despachados los contenedores, pues el cálculo incluye los tiempos de los 3 puertos de origen.

Tabla 97.

Tiempo promedio en días de entrega contenedor exportado

Sucursal	Puerto de Origen	Destino: Países Bajos	Destino: Reino Unido	Destino: Estados Unidos
S1	Santa Marta	22,85	26,25	15,87
	Cartagena	22,55	25,95	15,57
	Buenaventura	21,32	24,72	14,34
S2	Santa Marta	24,69	28,33	19,47
	Cartagena	24,54	28,18	19,31
	Buenaventura	23,08	26,73	17,86
S3	Santa Marta	22,28	25,59	15,17
	Cartagena	22,62	25,93	15,51
	Buenaventura	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

De la información anterior, se puede decir que la Sucursal 1 es la que presenta tiempos de entrega menores respecto a las demás, sin embargo, mantiene diferencias mínimas con respecto a la Sucursal 3. Es entonces la sucursal 2, la empacadora con mayor tiempo de entrega promedio necesitando casi 2 días más para realizar la entrega de sus contenedores.

Se concluye además que para el caso de las Sucursales 1 y 2 la entrega es más rápida por medio del puerto de Buenaventura, mientras que para la sucursal 3 es más viable realizar la exportación por medio del puerto de Santa Marta.

- El modelo planteado para los puertos de llegada presenta fluidez en su funcionamiento, convirtiéndose así en un ejemplo factible del comportamiento de los puertos en el extranjero en el caso particular de la exportación de Aguacate Hass. Con lo anterior, ante un eventual aumento en la llegada de contenedores de aguacate no habría inconvenientes de capacidad ni de recursos para procesarlos y hacerlos llegar al cliente final.
- Al finalizar las simulaciones correspondientes al primer escenario, se obtuvieron las siguientes salidas de contenedores por sucursal:

Tabla 98.

Salidas de contenedores esperadas vs. contenedores entregados al cliente final.

	Sucursal 1	Sucursal 2	Sucursal 3
Contenedores exportados (2019)	445	320	212
Salidas Contenedores Modelo 1	449	325	213
Salidas Contenedores Modelo 2	446	325	213
Salidas Contenedores Modelo 3	442	322	213

Fuente: Elaboración propia

14. SEGUNDO ESCENARIO

14.1. DESCRIPCIÓN

Tras haber desarrollado los modelos de simulación planteados para el proceso de distribución internacional del aguacate Hass, se procede a la construcción de un segundo escenario para las sucursales del caso de estudio, trabajando esta vez con los datos históricos de exportación del año 2020.

El objetivo de este planteamiento consiste en determinar cómo fue la demanda de aguacate Hass durante el 2020, qué impacto tuvo la llegada de la pandemia en las cifras de exportación y cuál es la respuesta de las empacadoras ante una demanda creciente de este fruto.

En comparativa con las exportaciones realizadas en 2019, durante el 2020 las sucursales presentaron los siguientes datos de exportación:

Tabla 99.

Exportaciones sucursales 2019 - 2020

	Kg exportados 2019	Kg exportados 2020	% Incremento Exportaciones
Sucursal 1	10.646.092	14.262.704	34,0%
Sucursal 2	7.716.040	8.888.094	15,2%
Sucursal 3	4.255.221	6.719.187	57,9%

Adaptado de: DIAN. (2020). Directorio de Exportadores Colombia. Obtenido de DIAN:
<https://www.dian.gov.co/dian/cifras/Paginas/EstadisticasComEx.aspx>

Se puede observar como a pesar de la pandemia, la demanda y a su vez las exportaciones de aguacate Hass aumentaron significativamente con respecto al año 2019. Con respecto al total de exportaciones de aguacate desde Colombia al resto del mundo se obtienen los siguientes datos y distribuciones mensuales:

Tabla 100.

Porcentaje mensual exportaciones aguacate 2020

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ton aguacate	4.623	6.869	5.503	7.732	5.617	5.989	4.573	3.914	6.631	7.661	7.960	10.004
% mensual	6%	8,9%	7,1%	10%	7,2%	7,7%	5,9%	5,1%	8,6%	9,9%	10,3%	12,9%

Adaptado de TradeMap. (2019). Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas. Valores de exportación. Obtenido de TradeMap:
<https://www.trademap.org/Index.aspx?lang=es>

Al aplicarle la distribución porcentual mensual de las exportaciones totales de este fruto a los datos de exportación de las sucursales, se llega a la demanda mensual durante el 2020 de cada una de las empacadoras:

Tabla 101.
Exportaciones mensuales de sucursales 2020

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sucursal 1	855	1.271	1.018	1.431	1.039	1.108	846	724	1.227	1.418	1.473	1.851
Sucursal 2	533	792	635	892	648	691	527	451	765	883	918	1.154
Sucursal 3	403	599	480	674	490	522	399	341	578	668	694	872

Fuente: Elaboración propia

Ahora, se aplica el mismo procedimiento al que se llegó en el numeral 11.2 para determinar los datos de los arribos a programar en la simulación.

Tabla 102.
Número de lotes que entran por mes 2020

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sucursal 1	208	309	248	348	253	270	206	176	299	345	358	450
Sucursal 2	130	193	154	217	158	168	128	110	186	215	223	281
Sucursal 3	98	146	117	164	119	127	97	83	141	163	169	212

Fuente: Elaboración propia

Tabla 103.
Número de lotes que entran por día 2020

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sucursal 1	7	11	8	12	8	9	7	6	10	11	12	15
Sucursal 2	4	7	5	7	5	6	4	4	6	7	7	9
Sucursal 3	3	5	4	5	4	4	3	3	5	5	6	7

Fuente: Elaboración propia

Y, finalmente se obtiene el número de ocurrencias y la frecuencia de la llegada de lotes de aguacate Hass al sistema:

Tabla 104.
Frecuencia de llegada a sucursales 2020

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sucursal 1	4	2	3	2	3	3	4	4	2	2	2	2
Sucursal 2	6	4	5	3	5	4	6	7	4	3	3	3
Sucursal 3	8	5	6	4	6	6	8	9	5	5	4	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 105.
Ocurrencias de arribos a sucursales 2020

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sucursal 1	208	309	248	348	253	270	206	176	299	345	358	450
Sucursal 2	130	193	154	217	158	168	128	110	186	215	223	281
Sucursal 3	98	146	117	164	119	127	97	83	141	163	169	212

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se cambian los datos de los arribos a los calculados con datos del 2020, teniendo en cuenta que los lotes empiezan a llegar al sistema dos días antes del inicio del mes correspondiente; los demás datos del modelo permanecen constantes y se ejecuta la simulación por un lapso de un año, desde el 29/12/2019 hasta el 30/12/2020.

14.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

14.2.1. Llegadas fallidas

Tabla 106.

Llegadas fallidas sucursales - escenario 2

Nombre	Locación	Total Fallidas S1	Total Fallidas S2	Total Fallidas S3
Lote Aguacate	Entrada	0,00	0,00	0,00
Caja Vacía	Empacadora 1	645.025	984.726	1.125.042
Caja Vacía	Empacadora 2	2.452.190	3.473.228	3.892.942

Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 1, 2 y 3 – escenario 2)

Se puede observar que no se presentó ninguna llegada fallida de lotes de aguacate en ninguna de las sucursales, por lo que todos los arribos programados de esta entidad lograron entrar al sistema y ser procesados. Con respecto al arribo de la entidad “Caja Vacía” a las Empacadoras 1 y 2, aún se presenta una gran cantidad de llegadas fallidas pero en menor proporción que durante el 2019; sin embargo, sigue siendo un factor a mejorar dentro de la planta puesto que no deberían llegar al sistema más cajas de las necesarias para el empaque del aguacate Hass.

14.2.2. Resumen de entidades

Tabla 107.

Resumen de entidades Sucursal 1 - escenario 2

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)
Lote Aguacate	3.470	0	1,22	0,02
Canastilla Aguacate	1.086.720	0	0,16	0,12
Kilo Aguacate	15.214.080	0	0,09	0,00
Caja Vacía	0	19.606	0,00	0,00
Caja Aguacate	3.613.200	157	48,30	48,28
Pallet Aguacate	12.000	44	19,22	7,08
Contenedor Aguacate S1	600	0	0,34	0,00

Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 1 – escenario 2)

Tabla 108.
Resumen de entidades Sucursal 2 - escenario 2

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)
Lote Aguacate	2.163	0	1,21	0,01
Canastilla Aguacate	679.360	0	0,18	0,14
Kilo Aguacate	9.511.040	0	0,09	0,00
Caja Vacía	0	13.428	0,00	0,00
Caja Aguacate	2.258.700	96	54,39	54,37
Pallet Aguacate	7.500	29	21,00	11,22
Contenedor Aguacate S2	375	0	0,34	0,00

Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 2 – escenario 2)

Tabla 109.
Resumen de entidades Sucursal 3 - escenario 2

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)
Lote Aguacate	1.636	0	1,21	0,01
Canastilla Aguacate	512.640	0	0,85	0,68
Kilo Aguacate	7.176.960	0	0,47	0,00
Caja Vacía	0	7.501	0,00	0,00
Caja Aguacate	1.704.528	165	39,23	39,21
Pallet Aguacate	6.740	24	24,53	12,40
Contenedor Aguacate S3	337	0	0,34	0,00

Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 3 – escenario 2)

En el 2020 se obtuvo un tiempo en sistema promedio menor que en el 2019 para la entidad “Caja Aguacate”, donde fueron 16 horas menos en la Sucursal 1, 8 menos en la Sucursal 2 y 22 menos en la Sucursal 3. La entidad “Pallet Aguacate” también disminuyó su tiempo en sistema promedio reduciendo 7 horas en la Sucursal 3 y de 1 - 2 horas en la Sucursal 1 y 2. El resto de las entidades mantuvieron sus estadísticas constantes.

Las salidas de contenedores de aguacate se comportaron de la siguiente manera con respecto a los datos esperados:

Tabla 110.
Salidas esperadas vs salidas reales sucursales - escenario 2

Mes	Sucursal 1		Sucursal 2		Sucursal 3	
	Cantidad esperada	Cantidad salidas	Cantidad esperada	Cantidad salidas	Cantidad esperada	Cantidad salidas
Enero	36	36	22	22	20	20
Febrero	53	52	33	34	30	32
Marzo	42	45	26	27	24	23
Abril	60	60	37	38	33	33

Mes	Sucursal 1		Sucursal 2		Sucursal 3	
	Cantidad esperada	Cantidad salidas	Cantidad esperada	Cantidad salidas	Cantidad esperada	Cantidad salidas
Mayo	43	43	27	28	24	25
Junio	46	48	29	29	26	26
Julio	35	36	22	22	20	19
Agosto	30	31	19	20	17	18
Septiembre	51	52	32	32	29	30
Octubre	59	60	37	37	33	33
Noviembre	61	62	38	39	34	36
Diciembre	77	75	48	47	43	42
	594	600	370	375	333	337

Fuente: Elaboración propia

14.2.3. Estados de entidades

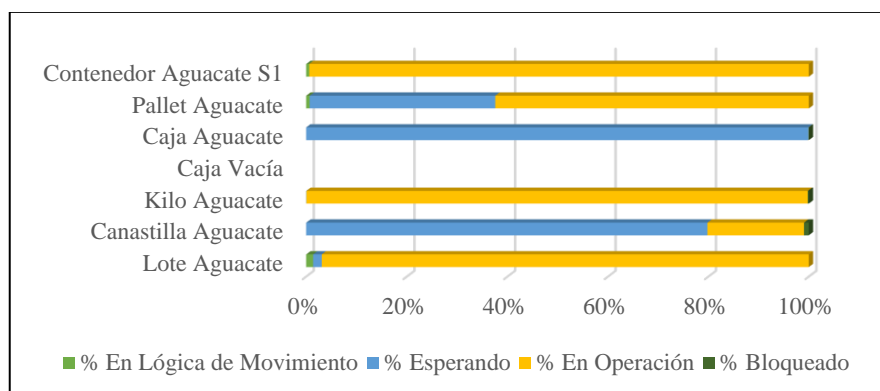


Figura 67. Estados de entidades Sucursal 1 - escenario 2
Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 1 – escenario 2)

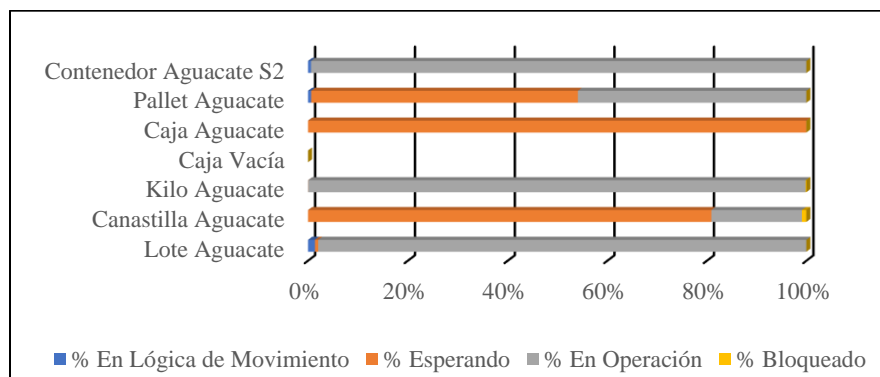


Figura 68. Estados de entidades Sucursal 2 - escenario 2
Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 2 – escenario 2)

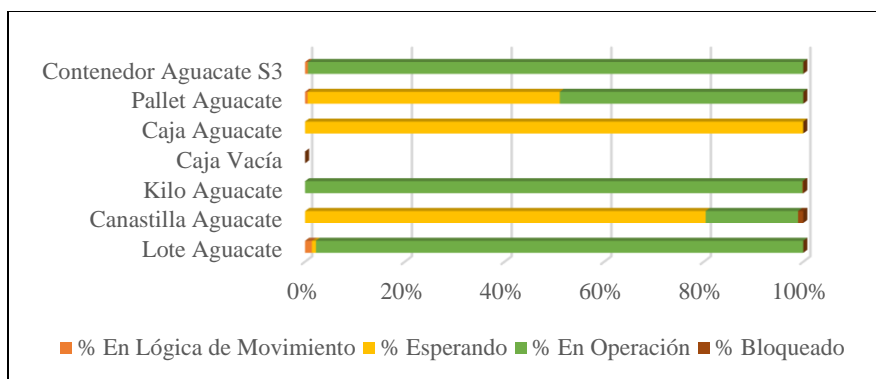


Figura 69. Estados de entidades Sucursal 3 - escenario 2
Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 3 – escenario 2)

En cuanto a los estados de las entidades, son casi iguales a los arrojados por el primer escenario, la única diferencia ocurre con la entidad “Pallet Aguacate”, el cual, en todas las sucursales, disminuye su tiempo de espera y aumenta su tiempo de operación un 6% en promedio, lo que podría ser explicado a partir del aumento en la cantidad de aguacate procesado, por lo que se procesan mayor cantidad de pallets, reduciendo el tiempo de espera de estos en la zona de despacho para formar un contenedor de aguacate y salir del sistema.

14.2.4. Resumen de locaciones

Tabla 111.

Resumen de locaciones Sucursal 1 - escenario 2

Nombre	Capacidad	Total Entradas	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Entrada	1	3.470	0,06584	1	0	6,58
Zona de Descargue	3	3.470	0,20	1	0	6,57
Zona de Inspección	3	3.470	0,21	1	0	6,85
Almacén	5	3.396	0,11	1	0	2,11
Volteadora de Cajas	39	1.086.720	3,75	39	0	9,62
Limpieza	541	15.214.080	51,89	541	0	9,59
Selección manual	541	15.214.080	51,90	541	0	9,59
Clasificadora	541	14.453.431	49,31	541	0	9,12
Empacadora 1	5.000	908.093	4.920,89	5.000	4.894	98,42
Empacadora 2	15.000	2.724.870	14.792,74	15.000	14.712	98,62
Cinta PT	30	3.613.357	1,44	22	0	8,24
Paletizado	600	3.613.357	163,92	600	157	27,32
Cuarto frío 1	50	4.062	5,57	18	6	11,14
Cuarto frío 2	50	4.011	5,50	17	11	10,99
Cuarto frío 3	50	3.971	5,45	16	8	10,91
Zona de Despacho	25	12.019	9,73	22	19	38,91
Salida	1	600	0,01	1	0	1,14
Zona de Desechos	1	74	0,00	1	0	0,00

Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 1 – escenario 2)

Tabla 112.
Resumen de locaciones Sucursal 2 - escenario 2

Nombre	Capacidad	Total Entradas	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Entrada	1	2.163	0,04	1	0	4,10
Zona de Descargue	3	2.163	0,12	1	0	4,10
Zona de Inspección	3	2.163	0,12	1	0	4,16
Almacén	3	2.123	0,07	1	0	2,32
Volteadora de Cajas	36	679.360	2,51	36	0	6,97
Limpieza	502	9.511.040	34,60	502	0	6,89
Selección manual	502	9.511.040	34,61	502	0	6,89
Clasificadora	502	9.035.190	32,89	502	0	6,55
Empacadora 1	3.500	568.392	3.454,36	3.500	3.350	98,70
Empacadora 2	10.500	1.703.832	10.380,23	10.500	10.078	98,86
Cinta PT	30	2.258.796	0,82	22	0	4,69
Paletizado	504	2.258.796	151,13	504	96	29,99
Cuarto frío 1	50	2.515	3,44	11	5	6,88
Cuarto frío 2	10	2.530	1,46	6	2	14,57
Cuarto frío 3	50	2.484	3,41	13	7	6,82
Zona de Despacho	25	7.515	9,64	22	15	38,55
Salida	1	375	0,01	1	0	0,71
Zona de Desechos	1	40	0,00	1	0	0,00

Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 2 – escenario 2)

Tabla 113.
Resumen de locaciones Sucursal 3 - escenario 2

Nombre	Capacidad	Total Entradas	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Entrada	1	1.636	0,03	1	0	3,10
Zona de Descargue	3	1.636	0,09	2	0	3,10
Zona de Inspección	3	1.636	0,09	2	0	3,15
Almacén	3	1.602	0,26	1	0	8,83
Volteadora de Cajas	34	512.640	9,35	34	0	27,49
Limpieza	471	7.176.960	128,83	471	0	27,35
Selección manual	471	7.176.960	128,83	471	0	27,35
Clasificadora	471	6.818.773	122,40	463	0	25,99
Empacadora 1	1.875	428.076	1.869,08	1.875	1.875	99,68
Empacadora 2	5.626	1.284.118	5.612,18	5.626	5.626	99,75
Cinta PT	30	1.704.693	0,58	22	0	3,32
Paletizado	504	1.704.693	125,32	252	165	24,87
Cuarto frío 1	70	2.383	3,25	11	6	4,65
Cuarto frío 2	70	2.204	3,02	10	4	4,31
Cuarto frío 3	70	2.177	2,99	10	5	4,27
Zona de Despacho	25	6.749	9,57	20	9	38,30
Salida	1	337	0,01	1	0	0,64
Zona de Desechos	1	34	0,00	1	0	0,00

Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 3 – escenario 2)

Al generar un aumento en las llegadas de lotes de aguacate en los 3 modelos, era de suponerse un mayor número de entradas a las locaciones y que el porcentaje de utilización de estas aumentara con respecto al primer escenario y aunque no se trata de un aumento porcentual significativo, muestra concordancia con respecto a lo que se esperaba que sucediera. De igual forma, se nota que las Empacadoras 1 y 2 siguen siendo las locaciones que presentan mayor utilización y siguen estando al límite respecto a su capacidad, sin embargo, respondieron adecuadamente al aumento de entradas de kilos de aguacate que sufrieron y en la Sucursal 1 y 2 no tuvieron su capacidad completa al momento de finalizar la simulación, situación que sí ocurrió en el primer escenario.

14.2.5. Estados de locaciones

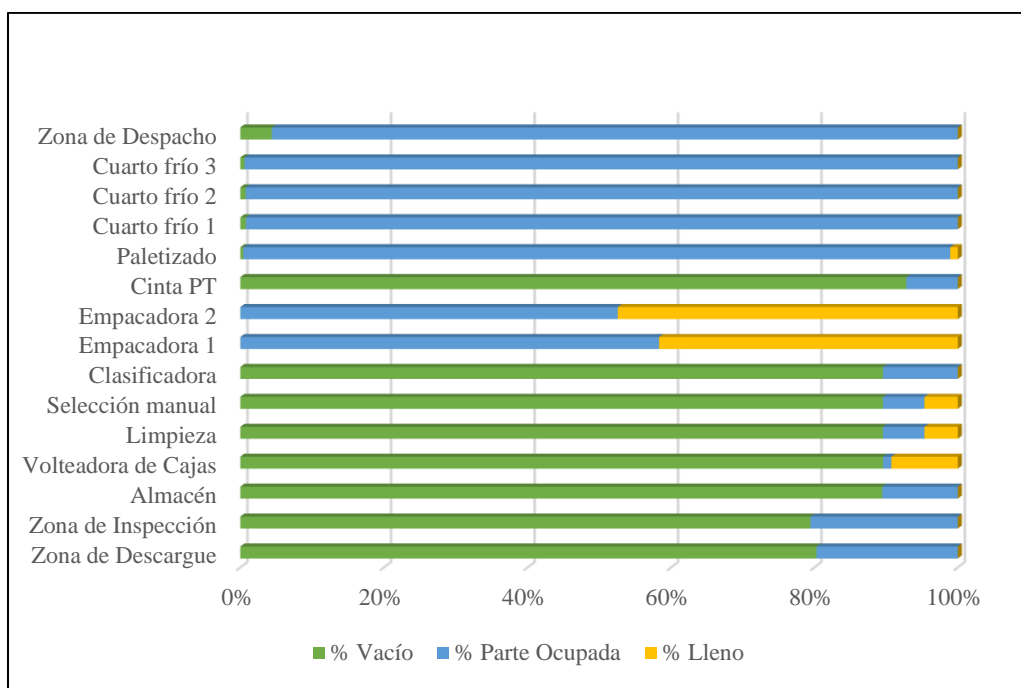


Figura 70. Estados de locaciones Sucursal 1 - escenario 2
Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 1 – escenario 2)

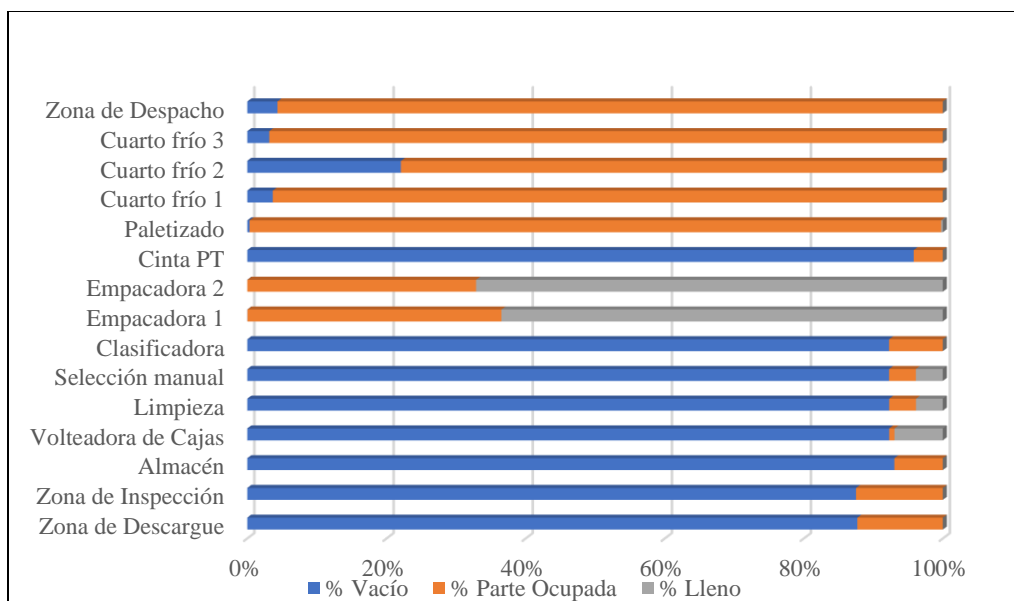


Figura 71. Estados de locaciones Sucursal 2 - escenario 2
Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 2 – escenario 2)

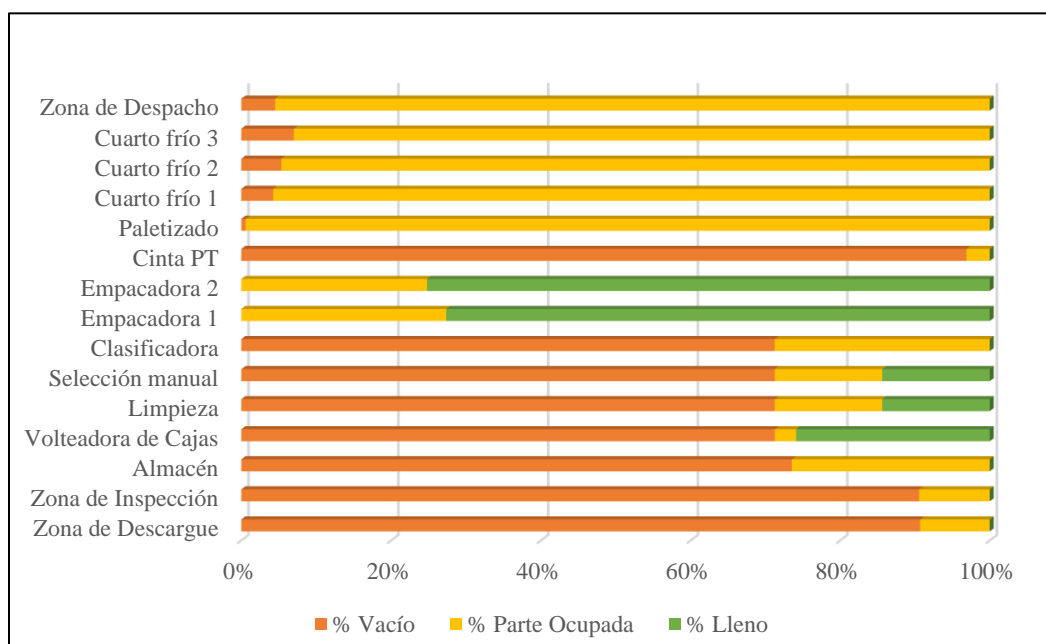


Figura 72. Estados de locaciones Sucursal 3 - escenario 2
Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 3 – escenario 2)

Los estados de las locaciones muestran un aumento en el porcentaje de tiempo de la simulación en el que las locaciones tuvieron parte de su capacidad ocupada, esto dado por el aumento del aguacate a procesar. Esta situación es notable sobre todo en las empacadoras, donde parte del porcentaje donde estaban completamente llenas fue sustituido por porcentaje donde solo parte de su capacidad permanece ocupada; a pesar de que sigue siendo una locación con una alta utilización y a la que arriban gran cantidad de entidades, en este caso presenta mayor fluidez.

14.2.6. Resumen de variables

Tabla 114.
Resumen de variables Sucursal 1 - escenario 2

Nombre	Total Cambios	Tiempo por Cambio Promedio (Hr)	Valor Máximo	Valor Actual
Lotes Rechazados	74	118,08	74	74
Kg Aguacate Nacional	760.649	0,01	760.649	760.649
Pallets en Cuartos Fríos	24.063	0,37	29	25
Contenedores S1 Despachados	600	14,66	600	600
Kg Aguacate Procesado	600	14,66	14.400.000	14.400.000
Kg en Limpieza	15.214.080	0,00	540	167
Kg en Selección	14.453.431	0,00	541	1
Kg en Clasificadora	3.612.797	0,00	541	4
Pallets en despacho	12.619	0,70	22	19

Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 1 – escenario 2)

Tabla 115.
Resumen de variables Sucursal 2 - escenario 2

Nombre	Total Cambios	Tiempo Por cambio Promedio (Hr)	Valor Máximo	Valor Actual
Lotes Rechazados	40	219,37	40	40
Kg Aguacate Nacional	475.850	0,02	475.850	475.850
Pallets en Cuartos Fríos	15.044	0,59	18	14
Contenedores S2 Despachados	375	23,44	375	375
Kg Aguacate Procesado	375	23,44	9.000.000	9.000.000
Kg en Limpieza	9.511.040	0,00	501	501
Kg en Selección	9.035.190	0,00	502	1
Kg en Clasificadora	2.260.171	0,00	502	1
Pallets en despacho	7.890	1,12	22	15

Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 2 – escenario 2)

Tabla 116.
Resumen de variables Sucursal 3 - escenario 2

Nombre	Total Cambios	Tiempo Por cambio Promedio (Hr)	Valor Máximo	Valor Actual
Lotes Rechazados	34	254,98	34	34
Kg Aguacate Nacional	358.187	0,02	358.187	358.187
Pallets en Cuartos Fríos	13.513	0,65	21	15
Contenedores S3 Despachados	337	26,10	337	337
Kg Aguacate Procesado	337	26,10	6.793.920	6.793.920
Kg en Limpieza	7.176.960	0,00	470	256
Kg en Selección	6.818.773	0,00	471	1
Kg en Clasificadora	1.704.805	0,01	463	3
Pallets en despacho	7.086	1,24	20	9

Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 3 – escenario 2)

Las diferencias entre los valores de las variables con respecto al 2019 son proporcionales a la entrada de mayor cantidad de aguacate para exportación. Es importante destacar el tiempo por cambio promedio de la variable “Contenedores Sx Despachados”, donde se reduce 4.85 hr en la Sucursal 1, 3.54 hr en la Sucursal 2 y 15.06 hr en la Sucursal 3; lo que indica sistemas más eficientes a la hora de exportar.

14.2.7. Resumen de recursos

Tabla 117.

Resumen de recursos Sucursal 1 - escenario 2

Nombre	Unidades	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	% Utilización
Turbo	1	583	3.470	6,62
Operario	3	16.267	3.636.420	61,60
Transpalé 1	2	1.822	1.093.660	10,35
Transpalé 2	2	2.617	24.063	14,86
Tractocamión	1	1	600	0,01

Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 1 – escenario 2)

Tabla 118.

Resumen de recursos Sucursal 2 - escenario 2

Nombre	Unidades	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	% Utilización
Turbo	1	363	2.163	4,13
Operario	5	14.715	2.274.387	33,44
Transpalé 1	2	1.207	683.686	6,86
Transpalé 2	2	1.543	15.044	8,77
Tractocamión	1	1	375	0,01

Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 2 – escenario 2)

Tabla 119.

Resumen de recursos Sucursal 3 - escenario 2

Nombre	Unidades	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	% Utilización
Turbo	1	275	3	3,12%
Operario	5	11.091	25	25,2%
Transpalé 1	2	4.647	26	26,4%
Transpalé 2	2	1.331	8	7,56%
Tractocamión	1	1	0	0,01%

Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 3 – escenario 2)

El número de veces que fueron utilizados los recursos aumentaron con respecto al primer escenario, por lo que el porcentaje de utilización de todos los recursos, excepto el Tractocamión aumentaron. Con la misma cantidad de recursos se pudieron procesar más kilogramos de aguacate sin ningún bloqueo o tiempo significativo de espera.

14.2.8. Estados de recursos

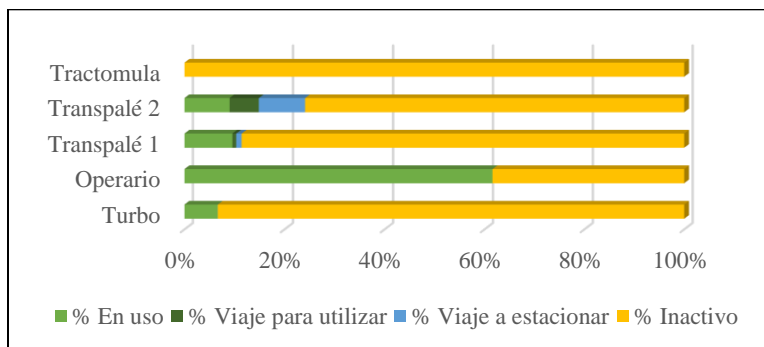


Figura 73. Estados de recursos Sucursal 1 - escenario 2
Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 1 – escenario 2)

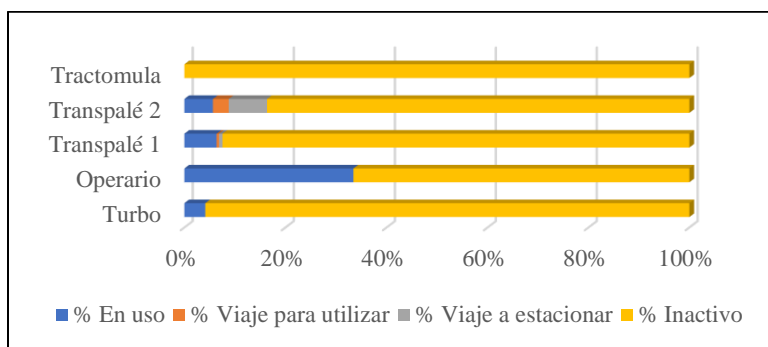


Figura 74. Estados de recursos Sucursal 2 - escenario 2
Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 2 – escenario 2)

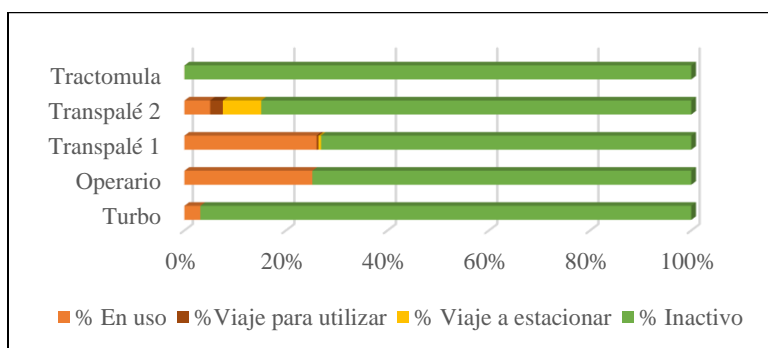


Figura 75. Estados de recursos Sucursal 3 - escenario 2
Adaptado de: Estadísticas ProModel™ (Sucursal 3 – escenario 2)

Se obtienen valores muy similares en los estados de recursos con respecto al primer escenario. Pero consecuentemente con las estadísticas anteriores, los recursos disminuyen su porcentaje de inactividad durante la simulación al tener que operar o transportar mayor cantidad de aguacate Hass.

14.2.9. Conclusiones del análisis del segundo escenario

- Las salidas de contenedores de la simulación fueron similares a las esperadas según los datos de exportación del 2020.
- La línea de procesamiento de aguacate fue más eficiente en las tres sucursales, presentando tiempos menores de espera, menor inactividad de las locaciones y por lo tanto, mayor utilización de estas.
- El tiempo de salida entre contenedores disminuyó, haciendo que las sucursales tuvieran mayor productividad a la hora de exportar; concluyendo entonces que al tener mayor aguacate para procesar y mayor aprovechamiento de los recursos de las sucursales, se pueden lograr mejores resultados y se puede llegar a ser una empresa más competitiva.
- Las empacadoras asumieron sin ningún problema el aumento en la demanda del aguacate Hass, e incluso se evidencia como con los recursos que cuentan pueden hacer frente incluso a una demanda mayor.
- La pandemia de COVID – 19 no afectó las exportaciones de aguacate Hass, al contrario estas crecieron significativamente sobre todo en las sucursales planteadas en el caso de estudio.
- La Sucursal 3 fue aquella que presentó un mayor crecimiento en sus exportaciones con diferencia al 2019 con un aumento del 57.9%, esto a pesar de ser la sucursal con menor capacidad en sus locaciones, resaltando su potencial como empresa, su competitividad y su capacidad de negociación.

CONCLUSIONES

El aguacate Hass es sin duda uno de los frutos más populares de la actualidad, su consumo sigue en aumento e ingresa cada vez más a nuevos mercados alrededor del mundo. Colombia sigue escalando dentro de los países más importantes en la producción y exportación de este fruto.

En el presente trabajo se logra recopilar información y describir cómo es la cadena logística de una empresa exportadora de aguacate Hass e identificar los elementos involucrados, obteniendo así una visión general del comportamiento de estas exportaciones.

Además, las comercializadoras de aguacate Hass están creciendo y adaptándose a los cambios del mercado; por lo que se identificaron los diferentes filtros y tecnologías usadas para el procesamiento de aguacate, información importante para la construcción de los modelos de simulación que posteriormente confirmaron que estas cuentan con la infraestructura, tecnología y los recursos necesarios para ampliar su oferta y mantenerse a la vanguardia de las exigencias que le plantean los nuevos mercados.

Los modelos construidos en el trabajo lograron representar la situación real de los elementos que conforman la cadena logística del aguacate Hass, por esto pueden ser usados para elaborar planes de mejora continua de las sucursales estudiadas; además de servir como base académica por medio de la cual se puede analizar los procesos logísticos de exportación o plantear simulaciones de otro tipo de procesos productivos, incluyan exportaciones o no, puesto que se puede adaptar a los diferentes casos particulares que se quieran analizar.

Por otro lado, durante el 2020 el mundo se vio afectado por una pandemia que impactó a gran parte de las economías haciendo que las exportaciones del país disminuyeran en gran medida; pero aun así, algunos bienes agropecuarios y agroindustriales crecieron en medio de la crisis. Las exportaciones de aguacate Hass aumentaron un 29% con respecto al año anterior, convirtiendo a este fruto en un actor importante de la canasta agroexportadora (Comercio, Semana, 2020).

Lo anterior se pudo confirmar al ejecutar la simulación del caso de estudio con los datos de exportación del 2020, obteniendo como resultado una línea de procesamiento más eficiente.

En el documento se presentan los análisis de los modelos simulados para el caso de estudio, en los cuales se evidencia la importancia de los procesos logísticos y el papel que la simulación puede tener ante la planeación de una exportación y la aplicación de estrategias de mejora, determinando los cambios que se deben hacer en cuanto a infraestructura, personal, tecnologías, etc. buscando obtener resultados positivos ante los cambios del entorno.

RECOMENDACIONES

La simulación de la cadena logística de una empresa exportadora de aguacate Hass realizada a partir de una investigación exploratoria, brinda una visión acertada en cuanto al funcionamiento general de las comercializadoras de este fruto y los procesos que llevan a cabo al momento de exportar. Sin embargo, al usar fuentes secundarias no se pueden llegar a resultados igual de exactos a la realidad como aquellos a los que se podrían llegar al contar con información primaria y datos históricos a partir de la experiencia de una empresa exportadora de aguacate Hass. Por lo tanto, se recomienda la retroalimentación de estos modelos con datos de fuentes primarias.

TRABAJOS FUTUROS

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el caso de estudio analizado, se proponen los siguientes trabajos como futuras líneas de investigación:

- Simulación de cadena logística para una empresa exportadora de aguacate Hass usando información primaria.
- Evaluación de respuesta de comercializadora de aguacate Hass a las proyecciones de demanda de este fruto en años posteriores.
- Propuesta de minimización de costos logísticos para una empresa exportadora de aguacate Hass.
- Planeación de la cadena logística de nueva empresa o sucursal exportadora de aguacate Hass haciendo uso de una simulación discreta.
- Estudio de capacidad de planta para el procesamiento y exportación de aguacate Hass.

ANEXOS

ANEXO 1

<https://drive.google.com/file/d/1PkwQb9I348qJDmp9NBPoQt7ooEyBkehF/view?usp=sharing>

En este documento se encuentran anexa la siguiente información:

- Proceso modelo 1: Empacadoras
- Salidas contenedores de aguacate de empacadoras
- Arribos puertos de origen
- Proceso modelo 2: Puertos de origen
- Salidas contenedores de aguacate de puertos de origen
- Arribos puertos de destino
- Proceso modelo 3: Puertos de destino
- Salidas contenedores de aguacate de puertos de destino

BIBLIOGRAFÍA

- AFP/París y Redacción. (27 de Enero de 2019). El consumo del aguacate sigue en auge en el mundo. *Portafolio*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/negocios/el-consumo-del-aguacate-sigue-en-auge-en-el-mundo-525669>
- Afuera, C. C. (21 de Julio de 2018). Obtenido de Cocoa: <https://ccocoa.com/que-es-un-puerto-maritimo-sus-tipos-y-caracterisiticas/>
- Akben, N. (2020). Efectos del enfoque de planteamiento de problemas en las habilidades de resolución de problemas y la conciencia metacognitiva de los estudiantes en la educación científica. *Research in Science Education*, 1143-1165.
- Arias, F., Montoya, C., & Velásquez, O. (2018). Dinámica del mercado mundial de aguacate. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (55) 22-35.
- Belda, C. F., & Grande, E. U. (2009). Los modelos de simulación: Una herramienta multidisciplinar de investigación. *Encuentros Multidisciplinarios*. Madrid: Universidad Pontificia de Comillas.
- Bowersox, D., Closs, D., & Cooper, M. B. (2007). *Administración y logística en la cadena de suministro*. México D.F., México: McGraw-Hill Interamericana.
- Briceño, E. (23 de Agosto de 2014). *Ficha técnica de manejo cosecha y poscosecha de Aguacate*. Obtenido de <http://colexagro.com/fichas/Ficha%20tecnica%20AGUACATE%20HASS.pdf>
- Calvo, J., & Motta, C. A. (2011). Simulación de evento discreto aplicada a una empresa multinacional XYZ en el sector de alimentos. *Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad ICESI*.
- Cardona, D., Balza, V., & Henríquez, G. (2017). *Innovación en los procesos logísticos: Retos locales frente al desarrollo global*. Cartagena: Universidad Libre.
- Castellanos, A. (2017). *Logística comercial internacional*. Barranquilla: Universidad del Norte. ECOE Ediciones.
- CeroScrap. (30 de Mayo de 2020). Obtenido de Reciclado Industrial: <http://www.recicladoindustrial.com/2020/05/30/que-es-un-pallet/>
- Choi, B. K., & Kang, D. (2013). *Modeling and simulation of discrete-event systems*. New Jersey: Wiley.
- Comercio, Semana. (1 de Noviembre de 2020). Estas son las exportaciones que han aumentado a pesar de la covid-19. *Semana*. Obtenido de

<https://www.semana.com/economia/articulo/que-exportaciones-han-aumentado-a-pesar-del-covid-19/304991/>

Coss, R. (2003). *Simulación: un enfoque práctico*. México D.F: Limusa.

Department for Transport. (1 de Febrero de 2010). *HGV maximum weights*. Obtenido de GOV.UK: <https://www.gov.uk/government/publications/hgv-maximum-weights/hgv-maximum-weights>

DIAN. (2012-2019). *Consultor de estadísticas de comercio exterior por seccional y año*.

DIAN. (02 de Agosto de 2018). *Colombia, puesto 58 en índice de desempeño logístico y 75 en aduanas*. Obtenido de DIAN: <https://www.dian.gov.co/Prensa/Paginas/NG-Colombia-puesto-58-en-Indice-de-desempeno-logistico-y-75-en-aduanas.aspx#:~:text=El%20C3%ADndice%20de%20desempe%C3%B1o%20log%C3%ADstico,de%2036%20lugares%20en%20el>

DIAN- DANE. (2020). *Informe exportaciones a junio de 2020*.

Díaz, J. (08 de Agosto de 2017). Colombia debe mejorar logística de exportaciones. (E. Tiempo, Entrevistador) Recuperado el 06 de Agosto de 2020, de El Tiempo: <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/retrasos-de-colombia-en-la-logistica-de-exportaciones-117398>

Díaz, P. (30 de Enero de 2019). *Características en la Exportación de Aguacate (Y. A. Ochoa, Entrevistador)*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=TGF1QNYiMh8>

Durán, A. (2015). *Esquema general de procesos: exportación e importación en Puerto*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=T9uPVTsmEq8&t=113s>

Gálaper. (s.f.). *Simulación de procesos industriales y logísticos*. Obtenido de Galaper. Impulsando el cambio: <http://galaper.com/servicios/simulacion-de-procesos-industriales/#:~:text=La%20simulaci%C3%B3n%20es%20una%20herramienta,el%20resultado%20a%20la%20realidad>.

Galindo Tovar, M. E., Ogata Aguilar, N., & Arzate Fernandez, A. (30 de Junio de 2007). Some aspects of avocado (*Persea americana* Mill.) diversity and domestication in Mesoamerica. *Genet Resour Crop Evol*, 55, 441–450. doi: 10.1007/s10722-007-9250-5

García, E., García, H., & Cárdenas, L. E. (2013). *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. México: Pearson.

Giannice, S. (2013). La logística y su esencia en los modelos de negocio. *1° Congreso internacional sobre nuevas tendencias de la logística empresarial* (pág. 11). Bogotá, Colombia: Universidad de Palermo.

- Goldratt, E. M. (1998). *La meta, un proceso de mejora continua* (Segunda ed.). Monterrey, México: Ediciones Castillo.
- Gómez Tamayo, Y. A., Escobar Palacio, M., Tapias Osorio, C., Cardeño, D., & Isaza, C. (2019). *Exportadora Villa Aguacate S.A.S.* Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.
- Grupo Puerto de Cartagena. (30 de Enero de 2020). *Grupo Puerto de Cartagena con la plataforma de refrigerados para las exportaciones de aguacate hass*. Obtenido de <https://www.puertocartagena.com/es/sala-de-prensa/noticias/grupo-puerto-de-cartagena-con-la-plataforma-de-refrigerados-para-las>
- Grupo Puerto de Cartagena. (s.f). *Servicios a la carga refrigerada*. Obtenido de <https://www.puertocartagena.com/es/servicios-la-carga/servicios-la-carga-refrigerada>
- Harrell, C. R., Ghosh, B. K., & Bowden, R. O. (2004). *Simulation using Promodel*. McGraw-Hill.
- ICA. (20 de Enero de 2016). *Resolución No. 00000448*. . Obtenido de ICA: <https://www.ica.gov.co/getattachment/d2dea6cc-b4b0-4e76-85b3-614da4761fe4/2016R448.aspx>
- Invías. (30 de Junio de 2020). *Estado de la red vial criterio técnico primer semestre 2020*. . Obtenido de Invías: <https://www.invias.gov.co/index.php/component/content/article/2-uncategorised/57-estado-de-la-red-vial>
- Legiscomex. (s.f.). *El aguacate Hass colombiano tiene un mundo de anaqueles esperando*. Obtenido de Legiscomex: <https://www.legiscomex.com/Documentos/aguacate-hass-colombia-mundo-anaqueles-actualizacion>
- Lippmann, R., & Linder, C. (2007). Actividad metacognitiva en el laboratorio de estudiantes de física: ¿Es necesariamente mejor el aumento de la metacognición? *Metacognition and Learning*, 41-56.
- Logistics Capacity Assessment. (s.f). *Puerto de Santa Marta*. Obtenido de <https://dlca.logcluster.org/display/public/DLCA/2.1.4+Colombia+Puerto+de+Santa+Marta>
- London Gateway. (s.f.). Obtenido de <https://www.londongateway.com/>
- MADR. (22 de Diciembre de 2017). *Agricultura al día - MinAgricultura apoya exportación de aguacate hass [Archivo de Vídeo]*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=jv16WorQHW0>

- MinAgricultura. (Marzo de 2020). *Cadena productiva Aguacate*. Obtenido de Minagricultura: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Moldtrans. (7 de Diciembre de 2014). *Las carreteras de Estados Unidos en el transporte de mercancías*. Obtenido de Moldtrans: <https://www.moldtrans.com/las-carreteras-de-estados-unidos-en-el-transporte-de-mercancias/>
- Molins, A. (2012). *Logística Internacional*. Madrid, España: Escuela de organización industrial.
- Montanez, L., Granada, I., Rodriguez, R., & Veverka, J. (2015). *Guía logística: Aspectos conceptuales y prácticos de la logística de cargas*. BID.
- Mora, L. A. (2008). *Gestión logística integral* (Segunda ed.). Bogotá: ECOE.
- Parra Ramírez, D., & Serrano Scarpetta, S. (2017). *Guía de exportación de Aguacate Hass para pequeños y medianos productores en Colombia*. Universidad ICESI.
- Perez, M. C. (09 de Enero de 2020). *Sin combustibles sí aumentaron las exportaciones del país*. Obtenido de El Tiempo: <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/exportaciones-de-colombia-en-2020-450420>
- Polya, G. (1981). *Cómo plantear y resolver problemas*. México D.F., México: Trillas.
- Port Miami. (s.f). Obtenido de <https://www.miamidade.gov/portmiami/>
- Port of Rotterdam. (s.f). *Reefer containers*. Obtenido de <https://www.portofrotterdam.com/en/doing-business/logistics/cargo/containers/reefer-containers>
- Portal Frutícola. (27 de Marzo de 2020). Obtenido de <https://www.portalfruticola.com/>
- Portal, C. (29 de Junio de 2011). Obtenido de Gestipolis: <https://www.gestipolis.com/costos-logisticos-que-son-cuales-son-y-como-minimizarlos/>
- ProColombia. (Agosto de 2016). *Infraestructura logística y transporte de carga en Colombia*. Obtenido de ProColombia: https://ruta-exportadora.procolombia.co/sites/default/files/presentacion_logistica_de_colombia_2016.pdf
- ProColombia. (2016). *La internacionalización de la economía colombiana ha permitido el aumento histórico de exportaciones de las mercancías nacionales*. Obtenido de ColombiaCo: <https://www.colombia.co/extranjeros/negocios-en-colombia/exportaciones-2/>

- ProColombia. (9 de Marzo de 2018). *El aguacate hass, segundo fruto más exportado de Colombia*. Obtenido de Colombiatrade: <https://www.colombiatrade.com.co/noticias/el-aguacate-hass-segundo-fruto-mas-exportado-de-colombia#:~:text=Gracias%20a%20la%20Uni%C3%B3n%20Europea,millones%20m%C3%A1s%20que%20en%202016>.
- ProColombia. (2019). *Perfiles logísticos de exportación por país*. Bogotá. Obtenido de <https://www.colombiatrade.com.co/herramientas-del-exportador/logistica/perfiles-logisticos-de-exportacion-por-pais>
- ProColombia. (S.f.). *Perfil logístico de exportación a Reino Unido*. Obtenido de <https://www.colombiatrade.com.co/herramientas-del-exportador/perfiles-logisticos-de-exportacion-por-pais/perfil-logistico-de-exportacion-reino-unido>
- Quiroa, M. (2 de Junio de 2015). Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/globalizacion.html>
- Redacción Economía. El Espectador. (2 de Noviembre de 2017). *Salió primera exportación de aguacate hass hacia Estados Unidos*. Obtenido de El Espectador: <https://www.elespectador.com/noticias/economia/salio-primera-exportacion-de-aguacate-hass-hacia-estados-unidos/>
- Redacción Opportimes. (20 de Noviembre de 2019). *Los 10 mayores exportadores de aguacate del mundo*. Obtenido de Opportimes: <https://www.opportimes.com/los-10-mayores-exportadores-de-aguacate-del-mundo/>
- Restrepo, J. (29 de Enero de 2020). La meta con el aguacate Hass colombiano es conquistar el mercado chino este año. *Agronegocios*. (R. González, Entrevistador) Obtenido de <https://www.agronegocios.co/agricultura/el-aguacate-hass-colombiano-busca-llegar-a-conquistar-el-mercado-chino-este-ano-2957422>
- Revista Semana. (2020). Exportaciones de Colombia se desplomaron más de 50 por ciento en abril. *Economía.Semana*. Obtenido de <https://www.semana.com/economia/articulo/exportaciones-de-colombia-en-abril-de-2020/675424>
- Roldán, P. (2 de Diciembre de 2016). Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/competitividad.html>
- Romero Rodríguez, J. A. (2011). *Formulación y evaluación del proyecto: "Huerta Aldi Aguacates Palo Seco"*. Instituto Tecnológico de Colima, 67-85.
- SAC. (2020). El aguacate Hass: Un fenómeno de la agricultura colombiana. *Revista Nacional de Agricultura*, 25.

- Sánchez, J. (5 de Noviembre de 2018). Obtenido de Economipedia:
<https://economipedia.com/definiciones/proveedor.html>
- Santander Trade Markets. (Septiembre de 2020). *Países Bajos: Exportación de productos*. Obtenido de Santandertrade: https://santandertrade.com/es/portal/gestionar-embarques/paises-bajos/exportacion-de-productos?accepter_cookies=oui
- Shannon, R. E. (1988). *Simulación de Sistemas, Diseño, Desarrollo e Implementación*. México: Trillas.
- Sociedad Portuaria de Buenaventura. (s.f). *Terminales Especializados*. Obtenido de <http://www.sprbun.com/web/portal/terminales-especializados>
- Soto, J. A. (2007). Fundamentos teóricos de simulación discreta. *Facultad Ingeniería Industrial. Universidad Tecnológica de Pereira*.
- Thompson, I. (Octubre de 2008). Obtenido de Promo Negocios:
<https://www.promonegocios.net/administracion/que-es-administracion.html>
- TvAgro. (8 de Febrero de 2018). *Como Exportar Aguacate Hass de Calidad [Archivo de video]*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=U_cOH1uOKZE
- TvAgro. (6 de Febrero de 2019). *Características del Proceso de la Exportación de Aguacate-TvAgro por Juan Gonzalo Angel [Archivo de Video]*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=TGFIQNYiMh8>
- Ucha, F. (Febrero de 2009). Obtenido de Definición ABC:
<https://www.definicionabc.com/general/caja.php>
- Uribe, R. (23 de Junio de 2017). *Cartama (In-pactamos Colombia, Entrevistador)*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=LTW4ljSSMyk>
- Valencia Pinzón, A. (2019). "Ya somos el cuarto productor de aguacate del mundo y tenemos todo para convertirnos en grandes exportadores": ministro Valencia. *IX Congreso Mundial de Aguacate*. Medellín. Obtenido de <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Ya-somos-el-cuarto-productor-de-aguacate-del-mundo-y-tenemos-todo-para-convertirnos-en-grandes-exportadores-ministro-Valenc.aspx>
- Valora, E. (19 de Julio de 2018). Obtenido de Grupo Valora:
<https://www.grupovalora.es/blog/logistica-control-inventarios/>
- Workman, D. (21 de Julio de 2020). *World's Top Export Countries*. Obtenido de World's Top Exports: <http://www.worldstopexports.com/worlds-top-export-countries/>

