

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS**

**DEPARTAMENTO DE POSGRADOS**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**“MAGÍSTER EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN  
LOGÍSTICA”**

**TEMA:**

**MODELADO Y SIMULACIÓN DEL PROCESO DE  
DISTRIBUCIÓN LOGÍSTICO EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE  
ALIMENTO BALANCEADO EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS.**

**AUTOR:**

**ORTIZ SANCHEZ KELWIN VINICIO**

**Guayaquil - Ecuador**

**2022**

## RESUMEN

La industria alimenticia es uno de los actores más importantes para la economía y desarrollo del Ecuador, impulsando al sector empresarial a la búsqueda constante de estrategias que permitan mayores utilidades y el aprovechamiento de los recursos logísticos. La presente investigación tiene por objetivo diseñar un modelo de simulación matemática, que estime el número adecuado de graneleros y la capacidad de despacho en función a la demanda, con la finalidad de incrementar los niveles de servicio logístico, el cual se cumple a través de tres objetivos específicos como; el diagnóstico actual del proceso logístico, la determinación de variables de estudio y el diseño del modelo. De esta manera la metodología utilizada fue cuanti-cualitativa, el mayor énfasis se encuentra en la modalidad cuantitativa expresada en la recolección y análisis de datos estadísticos (año 2021); y cualitativa en la descripción problémica y en las referencias literarias y teóricas que sustentan la investigación. Los resultados muestran en la salida del modelo, que existen falencias en abastecimiento de granjas, incumpliendo el 95% de compromiso de servicio; se diseñaron dos escenarios, el primero en función al crecimiento de la demanda, en el cual se cumple el nivel de servicio, y el aumento de vehículos para el abastecimiento; y el segundo escenario se relaciona con el incremento de almacenamiento y capacidad de despacho, obteniendo una redistribución de los recursos de transporte, garantizando productividad en el proceso, por lo expuesto se considera al escenario dos como ideal. Para finalizar, el presente trabajo contribuye a futuras investigaciones referentes al tema, en la cual las organizaciones puedan basar sus decisiones estratégicas en modelos de simulación, anticipando con escenarios; el comportamiento real de las diferentes variables que influyen en el proceso logístico.

Logística, modelo de simulación, locaciones, escenarios

## **ABSTRACT**

The food industry is one of the most important actors in the economy and development of Ecuador driving the business sector to the constant search for strategies that allow for higher profits and the use of logistics resources. The objective of this research is to design a mathematical simulation model which estimates the adequate number of bulk carriers and the dispatch capacity based on demand to increase the levels of logistics service, which is fulfilled through three specific objectives such as; the current diagnosis of the logistics process, the determination of study variables and the design of the model. In this way, the methodology used was quantitative-qualitative. The greatest emphasis is on the quantitative modality expressed in the collection and analysis of statistical data (year 2021); and qualitative in the problem description and in the literary and theoretical references supporting the research. The results show in the output of the model that there are shortcomings in the supply of farms, breaching the 95% service commitment; Two scenarios were designed, the first based on the growth in demand, in which the level of service is met, and the increase in vehicles for supply; and the second scenario is related to the increase in storage and dispatch capacity, obtaining a redistribution of transportation resources, guaranteeing productivity in the process. Therefore scenario two is considered ideal. To conclude this work, it contributes to future research on the subject, in which organizations can base their strategic decisions on simulation models, anticipating with scenarios; the real behavior of the different variables that influence the logistics process.

Logistics, simulation model, locations, scenarios

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación está dedicado a Dios, por acompañarme y guiar mis pasos, mis padres; que desde el cielo me abrazan con sus cuidados. A mi esposa y mis hijas que constituyen el motor de mi diario actuar, y están a mi lado siempre.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento especial a Dios, por brindarme la oportunidad de estar aquí, a la universidad ESPOL, por contribuir a mi crecimiento profesional, a mi tutor por su apoyo constante en el desarrollo del presente trabajo. A la empresa privada y diferentes profesionales que permitieron el acceso a la información, aportando a culminar con éxito el proyecto de titulación, además que este resultado servirá para futuras investigaciones relacionadas.

## DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Titulación me corresponde exclusivamente y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. El patrimonio intelectual del mismo corresponde exclusivamente a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.



Kelwin Vinicio Ortiz Sanchez

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Víctor Vega Chica, MSc.

**PRESIDENTE**

---

Sergio Baúz Olvera, Ph.D.

**DIRECTOR**

---

Kleber Barcia Villacreses, Ph.D.

**VOCAL 1**

---

Erwin Delgado Bravo, Ph.D.

**VOCAL 2**

## **ABREVIATURAS O SIGLAS**

ERP: Enterprise Resource Planning

Tm: Toneladas métricas

Sit 1, 2, 3: Lugar de abastecimiento de alimento balanceado

TG: Tipo de granelero

Andén 1, 2, 3: Lugar de despacho



## TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1 .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Descripción del problema .....	4
1.3. Objetivos.....	6
1.4. Hipótesis.....	6
1.5. Alcance.....	7
CAPÍTULO 2 .....	8
2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Simulación.....	8
2.1.1 Definiciones de Simulación.....	8
2.1.2 Ventajas y desventajas de la simulación .....	8
2.1.3 Elementos clave para garantizar el éxito de un modelo de simulación .....	9
2.1.4 Pasos de un estudio de simulación .....	10
2.2 Variables Aleatorias .....	11
2.2.1 Definición .....	11
2.2.2 Tipos de Variables Aleatorias .....	12
2.2.3 Prueba Chi-cuadrada.....	14
2.2.4 Prueba de Kolmogorov – Smirnov .....	15
2.3 Simulación de Variables .....	16
2.4 Software de Simulación .....	18
2.5 Logística y distribución .....	19
2.6 Sector Alimento Balanceado .....	21
CAPÍTULO 3 .....	22
3. METODOLOGÍA .....	22
3.1 Modalidad de investigación.....	22
3.2 Tipos de investigación.....	22
3.3 Diseño de investigación .....	23

3.4 Técnicas e instrumentos de investigación.....	23
3.5 Población y muestra .....	23
3.6 Recolección de información .....	24
3.7 Relación de la disponibilidad de vehículos, infraestructura y flujo de alimento.....	25
3.8 Descripción de variables .....	27
3.9 Definición de locaciones y la relación con variables.....	29
3.10 Indicadores del proceso logístico .....	31
3.12 Histórico de la demanda año 2021 .....	32
3.11 Análisis del proceso de simulación y pruebas de bondad de ajuste.....	33
• Locaciones .....	34
• Entidades .....	35
• Arribos.....	35
• Proceso.....	36
• Redes.....	36
CAPÍTULO 4 .....	38
4. RESULTADOS.....	38
4.1 Salida del Modelo .....	40
4.2 Escenario 1 (Demanda 2021).....	42
4.3 Escenario 2 (Incremento de Almacenamiento y capacidad de despacho).....	44
4.4 Explicación del número de camiones graneleros requeridos .....	46
4.5 Optimización del Modelo utilizando "SimRunner", para determinar la capacidad ..	47
CAPÍTULO 5 .....	51
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	51
6. REFERENCIAS	
7. APENDICES Y ANEXOS	

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Abastecimiento de Sitios previo automatización .....	4
Figura 2 Abastecimiento actual a Sitios (granjas) .....	5
Figura 3 Ciclo de un proyecto de simulación .....	11
Figura 4 Distribución de probabilidad de una variable aleatoria discreta .....	13
Figura 5 Distribución de probabilidad de una variable aleatoria discreta .....	14
Figura 6: Definición de Localizaciones en ProModel .....	18
Figura 7 Relación ProModel y el SimRunner .....	19
Figura 8 Serie de tiempo de la demanda por sitios.....	32
Figura 9 Locaciones .....	34
Figura 10 Entidades del Modelo de Simulación.....	35
Figura 11 Arribos.....	35
Figura 12 Proceso.....	36
Figura 13 Redes del Modelo de simulación.....	37
Figura 14 Layout .....	39
Figura 15 Indicadores de locaciones del Modelo de Simulación.....	41
Figura 16 Indicador de Entidad del Modelo de Simulación .....	42
Figura 17 Indicadores de locaciones del Modelo de Simulación Escenario 1 .....	43
Figura 18 Indicador de Entidad del Modelo de Simulación Escenario 1.....	44
Figura 19 Indicadores de locaciones del Modelo de Simulación Escenario 2.....	45
Figura 20 Indicador de Entidad del Modelo de Simulación Escenario 2.....	46
Figura 21 Parametrización de la función Objetivo en “SimRunner”.....	48
Figura 22 Análisis del modelo con el número de replicas “SimRunner” .....	49

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Distribución de graneleros asociados los sitios de distribución de alimento balanceado .....	27
Tabla 2 Definición de locaciones en el modelo de simulación .....	29
Tabla 3 Modelo de simulación propuesto (localización entidad llegadas) .....	30
Tabla 4 Estadística Descriptiva, clasificado por sitios de abastecimiento año 2021 .....	33

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

A escala global antes del año 2020, el sector de alimentos presentó un incremento del 3,5%, provocado por el crecimiento poblacional y el mejoramiento de la capacidad económica en las personas, dicho porcentaje fue afectado por la presencia de la pandemia COVID 19, definida como enfermedad infecciosa provocada por el SARS-CoV-2, que hoy en día se ha convertido en una enfermedad respiratoria de leve a moderada y cuya recuperación no necesita tratamiento especial. Esto se debe al proceso de vacunación y reactivación mundial de la actividad económica, comercio exterior y turismo.

En el Ecuador la situación provocó, que la economía se contrajera en un 7.8% en el año 2020, mejorando en el 2021, con un crecimiento del 4.2%, gracias a la influencia de la reactivación de la economía mundial. *(Perspectivas Del Crecimiento Del Sector de Alimentos | Ekosnegocios, n.d.)*

En relación con la industria de alimentos balanceados, se ha identificado un ritmo de desarrollo, ocasionada por el aumento en la demanda de proteína animal, proveniente de la producción avícola, bovina, porcina, acuícola y de otros animales como cuy y conejos.

De acuerdo con un estudio realizado por la Asociación de Alimentos Balanceados (AFABA), en el año 2016 el sector generó una producción promedio de 2,5 millones de toneladas, concentradas en las plantas procesadoras de

alimentos balanceados con mayor participación como Tungurahua con 146 fábricas, seguida por Pichincha con 44, el Oro con 43, Manabí con 23 y Guayas con 12.

Así que, al mencionar la producción de alimento balanceados, es imperante indicar que el maíz ocupa el 60% de su fórmula nutricional, por lo cual el costo del producto final depende de manera considerable de la materia prima en mención. En los últimos años la producción interna del maíz se ha visto afectada por el maíz importado ocasionando variaciones importantes al precio final del balanceado, tomando en cuenta que las políticas públicas en nuestro país han restringido la importación de maíz, beneficiando a los agricultores nacionales, y provocando especulación del producto por parte de los comerciantes.

Los diseños de optimización logística pueden ser utilizados en diferentes tipos de sectores, para el caso de la cadena de suministro agroalimentaria resulta útil aplicarlos ya que permiten mejorar la toma de decisiones y a su vez incrementar los niveles de servicio. Es importante considerar todas aquellas variables que para el caso de la cadena de suministro agroalimentaria afectan el desempeño como lo son el carácter perecedero y la calidad de los productos a través de la red de distribución (Granillo et al., 2017).

Es así que, el sistema logístico es un proceso transversal, ya que permite la interacción de las operaciones de varias empresas en lo que se define como Cadena de Suministro, coadyuvando para que los directivos puedan organizar los procesos en la provisión y movilización de mercancías, acopio de la información del mercado y ajustar los tiempos de entrega y los costos de transacción de las operaciones, contribuyendo al desarrollo de acciones estratégicas como servicio al cliente, gestión de inventarios, producción, abastecimiento, distribución y almacenamiento. Para la medición de la distribución se considera la definición de

la situación actual, análisis crítico del estado de las rutas y la propuesta de implementación o mejoramiento del modelo (Henríquez et al., 2018).

De esta manera, la gestión eficiente de los inventarios permite que las empresas sean competitivas en la oferta de productos y servicios en el mercado, garantizando la disponibilidad oportuna de los elementos requeridos. A través de la historia se han identificado dos enfoques de la cadena de suministro, el tradicional y el colaborativo, siendo el segundo la estrategia relevante que ha cambiado el paradigma tradicional de negociación, de tal manera que esta metodología comprende la definición de políticas para la integración y colaboración, planificación colaborativa, Integración de procesos claves y críticos, medición del desempeño, y elaboración de planes de acción; los que a su vez forman parte del proceso de mejoramiento continuo en las empresas pertenecientes a los eslabones de la cadena de suministro multinivel (Salas et al., 2017).

En referencia a la aplicación de un modelo integrado de clasificación ABCMULTICRITERIO, aplicado en el área de picking de un centro de distribución de repuestos, el cual muestra la mejora en la utilización del espacio volumétrico destinado al almacenamiento, en donde se tomaron en cuenta los criterios relevantes y el establecimiento de políticas de inventario, logrando el incremento del servicio de entrega efectiva a los clientes sin aumentar los costos de inventario. (Zúñiga & Castillo, 2016).

También se considera como ejemplo el diseño de un modelo de mejora para un operador logístico: análisis y evaluación caso Distribuciones DELTA SAS, el cual demuestra que la redistribución de los espacios de almacenamiento y el uso de las tecnologías de información logística dentro de la organización, permiten la mejora de la productividad y disminuyen las acciones de control, logrando la efectividad en los procesos (Zapata, 2013).

## 1.2. Descripción del problema

El crecimiento sostenido que ha tenido la industria alimenticia en el país hace que todas las empresas existentes busquen constantemente estrategias para minimizar sus costos operativos, y garanticen niveles de servicio a sus clientes.

El proceso de distribución logístico desempeña un rol fundamental en la cadena de valor de todos los bienes o servicios ofertados, debido a que se consideran diversas premisas como la coordinación con los clientes, tiempos de entregas, disponibilidad de equipamiento, velocidad de despacho, convirtiéndose en un factor competitivo para la empresa.

El despacho a granel es aquel que no esté contenido en un envase, no tienen un orden específico, poseen volumen, peso y tamaño determinado. Previo al proceso de automatización la compañía realizaba el abastecimiento a sitios mediante fundas de 45 kilos como se muestra en la figura



Figura 1 Abastecimiento de Sitios previo automatización  
Nota: Investigación propia



En la actualidad para el Flujo del despacho, la compañía requiere en la mayoría de los casos maquinaria y equipos especiales representando volúmenes o tonelajes, como los bines, transportadores o tanques graneleros etc. Ver figura



Figura 2 Abastecimiento actual a Sitios (granjas)  
Nota: Investigación propia

Al ser un negocio sensible a la bioseguridad y a la presencia de agentes externos como virus, enfermedades patógenas, contaminaciones de otras especies, etc., que afectan los resultados económicos; fue prioritario considerar el abastecimiento en granjas, las cuales requieren exclusividad en el tipo de flota por ejemplo la disponibilidad de vehículos de 15 Tm y de 21 Tm; este volumen está considerado dentro de la unidad de peso y medida.

Por tal motivo la empresa en estudio requiere conocer el número de graneleros necesarios para solventar la demanda, minimizar los diversos factores externos que pueden ocasionar retrasos en la entrega del producto, así como también garantizar la capacidad de despacho. Los elementos antes descritos han sido ocasionados por la ausencia de control de las variables en el proceso.

Es importante mencionar que la empresa se encuentra en un nivel de crecimiento importante a nivel local, coadyubando a la necesidad de diseñar

escenarios de simulación que permitan establecer un proceso logístico ideal, que mejore el nivel de servicio con los clientes.

### **1.3. Objetivos**

#### **General**

Diseñar un modelo de simulación matemática que estime el número adecuado de graneleros y la capacidad de despacho requerido en función a la demanda, con la finalidad de incrementar los niveles de servicio logístico.

#### **Específicos**

- Diagnosticar la situación actual del proceso logístico en una empresa de fabricación y distribución de alimento balanceado, mediante la extracción de datos estadísticos del último año, de los sistemas involucrados.
- Determinar el comportamiento de las variables: número de graneleros necesarios y la capacidad de despacho, mediante un análisis estadístico del proceso.
- Diseñar el modelo de simulación que permita generar diversos escenarios de requerimientos de graneleros y la capacidad de despacho.

### **1.4. Hipótesis**

El modelo de simulación matemática determinará el número adecuado de graneleros y la capacidad de despacho requerido.

## **1.5. Alcance**

Este proyecto investigativo se aplicó a una empresa de fabricación y distribución de alimento balanceado ubicados en la provincia de los Ríos, considerando bases de datos de la demanda, despacho y transporte en granel, del año 2021.

# **CAPÍTULO 2**

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Simulación**

#### **2.1.1 Definiciones de Simulación**

La simulación de eventos discretos se refiere a la comprensión análisis y mejoras de las circunstancias de operación importantes de un sistema, el cual muestra su comportamiento mediante la integración de relaciones lógicas matemáticas y probabilísticas. De acuerdo con esta definición los componentes relevantes son el sistema modelo y evento. El sistema menciona un conjunto de elementos que muestran interrelaciones para funcionar como un todo, El estado del sistema muestra una fotografía de la situación actual del sistema en determinado momento, este estado integra variables o características de operación puntuales y acumuladas.

El evento determina el estado actual del sistema, ejemplo el ingreso o salida de una entidad la culminación de un proceso

#### **2.1.2 Ventajas y desventajas de la simulación**

La simulación es una herramienta con la que se dispone para tomar decisiones y mejorar los procesos sin embargo se debe considerar las ventajas y desventajas a fin de solventar los problemas determinados.

En cuanto a las ventajas se puede indicar que la simulación permite conocer el impacto de los cambios en los procesos sin tener que ejecutarlos en la realidad

además de mejorar el conocimiento del proceso actual mediante el análisis del modelo generado en diferentes escenarios, también puede ser utilizado como herramienta de capacitación para gestionar decisiones; es más económico realizar un estudio de simulación que realizar diversos cambios en el proceso como también permite gestionar varios escenarios en busca de las mejores condiciones para el desarrollo del negocio.

En relación con las desventajas que la simulación puede presentar, indica que la simulación puede ser costosa cuando se aplica en situaciones favorables para resolver, también se requiere un tiempo prolongado a fin de realizar un buen estudio de simulación

### **2.1.3 Elementos clave para garantizar el éxito de un modelo de simulación**

En consideración a los beneficios que se desprenden de la simulación, es importante mencionar la existencia de condiciones claves que pueden ocasionar conflictos al momento de tomar decisiones. Se establece que el tamaño sea insuficiente de la corrida para lo cual es importante que las variables aleatorias de respuesta se encuentran en estado estable. De tal manera que es importante que exista una sola variable de decisión a fin de no generar conflictos en la confiabilidad de los resultados.

También se considera que existen errores al establecer las relaciones entre las variables aleatorias al determinar el tipo de distribución asociada a las variables aleatorias del modelo y la ausencia de un análisis estadístico de resultados.

### 2.1.4 Pasos de un estudio de simulación

Para desarrollar un estudio de simulación es importante realizar la siguientes pasos (Garcia Dunna et al., 2013):

- a. **Definición del sistema bajo estudio**, es importante establecer los supuestos del modelo que originan el estudio de simulación definiendo con claridad, las variables de decisión, las interrelaciones alcances y limitaciones.
- b. **Generación del modelo de simulación base**, es decir se debe traducir a un lenguaje de simulación la información que se obtuvo en el paso previo
- c. **Recolección y análisis de información**, se refiere a la recopilación de información estadística sobre las variables aleatorias del modelo
- d. **Generación del modelo premium**, se integra toda la información hasta este momento
- e. **Verificación del modelo**, se establece la distribución de probabilidades de las variables del modelo y la plantación de los supuestos comprobando la propiedad de la programación del modelo
- f. **Validación del modelo**, permite realizar una serie de pruebas simultaneas con información real a fin de observar su comportamiento y analizar resultados
- g. **Generación del modelo final**, se realiza la simulación y se estudia el comportamiento del proceso.

- h. Determinación de los escenarios para el análisis
- i. **Obtención de resultados de los escenarios**, es importante realizar el análisis de sensibilidad
- j. Documentación del modelo, sugerencias y conclusiones

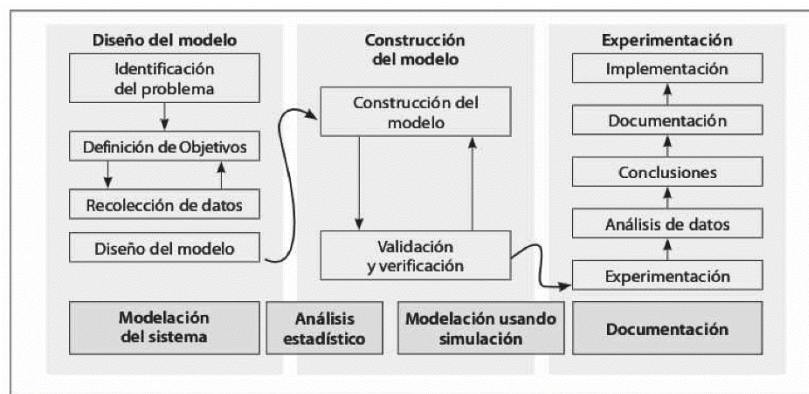


Figura 3 Ciclo de un proyecto de simulación  
 Nota: (Garcia Dunna et al., 2013)

## 2.2 Variables Aleatorias

### 2.2.1 Definición

Las variables aleatorias muestran un comportamiento probabilístico en la realidad y deben cumplir con las reglas de distribución de probabilidad:

- La suma de probabilidades relacionadas a todos los valores posibles de la variable aleatoria  $x$  es 1

- la probabilidad de que un valor de las variables  $x$  se presente siempre es mayor que o igual a cero
- la distribución de probabilidad relacionada a una variable aleatoria está definida por más de un parámetro entonces estos pueden obtenerse a través de un estimador no sesgado

### **2.2.2 Tipos de Variables Aleatorias**

- Variables aleatorias discretas: Son aquellas que se muestran en números enteros, por ejemplo, el número de hijos, el número de clientes atendidos entre otros. Entre las distribuciones discretas de probabilidad podemos encontrar la uniforme discreta, la de Bernoulli, la hipergeométrica, la de Poisson y la binomial. De esta manera se puede asociar el comportamiento de una variable aleatoria a este tipo de distribuciones de probabilidad, en el siguiente ejemplo se analiza un muestreo de calidad en el cual se decide si la pieza bajo inspección es buena o no, se ejecuta un experimento con dos posibles resultados, este tipo de comportamiento se lo puede definir como una distribución de Bernoulli, en todo caso si lo que queremos es modelar el número de usuarios que llaman a un teléfono de Atención al Cliente este tipo de comportamiento puede relacionarse con la distribución de Poisson es más podría ocurrir que el comportamiento de una variable no tenga ningún tipo de relación con otras distribuciones de probabilidades conocidas en este caso es válido usar una distribución empírica que se ajuste a las condiciones reales de la probabilidad puede ser una ecuación o una suma de términos



que cumplan con las condiciones necesarias para poderla definir como una distribución de probabilidad.(Garcia Dunna et al., 2006)

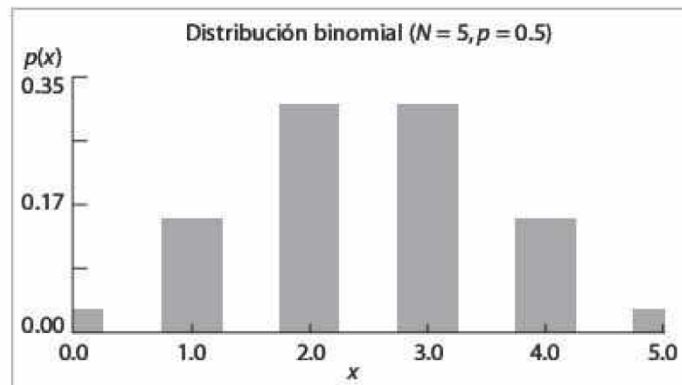


Figura 4 Distribución de probabilidad de una variable aleatoria discreta  
Nota: (Garcia Dunna et al., 2006)

- Variables aleatorias continuas, son aquellos que se muestran el número decimales por ejemplo el peso de los estudiantes la talla etc. También conocida como función de densidad de probabilidad, en las que podemos ubicar la distribución uniforme continua la exponencial la normal la de Weibull el chi cuadrado y la de Erlang.

Por ejemplo, se puede analizar el tiempo de llegada de un cliente a un sistema, en el cual tenga una distribución de probabilidad similar a una exponencial o tal vez el tiempo que le toma un operario realizar una serie de tareas, se va a comportar de forma muy similar a la dispersión que presenta una distribución normal, entonces se debe hacer notar que este tipo de distribuciones tienen desventajas puesto que el rango de valores imposibles conlleva que exista la posibilidad de tener tiempos infinitos de llegada de clientes o tal vez tiempos infinitos de ensamble.

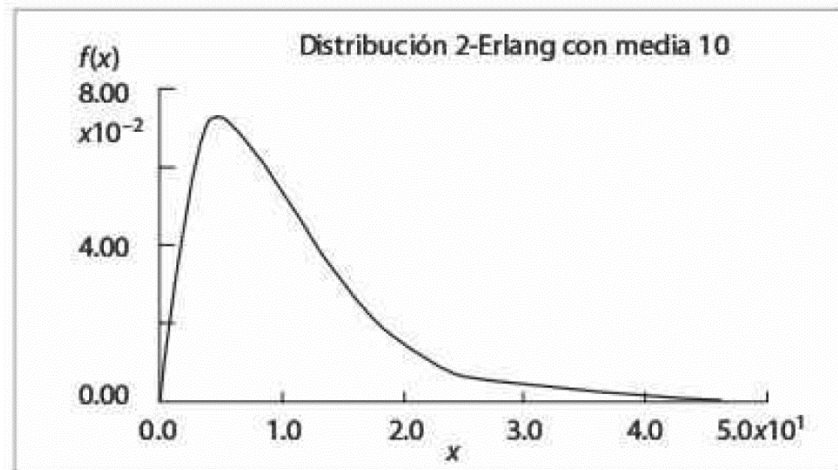


Figura 5 Distribución de probabilidad de una variable aleatoria discreta  
 Nota: (Garcia Dunna et al., 2006)

### 2.2.3 Prueba Chi-cuadrada

Se refiere a una prueba de hipótesis que surge desde los datos en el cual se basa en el cálculo de un valor llamado estadístico de prueba, el mismo que se lo puede comparar con un valor conocido como valor crítico y que se obtiene de tablas de estadística, el proceso es el siguiente:

- Disponer de al menos 30 datos de la variable aleatoria analizar
- Calcular media y varianza de los datos
- Crear un histograma de  $m = \sqrt{n}$  intervalos y obtener la frecuencia observada en cada intervalo  $O_i$

- Determinar la hipótesis nula ubicando la distribución de probabilidad que se ajuste a la forma del histograma
- Calcular frecuencia esperada  $E_i$  a partir de la definición de la probabilidad propuesta
- Calcular el estadístico de prueba:

$$C = \sum_{i=1}^m \frac{(E_i - O_i)^2}{E_i}$$

- Definir el nivel de significancia de la prueba  $\alpha$  el valor crítico de la prueba  $X_{\alpha m-k-1}^2$  (k es el número de parámetros estimados en la distribución propuesta)
- Comparar el estadístico de prueba con el valor crítico si el estadístico de prueba es menor que el valor crítico no se puede rechazar la hipótesis nula

### 2.2.4 Prueba de Kolmogorov – Smirnov

Diseñada en la década de los 30 del siglo XX, determina la distribución de probabilidad de una serie de datos, El procedimiento general es el siguiente:

- ✓ Disponer de al menos 30 datos de la variable aleatoria hacer analizar
- ✓ calcular la media y la varianza de los datos
- ✓ crear un histograma  $m = \sqrt{n}$  intervalos, y obtener la frecuencia observada en cada intervalo  $O_i$ .

- ✓ Calcular la probabilidad de observada en cada intervalo  $PO_i = \frac{O_i}{n}$  es decir dividir la frecuencia observada  $O_i$  entre el número total de datos,  $n$ .
- ✓ Acumular las probabilidades PO, para obtener la probabilidad observada hasta el enésimo intervalo  $POA_i$
- ✓ Establecer la hipótesis nula a través de una distribución de probabilidad que se ajuste a la forma del histograma
- ✓ Calcular la probabilidad esperada acumulada para cada intervalo  $PEA_i$ , a partir de la función de probabilidad propuesta
- ✓ Calcular el estadístico de prueba

$$C = \max|PEA_i - POA_i|_{i=1,2,3\dots}$$

- ✓ Definir el nivel de significancia de la prueba  $\alpha$ , y determinar el valor crítico de la prueba  $D_{\alpha, n}$
- ✓ Comparar el estadístico de prueba con el valor crítico si éste es menor que el valor crítico no se puede rechazar la hipótesis nula

## 2.3 Simulación de Variables

En la actualidad se dispone de un número relevante de aplicaciones enfocadas en la simulación matemática como es el caso de ProModel, @risk, @Simulink, entre otros. Los mismos que son sistemas comerciales y contienen módulos de análisis y optimización a fin de generar modelos de simulación, además

dispone de una interfaz gráfica, permitiendo la visualización animada del modelo planteado.

Se presentan algunos de los elementos que participan en un modelo de simulación con sus respectivas definiciones:

**Sistema:** está conformado por las piezas el almacén temporal el operario el torno los cuales representan a los elementos interrelacionados para el funcionamiento del proceso.

**Entidades:** está representada por una sola entidad las piezas que representan los flujos de entrada al sistema del problema bajo análisis.

**Estado del sistema:** Muestra la situación actual del sistema en el cual se puede llevar un control de estadísticas relacionadas al estado del sistema.

**Eventos:** se refiere al tiempo de descanso de los operarios o la salida de una pieza tras ser procesada.

**Localizaciones:** se refiere a los almacenes o lugar donde deben llegar el material o las piezas hacer procesadas:

**Recursos:** se refiere al personal requerido para el transporte del material o pieza.

**Atributos:** características del material a ser analizado.

**Variables:** se refiere aquellas ellas categorías a estudiar del objeto en mención.

## 2.4 Software de Simulación

ProModel es un software para simulación, de los más requeridos en el mercado, dispone de herramientas de análisis y diseño, permite conocer de mejor manera el problema y garantizar resultados confiables para la toma de decisiones. A continuación, se muestra la figura sobre el diseño de locaciones.

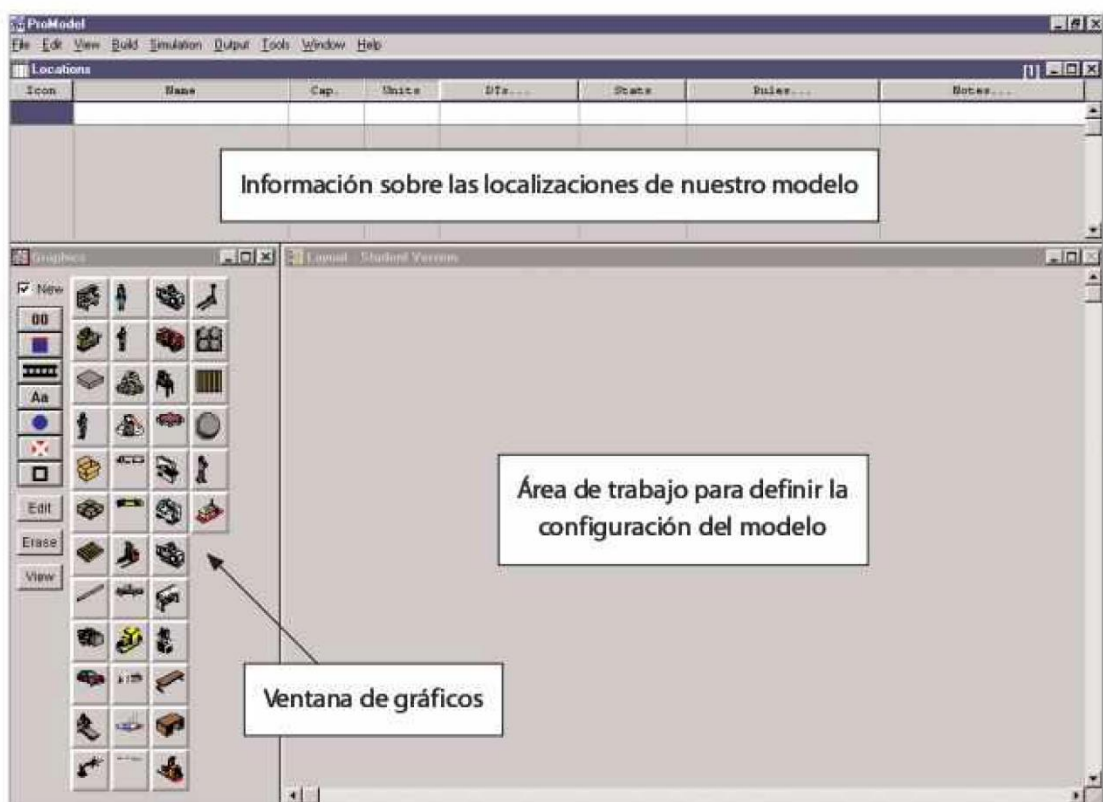


Figura 6: Definición de Localizaciones en ProModel  
Nota: (García Dunna et al., 2006)

Adicional uno de los motivos por los cuales se promueven los modelos de simulación es por la necesidad de lograr la optimización del proceso de evaluación, entonces, se puede ejecutar en diversas combinaciones de valores, las mismas que

pueden ser controlables, a fin de ubicar aquella combinación que permita obtener el mejor resultado.

Es así como, el SimRunner se incorpora al software ProModel con el fin de proveer el proceso de optimización, el cual utiliza un algoritmo evolutivo que pertenece a un conjunto de técnicas de optimización denominadas "técnicas de búsqueda directa las mismas que buscan valores óptimos para las variables de decisión de un sistema", cuyo propósito es maximizar o minimizar las medidas de interés de dicho sistema

Por lo expuesto, la relación entre el sistema ProModel y SinRunner se lo puede definir como un sistema cerrado en el cual, la simulación se ejecuta cuando se establece una de las combinaciones posibles de las variables de decisión, el resultado obtenido de la variable de salida sirve como información de entrada al algoritmo de optimización que reside en el cinturón y que permite generar una nueva combinación.

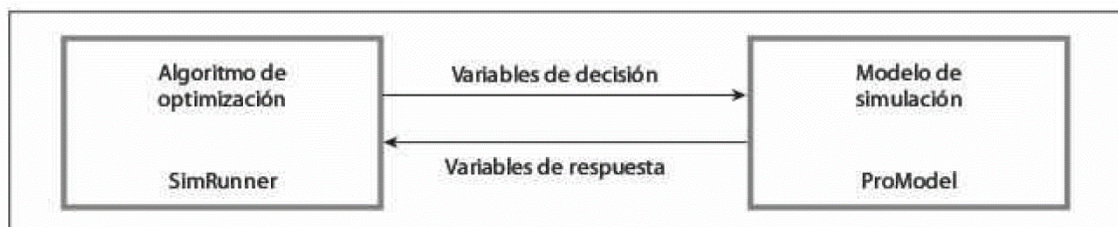


Figura 7 Relación ProModel y el SimRunner  
Nota: (Garcia Dunna et al., 2013)

## 2.5 Logística y distribución

Un producto se lo considera competitivo en la medida en la que los consumidores lo prefieran, en relación con otros que pueden ser considerados

como productos sustitutos. Dichas características diferenciadoras incluyen además del precio, la disponibilidad del producto en todo el territorio nacional.

El término logística se atribuye al diseño de procesos y la realización de operaciones para ubicar la cantidad correcta de productos donde la demanda lo requiere, aprovechando oportunidades y al menor costo (Antún Juan Pablo, Lozano Angelica, Hernández Juan Carlos, 2005).

También se denomina a la logística empresarial como práctica logística, ya que se caracteriza por la descripción del sistema de flujos físicos, identificación de medios conducentes y conducidos e indicadores de desempeño como: costo, confiabilidad e impacto en los niveles de servicio al cliente.

Los procesos clave en la logística empresarial son: procesamiento servicio al cliente, transporte inventarios, procesos de soporte como: el almacenaje, envase empaque y embalaje, también los sistemas de información, además de las técnicas de manipulación de mercancías.

Es importante mencionar que, la logística empresarial está en la frontera de las utilidades de una empresa, es decir cuando los costos de producción se estabilizan, aunque sea de forma temporal, o también cuando las inversiones en tecnología de producción generan ganancias marginales poco significativas dado que los costos de colocar el producto en el mercado deben descontarse de la máxima utilidad esperada (precio de mercado menos costo de producción).

Por lo tanto, la optimización logística contribuye al incremento de la utilidad y posiciona estratégicamente a la empresa; de esta manera la logística empresarial es una maniobra estratégica para lograr competitividad y la sustentabilidad del negocio.



Los procesos de consumo de servicios de transporte incluyen a las familias de cadenas logísticas, aprovisionamiento, reconstrucción del proceso productivo y distribución física; las mismas que se considera como ruptura de barreras espaciales mediando un costo y tiempo, tienen un impacto directo en el territorio.

Las cadenas de distribución física contribuyen a mejorar la competitividad de una empresa proporcionando mayor simplificación de actividades; en la cual omiten la inspección, transferencia de inventario de un local a otro.

## **2.6 Sector Alimento Balanceado**

En la actualidad a raíz de la crisis global provocada por el COVID 19, el sector alimenticio ha buscado la forma de sobrellevar la situación y aprovechar oportunidades en medio de esta difícil situación, de tal manera que el crecimiento del sector alimenticio ha provocado el incremento de la competitividad en el sector agrícola promoviendo la correcta gestión de los costos operativos a fin de lograr el crecimiento económico que buscan muchas empresas para mantenerse en el mercado (Orozco, 2021).

El sector de la fabricación de alimentos balanceados para animales es una de las arterias vitales en la red global de la producción de alimentos para el consumo humano llegando a todo el mercado nacional, convirtiéndose en un vínculo relevante en la cadena moderna de los alimentos para consumo humano (Carla et al., 2014).

# CAPÍTULO 3

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1 Modalidad de investigación

La modalidad de investigación asumida para el presente trabajo se definió como mixta; es decir cuanti-cualitativa en función al contexto teórico, justificación, y variables de estudio. El mayor énfasis se expresa en la modalidad cuantitativa, debido a que, en la recolección y análisis de datos; fueron numéricos y estadísticos.

Se expresa cualitativo por que la revisión de la literatura permite la justificación para el planteamiento del estudio, así como también es el caso del manejo de restricciones de bioseguridad en las locaciones que se describirán en lo posterior.

### 3.2 Tipos de investigación

- Investigación exploratoria, el objetivo fue examinar un tema poco estudiado, el cual generó dudas, manifestándose en la justificación del problema a resolver.
- Investigación descriptiva, permitió determinar las características del objeto de estudio, es decir se evidenció en el planteamiento de las variables, cuyo análisis se enmarcó en el comportamiento y los resultados obtenidos.
- Investigación explicativa, estuvo dirigido a responder las causales que sustentan la problemática evidenciada.

- Investigación proyectiva, contribuyó a generar soluciones a una situación específica a partir de un proceso de indagación, es decir en la exploración, descripción y explicación, a fin de proponer alternativas de cambio mediante el manejo de escenarios.

### **3.3 Diseño de investigación**

El diseño de investigación fue experimental, obteniendo control y validez de los datos; mediante la intervención de variables independientes y el análisis de los efectos en las variables dependientes.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de investigación**

Las técnicas utilizadas fueron la entrevista ejecutada al responsable del área de logística y transporte de la empresa de estudio, así como también fue quien proporcionó información sobre el registro de datos estadísticos.

En relación con los instrumentos de investigación fueron determinados de acuerdo con las técnicas como la guía de entrevista y las bases de datos proporcionadas en un disco de almacenamiento.

### **3.5 Población y muestra**

La población y la muestra no fue determinada debido a que la naturaleza de la investigación no requirió realizar encuesta, sin embargo, se utilizó la entrevista y la información estadística proporcionada por la empresa.

### **3.6 Recolección de información**

De acuerdo con los objetivos planteados, la presente investigación busca identificar el número de graneleros requeridos en la operación de distribución de alimento balanceado, para lo cual se dispuso de base de datos y estadística del periodo 2021.

En el proceso logístico, se consideró el análisis de la infraestructura, la capacidad de despacho, la disposición de la flota de vehículos; evidenciando la movilización del alimento en cantidad y tiempo. Es importante mencionar que la empresa se encuentra en una etapa de crecimiento para los siguientes años, justificando la necesidad de comprender la realidad actual de la operación e identificar aquellas variables involucradas en el manejo de escenarios, a fin de analizar el comportamiento del proceso logístico que coadyuve con el crecimiento empresarial.

Para la validación y depuración de datos, estos fueron recabados del ERP (Enterprise Resource Planning) de la Compañía, así como también del software complementario para la logística de distribución, toda la información se visualiza consolidada en base datos, del año 2021, manteniendo la confidencialidad a la información proporcionada. En dichas bases se pudo evidenciar el movimiento del alimento en las diferentes actividades como: despacho mediante andén y el transporte hacia los sitios de abastecimiento de granjas, garantizando las normas de bioseguridad impuesta por los entes de control sanitario de la compañía.

El despacho de alimento responde a una demanda real de las granjas de cuidado y crecimiento de animales. A fin de garantizar la inocuidad del producto y la eficiencia del proceso se utilizan vehículos graneleros para el transporte del alimento hacia los sitios de abastecimiento de granjas.

Con la base de datos analizada en Minitab, se determinó datos estadísticos y distribución de frecuencias, además de indicadores de gestión logística como número de despachos, número de rutas, cumplimiento de demanda, tiempos muertos, nivel de servicio, promedios por viaje, tipo de vehículo utilizado.

En el capítulo cuatro se muestra varios experimentos considerando variables que afectan el resultado de la operación lógica, generando diversos escenarios de acuerdo con el crecimiento de la demanda en consumo de alimento balanceado. Estas métricas fueron tomadas de las estrategias de crecimiento de la compañía a fin de mantener su hegemonía en el mercado. Los datos aberrantes en este estudio fueron eliminados ya que pertenecen a ensayos que se realizaron en la producción y distribución de alimento en conjunto con el área de investigación y desarrollo.

Adicional en este capítulo, se realizó un análisis univariado de las variables de este modelo, y la determinación de distribución de probabilidad mediante la utilización de pruebas de bondad de ajuste.

### **3.7 Relación de la disponibilidad de vehículos, infraestructura y flujo de alimento**

El proceso de distribución de alimento balanceado en granel, parte desde el almacenamiento en silos metálicos, los mismos que proviene del proceso de fabricación del producto.

El almacenamiento está dividido en cuatro bins o silos de quince toneladas y tres bins de treinta toneladas, por temas de bioseguridad se maneja bins o silos exclusivos para el área de reproducción; por lo cual para el área de despacho se cuenta con el andén 1, (bins de 15 Tm), para la ubicación denominada sitio 1 (granjas reproductoras), sitios 2 (levante) y sitios 3 (finalización).

En el andén 2, (bines de 30 toneladas), se da prioridad al abastecimiento de granjas de sitios tres (finalización).

En el área de despacho del andén 1, dispone de un vehículo exclusivo para ruta de 15 toneladas, tipo mula hacia los sitios 1 o reproducción, de la misma manera un vehículo para el área de levante o sitios dos con capacidad de 15 toneladas. Para sitios cuatro o finalización se dispone de cuatro vehículos, expresado en la situación actual.

Ahora en el andén dos se despacha vehículos de 21 toneladas tipo tráiler, para ello se dispone de 3 vehículos, destinados para sitios 3 o finalización.

Se presenta a continuación la distribución de vehículos en función a los sitios de destino del alimento, y se evidencia que con nueve vehículos se atiende una demanda promedio mensual de 6800 toneladas:

Tabla 1 *Distribución de graneleros asociados los sitios de distribución de alimento balanceado*

Especies	Andenes	Sitios	Graneleros	Cantidad Graneleros
Cerdo	Andén 1	Sitios 1 G15	G15 S1	1
	Andén 1	Sitios 2 G15	G15 S2	1
	Andén 1	Sitios 3 G15	G15 S3	4
	Andén 2	Sitios 1 G21	G21 S1	0
	Andén 2	Sitios 2 G21	G21 S2	0
	Andén 2	Sitios 3 G21	G21 S3	3
	Total			

*Nota.* Elaboración propia a partir de la información proporcionada por la compañía

### 3.8 Descripción de variables

Se describen las variables que intervinieron en el modelo de simulación, extraídas de las bases de datos, con la finalidad de realizar las pruebas de bondad de ajuste y los resultados de distribuciones de probabilidad.

El modelo de simulación generó números aleatorios para diferenciar las relaciones y restricciones del sistema mediante la distribución de frecuencias, todo ello permitió formar diversos escenarios.

Las variables fueron clasificadas como variables de entrada y como variables de estado, las primeras definen las características del sistema real; mientras que las variables de estado se definen como variables o condiciones intermedias o iniciales del sistema.

Como variables de entrada se definen la siguiente:

$$TG_i = \text{Tipo\_Granelero}_i \quad \text{para } i=1,2,3\dots 9$$

Esta variable agrupa a la entidad de camiones graneleros, que se muestra a continuación

- $TG_1 = \text{Camion Granelero } 15 \text{ toneladas}$
- $TG_2 = \text{Camion Granelero } 21 \text{ toneladas}$

Además, se estableció los tiempos de llegada por tipo de camión, los mismos que se muestran a continuación:

$$\text{Tiempo\_entre\_arribos\_Granelero}_i \quad \text{para } i = 1, 2, 3 \dots 9$$

Esta variable define los entre arribos de los andenes hacia los sitios (granjas).

- **$\text{Tiempo\_entre\_arribos\_Camion } G_1$ : tiempo de llegada de camión granelero andén 1 hacia sitios 1, 2 y 3**
- **$\text{Tiempo\_entre\_arribos\_Camion } G_2$ : tiempo de llegada de camión granelero andén 1 hacia sitios 3**

Es importante mencionar que este tiempo, incluye la limpieza del vehículo luego de entregar el alimento balanceado en los sitios.

$$\text{Tiempo\_promedio\_Despacho\_anden}_{i,j} \quad \text{para } i = 1, 2$$

Donde cada índice  $i$  toma el valor de:



***Tiempo\_promedio\_Despacho\_anden1<sub>1,j</sub>***: Capacidad de distribución en tiempo andén 1=35 minutos

***Tiempo\_promedio\_Despacho\_anden2<sub>1,j</sub>***: Capacidad de distribución en tiempo andén 1=45 minutos

### 3.9 Definición de locaciones y la relación con variables

En esta sección se definió las localizaciones a utilizar, así como también las entidades utilizadas por la localización y los recorridos que aportan a la factibilidad del modelo.

Los recorridos son los que permitieron cumplir con la demanda en tiempo y forma, además de garantizar las normas de inocuidad para el abastecimiento de alimento. Es decir, los denominados sitios de abastecimiento para granjas requieren bins exclusivos para el almacenamiento de alimento y también camiones para el transporte de este.

Por lo tanto, las localizaciones en el modelo se definieron por los bienes de almacenamiento de alimento, los andenes de despacho, los sitios de abastecimiento para granjas; las cuales se estructuran a continuación:

*Tabla 2 Definición de locaciones en el modelo de simulación*

<b>Ubicaciones</b>	<b>Total de graneleros</b>	<b>Denotación matemática</b>
Almacén		
Despacho Andén 1		

Despacho Andén 2			
G15	Sitios 1	1	Sit1 G15 a, tal que a=1
G15	Sitios 2	1	Sit2 G15 b, tal que a=1
G15	Sitios 3	4	Sit3 G15 c, tal que a=1,2,3,4
G21	Sitios 1	0	
G21	Sitios 2	0	
G21	Sitios 3	3	Sit3 G21 c, tal que a=1,2,3
	Granjas	$\infty$	Fin del proceso

Nota: elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía

Con relación a las entidades utilizadas, las mismas que se refieren a los tipos de camión graneleros (tipo de camión utilizado en la ruta andén uno y andén dos). En el siguiente cuadro se puede identificar las relaciones y los recorridos que puede realizar una ruta por diversas locaciones.

Tabla 3 Modelo de simulación propuesto (localización entidad llegadas)

Locación	Entidad	Recorrido
Almacén	Alimento	Al 1, tal que 1=1,2
Andén 1	Alimento	Andén 1 a, tal que 1a= 1-3 sitios
Andén 2	Alimento	Andén 2 a, tal que 1a= 1-3 sitios
Sit1 G15 a, tal que a=1,2	Alimento	Sit1 G15 1, tal que G15= 1, en granja
Sit2 G15 b, tal que a=1,2	Alimento	Sit2 G15 2, tal que G15= 1, en granja
Sit3 G15 c, tal que a=1,2	Alimento	Sit3 G15 3, tal que G15= 1,2,3,4 en granja
Sit1 G21 a, tal que a=1,2	Alimento	
Sit2 G21 b, tal que a=1,2	Alimento	
Sit3 G21 c, tal que a=1,2	Alimento	Sit3 G21 3, tal que G21= 1,2,3 en granja
Granjas		Fin del proceso

Nota: elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía

En las próximas secciones se da a conocer un análisis descriptivo de los indicadores del proceso logístico, los cuales sirvieron de herramienta en el modelo, así como también las distribuciones de variables descritas anteriormente.

### 3.10 Indicadores del proceso logístico

- **Infull:** Cuantifica el almacenamiento de bodega versus la demanda emitida
- **Costo de almacenaje:** Representa el costo de mantener el inventario en los silos para la distribución.
- **Costo de distribución:** Es aquel que permite que el producto en granel llegue a su punto final o al cliente, es decir que se encuentre listo para el consumo en granja.
- **Números Promedio de viaje:** Calculado en función a la distancia y al tiempo de llegada de la ruta hacia el cliente o sitio de abastecimiento.
- **Eficiencia de la ruta:** Se la conoce como la manera de aumentar la productividad a los recursos del negocio generando ahorro de tiempo y dinero aprovechando los recursos disponibles, el transporte, la capacidad de carga el tiempo del vehículo etcétera.
- **Nivel de servicio:** Probabilidad de no llegar a una situación de desabastecimiento de alimento en cada una en los sitios, es decir la inexistencia de alimento que impida a los clientes poder cumplirles en el plazo acordado.

### 3.12 Histórico de la demanda año 2021

De acuerdo con el número de incidencias que se muestran en la figura, se ve reflejado el histórico de la demanda en 27 incisos, debido a que se encuentran distribuidos por tipo de alimento, en la categoría de balanceado para cerdos.

Además, se evidencia una alta demanda o un pico máximo en el abastecimiento o producción de un tipo de alimento, despachado a través del andén dos, y direccionado a sitios de abastecimiento de granjas número tres.

También se muestra la influencia de la fabricación en menor proporción para granjas de sitios 1 y 2, siendo estas poco representativa durante la corrida de un año fiscal.

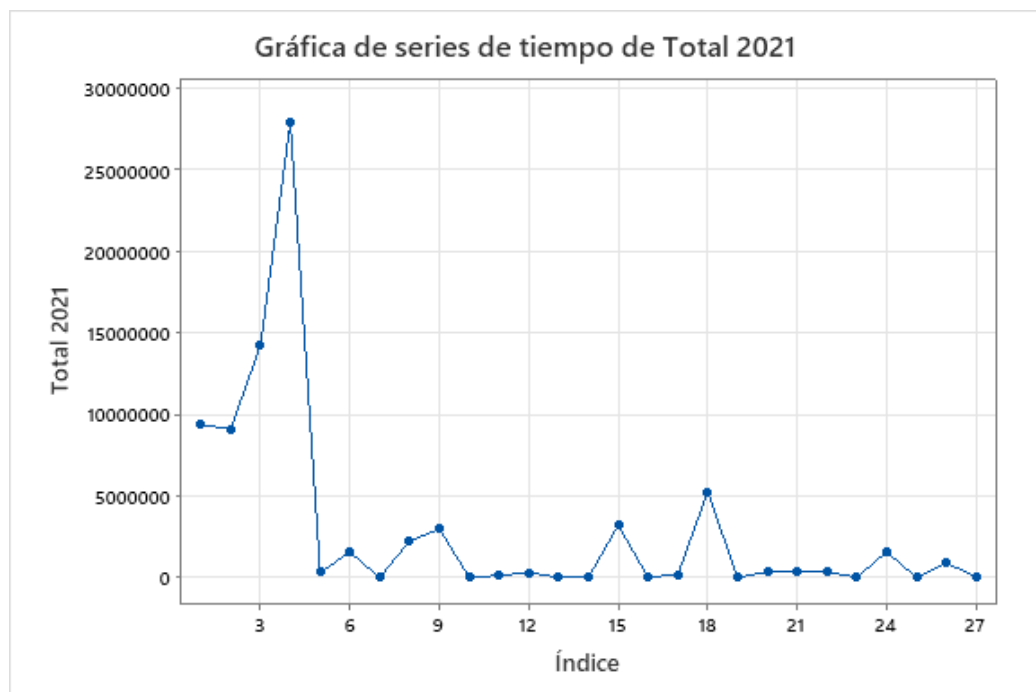


Figura 8 Serie de tiempo de la demanda por sitios  
Nota: elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía

Con relación a la tabla 4, se puede evidenciar que el volumen de la demanda de alimento balanceados para sitios tres (4,207.212 kilos granel), muestra que la media se encuentra por encima del promedio de los sitios de abastecimiento uno y dos, con un valor de (468.964 y 621.570 kilos granel) respectivamente, tal como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 4 Estadística Descriptiva, clasificado por sitios de abastecimiento año 2021

Variable	Sitio	N	N*	Media	Error estándar de		Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1
					la media						
Total 2021	1	6	0	468964	262467		642910	4.13333E+11	137.09	0	0
	2	3	0	621570	470690		815259	6.64647E+11	131.16	0	0
	3	18	0	4207212	1704451		7231373	5.22927E+13	171.88	0	0
Variable	Sitio			Q3	Máximo	Rango	IQR				
Total 2021	1			1071191	1564034	1564034	1071191				
	2			1544633	1544633	1544633	1544633				
	3			6217574	27944910	27944910	6217574				

Nota: Elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía, herramienta Minitab

### 3.11 Análisis del proceso de simulación y pruebas de bondad de ajuste

En referencia al capítulo dos; esta herramienta clasificó su proceso en entidades, locaciones, arribos, variables y proceso, mediante el cual se exponen la entidad de una determinada locación. Por lo que en esta sección se presenta cada una de estas definiciones según el modelo de simulación matemática.

- **Locaciones**

El proceso logístico de alimento balanceado comprende la bodega de almacenaje, los andenes de despacho 1 y 2, los sitios de abastecimiento 1, 2 y 3.

Con la finalidad de cumplir con la demanda del mercado, los despachos se los realizan a granel, debido a la optimización de la compañía. Inicia con el almacenamiento del alimento balanceado a granel de 152 toneladas diarias, para la actividad de despacho se dispone de 2 andenes, en el primero se despachan camiones de 15 Tm, y en el segundo andén se despachan camiones de 21 Tm, con un tiempo estimado de 35 minutos y 45 minutos respectivamente

Además, las locaciones denominadas sitios 1, 2 y 3, son abastecidos por los andenes, cuya capacidad está en función de toneladas métricas (Tm), es decir que, para fines prácticos, cada unidad viene dado por 15 Tm y 21 Tm respectivamente según sea el caso. Tal como se muestra en la figura 7.

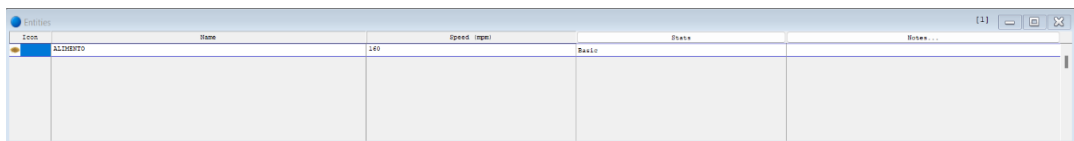
Icon	Name	Cap.	Units	Dis...	Dts...	Stats	Rules...	Notes...
	SITIO_1	15	1	None		Basic		
	Bodega	1700	1	None		Basic		
	ANDEN_1	15	1	None		Basic		
	ANDEN_2	21	1	None		Time Series		
	Loc4	1	1	None		Time Series		
	SITIO_2	12	1	None		Time Series	Last Loc. By Type	
	SITIO_3	20	1	None		Time Series	Last Loc. By Type	
	SITIO_1_21	1	1	None		Time Series	Last Loc. By Type	
	SITIO_2_15	1	1	None		Time Series	Last Loc. By Type	
	SITIO_3_21	20	1	None		Time Series	Last Loc. By Type	
	Loc1	1	1	None		Time Series	Last Loc. By Type	

Figura 9 Locaciones

Nota: Nota: Elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía, herramienta ProModel

- **Entidades**

La entidad que se utilizó en el siguiente modelo de simulación es el balanceado, de acuerdo con las definiciones de variables llamadas alimento; como en el inciso anterior se muestra la interfaz que ofrece ProModel.



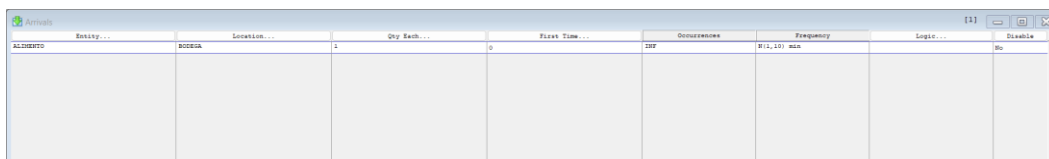
Icon	Name	Speed (rpm)	Phase	Notes ...
	ALIMENTO	160	Basic	

Figura 10 Entidades del Modelo de Simulación

Nota: Nota: Elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía, herramienta ProModel

- **Arribos**

Un arribo en ProModel es la puerta de entrada de una entidad al modelo o proceso, en este modelo las colas son aquellas locaciones que relacionan la entidad con el ingreso al sistema, en el siguiente gráfico se expone los arribos del sistema, así como las variables aleatorias asociadas a las distribuciones de probabilidad de cada uno de los arribos del alimento. Como lo muestra la Figura 9.



Entity...	Location...	Qty Arrib...	First Time...	Occurrences	Frequency	Logic...	Enable
ALIMENTO	BOGUSA	1	0	200	(0,10) UN		No

Figura 11 Arribos

Nota: Nota: Elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía, herramienta ProModel

- **Proceso**

En ProModel la opción proceso es la que agrupa y relaciona los recorridos del proceso con las locaciones y las entidades, también aquí se denotan los tiempos de proceso o tiempos de espera. La gráfica siguiente muestra cada una de las relaciones y tiempos expuestos en el punto 3.5.

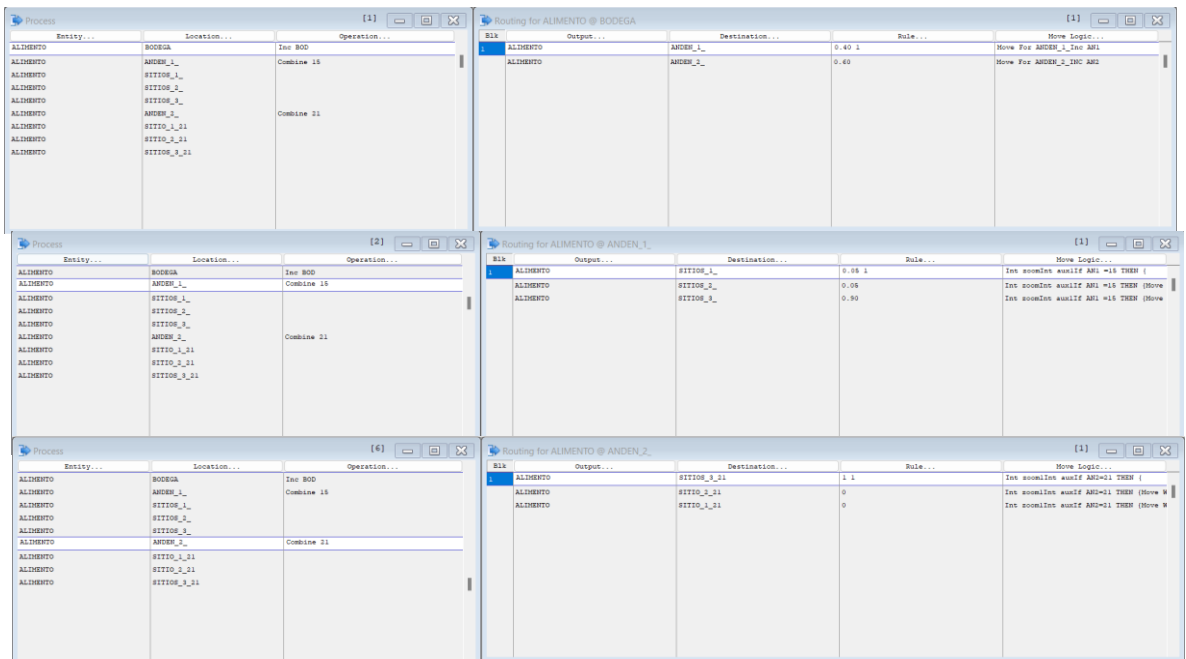


Figura 12 Proceso

Nota: Nota: Elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía, herramienta ProModel

- **Redes**

Las redes dentro del sistema permitieron conectar diferentes locaciones a través de los nodos; cada red tiene 2 nodos y en el modelo se consideró necesario 8 redes es decir 16 nodos que conectan desde la bodega (Oferta) y los sitios (Demanda).



Name	Type	T/S	Paths...	Interfaces...	Mapping...	Modes
AL_AFI1	Passing	Time	1 2	0 2	1	1
AL_AFI2	Passing	Time	1 2	0 2	1	1
AHI_EST1	Passing	Time	1 2	0 2	1	1
AHI_EST2	Passing	Time	1 2	0 2	1	1
AHI_EST3	Passing	Time	1 2	0 2	1	1
AHI_EST1	Passing	Time	1 2	0 2	1	1
AHI_EST2	Passing	Time	1 2	0 2	1	1
AHI_EST3	Passing	Time	1 2	0 2	1	1

Figura 13 Redes del Modelo de simulación

Nota: Nota: Elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía, herramienta ProModel

# CAPÍTULO 4

## 4. RESULTADOS

En este capítulo se muestra las características del Layout del sistema de simulación, en el mismo se identifica las locaciones que son la Bodega de almacenaje, Andén 1, Andén 2, Sitio 1 Andén1, Sitio 2 Andén1, Sitio 3 Andén1, Sitio 1 Andén2, Sitio 2 Andén2 y Sitio 3 Andén3.

Dentro de la ventaja gráfica que tiene el sistema ProModel, es que se puede obtener una visualización óptima del proceso logístico, por lo que cada locación tiene su capacidad definida, es decir, el número de toneladas que es capaz de almacenar.

También muestran el lugar de arribos como el balanceado expresado por unidad como  $T_m$  a la bodega de almacenaje.

Además, este layout identifica mediante contadores o variables el número de balanceado que pasan por una determinada sala o locación, así como contabiliza el número de arribos de balanceado a los sitios en función a la capacidad de despacho de los andenes.

El recorrido de la entidad fue descrito en el inciso 3.5, al igual que los tiempos de demora entre las líneas (redes o nodos) que son consideradas las líneas; donde se realiza la transferencia del objeto de estudio entre las locaciones por medio de los recursos. En la Figura 12 el lector puede visualizar el respectivo layout.

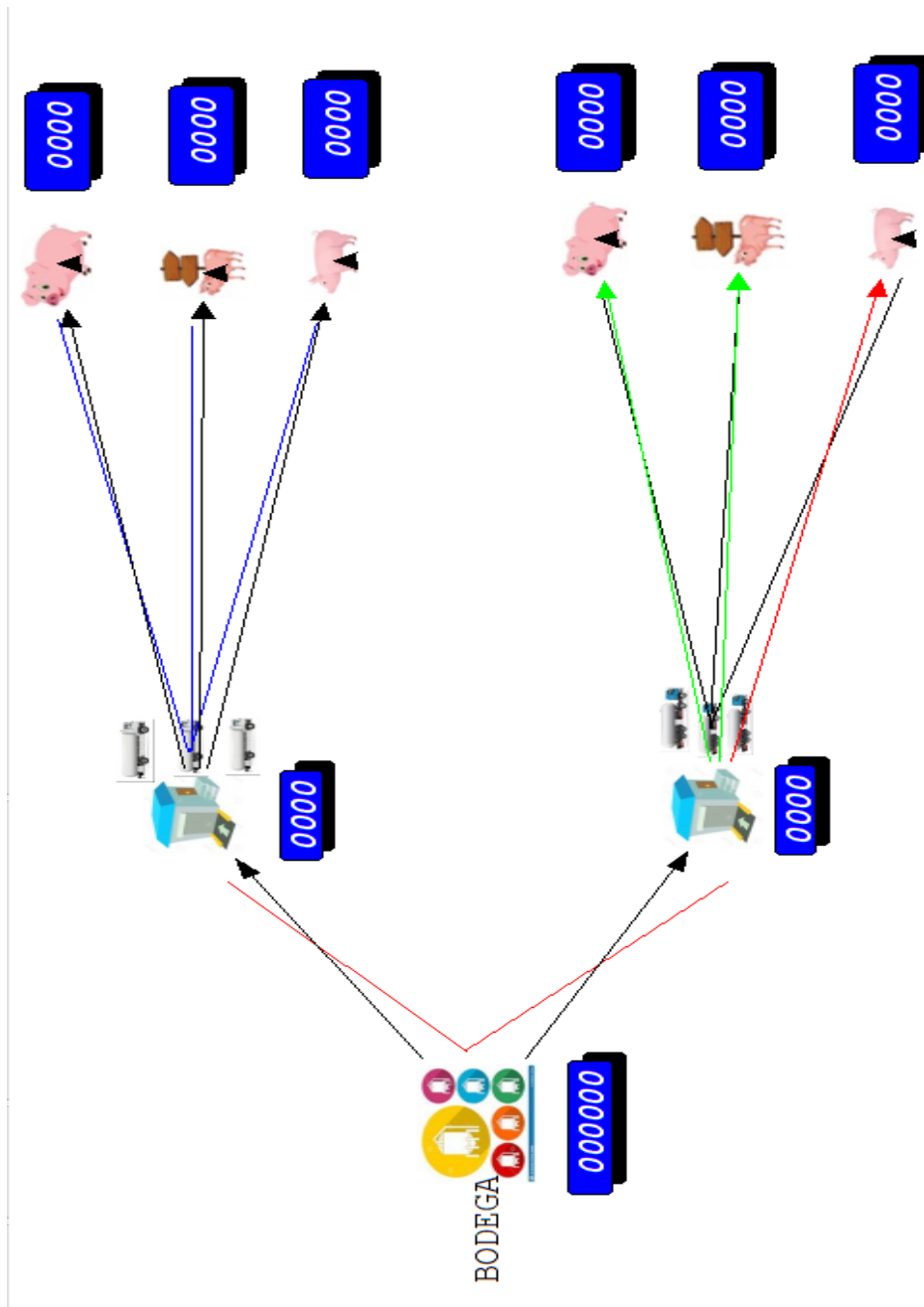


Figura 14 Layout

Nota: Nota: Elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía, herramienta ProModel

## 4.1 Salida del Modelo

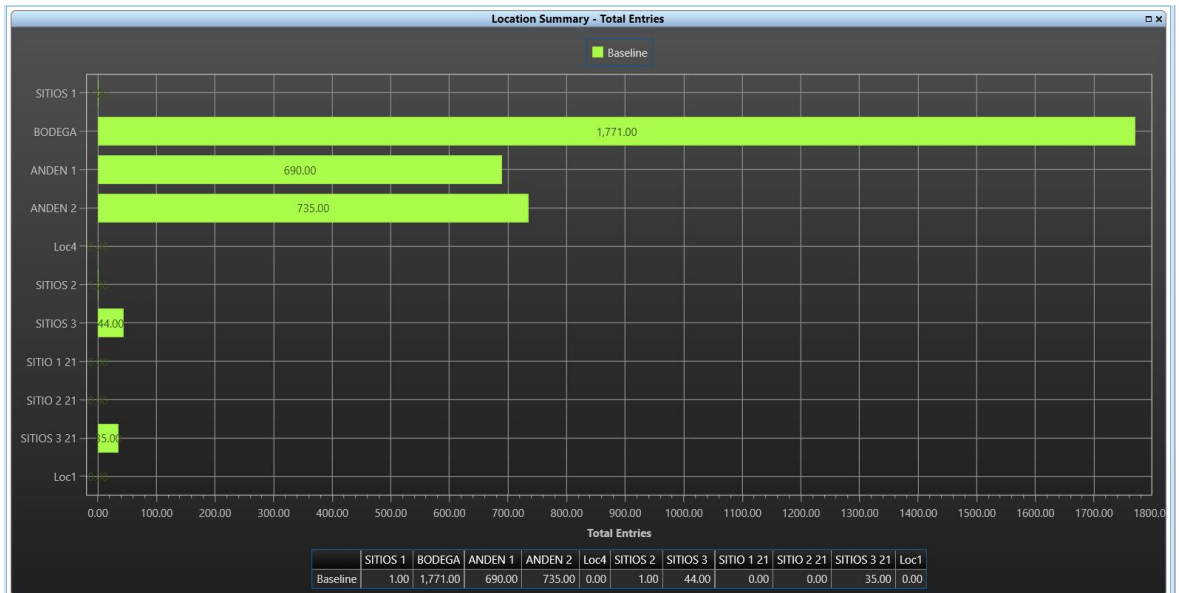
ProModel permitió exponer sus resultados en Output Viewer, en este análisis presentó diversos indicadores de los diferentes intervinientes del modelo como son las entidades y locaciones. De lo antes mencionado se verificó la proporción de ocupación y bloqueo. La entidad fue medida en cada una de las locaciones, las cuales son obtenidas a partir de variables.

Un parámetro que, asociado al output de datos es de vital importancia; es el número de réplicas para esta salida, se realizó con 25 replicaciones asociadas al modelo. Y la corrida se generó por 7 días.

El siguiente gráfico (figura 13), muestra las proporciones de Tm ingresadas a las locaciones, evidenciando que, durante el tiempo de corrida, en la locación bodega se almacenaron 1771 Tm de balanceado; previstas en la corrida de producción semanal de este centro. A su vez, podemos observar la participación de los andenes de despacho sobre el total que se produjo; la locación andén 1 tiene una participación del 38.96% y la locación andén 2 tiene una participación del 41.50%.

Los clientes que por fines didácticos son encasillados por locaciones de sitios 1, sitios 2 y sitios 3, cada una con su respectiva capacidad límite de despacho, es decir 15 y 21 Tm respectivamente.

Ahora desde el punto de vista de la oferta, se visualizó el total demandado por los sitios en proporción a la cantidad ofertada, para la locación adén1 sitios 1 y el andén 2 sitios 2, el 0.84% se le atribuye la participación, andén1 sitios 3 el 37.27% y para el andén 2 sitios 3 está considerado un 41.50% de participación del total ofertado.



*Figura 15* Indicadores de locaciones del Modelo de Simulación

Nota: Nota: Elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía, herramienta ProModel

Se evaluó el comportamiento de la entidad basada en el modelo de simulación. En este análisis se concluye que la entidad (balanceado) se encuentra en circulación dentro de la operación en un 22.42% y el 77.32% se encuentra bloqueado esto se puede denotar en la figura 14.

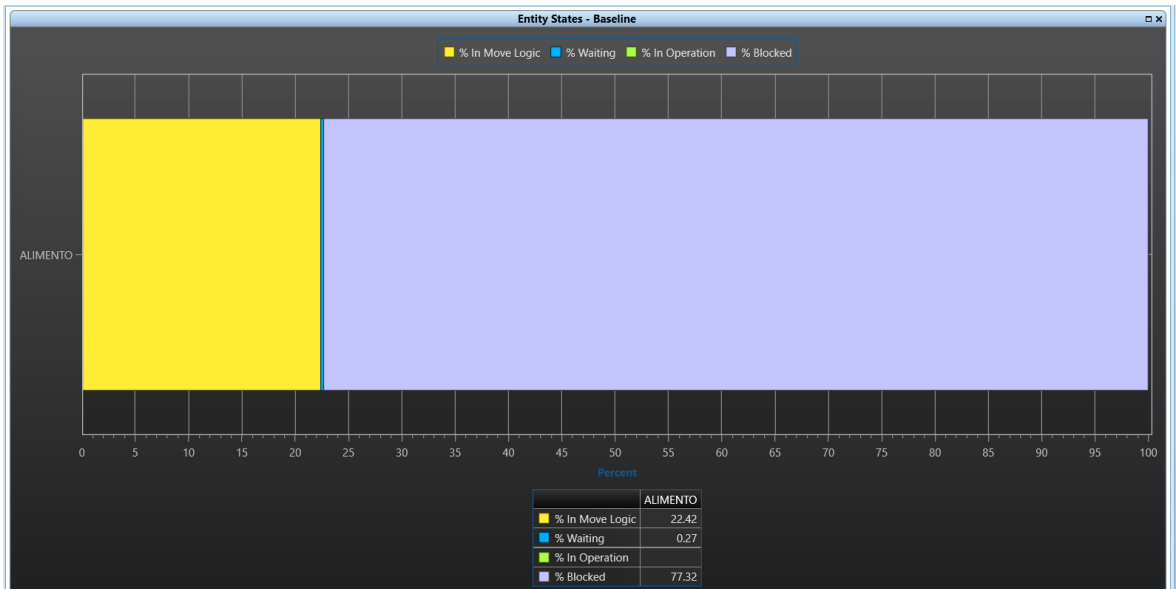


Figura 16 Indicador de Entidad del Modelo de Simulación

Nota: Nota: Elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía, herramienta ProModel

En la próxima sección se presenta los experimentos basados en el aumento de la capacidad de producción, velocidad del despacho y aumento de la flota, que permite la utilización de los recursos; esto permite reflejar un comportamiento en los distintos escenarios de acuerdo con la necesidad de la oferta y demanda.

## 4.2 Escenario 1 (Demanda 2021)

En este experimento se tomó en consideración los siguientes cambios con respecto a la velocidad de despacho, ajuste del arribo del alimento a los bins de despacho, y aumento en el recurso.

Los Arribos de *ALIMENTO*  $N\sim(1,10)$  min

Aumento de bins al doble de su capacidad

Aumento de granelero para Sitios 3 a 4 camiones para 15 Tm

Aumento de granelero para Sitios 3 a 5 camiones para 21 Tm

En este periodo se consideró un aumento en el volumen de la demanda de los sitios 1 2 y 3 para el andén de 15 Tm y sitios 3 para el andén de 22 Tm.

Se tomaron 25 réplicas y se comparó los escenarios con las demandas y ofertas expuestas, pero con un aumento en el doble de velocidad de despacho y aumento en los graneleros para la rotación de los graneleros.

Se procedió a evaluar las locaciones bodega, almacenamiento, y sitios y vemos un incremento con respecto al escenario inicial, como se muestra en la figura 15. La bodega incrementó su volumen de producción a 1924 Tm, el andén 1 y el andén 2 aunque no reflejan cambios significativos en cuanto a su velocidad de despacho entraron 765 y 1090 Tm.

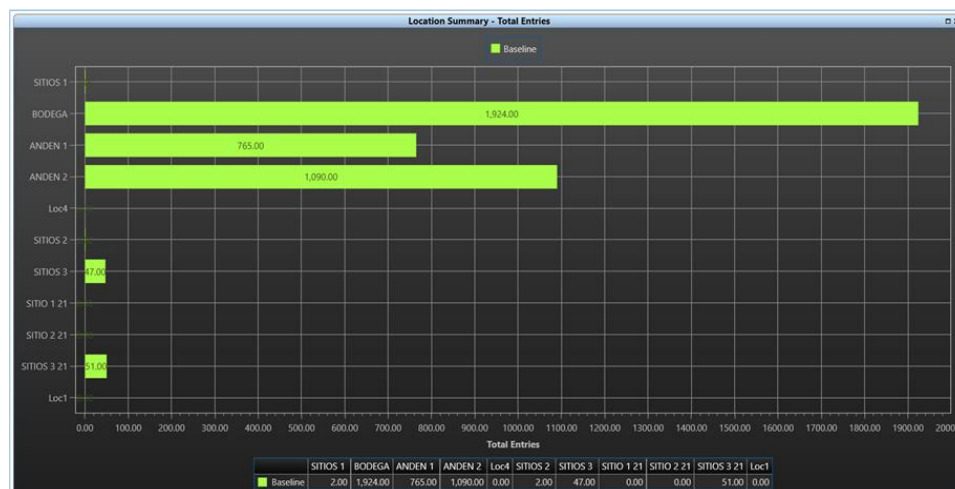


Figura 17 Indicadores de locaciones del Modelo de Simulación Escenario 1

Nota: Nota: Elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía, herramienta ProModel

Se procede a evaluar el comportamiento de la entidad basada en el modelo de simulación. En este análisis se concluyó que para la entidad (balanceado) se encuentra en circulación dentro de la operación en un 73.65% y el 4.88% se encuentra bloqueado esto se puede denotar en la figura 16

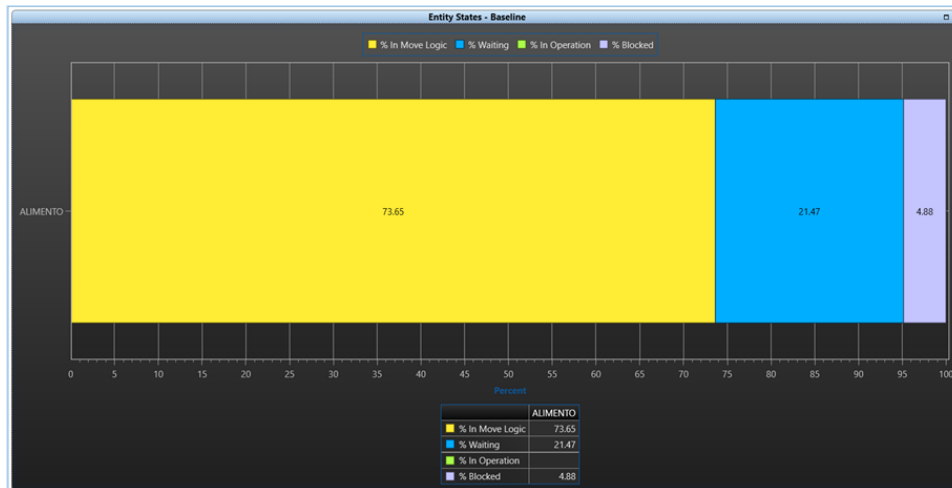


Figura 18 Indicador de Entidad del Modelo de Simulación Escenario 1

Nota: Nota: Elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía, herramienta ProModel

### 4.3 Escenario 2 (Incremento de Almacenamiento y capacidad de despacho)

En este experimento se procede a tomar en consideración los siguientes cambios con respecto a la velocidad de despacho, ajuste del arribo del alimento a los bins de despacho, y aumento en el recurso.

- Los Arribos de *ALIMENTO*  $N \sim (5, 20)$  min
- Aumento en la demanda por parte de los Sitios
- Aumento de granelero para Sitios 3 a 4 camiones para 15 Tm
- Aumento de granelero para Sitios 3 a 5 camiones para 21 Tm



- Aumento en la capacidad de producción

Se procedió a evaluar las locaciones bodega, almacenamiento, y sitios de acuerdo con los parámetros propuesto dentro del escenario como se muestra en la figura 17, la bodega incrementó su volumen de producción a 2427 Tm; el andén 1 y el andén 2 reflejan cambios significativos en cuanto a su velocidad de despacho entraron 963 y 1407 Tm respectivamente.

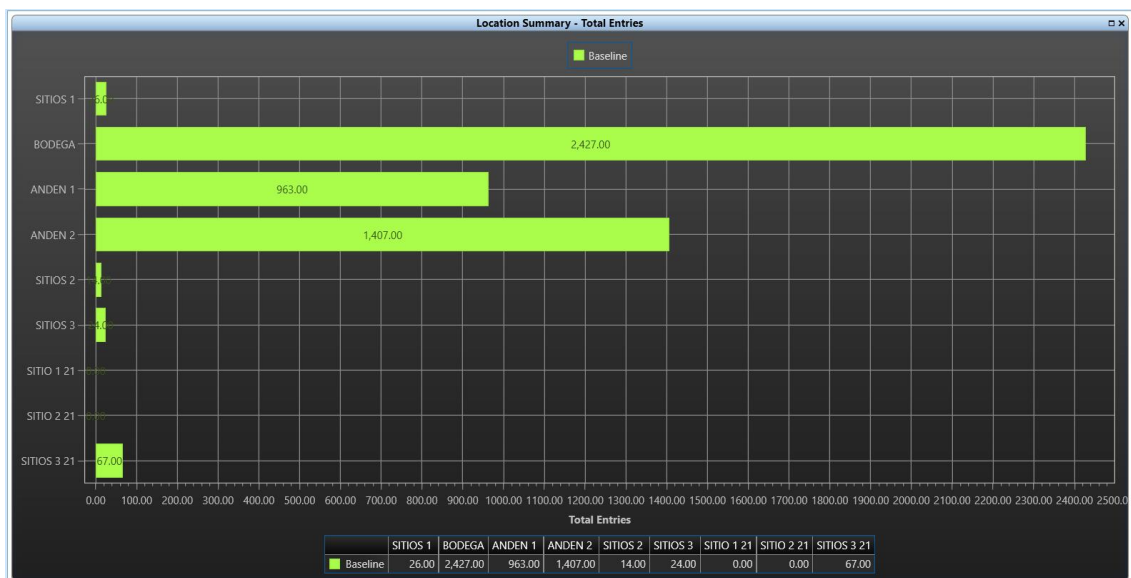


Figura 19 Indicadores de locaciones del Modelo de Simulación Escenario 2

Nota: Nota: Elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía, herramienta ProModel

Se referencia al comportamiento de la entidad basada en el modelo de simulación. En este análisis se concluye que para la entidad (balanceado) se encuentra en circulación dentro de la operación en un 60.97% y el 32.95% se encuentra bloqueado esto se puede denotar en la figura 18.

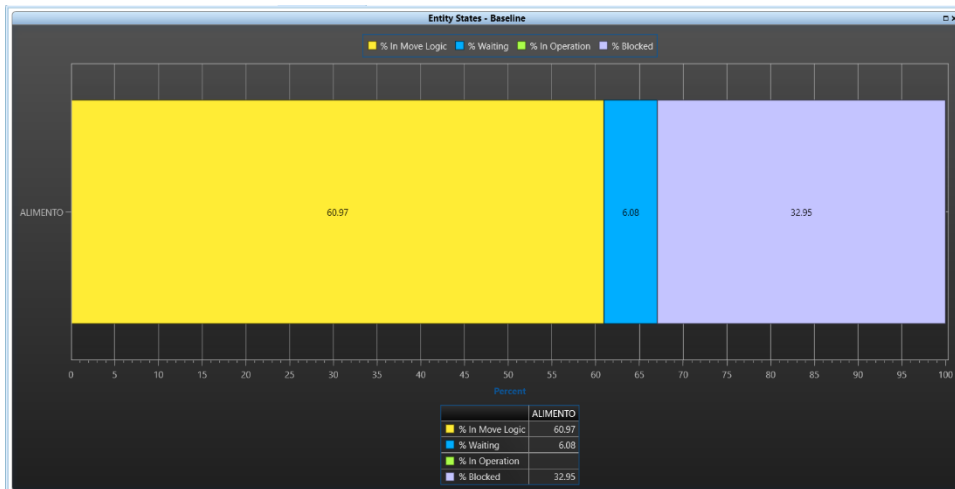


Figura 20 Indicador de Entidad del Modelo de Simulación Escenario 2  
 Nota: Nota: Elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía, herramienta ProModel

#### 4.4 Explicación del número de camiones graneleros requeridos (Crecimiento del Negocio)

Dentro de la planificación estratégica del negocio, está considerado un crecimiento del 27 %, por cuanto en la planificación de demanda se pronostica 3.157 Tm para los 3 sitios. Se expone los siguientes parámetros.

- Los Arribos de *ALIMENTO*  $\sim N(5, 20)$  min
- Aumento en la demanda por parte del negocio
- Disminución de granelero para Sitios 3 a 3 camiones para 15 Tm
- Aumento de granelero para Sitios 3 a 7 camiones para 21 Tm

Con este número de graneleros se satisface la demanda en 100 %, manteniendo un nivel de servicio sobre el 96% en el índice de volumen; adicional se cubre la rotación de 1.4 vueltas por día dentro de sus actividades de 26 días del mes.

## 4.5 Aplicación de la herramienta "SimRunner"

La estabilización del modelo dentro del software Promodel, se realiza mediante la aplicación de la herramienta SimRunner, generando el número de replicas, horizonte de simulación y encuentra la solución óptima para el mejor desempeño del modelo de simulación.

Para la ejecución de la herramienta SimRunner, se definió la función objetivo, factores de entrada, parámetros de control de optimización y la corrida del modelo.

La función objetivo fue Maximizar la cantidad de alimento en el sistema, a fin de identificar el número de camiones necesarios para el abastecimiento, en los sitios.

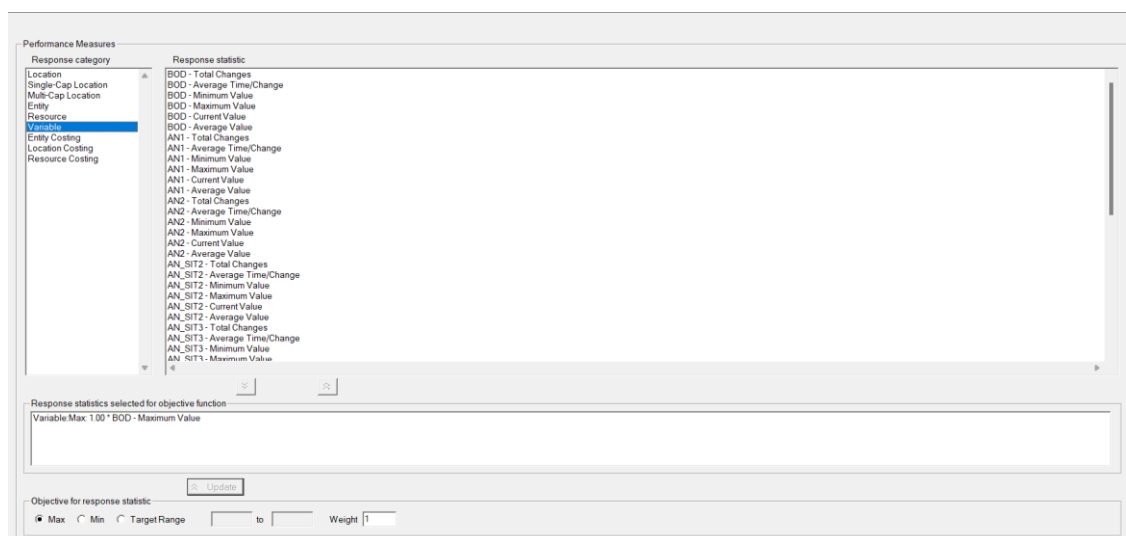


Figura 21 Parametrización de la función Objetivo en "SimRunner"

Nota: Nota: Elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía, herramienta ProModel

Con respecto a los factores de entrada, se consideraron el tiempo de despacho y el número de camiones

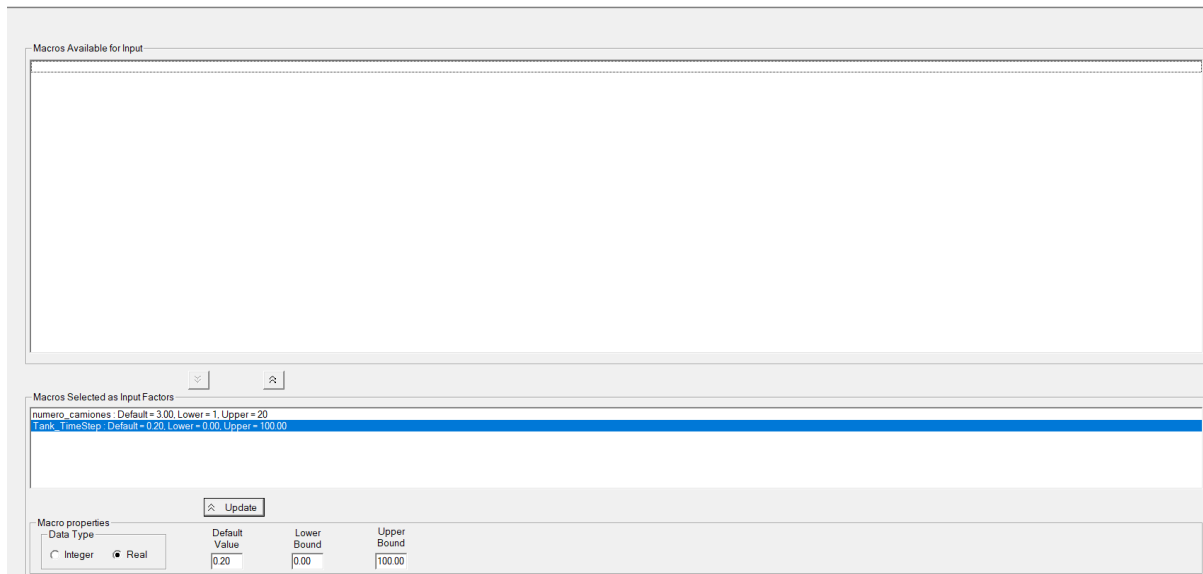


Figura 22 Factores de entrada de la herramienta "SimRunner"

Nota: Nota: Elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía, herramienta ProModel

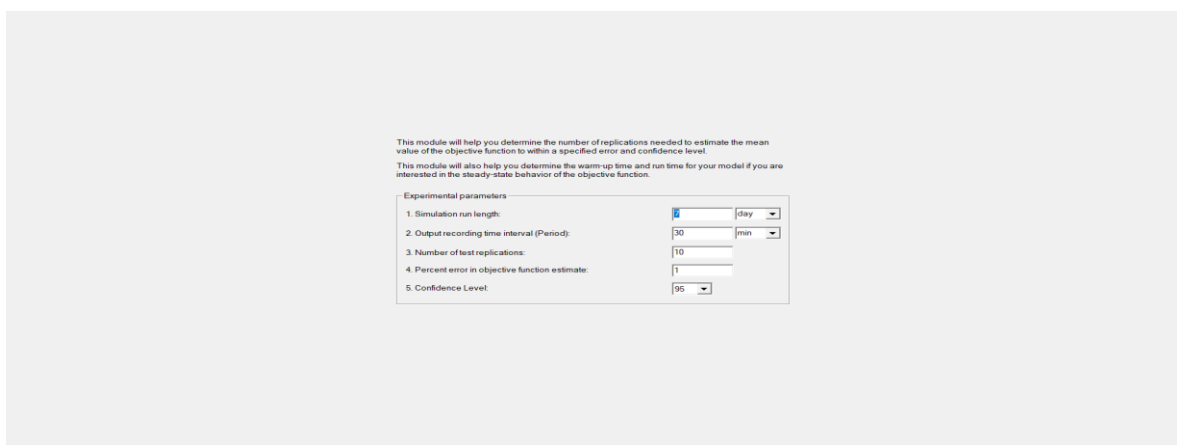


Figura 23 Parámetros de control de optimización

Nota: Nota: Elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía, herramienta ProModel

Para continuar, se establecieron los siguientes parámetros del experimento: el tiempo de corrida de la simulación se la realizo por siete días, el periodo fue de

treinta minutos, el número de réplicas del experimento se consideró por diez, el porcentaje de error de la función objetivo fue del 1% y un nivel de confianza del 95%, tal como se muestra en la figura 23.

De acuerdo con la figura 24, se realiza la corrida del modelo, y los resultados fueron que la capacidad máxima de distribución de la bodega es de 9646 Tm al mes, que el modelo se estabiliza en el periodo 84, conocido como warm up (calentamiento),

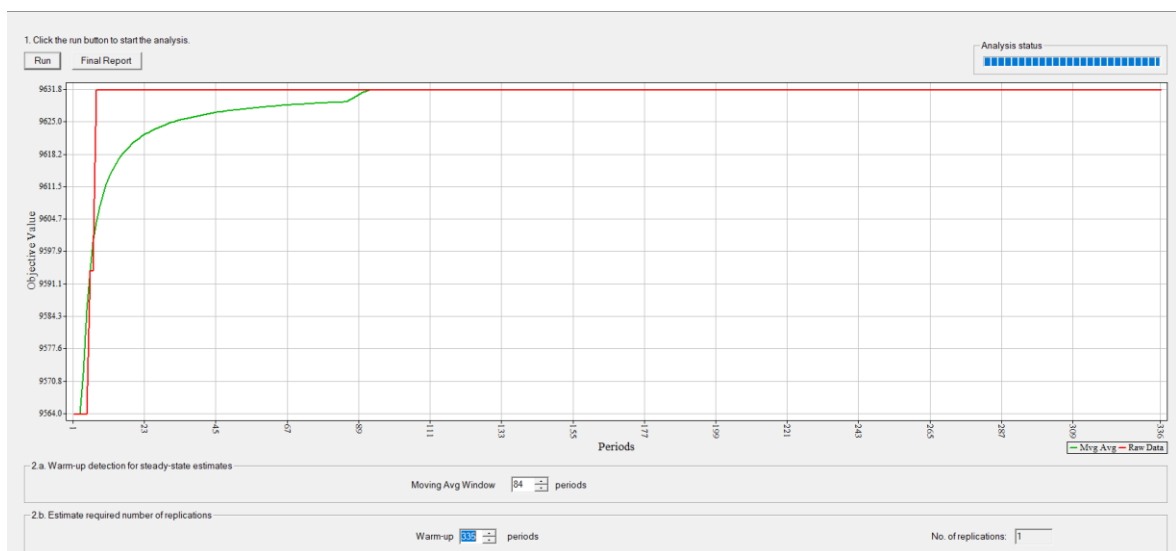


Figura 24 *Corrida del modelo* "SimRunner"

Nota: Elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía, herramienta ProModel

La versión que se utilizó para la elaboración y análisis de este trabajo fue la versión estudiantil, la cual en su módulo de SimRunner permite obtener resultados óptimos basados en un conjunto de experimentos, los cuales no deben superar a veinticinco experimentos. Cada uno de los experimentos se les debe asociar un número de replicas; validadas por una sección de este módulo llamada Analyze model. Los resultados obtenidos muestran que el requerimiento es de 15 camiones

para la movilización de 9646 Tm de alimento balanceado, tal como refleja en la figura 25.

Experiment	Objective Function	BOD: Maximum Value	Tank_TimeStep	numero_camiones
9	9636.000	9636.000	25.000	6.000
10	9636.000	9636.000	50.000	6.000
11	9636.000	9636.000	50.000	1.000
12	9636.000	9636.000	75.000	20.000
13	9636.000	9636.000	100.000	20.000
14	9636.000	9636.000	75.000	11.000
15	9636.000	9636.000	75.000	16.000
16	9636.000	9636.000	100.000	6.000
17	9636.000	9636.000	50.000	16.000
18	9636.000	9636.000	71.797	9.000
19	9636.000	9636.000	64.904	13.000
20	9636.000	9636.000	44.511	7.000
21	9636.000	9636.000	22.400	17.000
22	9636.000	9636.000	11.435	13.000
23	9636.000	9636.000	94.133	15.000
24	9636.000	9636.000	30.674	13.000
25	9636.000	9636.000	55.241	16.000

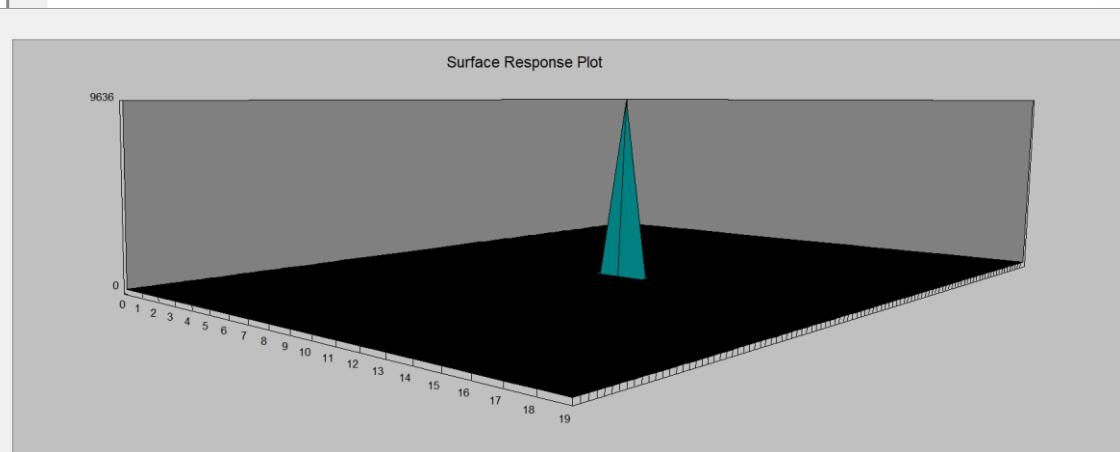


Figura 25 Resultados modelo "SimRunner"

Nota: Elaboración propia, Información proporcionada por la Compañía, herramienta ProModel

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El diagnóstico del proceso logístico de una empresa productora y distribuidora de alimento balanceado permitió identificar falencias en el abastecimiento a los clientes, en este caso granjas del negocio cárnico; generando un nivel de servicio inferior al 90% frente a un compromiso superior al 95%, en tal virtud en el proceso se dispone de un total de 10 camiones para cumplir con los requerimientos de bioseguridad y demanda.

En referencia a las granjas, se consideró la capacidad de almacenamiento, que se encuentra alrededor de 3000 kg; y también por la ubicación geográfica, ya que los accesos están condicionados a estos dos tipos de vehículos.

De esta manera, con lo mencionado anteriormente se diseñó la estructura de abastecimiento acorde a un bache de fabricación, es decir en el modelo de simulación o en el experimento está considerado estas acotaciones.

Se diseñaron dos escenarios adicionales a la situación actual, estableciendo diferentes parámetros a los arribos de alimento a la bodega, una distribución normal de  $N(1.10)$  minutos, a una normal de  $N(5.10)$  minutos. Se realizan 25 réplicas de cada ensayo y se compara los escenarios con las demandas y las ofertas expuestas.

Se observó en el primer escenario que se mejora el nivel de servicio del 88% a un porcentaje superior al 95%, que representa el acuerdo de servicio con el negocio para abastecimiento a granjas, con el aumento de la capacidad de

despacho se puede incluir más vehículos al circuito de abastecimiento (uno de 15 toneladas y uno de 21 toneladas).

En el segundo escenario, debido al crecimiento establecido por la gestión estratégica de la empresa, el volumen se incrementa un 27% (3127 toneladas), misma que obliga a plantear otro experimento, incrementando la demandas en las locaciones conocidas como sitios (abastecimiento de granjas).

Los resultados obtenidos en el tercer escenario muestran una redistribución de los recursos de transporte incrementando a 7 los vehículos de 21 toneladas y disminuyendo a 3 los de 15 toneladas para sitios 3. De esta manera se garantiza una productividad de 1.4 viajes por día que satisface al operador logístico.

Con la validación de la herramienta SimRunner, se pudo corroborar que se requiere 15 camiones para la distribución de alimento como un escenario ideal, los cuales son distribuidos en función a la necesidad de los sitios.

Se recomienda a la empresa que en función al abastecimiento de granjas y considerando el crecimiento estratégico planificado para el año 2023, se debe considerar tomar decisiones basadas en modelos de simulación, que permitan prever escenarios reales del comportamiento de las diferentes variables planteadas. Es así como se pone a consideración la utilización para el abastecimiento a granjas de sitios 1, tres vehículos con una capacidad de 15 toneladas, para sitios 2, dos vehículos con una capacidad de 15 toneladas, para sitios 3, tres vehículos de 15 toneladas y siete de 21 toneladas.





## 6. REFERENCIAS

- Antún Juan Pablo, Lozano Angelica, Hernández Juan Carlos, H. R. (2005). *Logística de Distribucion Fisica a Minoristas* - Google Books. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=HoEkmO\\_IKnUC&oi=fnd&pg=PP12&dq=logística+y+distribución+de+productos&ots=XAwalc3cDG&sig=qC\\_z4ZoTIO6UjNNp3YsefktLeyA#v=onepage&q=logística y distribución de productos&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=HoEkmO_IKnUC&oi=fnd&pg=PP12&dq=logística+y+distribución+de+productos&ots=XAwalc3cDG&sig=qC_z4ZoTIO6UjNNp3YsefktLeyA#v=onepage&q=logística+y+distribución+de+productos&f=false)
- Carla, A. :, Curipallo, A., Tutora, Y., Mary, D., & Lascano, E. C. (2014). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA CARRERA DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA 2013*".
- Garcia Dunna, E., Garcia Reyes, H., & Cárdenas Barrón, L. (2006). Simulacion y analisis de sistemas con Promodel. In *Syria Studies* (Vol. 1, Issue 1). [https://www.researchgate.net/publication/269107473\\_What\\_is\\_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars\\_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625](https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625)
- Garcia Dunna, E., Garcia Reyes, H., & Cárdenas Barrón, L. (2013). *Simulación y Análisis de Sistemas con ProModel* (Segunda). Pearson Educación. <https://www.freelibros.me/tag/principios-basicos-de-la-simulacion>
- Granillo, M. R., Olivares, B. E., Martínez, F. J. L., Santana, R. F., & González, Hernández, I. J. (2017). Enfoque para la solución de un problema de transporte en la cadena de suministro agroalimentaria de la cebada en México. *Ingenio y Conciencia Boletín Científico de La Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 4(7). <https://doi.org/10.29057/ess.v4i7.2054>
- Henríquez, F. G. R., Cardona, D. A., Rada, Llanos, J. A., & Robles, N. R. (2018). Measurement for a distribution system under a study of methods and times. *Informacion Tecnologica*, 29(6), 277–286.

07642018000600277

Orozco, C. (2021). "PROPUESTA DE MEJORA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN PARA REDUCIR LOS COSTOS OPERATIVOS EN UNA EMPRESA DE ALIMENTOS BALANCEADOS EN LA CIUDAD DE TRUJILLO, 2021". In *universidad privada del norte*.  
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28769>

*Perspectivas del crecimiento del sector de alimentos | Ekosnegocios*. (n.d.). Retrieved September 15, 2022, from <https://www.ekosnegocios.com/articulo/perspectivas-del-crecimiento-del-sector-de-alimentos>

Salas, N. K., Manguel, M. H., & Acevedo, C. J. (2017). Metodología de Gestión de Inventarios para determinar los niveles de integración y colaboración en una cadena de suministro. *Ingeniare*, 25(2), 326–337.  
<https://doi.org/10.4067/S0718-33052017000200326>

Zapata, J. P. A. (2013). Escenarios, Empresa y Territorio. In *Escenarios: empresa y territorio* (Vol. 2, Issue 2). Institución Universitaria Esumer.  
<http://revistas.esumer.edu.co/index.php/escenarios/article/view/38>

Zúñiga, J. A., & Castillo, J. A. (2016). *MODELO INTEGRADO DE CLASIFICACIÓN ABCMULTICRITÉRIO, APLICADO EN EL ÁREA DE PICKING DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE REPUESTOS*.

## 7. APENDICES Y ANEXOS

### Anexo A: Sintaxis de programación del modelo

```
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
*****
*
*                               Formatted Listing of Model:
*       C:\Users\joale\Documents\ProModel\Models\DESPACHO1_ESCENARIO1.mod
*
*****

Time Units:                      Hours
Distance Units:                  Meters
Termination Logic:              // Updates tank statistics to account for
                                final state and contents
                                Int Tank_StatIndex = 1
                                While Tank_StatIndex <= 100 Do
                                {
                                    Tank_UpdateStats(Tank_StatIndex)
                                    Tank_SetState(Tank_StatIndex, Tank_Idle)
                                    Inc Tank_StatIndex
                                }

*****
*                               Locations
*
*****

Name      Cap  Units  Stats      Rules      Cost
-----
SITIOS_1_  1    1      Time Series Oldest, , 2/sec
BODEGA    1700  1      Time Series Oldest, ,
ANDEN_1_  15    1      Time Series Oldest, ,
ANDEN_2_  21    1      Time Series Oldest, ,
Loc4      1     1      Time Series Oldest, ,
SITIOS_2_  1     1      Time Series Oldest, ,
SITIOS_3_  1     1      Time Series Oldest, ,
SITIO_1_21 1     1      Time Series Oldest, ,
SITIO_2_21 1     1      Time Series Oldest, ,
SITIOS_3_21 1    1      Time Series Oldest, ,
Loc1      1     1      Time Series Oldest, ,

*****
```

\*\*\*\*\*  
 \* Entities \*  
 \*\*\*\*\*

Name	Speed (mpm)	Stats	Cost
ALIMENTO	160	Basic	

\*\*\*\*\*  
 \* Path Networks \*  
 \*\*\*\*\*

Name	Type	T/S	From	To	BI	Dist/Time	Speed	Factor
AL_AN1	Passing	Time	N1	N2	Bi	5 MIN		
AL_AN2	Passing	Time	N1	N2	Bi	5 MIN		
AN1_SIT1	Passing	Time	N1	N2	Bi	40 MIN		
AN1_SIT2	Passing	Time	N1	N2	Bi	40 MIN		
AN1_SIT3	Passing	Time	N1	N2	Bi	40 MIN		
AN2_SIT1	Passing	Time	N1	N2	Bi	40 MIN		
AN2_SIT2	Passing	Time	N1	N2	Bi	40 MIN		
AN2_SIT3	Passing	Time	N1	N2	Bi	15 MIN		

\*\*\*\*\*  
 \* Interfaces \*  
 \*\*\*\*\*

Net	Node	Location
AL_AN1	N1	BODEGA
	N2	ANDEN_1_
AL_AN2	N1	BODEGA
	N2	ANDEN_2_
AN1_SIT1	N1	ANDEN_1_
	N2	SITIOS_1_
AN1_SIT2	N1	ANDEN_1_
	N2	SITIOS_2_
AN1_SIT3	N1	ANDEN_1_
	N2	SITIOS_3_
AN2_SIT1	N1	ANDEN_2_
	N2	SITIO_1_21
AN2_SIT2	N1	ANDEN_2_
	N2	SITIO_2_21
AN2_SIT3	N1	ANDEN_2_

\*\*\*\*\*  
 \* Resources \*

Name	Units	Stats	Res Search	Ent Search	Path	Motion	Cost
CAMION15	1	Summary	Closest	Oldest	AN1_SIT1 Home: N1 (Return)	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
CAMION15_1	1	Summary	Closest	Oldest	AN1_SIT2 Home: N1 (Return)	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
CAMION15_2	4	By Unit	Closest	Oldest	AN1_SIT3 Home: N1 (Return)	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
CAMION22	1	Summary	Closest	Oldest	AN2_SIT1 Home: N1 (Return)	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
CAMION22_1	1	Summary	Closest	Oldest	AN2_SIT2 Home: N1 (Return)	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
CAMION22_2	3	Summary	Closest	Oldest	AN2_SIT3 Home: N1 (Return)	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	

\*\*\*\*\*  
 \* Processing \*

Entity	Location	Operation	Process		Routing		Move Logic
			Blk	Output	Destination	Rule	
ALIMENTO BODEGA		Inc BOD	1	ALIMENTO	ANDEN_1_	0.40 1	Move For ANDEN_1_
					ANDEN_2_	0.60	Inc AN1
ALIMENTO ANDEN_1_		Combine 15	1	ALIMENTO	SITIOS_1_	0.05 1	Move For ANDEN_2_ INC AN2 Int zoom

```

If AN1 =15 THEN {
  Move With CAMION15 Then Free
  zoom = AN1
  aux1 = aux1+zoom
  AN1=0
}
Inc AN_SI1

ALIMENTO SITIOS_2_ 0.05 Int zoom
Int aux1
If AN1 =15 THEN {
  Move With CAMION15_1 Then Free
  zoom = AN1
  aux1 = aux1+zoom
  AN1=0
}
Inc AN_SI2
ALIMENTO SITIOS_3_ 0.90 Int zoom
Int aux1
If AN1 =15 THEN {
  Move On AN1_SIT3
  zoom = AN1
  aux1 = aux1+zoom
  AN1=0
}
Inc AN_SI3
ALIMENTO SITIOS_1_ 1 ALIMENTO EXIT FIRST 1
ALIMENTO SITIOS_2_ 1 ALIMENTO EXIT FIRST 1
ALIMENTO SITIOS_3_ 1 ALIMENTO EXIT FIRST 1
ALIMENTO ANDEN_2_ Combine 21
1 ALIMENTO SITIOS_3_21 1 1 Int zoom1
Int aux
If AN2=21 THEN {
  Move With CAMION22_2 Then Free
  zoom1 = AN2
  aux = aux+zoom1
  AN2=0
}
Inc AN_SIT3
ALIMENTO SITIO_2_21 0 Int zoom1

```

```

Int aux
If AN2=21 THEN {
  Move With CAMION22 Then Free
  zoom1 = AN2
  aux = aux+zoom1
  AN2=0
}
Inc AN_SIT1

```

```

ALIMENTO SITIO_1_21      1  ALIMENTO EXIT      FIRST 1
ALIMENTO SITIO_2_21      1  ALIMENTO EXIT      FIRST 1
ALIMENTO SITIOS_3_21     1  ALIMENTO EXIT      FIRST 1

```

```

*****
*                               Arrivals                               *
*****

```

Entity	Location	Qty Each	First Time	Occurrences	Frequency	Logic
ALIMENTO	BODEGA	3	0	INF	E(5) SEC	

```

*****
*                               Variables (global)                       *
*****

```

ID	Type	Initial value	Stats
BOD	Integer	0	Time Series
AN1	Integer	0	Time Series
AN2	Integer	0	Time Series
AN_SIT2	Integer	0	Time Series
AN_SIT3	Integer	0	Time Series
AN_SIT1	Integer	0	Time Series
AN_SI3	Integer	0	Time Series
AN_SI2	Integer	0	Time Series
AN_SI1	Integer	0	Time Series

```

*****
*                               Arrays                                   *
*****

```

ID	Dimensions	Type	Import File	Export File	Disable	Persist
#						



```

-----
#
#Used to control the level of each tank.
#Each element in the array corresponds to each location in the location list.
#This array must be present in every tank model.
  Tank_Level      100      Real                      None      No
#
#Used to gather tank statistics.
#All times are in minutes.
#These statistics are always gathered but are only reported if Basic or
  Time Series statistics is checked for the tank location.
#
#Column Description
#1      Last level
#2      Last change time
#3      Cum time-weighted level
#4      Entries
#5      Max Contents
#6      Last State Change Time
#7      Cum time Idle
#8      Cum time Operation
#9      Cum time Setup
#10     Cum time Filling
#11     Cum time Emptying
#12     Cum time Blocked
#13     Cum time Down
#14     Not currently used. It used to hold CurDownQty, which is now done in
the Tank_Support_Stats array
#
#
#The statistics collected in the Tank_Statistics array are automatically
  reset after any warmup period
# and are shown in the output report under Location statistics and Location
  States by Percentage.
#
  Tank_Statistics  100,14      Real                      None      No
#
#Used to support the gathering of tank statistics.
#
#Column Description
#1      Total number of concurrent "all-type" downtimes (both scheduled and non-scheduled)
#2      Total number of concurrent "scheduled-type" downtimes
#3      Original State Tank was in prior to going down (this is to account for
  concurrent/overlapping downtimes)
#
#
-----

```

```

-----
*                               Macros                               *
-----

```

```

ID      Text
-----
Tank_Idle      0 // state for an idle tank
Tank_Operation 1
Tank_Setup     2
Tank_Filling   3
Tank_Emptying  4
Tank_Blocked   5
Tank_Down     6
Tank_ScheduledDown 7
Tank_Loop     While 1 Do
Tank_TimeStep 0.2000000
Tank_Stop     -1.0
Tank_LongestIdle 1
Tank_LongestBlocked 2
Tank_InOrder  3

```

```

-----
*                               Subroutines                               *
-----

```

ID	Type	Parameter	Type	Logic
Tank_Fill	None	Tank_ID	Integer	// Fills a tank_ID by a quantity and rate.
		Tank_FillQty	Real	Real Tank_TimeInc
		Tank_FillRate	Real	Real Tank_FillInc
		Tank_ResumeLevel	Real	Real Tank_FillCapacity = Tank_Cap(Tank_ID)
				Real Tank_FillRequest = Tank_FillQty
				Int Tank_VarRate = 0
				If Tank_FillRate <= 0.0 Then
				{
				Tank_VarRate = 1
				}
				Else
				{
				Tank_FillRate = Tank_FillRate * Tank_TimeStep // convert units per minute to units per timestep
				}
				Wait Until Tank_State[Tank_ID] <> Tank_Down And Tank_State[Tank_ID] <> Tank_ScheduledDown // Don't fill if Tank_ID is