



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Vicerrectorado Académico

Estudios de Postgrado.

Área de Ingeniería.

Especialización en Ingeniería Industrial y Productividad.

Trabajo Especial De Grado

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA
AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE ALFALFA GERMINADA
UTILIZANDO TÉCNICAS DE SIMULACIÓN.**

Presentado por

Ing. Gerardo Manuel Dos Ramos García

Para optar al título de:

Especialista en Ingeniería Industrial y Productividad

Asesor:

Ing. César Pérez.

Caracas, Marzo del año 2.015



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Vicerrectorado Académico

Estudios de Postgrado.

Área de Ingeniería.

Especialización en Ingeniería Industrial y Productividad.

Ing. Manuel Gaspar

Coordinador

Especialización en Ingeniería Industrial y Productividad

Presente

Estimado Coordinador:

En mi carácter de asesor del trabajo especial de grado presentado por el ciudadano ingeniero **Gerardo Manuel Dos Ramos García**, para optar al grado de **Especialista en Ingeniería Industrial y Productividad**, cuyo título es: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE ALFALFA GERMINADA UTILIZANDO TÉCNICAS DE SIMULACIÓN**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Caracas, a los X días del mes de Marzo del año 2.015

Ing. César Pérez

C.I V-



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Vicerrectorado Académico

Estudios de Postgrado.

Área de Ingeniería.

Especialización en Ingeniería Industrial y Productividad.

Trabajo Especial De Grado

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA
AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE ALFALFA GERMINADA
UTILIZANDO TÉCNICAS DE SIMULACIÓN.**

Este jurado, una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: _____

JURADO EXAMINADOR

Nombre: _____ Firma: _____

Nombre: _____ Firma: _____

Presentado por

Ing. Gerardo Manuel Dos Ramos García

Asesor:

Ing. César Pérez.

Caracas, Marzo del año 2.015

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso, por ser mi guía y mi camino.

A mi Padre, que está en mi mente y en mi corazón todos los días de mi vida.

A mi Madre, por haberme permitido ser lo que hoy en día soy.

A mis hermanos, mi tesoro máspreciado,

A mi esposa, por hacerme tan feliz.



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Vicerrectorado Académico

Estudios de Postgrado.

Área de Ingeniería.

Especialización en Ingeniería Industrial y Productividad.

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA
AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE ALFALFA GERMINADA
UTILIZANDO TÉCNICAS DE SIMULACIÓN.**

Autor: Ing. Gerardo M. Dos Ramos G.

Asesor: Profesor César Pérez.

RESUMEN

El Competitivo mundo actual exige a las empresas una alta velocidad de respuesta ante las fluctuaciones del mercado, por lo que es necesario desarrollar un proceso productivo que sea flexible a dichos cambios, a fin de asegurar una posición estratégica y competitiva. Partiendo de estas premisas, la empresa Alimentos Alpha 2, C.A ha decidido ampliar su capacidad de producción para satisfacer una demanda en crecimiento que actualmente no puede abastecer. Para ello se ha desarrollado un estudio del sistema productivo actual y se han planteado una serie de alternativas (escenarios) que permitirían aumentar el volumen de manufactura. Se ha recurrido al uso de técnicas de simulación para evaluar la factibilidad de cada uno de los escenarios, seleccionando el mejor según el objetivo, y analizando la factibilidad económica de su implementación.

Descriptor: Nivel de servicio, competitividad, producción, procesos, productividad, simulación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Descripción	Página
CAPITULO I-ANTEPROYECTO	
• <i>Descripción Del Problema.</i>	1
• <i>Justificación Del Estudio.</i>	3
• <i>Objetivo General.</i>	5
• <i>Objetivos Específicos.</i>	5
• <i>Alcances.</i>	5
• <i>Limitaciones.</i>	7
CAPITULO II- ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	
• <i>Antecedentes.</i>	8
• <i>Marco Teórico.</i>	10
CAPITULO III- MARCO METODOLÓGICO	
• <i>Tipo de investigación.</i>	34
• <i>Diseño de la investigación.</i>	35
• <i>Metodología de investigación.</i>	37
• <i>Instrumentos para la recolección de datos.</i>	38
• <i>Análisis de los datos.</i>	40
• <i>Operacionalización de los objetivos.</i>	41

CAPITULO IV- RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS	
• <i>Recolección de datos.</i>	43
• <i>Análisis estadístico de los tiempos de los procesos.</i>	51
CAPITULO V- MODELOS DE SIMULACIÓN-ANÁLISIS DE LOS MODELOS	
• <i>Construcción del modelo de simulación y análisis de resultados.</i>	67
• <i>Descripción y análisis de los escenarios.</i>	69
• <i>Comparación de resultados obtenidos para cada escenario.</i>	83
• <i>Conclusiones del análisis técnico de los 5 escenarios construidos.</i>	88
• <i>Análisis económico- Evaluación de la factibilidad de la inversión-Análisis de sensibilidad.</i>	88
CONCLUSIONES-RECOMENDACIONES	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS	97
ANEXOS	98

ÍNDICE DE TABLAS

Número de Tabla	Descripción	Página
Tabla 1	• <i>Matriz de operacionalización de los objetivos.</i>	42
Tabla 2	• <i>Producción total, defectuosa y requerimiento de materias primas.</i>	45
Tabla 3	• <i>Tiempo de cada uno de los procesos.</i>	47
Tabla 4	• <i>Demanda actual e insatisfecha de alfalfa germinada</i>	48
Tabla 5	• <i>Demanda pronosticada de alfalfa germinada</i>	49
Tabla 6	• <i>Capacidad instalada vs capacidad utilizada de la planta.</i>	50
Tabla 7	• <i>Resultados de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnoff para el proceso de selección de semillas.</i>	53
Tabla 8	• <i>Resultados de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnoff para el proceso de hidroponía.</i>	56
Tabla 9	• <i>Resultados de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnoff para el proceso de invernadero.</i>	59
Tabla 10	• <i>Resultados de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnoff para el proceso de cosecha.</i>	62
Tabla 11	• <i>Resultados de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnoff para el proceso de empaque.</i>	65
Tabla 12	• <i>Distribuciones seleccionadas para representar los tiempos de cada uno de los procesos estudiados.</i>	66
Tabla 13	• <i>Escenarios simulados para el caso de estudio.</i>	67
Tabla 14	• <i>Resultados obtenidos para cada variable de interés en cada escenario</i>	68

Tabla 15	• <i>Resumen situación actual de la línea de producción y el porcentaje de ampliación de capacidad para cada proceso.</i>	69
Tabla 16	• <i>Resultados del modelo de simulación para la situación actual de la línea de producción.</i>	71
Tabla 17	• <i>Resultados del modelo de simulación para el escenario 1.</i>	73
Tabla 18	• <i>Aumento lineal de operarios por procesos según el aumento de capacidad previsto.</i>	74
Tabla 19	• <i>Resultados del modelo de simulación para el escenario 2.</i>	75
Tabla 20	• <i>Operarios adicionales para cada proceso en función del aumento de capacidad.</i>	77
Tabla 21	• <i>Resultados del modelo de simulación para el escenario 2.</i>	78
Tabla 22	• <i>Tiempos de los procesos-Escenario 4</i>	80
Tabla 23	• <i>Resultados del modelo de simulación para el escenario 4.</i>	80
Tabla 24	• <i>Tiempos de los procesos-Escenario 5</i>	82
Tabla 25	• <i>Resultados del modelo de simulación para el escenario 5.</i>	82
Tabla 26	• <i>Análisis de la varianza (ANOVA) para la comparación entre los escenarios.</i>	85
Tabla 27	• <i>Resultados del método de Bonferroni para las comparaciones entre los escenarios, con un intervalo de confianza del 95%.</i>	86
Tabla 28	• <i>Resultados del método de Bonferroni para las comparaciones entre los escenarios, con un intervalo de confianza del 90%.</i>	87
Tabla 29	• <i>Descripción de los aumentos de capacidad por proceso según el escenario 4 (mejor escenario)</i>	88
Tabla 30	• <i>Inversión requerida para los aumentos de capacidad de los procesos.</i>	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Número de Figura	Descripción	Página
Figura 1	• <i>Esquema del proceso productivo.</i>	1
Figura 2	• <i>Ciclo de vida genérico de un proyecto.</i>	6
Figura 3	• <i>Partes integrantes de un proyecto de inversión.</i>	11
Figura 4	• <i>Punto de equilibrio.</i>	18
Figura 5	• <i>Relación entre valor presente neto y TIR.</i>	22
Figura 6	• <i>Esquema de un proceso genérico.</i>	23
Figura 7	• <i>Diagrama de flujo de procesos, aplicado a un proceso de recepción de mercancías.</i>	25
Figura 8	• <i>Diagrama de relaciones.</i>	26
Figura 9	• <i>Esquema diseño de la investigación.</i>	37
Figura 10	• <i>Estructura de la metodología general a emplear en la investigación.</i>	37
Figura 11	• <i>Proceso para el análisis cuantitativo de los datos recolectados.</i>	40
Figura 12	• <i>Análisis estadísticos para los datos recolectados.</i>	41
Figura 13	• <i>Proceso productivo en estudio</i>	44
Figura 14	• <i>Resultados de la prueba de bondad de ajuste Anderson-Darling para el proceso de selección de semillas.</i>	52

Figura 15	• <i>Resultados de la prueba de bondad de ajuste Anderson-Darling para el proceso de hidroponía.</i>	55
Figura 16	• <i>Resultados de la prueba de bondad de ajuste Anderson-Darling para el proceso de invernadero.</i>	58
Figura 17	• <i>Resultados de la prueba de bondad de ajuste Anderson-Darling para el proceso de cosecha.</i>	61
Figura 18	• <i>Resultados de la prueba de bondad de ajuste Anderson-Darling para el proceso de empaque.</i>	64
Figura 19	• <i>Estructura del modelo de simulación de la línea de producción, utilizando el software Arena 14®.</i>	68
Figura 20	• <i>Recuperación de capital en función de la venta de unidades.</i>	90

1. Descripción Del Problema.

1.1 La Empresa.

Alimentos Alpha 2, C.A es una empresa familiar ubicada en El Limón- Estado Aragua, la cual se dedica a la producción de alfalfa germinada (*Medicago sativa*) a través de técnicas hidropónicas. El producto final consiste en ciento cincuenta (150) gramos de alfalfa germinada, empaquetados y refrigerados que constituyen una unidad de producto. La empresa lleva operando alrededor de tres (3) años y actualmente atiende a un total de ciento veinte (120) clientes ubicados en las ciudades de Maracay, Caracas y Los Teques.

El proceso de producción hidropónico de alfalfa en la planta está conformado principalmente de 4 fases. En la primera fase, las semillas son seleccionadas y preparadas en la segunda fase en donde una máquina hace el proceso de hidroponía. Una vez culminado el proceso de hidroponía, las semillas entran en una tercera fase en donde son colocadas en un invernadero para que germinen y estén listas para la cuarta fase, en donde se recolecta el germinado y se procede a empaquetar y refrigerar.

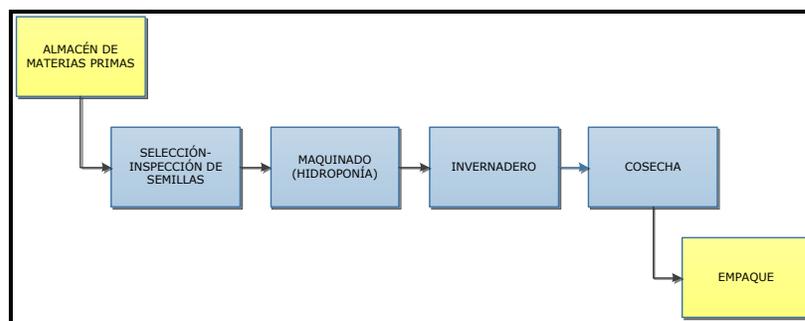


Figura 1. Esquema del proceso productivo.

Fuente: El Investigador.

Con el objetivo de buscar posicionamiento de la marca en el mercado se ha estado realizando en los últimos meses un trabajo intensivo de marketing, logrando dar a conocer el producto e impulsarlo con excelentes resultados. Gracias a este trabajo se han sumado a la cartera de clientes ya existente grandes comercializadores (Cadenas de Supermercados), lo cual ha incidido en un aumento inesperado de la demanda del producto.

Por condiciones de diseño de la línea de producción, las fases de hidroponía y la fase de invernadero poseen una capacidad de fabricación que permite la producción de un número limitado de unidades, las cuales, bajo las condiciones actuales de operatividad de la planta, no satisfacen la nueva demanda. Por ello no se ha podido cumplir, en su totalidad, con los requerimientos de los nuevos clientes, así como tampoco se han podido despachar las ordenes de los clientes leales en los tiempos habituales, generando esto una disminución del nivel de servicio prometido por la empresa, lo cual a su vez impide que la marca pueda establecerse, ocupar un buen porcentaje del mercado y ser competitiva.

Por todas las razones antes expuestas planteamos la siguiente interrogante: ¿Se podrá satisfacer la demanda creciente del producto fabricado realizando una ampliación en la planta y garantizando una adecuada tasa de rentabilidad?

Justificación Del Estudio.

Según Evans y Lindsay (2.009) para crear clientes satisfechos, la empresa debe identificar las necesidades de los clientes, diseñar los sistemas de producción y servicios para cumplirlas y medir los resultados como la base de la mejora (p.154) Conocido esto, se desea realizar esta investigación, evaluando los alcances, tiempos y costos asociados a la ampliación de la planta, con la finalidad de aumentar la producción de unidades y satisfacer la demanda creciente e insatisfecha, así como también determinar si dicha ampliación es factible desde el punto de vista técnico y desde el punto de vista económico y financiero.

Adicionalmente, para argumentar esta investigación se han tomado en cuenta tres tópicos importantes y que guardan una relación muy estrecha entre ellos:

- Necesidad de cumplir con los requerimientos de los clientes.
- Posicionamiento en el mercado del producto.
- Mejora continua de los niveles de servicio para seguir creciendo.

Cumplir con todos los requerimientos de los clientes, en los tiempos establecidos y en las cantidades solicitadas permitiría garantizar la disponibilidad del producto en todos los establecimientos, generando esto una mayor probabilidad de ventas, asegurando un margen de beneficio económico aceptable para el accionista, además de una rotación más rápida de los inventarios. Casañas (2.003) indica que una

rápida rotación de los inventarios es fundamental para minimizar los costos asociados a su manejo, produciendo incrementos en la rentabilidad.

Con una garantía de presencia del producto en los establecimientos, resultaría más sencillo ganar un alto porcentaje del mercado en el cual se está compitiendo. El producto disponible siempre en los anaqueles es fundamental para atraer a nuevos clientes.

Para crecer y seguir ganando porcentaje de mercado, y para lograr entrar en otros mercados potenciales atractivos con otra variedad de productos cuyo proceso de producción sea similar al utilizado en la fabricación en cuestión, es necesario tener una buena referencia, la cual viene dada por la excelencia en los niveles de servicio ofrecidos por la empresa para su producto estrella. Según Evans y Lindsay (2.009) los deseos y necesidades de los clientes son la base de la ventaja competitiva, y las estadísticas demuestran que el aumento de la participación en el mercado tiene elevada correlación con la satisfacción del cliente (p.156). Por otra parte, Kotler y Armstrong (2003) indican que cuando varias empresas buscan la misma posición en el mercado, cada productor debe encontrar su manera de distinguirse (p.260), razón por la cual mejorar los niveles de servicio actuales de la empresa Alimentos Alpha 2, C.A es fundamental para hacer que la marca sea atractiva dentro del segmento.

Objetivo General.

Determinar la factibilidad técnica y económica para la ampliación de una planta productora de alfalfa germinada para cubrir la demanda actual y la demanda insatisfecha de este producto.

Objetivos Específicos.

- Caracterizar los procesos que conforman la planta de germinación y empaque de alfalfa.
- Estudiar la demanda actual de alfalfa en la población de la zona central del país y su proyección.
- Formular, desde el punto de vista técnico, la ampliación de planta, de acuerdo a la demanda actual y futura.
- Evaluar la factibilidad económica de la ampliación de planta.
- Estudiar la sensibilidad del proyecto de ampliación, en términos de variación de la demanda.

Alcances.

Según la guía fundamental para la gestión de proyectos (en inglés PMBOK® guide) del Instituto de Gestión de Proyectos, Newton Square, Pennsylvania, USA (2.005) un proyecto posee cuatro fases, las cuales son: Inicio, planeación, ejecución y

cierre. Para comprender mejor estas fases en función del impacto en costos que cada una genera en el desarrollo de cualquier proyecto, se presenta el siguiente gráfico:

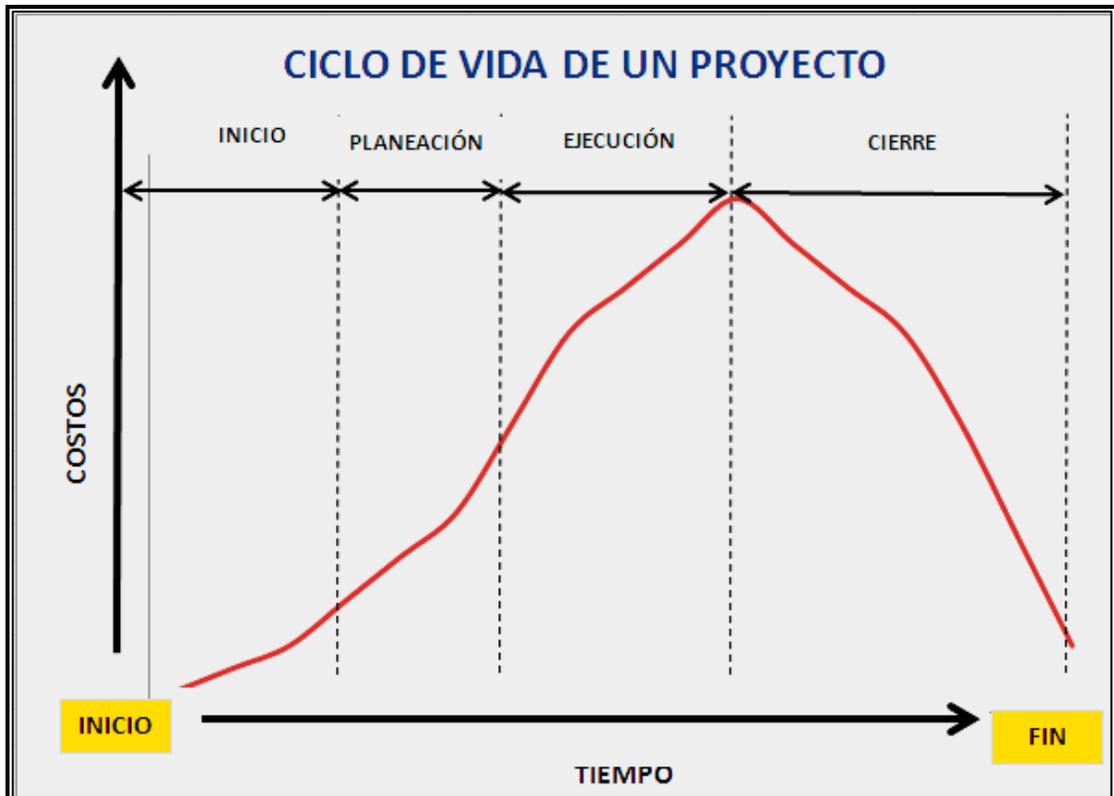


Figura 2. Ciclo de vida genérico de un proyecto.

Fuente: Adaptado de A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) Edición 2000©2000, Instituto de Gestión de Proyectos, Four Campus Boulevard, Newtown Square, USA. (p.15)

El desarrollo de este proyecto estará enmarcado dentro de las primeras dos fases (inicio y planeación). Las fases de ejecución y cierre no están previstas en este trabajo de investigación.

Adicionalmente, se ha previsto que para los análisis financieros se tomará un lapso de tiempo para las proyecciones de cinco (5) años. Según Sullivan, Wicks y Luxhoj (2.004) un horizonte de planeación de cinco (5) años es adecuado, puesto que, un lapso de tiempo mayor implica un mayor error en las estimaciones de la tasa de retorno mínima atractiva y un lapso de tiempo menor implica una alta probabilidad de no acertar en los períodos de recuperación de capital.

Limitaciones.

Se evaluará el proyecto de ampliación de la planta para atender al mercado de las ciudades de Maracay, Caracas y Los Teques. Otros posibles mercados existentes en otras ciudades del país no estarán considerados dentro de los análisis. Por otra parte, la información requerida estará limitada por los resultados obtenidos del análisis de mercado, los cuales indicarán los clientes potenciales y la competencia. Adicionalmente, se conoce que no todas las operaciones involucradas en la línea de producción están documentadas, y para finalizar, el proyecto se enmarcará por las políticas de la empresa Alimentos Alpha 2, C.A

CAPITULO II

Antecedentes.

A continuación se presentan una serie de trabajos consultados en los cuales se han desarrollado investigaciones en donde se han abordado problemáticas similares a las planteadas en esta investigación.

Moreno (2002) realizó una evaluación de la dinámica microbiana durante la producción de germinados de alfalfa (*Medicago sativa*) obtenida de cultivo hidropónico; estudio realizado en la U.C.V, Facultad de ciencias, Instituto de ciencia y tecnología de alimentos. Al realizar este trabajo obtuvo las mejores condiciones para el cultivo hidropónico de germinados de alfalfa, anulando la dinámica de las bacterias que se presentan en este proceso.

De Zerpa y Vega (1.972) investigaron el proceso de adaptación de una población de alfalfa (*Medicago sativa l.*) a las condiciones de Maracay; estudio elaborado en la UCV, Facultad de Agronomía, Instituto de Genética. Entre las conclusiones de la investigación establecieron las condiciones ideales para el cultivo de *Medicago sativa* en la ciudad de Maracay.

Farnetano (2.005) realizó un estudio de factibilidad técnico-económico para la instalación de una planta de manufactura de cerveza en el estado Aragua. Al terminar la investigación obtuvo una metodología práctica para llevar a cabo un

estudio de factibilidad técnica y económica para una nueva planta de fabricación de un producto posicionado ya en el mercado.

Froment y Yopez (2.001) realizaron un estudio técnico y económico para la ampliación y redistribución de una planta molinera de trigo. En esta investigación plantearon una metodología práctica para llevar a cabo un estudio de factibilidad técnica y económica para una mejora de una planta en operaciones.

Manzano (2.012) elaboró un estudio de factibilidad para la ampliación de la planta de laminación de la empresa ANDEC, S.A ubicada en la ciudad de Guayaquil, para la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador. Al culminar su estudio presentó una metodología bastante atractiva para las características latinoamericanas.

Marco Teórico.

A continuación se presentan una serie de conceptos relacionados con la investigación. Esta información aportará las bases para la justificación y soporte de la metodología y procedimientos utilizados.

Proyecto de inversión.

Al señalar las características principales de un proyecto de inversión Blanco (2013) destaca principalmente que el objetivo primordial de cualquier proyecto de inversión es satisfacer una o varias necesidades humanas, de una manera eficiente, y con los recursos disponibles. Cabe destacar que siempre los recursos son escasos y que la rentabilidad financiera se traduce entonces como una consecuencia de la gestión eficiente de dichos recursos.

Se conoce que la empresa y/o personas que llevan a cabo un proyecto de inversión deben seleccionar la o las alternativas que resulten más eficientes. Para ello la ciencia económica propone el uso de la evaluación económica de proyectos de inversión como la herramienta para seleccionar la alternativa que constituya la mejor opción.

Blanco (2013) describe las fases que deben llevarse a cabo para realizar un proyecto de inversión. Estas fases son tres y están constituidas por análisis que se realizan por separado. Estas fases son: Estudio de mercado, estudio técnico y estudio económico-financiero. Cabe destacar que estas tres fases guardan relaciones entre sí y

cada una de ellas es de suma importancia a la hora de determinar si llevar a cabo el proyecto es factible o no. La relación existente entre las tres fases del proyecto de inversión se muestra en la siguiente figura:

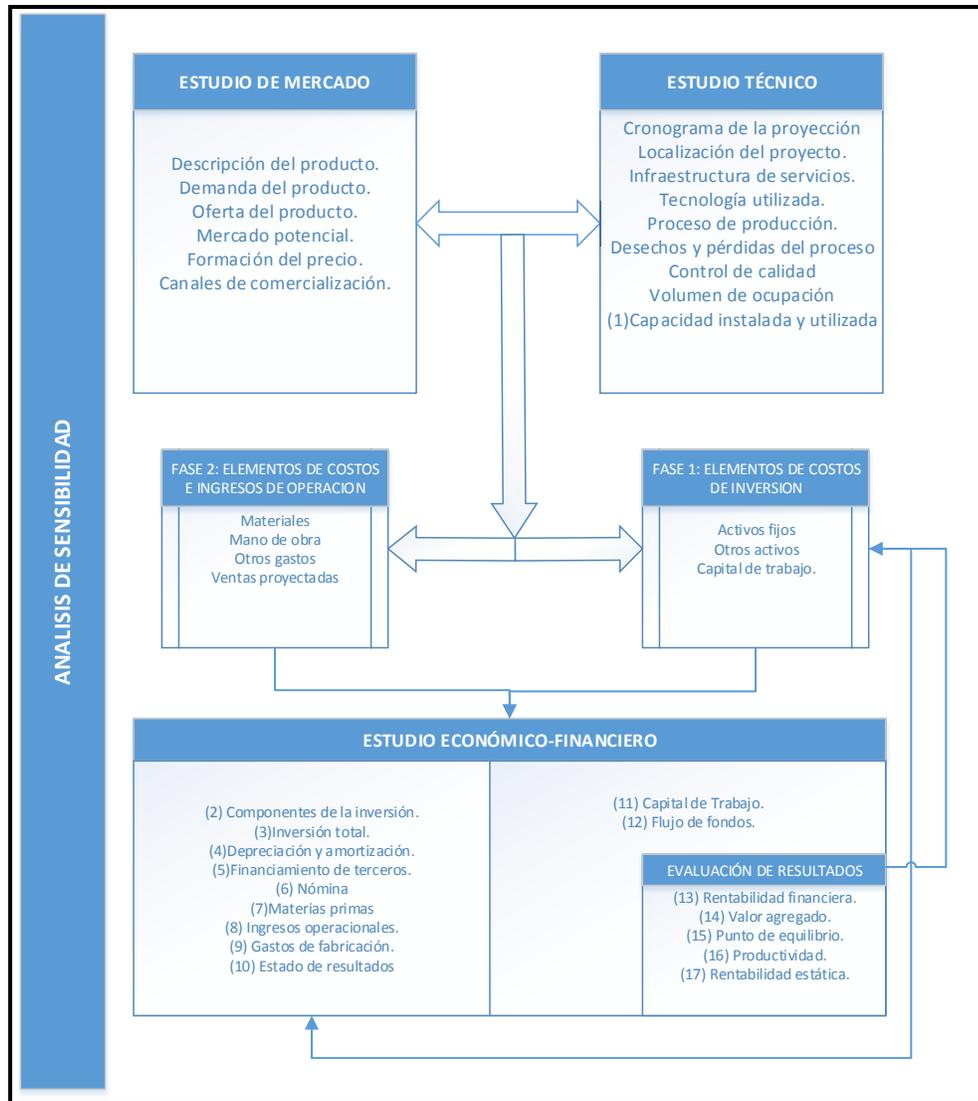


Figura 3. Partes integrantes de un proyecto de inversión.

Fuente: Adaptado de BLANCO, Adolfo (2.013). *Formulación y evaluación de proyectos* (p.190). Caracas: Editorial Ignaka.

Estudio de mercado.

El estudio de mercado se define como “un proceso de búsqueda, localización y obtención de datos cuantitativos para determinar la oferta y la demanda que pudieran existir en el mercado para un producto o servicio específico” De la Mora (2.006) (p.26). Realizando un estudio de mercado se obtiene y se analiza la oferta y la demanda para una actividad económica en particular.

Estudio técnico.

Blanco (2.013) indica que el estudio técnico conforma la segunda etapa de los proyectos de inversión, en el que se contemplan los aspectos técnicos operativos necesarios en el uso eficiente de los recursos disponibles para la producción de un bien o servicio deseado y en el cual se analizan la determinación del tamaño adecuado del lugar de producción, localización, instalaciones y organización requeridos.

La importancia de este estudio se deriva de la posibilidad de llevar a cabo una valorización económica de las variables técnicas del proyecto, que permitan una apreciación de los recursos necesarios para el proyecto; además de proporcionar información de utilidad al estudio económico-financiero.

Estudio económico-financiero.

Blanco (2.013) indica que el estudio económico financiero conforma la tercera etapa de los proyectos de inversión, en el que figura de manera sistemática y ordenada la información de carácter monetario, en resultado a la investigación y análisis efectuado en la etapa anterior (Estudio Técnico); que será de gran utilidad en la evaluación de la rentabilidad económica del proyecto.

Este estudio en especial, comprende el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto previo a su puesta en marcha, así como la determinación del costo total requerido en su periodo de operación.

El modelo utilizado para la evaluación económica financiera de un proyecto de inversión busca organizar estratégicamente los datos recopilados en nueve tablas a saber, según Blanco (2.013):

Componentes de la inversión: Contiene los datos de la inversión en trabajos, obras civiles, instalaciones eléctricas, mobiliario y equipos necesarios para la adecuación y puesta en marcha del proyecto.

Inversión total: Cuadro resumen del anterior, clasificándolo en activos fijos, otros activos e incluye la inversión en capital de trabajo.

Capacidad instalada y utilizada: Organiza la data obtenida en los estudios técnicos y de mercado con la finalidad de establecer las capacidades en función de los años proyectados.

Depreciación y amortización: Recopila los datos referentes a la recuperación de la inversión realizada así como también la pérdida del valor en el tiempo de los activos.

Financiamiento de terceros: Contiene los cálculos relacionados a las condiciones de pago de créditos en caso que el proyecto tenga inversión externa.

Nómina: Contiene los cálculos relacionados con la mano de obra a utilizar en el período de evaluación.

Suministros: Contiene los datos referentes a los requerimientos de insumos en el período de evaluación.

Ingresos: Recopila los estimados de ingresos por venta en el período de evaluación.

Gastos operativos: Incluye los datos de gastos a incurrir aunado a las operaciones en el período de evaluación.

Estado de resultados: Engloba todos los datos calculados en las etapas anteriores y permite obtener la utilidad neta producto de las operaciones.

Una vez recaudada toda la información antes descrita, se procede a evaluar financieramente el proyecto utilizando técnicas como Valor presente neto o Tasa interna de retorno.

Análisis de sensibilidad.

En el mundo real, los ambientes de decisión rara vez permanecen estáticos, y es esencial determinar cómo cambian los resultados cuando cambian ciertos parámetros en el proceso de toma de decisiones. Este es el fin del análisis de sensibilidad. Proporciona técnicas eficientes para estudiar el comportamiento dinámico de las soluciones a los problemas que resulta al hacer cambios en los parámetros del modelo para la toma de decisiones ,Gava, Serna y Ubierna (2.008)

Gava et al (2.008) definen el análisis de sensibilidad de la siguiente manera:

El análisis de sensibilidad es un término financiero, muy utilizado en el mundo de la empresa a la hora de tomar decisiones de inversión, que consiste en calcular los nuevos flujos de caja y el Valor anual equivalente VAN (en un proyecto, en un negocio, etc...), al cambiar una variable (la inversión inicial, la duración, los ingresos, la tasa de crecimiento de los ingresos, los costes, etc....). De este modo teniendo los nuevos flujos de caja y el nuevo VAN podremos calcular o mejorar nuestras estimaciones sobre el proyecto que vamos a comenzar en el caso de que esas variables cambiasen o existiesen errores iniciales de apreciación por nuestra parte en los datos obtenidos inicialmente (p.78).

Capital de trabajo.

Blanco (2.013) expresa que en la mayoría de los negocios se debe pagar en efectivo para cubrir gastos antes de cobrar en efectivo la venta de los productos de la empresa. Como resultado, las inversiones en activos de la empresa típica, como inventarios y cuentas por cobrar, es superior a sus pasivos tales como gastos devengados y cuentas por pagar. Bodie y Merton (2.003) indican que “la diferencia entre este activo circulante y el pasivo circulante se denomina capital de trabajo” (p.89)

Tasa costo de capital.

Blanco (2.013) establece una definición precisa en relación a la tasa costo de capital.

La tasa costo de capital se define como la tasa de interés que le cuesta a una empresa, o proyecto, la inversión total realizada, y es igual a la tasa de interés r que debe utilizar la empresa para traer a valor presente los valores futuros que van a generar sus operaciones representados por el saldo de caja del flujo de fondos, y, de esta forma, poder calcular su rentabilidad financiera. (p.87)

Valor agregado.

Según Ramírez (2.005) el valor agregado o valor añadido, en términos de marketing, es una característica o servicio extra que se le da a un producto o servicio con el fin de darle un mayor valor en la percepción del consumidor. Generalmente se trata de una característica o servicio extra poco común o poco usado por los competidores, y que le da a la empresa o negocio cierta diferenciación.

Depreciación.

Según Cepeda, Lacalle, Simón y Romero (2.004) “el capital productivo pierde valor a lo largo del tiempo por distintas razones, como averías desgaste u obsolescencia. Esa pérdida del valor del capital productivo se denomina depreciación” (p.246).

Amortización.

Muchos préstamos, tales como los préstamos hipotecarios o para automóviles, se pagan en abonos periódicos iguales. Parte de cada pago es para cubrir los intereses sobre el saldo pendiente y parte se abona al principal o capital. Bodie y Merton (2.003) establecen que el proceso de pagar gradualmente el principal de un préstamo durante su vigencia se denomina amortización del préstamo.

Punto de equilibrio.

Cepeda et al. (2.004) definen el equilibrio de mercado y el punto de equilibrio siguiendo este razonamiento:

La curva de demanda de mercado nos muestra la cantidad del bien que los consumidores están dispuestos a adquirir a los distintos niveles de precios, y la curva de oferta nos muestra la cantidad del bien que todos los productores están dispuestos a ofrecer a los distintos niveles de precios. Cuando unimos ambas curvas en una sola, es decir, cuando tenemos en cuenta los deseos y las posibilidades de ambos agentes económicos, solamente existirá un precio y una cantidad compatibles con las intenciones de consumidores y productores. Ese punto de coordenadas es la intersección de la curva de oferta con la curva de demanda y se denomina punto de equilibrio. (p.36).

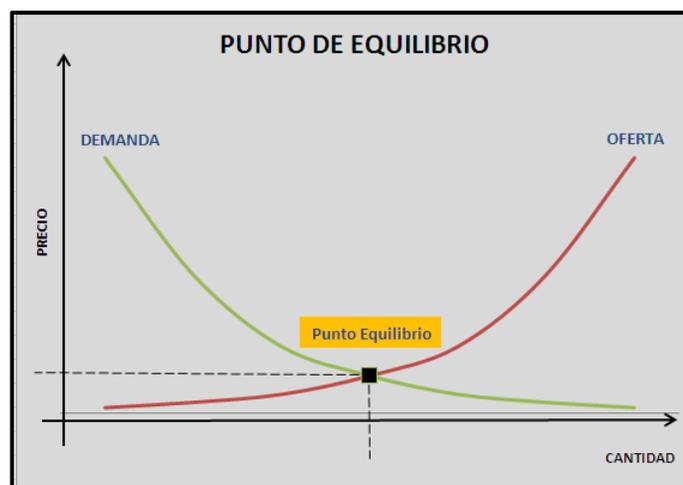


Figura 4. Punto de equilibrio.

Fuente: El investigador.

Costo de oportunidad.

Cepeda et al (2.004) indican que el costo de oportunidad designa el coste de la inversión de los recursos disponibles, en una oportunidad económica, a costa de la mejor inversión alternativa disponible, o también el valor de la mejor opción no realizada.

Flujo de caja.

Según Sullivans, Wicks y Luxhoj (2.004) los flujos de caja son las variaciones de entradas y salidas de caja o efectivo, en un período dado para una empresa. El flujo de caja es la acumulación neta de activos líquidos en un periodo determinado y, por lo tanto, constituye un indicador importante de la liquidez de una empresa.

Tasa de rendimiento mínima atractiva (TREMA).

Generalmente, la tasa de rendimiento mínima aceptable (TREMA), es una política que establece la alta dirección de una empresa como resultado de numerosas consideraciones. Según Sullivans et al (2.004) estas consideraciones son las siguientes:

1. La cantidad de dinero disponible para la inversión, y la fuente y costos de estos fondos (es decir, recursos propios o en préstamo)

2. El número de proyectos adecuados disponibles para realizar la inversión y sus propósitos.
3. El grado de riesgo que se percibe asociado con las oportunidades disponibles de inversión de la compañía y el costo estimado de la administración de los proyectos en horizontes de planeación cortos versus largos.

En teoría la TREMA se elige para maximizar el bienestar económico de una organización, teniendo en cuenta las consideraciones antes citadas.

Valor presente Neto.

Un problema de inversión de capital es esencialmente una cuestión de determinar si las entradas de efectivo anticipadas de un proyecto propuesto son suficientemente atractivas para invertir fondos en ese proyecto. Según Park (2.009) “el valor presente de todas las entradas de efectivo asociadas con un proyecto de inversión se compara con el valor presente de todas las salidas de efectivo asociadas con ese proyecto” (p.168). La diferencia entre los valores presentes de estos flujos de efectivo es denominada valor presente neto y determina si el proyecto es una inversión aceptable o no. Cabe destacar que esas entradas y salidas de efectivo a las que se hace referencia se analizan en un mismo instante de tiempo.

Cuando se están considerando uno o dos proyectos de inversión, el análisis del valor presente neto nos permite seleccionar el mejor proyecto mediante la

comparación directa de las cifras de VPN. Si $VPN > 0$, se acepta la inversión. Si $VPN = 0$, es indiferente la inversión. Si $VPN < 0$, se rechaza la inversión. Si hay varias alternativas de inversión, se selecciona aquella con VPN mayor (Park 2.009).

Park (2.009) indica que el cálculo del valor presente neto se hace siguiendo esta ecuación:

$$VP(i) = \frac{A_0}{(1+i)^0} + \frac{A_1}{(1+i)^1} + \frac{A_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{A_N}{(1+i)^N} = \sum_{n=0}^N \frac{A_n}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Donde:

$VP_{(i)}$ = Valor presente neto calculado en i ,

A_n = Flujo de efectivo neto al final del período n ,

i = TREMA,

n = vida de servicio del proyecto.

Tasa interna de retorno (TIR)

Según Sullivans et al. (2.004) este método resuelve para la tasa de interés que iguala al valor equivalente de una alternativa de flujos de entrada con el valor equivalente de flujos de salida. Este valor equivalente se puede calcular utilizando la técnica del valor presente neto y la tasa de interés resultante del análisis se denomina tasa interna de retorno (TIR). En otras palabras, la tasa de interés para la cual el valor presente neto de los flujos se hace igual a cero se denomina TIR.

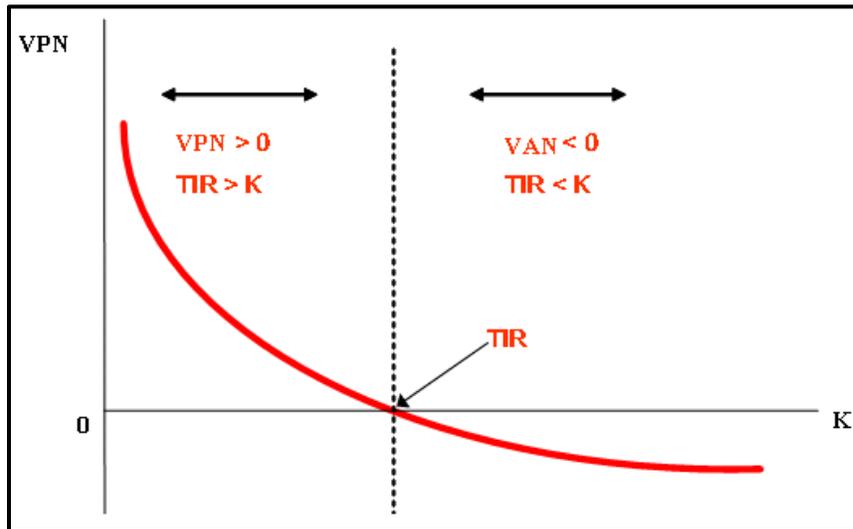


Figura 5. Relación entre valor presente neto y TIR.

Fuente: El investigador.

Relación costo-beneficio. (B/C)

Como lo indica su nombre, el método de la relación beneficio-costos es una técnica de evaluación de proyectos en la cual se establece una razón entre las ganancias descontadas del proyecto a los costos descontados.

Según Sullivan et al. (2004) “la razón B/C se define como la razón del valor equivalente de los beneficios al valor equivalente de los costos”(p.493). Esta razón se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Valor presente beneficios del proyecto}}{\text{Valor presente costos totales del proyecto}} \quad (2)$$

Proceso.

Según el documento (ISO, 2.003) de orientación acerca del enfoque basado en procesos para los sistemas de gestión de la calidad, un proceso se define como “un conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”(p.3).

Estas actividades requieren la asignación de diversos recursos, tales como personal y material. La figura a continuación muestra un proceso genérico:

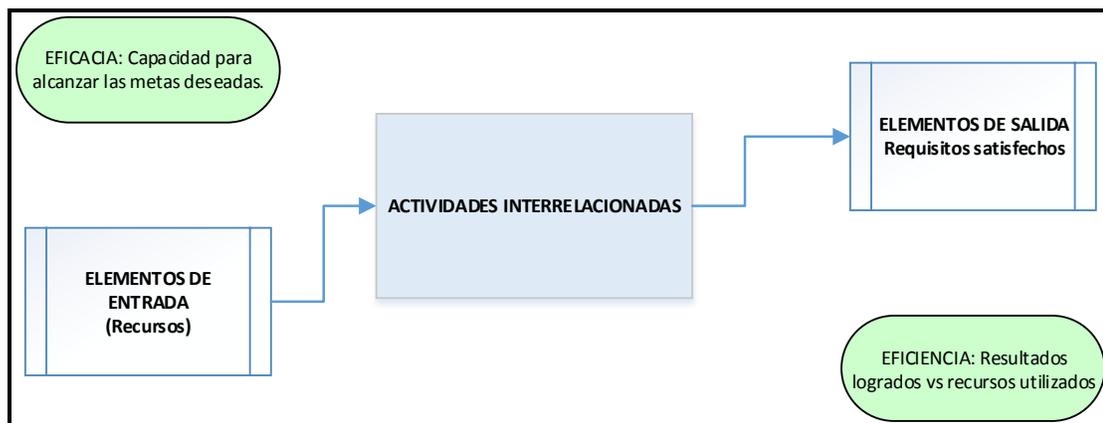


Figura 6. Esquema de un proceso genérico.

Fuente: El investigador.

Los resultados de entrada y los resultados previstos pueden ser tangibles o intangibles. Cada proceso que se lleva a cabo se caracteriza por la transformación de insumos en productos, los cuales tienen como destino final clientes u otras partes de interés. Estas partes o clientes son quienes determinan si los resultados obtenidos satisfacen sus necesidades.

Procedimiento.

Ayala (2.005) define procedimiento de la siguiente manera:

“Conjunto o sucesión de pasos, ampliamente vinculados, y cronológicamente dispuestos, realizados y dirigidos a precisar la forma de hacer algo, incluyendo el qué, cómo y a quién corresponde el desarrollo de la tarea. Un procedimiento es la manera específica de efectuar una actividad, unas acciones o trabajos concretos que componen un proceso y la secuencia que debemos seguir en la ejecución” (p.8)

En el desarrollo de este estudio es necesario describir la forma y la secuencia en que se llevan a cabo las actividades en cada uno de los procesos dentro de la línea de producción.

Diagrama de flujo de procesos.

Villarreal (2.008) establece lo siguiente:

El diagrama de flujo de procesos consiste en representar gráficamente hechos, situaciones, movimientos o relaciones de todo tipo, por medio de símbolos. Es un diagrama que expresa gráficamente las distintas operaciones que componen un procedimiento o parte de este, estableciendo su secuencia cronológica. Según su formato o propósito, puede contener información adicional sobre el método de ejecución de

las operaciones, el itinerario de las personas, las formas, las distancias recorridas, el tiempo empleado, etc. Es importante ya que ayuda a designar cualquier representación gráfica de un procedimiento o parte de este, como su nombre lo indica, representa el flujo de información de un procedimiento. (p.1)

Este diagrama es de suma importancia a la hora de caracterizar procesos y describir las actividades involucradas en dichos procesos. Con esta herramienta se pueden identificar actividades innecesarias, desperdicios en los procesos y verificar la adecuada distribución del trabajo.

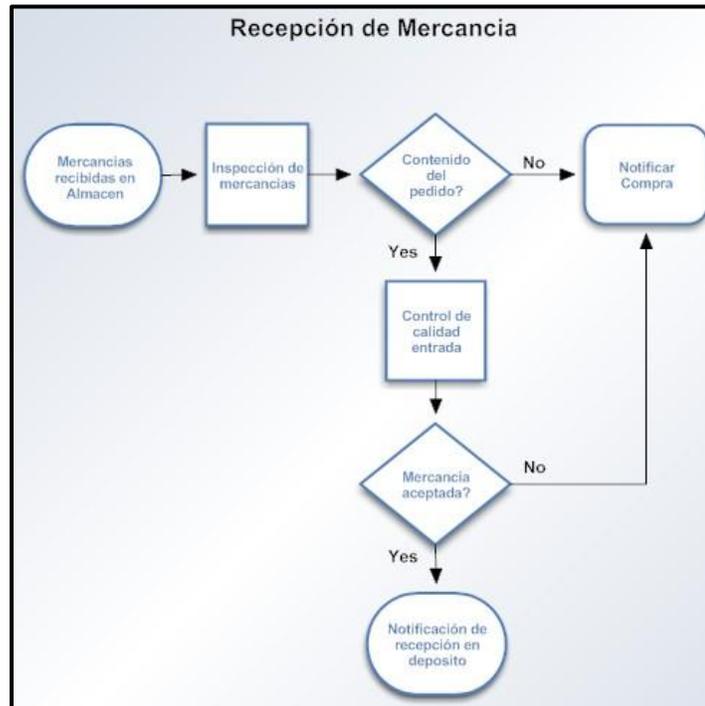


Figura 7. Diagrama de flujo de procesos, aplicado a un proceso de recepción de mercancías.

Fuente: El investigador.

Diagrama de relaciones.

Según Yáñez y García (2.008) el diagrama de relaciones es una herramienta que ayuda a analizar un problema cuyas causas están relacionadas de manera compleja. El diagrama de relaciones permite alcanzar una visión de conjunto sobre cómo las causas están en relación con sus efectos y cómo, unas y otros, se relacionan entre sí.

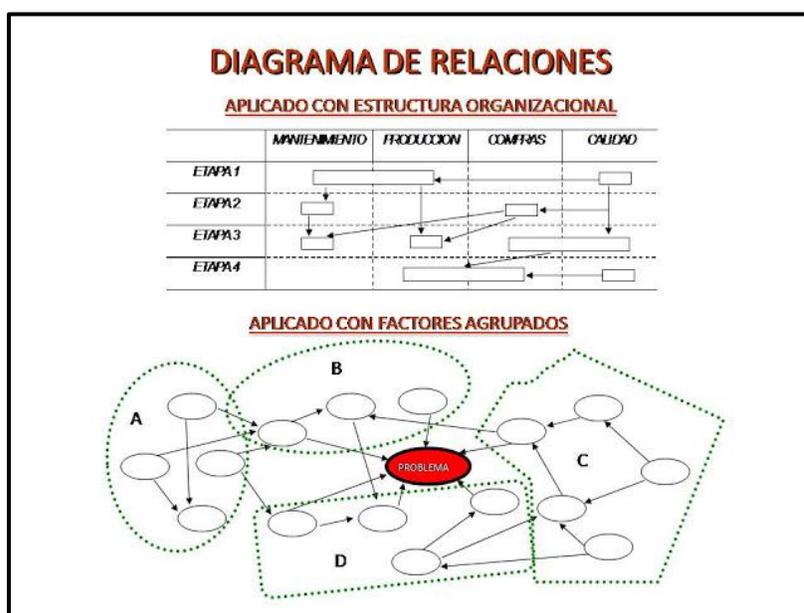


Figura 8. Diagrama de relaciones.

Fuente: El investigador.

El objetivo principal del diagrama de relaciones es la identificación de las relaciones causales complejas que pueden existir en una situación dada. El método da por supuesto que hay muchas posibles causas y efectos en torno a un determinado

problema. El objetivo de la aplicación de la herramienta es obtener sus posibles causas, analizando la complejidad de sus relaciones.

Cuadrícula o grilla de distribución.

Según Yáñez y García (2.008) una grilla de distribución consiste en una cuadrícula con medidas específicas que permite disponer de la mejor manera posible los diferentes sectores de la planta en el área que se tiene disponible para ello.

Distribución en planta.

Según Sule (2.001) el layout es una distribución física de los equipos e instalaciones industriales. Esta disposición incluye los espacios necesarios para el movimiento del material y su almacenamiento, de la mano de obra indirecta y todas las demás actividades auxiliares o de servicio, así como el equipo de producción y su personal.

Estudio de tiempos y movimientos.

Los estudios de tiempos y movimientos son técnicas que permiten analizar todos los movimientos que efectúa un trabajador al realizar una actividad al mismo tiempo que permite establecer un estándar de tiempo permisible para realizar dicha actividad. Tienen como objetivo minimizar el tiempo y los costos a la hora de realizar un trabajo, Meyers (2.000).

Requerimientos de espacio.

El espacio tiene atributos de cantidad (área), clase (características físicas necesarias) y cualquier forma o configuración obligatoria necesaria.

Para calcular los requerimientos de espacio Hodson (1.996) explica que el método más exacto consiste en determinar la cantidad, clase y formas de cada elemento espacial o pieza de equipo, hallar el total junto con cualquier espacio del cual no se pueda obtener la proporción y así llegar a los requerimientos generales. Incluye las áreas de trabajo de los operarios, las áreas de mantenimiento y las áreas de descarga de materiales. (p 13.7)

Modelo estratégico de planificación de inventarios (MEPI)

Según Casañas (2003) el modelo estratégico de planificación de inventarios es una herramienta de gran utilidad a la hora de definir requerimientos de inventario, tanto de materias primas como de productos terminados, que tiene el objetivo de disminuir las inversiones innecesarias en inventarios estáticos y garantizar la disponibilidad de inventario para cubrir la demanda.

Simulación.

La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias -dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos - para el funcionamiento del sistema.

Dentro de lo ventajoso de utilizar simulación tenemos que:

- La simulación proporciona un método más simple de solución cuando los procedimientos matemáticos son complejos y difíciles.
- La simulación proporciona un control total sobre el tiempo, debido a que un fenómeno se puede acelerar.
- La simulación no interfiere en el mundo real.
- Una vez construido el modelo se puede modificar de una manera rápida con el fin de analizar diferentes políticas o escenario. Permite análisis de sensibilidad.
- Generalmente es más barato mejorar el sistema vía simulación que hacerlo en el sistema real.
- Es mucho más sencillo visualizar y comprender los métodos de simulación que los métodos puramente analíticos. Da un entendimiento profundo del sistema.

- Con los modelos de simulación es posible analizar sistemas de mayor complejidad o con mayor detalle (con los métodos analíticos se pueden hacer más suposiciones).
- En algunos casos, la simulación es el único medio para lograr una solución.

Inferencia estadística-Prueba de Kolgomorov-Smirnoff.

La prueba de bondad de ajuste de Kolgomorov-Smirnov sirve para determinar a cual distribución de probabilidad se aproximan con menor error datos recolectados sin un comportamiento matemático que los describa. Se plantea una prueba de hipótesis en donde la hipótesis nula y la hipótesis alterna son las siguientes:

H₀: Los datos analizados siguen una distribución “X”.

H₁: Los datos analizados NO siguen una distribución “X”.

Generalmente esta prueba se hace con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia (α) del 5%. El criterio de decisión para el mejor ajuste utilizado es el siguiente:

- Si “p-valor” es menor que el nivel de significancia (α) rechazar la hipótesis nula.
- Si “p-valor” es mayor que el nivel de significancia (α) entonces no hay elementos suficientes en la muestra para rechazar la hipótesis nula.

Inferencia estadística- Estadístico Anderson-Darling.

En estadística, la **prueba de Anderson-Darling** es una prueba no paramétrica sobre si los datos de una muestra provienen de una distribución específica. La fórmula para el estadístico A determina si los datos $\{Y_1 < \dots < Y_N\}$ (observar que los datos se deben ordenar) vienen de una distribución con función acumulativa F $A^2 = -N - S$ donde

$$S = \sum_{k=1}^N \frac{2k-1}{N} [\ln F(Y_k) + \ln (1 - F(Y_{N+1-k}))]$$

El estadístico de la prueba se puede entonces comparar contra las distribuciones del estadístico de prueba (dependiendo que F se utiliza) para determinar el P-valor. La prueba de Anderson-Darling es una prueba estadística que permite determinar si una muestra de datos se extrae de una distribución de probabilidad. En su forma básica, la prueba asume que no existen parámetros a estimar en la distribución que se está probando, en cuyo caso la prueba y su conjunto de valores críticos siguen una distribución libre. Sin embargo, la prueba se utiliza con mayor frecuencia en contextos en los que se está probando una familia de distribuciones, en cuyo caso deben ser estimados los parámetros de esa familia y debe tenerse estos en cuenta a la hora de ajustar la prueba estadística y sus valores críticos. Cuando se aplica para probar si una distribución normal describe adecuadamente un conjunto de datos, es una de las herramientas estadísticas más potentes para la detección de la mayoría de las desviaciones de la normalidad.

Análisis de la varianza (ANOVA)

El análisis de la varianza permite contrastar la hipótesis nula de que las medias de K poblaciones ($K > 2$) son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado. Este contraste es fundamental en el análisis de resultados experimentales, en los que interesa comparar los resultados de K 'tratamientos' o 'factores' con respecto a la variable dependiente o de interés.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots \dots \mu_k = \mu$$

$$H_1: \exists \mu_j \neq \mu; j = 1, 2, 3 \dots k$$

El Anova requiere el cumplimiento los siguientes supuestos:

- Las poblaciones (distribuciones de probabilidad de la variable dependiente correspondiente a cada factor) son normales.
- Las K muestras sobre las que se aplican los tratamientos son independientes.
- Las poblaciones tienen todas igual varianza (homoscedasticidad).

Corrección de Bonferroni.

El Test de Bonferroni es un test de comparaciones múltiples. Permite comparar, como los demás contrastes de este tipo, las medias de los “t” niveles de un factor después de haber rechazado la Hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica ANOVA.

Todos los tests de comparaciones múltiples son tests que tratan de concretar una Hipótesis alternativa genérica como la de cualquiera de los Test ANOVA.

El Test de Bonferroni hay que entenderlo en relación con el Test LSD de Fisher. Se basa en la creación de un umbral, el BSD (Bonferroni significant difference) por encima del cual, como el LSD en el Test LSD, la diferencia entre las dos medias será significativa y por debajo del cual esa diferencia no lo será de estadísticamente significativa.

Si se comparan ambos test (Ver Test LSD en Herbario de técnicas) se verá que el cambio está en el nivel de significación elegido. En el Test de Bonferroni el nivel de significación se modifica en función del número de comparaciones a hacer. Esto elimina el problema de hacer comparaciones múltiples. Reduce el nivel de significación en tal medida que elimine el error de aplicar el test tantas veces al mismo tiempo.

CAPITULO III

Marco Metodológico.

Tipo de investigación.

En el manual de trabajos de grado de especialización, maestría y tesis doctorales (Universidad Pedagógica Experimental Libertador [UPEL], 2.006) en su disposición general número siete, establece que “los Trabajos de Grado de Especialización y de Maestría y las Tesis Doctorales pueden ser concebidos dentro de las siguientes modalidades generales de estudios de investigación: Investigación de campo, Investigación documental, Proyectos Factibles, Proyectos especiales” (p.10)

Conocido esto, ubicamos en la sección tercera del manual antes citado la descripción de la modalidad de investigación denominada “Proyecto Factible”. Un proyecto factible se define como la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El Proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades.

Por otra parte, Yáber, Valarino y Cemborain (2.010) indican que cuando un trabajo de investigación está dirigido a una determinada disciplina, intentando aplicar conocimientos científicos en cuestiones de naturaleza estratégica, generando

propuestas que contribuyan a innovar en el diseño y gestión de políticas (o mejorándolas) así como también resolviendo problemas específicos de naturaleza organizacional, la investigación se denomina investigación aplicada. Además de esto, Yáber et al (2.010) establecen diferentes tipos de investigación aplicada, los cuales son: Investigación y desarrollo, Investigación evaluativa e Investigación-acción. Dado que el propósito de nuestra investigación es determinar la situación actual y la deseada de la empresa, realizando intervenciones para lograr la condición deseada, la investigación estará enmarcada dentro del tipo investigación-acción.

Conocidas estas aseveraciones y sus implicaciones, se establece que la investigación que se llevará a cabo es del tipo Investigación aplicada, en su modalidad investigación-acción, puesto que supone idear, diseñar, trazar y/o disponer un plan para ofrecerle a la directiva de la empresa Alimentos Alpha 2, C.A múltiples ambientes de decisión que les permita evaluar si la ampliación de su planta les será viable en función de sus objetivos estratégicos.

Diseño de la investigación.

Según Arias (1.997) el diseño de la investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. Complementando esta definición, Hernández, Fernández y Baptista (2.003) indican que existen dos grandes enfoques para desarrollar investigaciones en general, y se definen de la siguiente manera: El enfoque cuantitativo utiliza la recolección y análisis de los datos para contestar preguntas de la investigación y probar hipótesis utilizando análisis

estadístico para establecer patrones de comportamiento. El enfoque cualitativo por lo general se utiliza para descubrir preguntas de investigación, observando y describiendo sin utilizar métodos numéricos. Según estas aseveraciones la investigación a realizar será de naturaleza cuantitativa.

Por otra parte, Sampieri, Fernandez y Baptista (2.010) establecen que, para las investigaciones de naturaleza cuantitativa, existen dos tipos de diseño de investigación en particular, los cuales son diseños experimentales y diseños no experimentales. Según Sampieri et al (2.010) los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula, y los diseños no experimentales se utilizan cuando el investigador no desea manipular deliberadamente variables. La presente investigación corresponde a un diseño no experimental.

Adicionalmente, Sampieri et al (2.010) clasifica los diseños no experimentales en transeccionales o transversales, que implican obtención de datos en un único momento, y en longitudinales o evolutivos, que implican análisis de cambios a través del tiempo. Puesto que esta investigación pretende obtener datos en un único instante de tiempo, esta seguirá un diseño no experimental-transeccional.

Por último, Sampieri et al (2.010) clasifican los diseños no experimentales-transeccionales en varios tipos, los cuales son: Transeccional descriptivo, transeccional exploratorio y transeccional correlacional. El diseño transeccional-descriptivo implica indagar en la incidencia de una o más variables dentro de una

población, realizando un estudio puramente descriptivo. Conocidos los objetivos de esta investigación, podemos concluir que la misma seguirá este diseño.

En conclusión, el diseño de esta investigación seguirá el siguiente esquema:

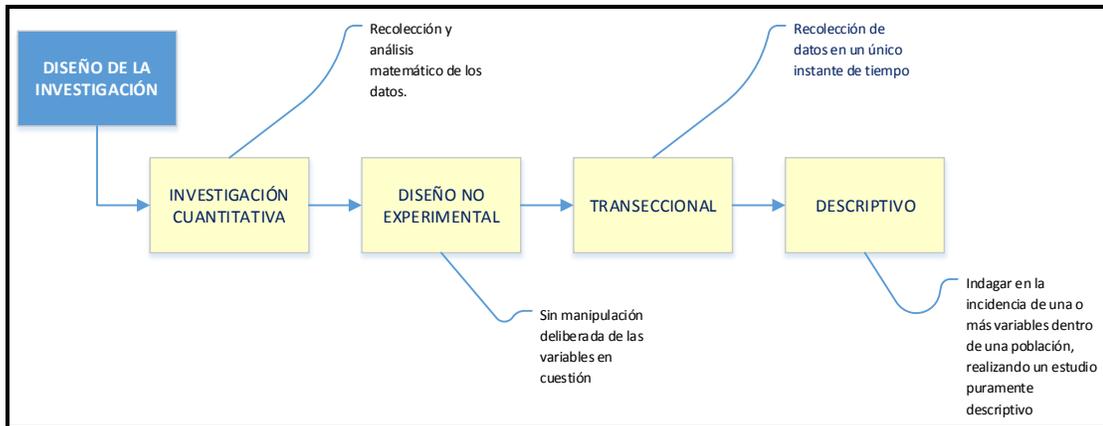


Figura 9. Esquema diseño de la investigación.

Fuente: El investigador.

Metodología de investigación.

El proyecto de investigación se trabajará en varias fases, las cuales se muestran en la figura 10.

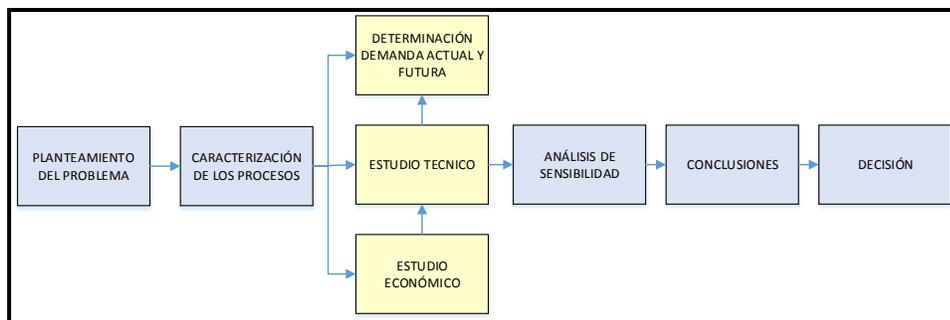


Figura 10. Estructura de la metodología general a emplear en la investigación.

Fuente: El investigador.

Estas fases corresponden a una organización del trabajo por parte del investigador. Para visualizar la coherencia teórico-práctica de esta investigación se presenta más adelante la matriz de operacionalización de los objetivos.

Instrumentos para la recolección de datos.

Una vez ya definidos el tipo y diseño de la investigación así como también las metodologías a utilizar en cada una de las fases de estudio, se hace necesario precisar la recaudación de la información, lo cual implica las técnicas adecuadas para ello en correspondencia con el problema, los objetivos y el diseño de la investigación.

Arias (2.006) indica que existen varios métodos para recolectar datos tales como cuestionarios, entrevistas y observación directa o indirecta. Puesto que el desarrollo de esta investigación depende principalmente de la información que se debe recoger directamente, se ha decidido seleccionar las siguientes técnicas de recolección de datos: Entrevistas, observación directa no participante y encuestas. Adicionalmente, se dispondrá de una serie de bases de datos pertenecientes a la empresa así como también varias bases de datos provenientes de algunos competidores.

Entrevistas.

Según Méndez (2.006) las entrevistas consisten en una conversación sostenida por una persona denominada entrevistador con otra denominada entrevistado. En esta conversación se pretende obtener información para entender

temáticas, procedimientos, situaciones particulares entre otros (p.252). En esta investigación se utilizarán las entrevistas no estructuradas, que, Según Méndez (2.006) en estas no se sigue ningún esquema o regla específica, lo cual crea neutralidad a la hora de recaudar la información de interés. Se espera con el uso de este instrumento comprender a profundidad todos los procesos y procedimientos evaluados, políticas de la empresa, oportunidades de mejora, estrategias de la competencia, entre otras.

Observación directa.

La observación directa, según Arias (2.006), consiste en captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho o fenómeno que se produzca en la naturaleza o sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos. (p.69). Para el desarrollo de esta investigación se utilizó la observación directa no participante, en donde, según Arias (2.006), el observador no interviene en la realidad en la que se realiza el estudio, razón por la cual las mediciones son más precisas.

Encuesta.

Arias (2.006) afirma que una encuesta es un estudio observacional en el cual el investigador busca recaudar datos por medio de un cuestionario pre diseñado, y no modificar el entorno ni controlar el proceso que está en observación (como sí lo hace en un experimento). Los datos se obtienen a partir de realizar un conjunto de preguntas normalizadas dirigidas a una muestra representativa o al conjunto total de

la población estadística en estudio, formada a menudo por personas, empresas o entes institucionales, con el fin de conocer estados de opinión, características o hechos específicos. El investigador debe seleccionar las preguntas más convenientes, de acuerdo con la naturaleza de la investigación.

Análisis de los datos.

Para una investigación cuantitativa, Sampieri et al (2.010) expresan que el análisis de los datos debe seguir un enfoque estadístico, en donde, en primer lugar, la data debe ser tabulada, organizada y depurada antes de realizar los análisis. Todos los datos recolectados en esta investigación se organizarán antes de analizarlos estadísticamente. Se construirá un modelo de simulación que permita evaluar todas las variables involucradas dentro de la investigación.

El procedimiento a llevar a cabo para analizar los datos será el propuesto por Sampieri et al (2.010) el cual se muestra a continuación.

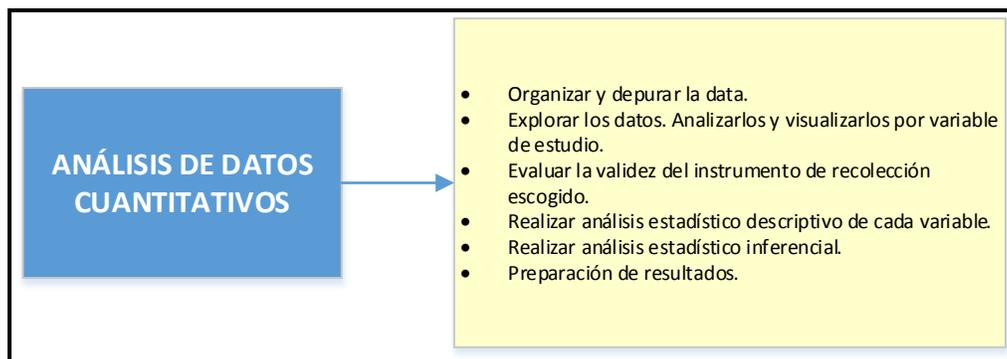


Figura 11. Proceso para el análisis cuantitativo de los datos recolectados.

Fuente: Sampieri, R; Fernández, C y Baptista, P (2.010). Metodología de la investigación (5ta ed.). México: Mc Graw Hill. (pp. 277)

Los análisis estadísticos a realizar para una investigación cuantitativa según Sampieri et all (2.010) se muestran en la siguiente figura.

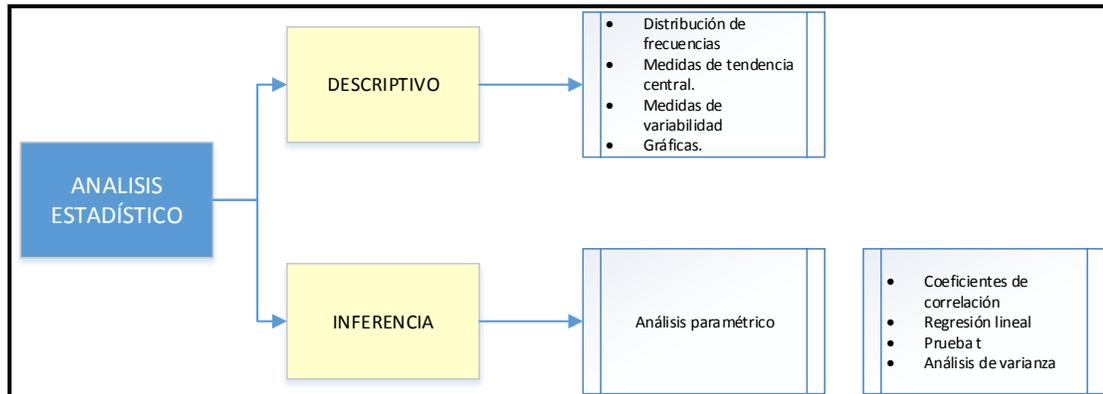


Figura 12. Análisis estadísticos para los datos recolectados.

Fuente: Sampieri, R; Fernández, C y Baptista, P (2.010). Metodología de la investigación (5ta ed.). México: Mc Graw Hill. (pp. 277)

Se construirán todas las estadísticas descriptivas de cada variable en estudio. A través del software de simulación se realizarán varios de los análisis de estadística inferencial que serán necesarios para la validación del modelo de simulación construido.

Operacionalización de los objetivos.

A continuación se presentan: Objetivo general, objetivos específicos, variables, dimensiones e indicadores. Esta matriz de variables es la columna vertebral de la investigación y garantiza la coherencia teórico-práctica del estudio.

Objetivo General: Determinar la factibilidad técnica y económica para la ampliación de una planta productora de alfalfa germinada.				
Objetivos Específicos	VARIABLES	Definición	Indicadores	Técnicas-Instrumentos
• Caracterizar de los procesos que conforman la planta de germinación y empaque de alfalfa.	Procesos que conforman el proceso productivo	<i>Descripción de cada una de las fases del proceso de producción de alfalfa a través de técnicas hidropónicas. Tiempos de proceso, unidades producidas, desperdicios, materias primas requeridas.</i>	Tiempos de proceso (horas)	Documentación de equipos Entrevistas-Observación Directa. Técnicas de simulación.
			Tiempos de ejecución (horas)	
			Unidades totales producidas (hora)	
			Unidades defectuosas (horas)	
• Estudiar la demanda actual de alfalfa en la población de la zona central del país y su proyección.	Demanda actual y futura de alfalfa	<i>Unidades demandadas a la fecha Unidades probablemente demandadas en "x" años Unidades ofertadas actualmente Clientes que probablemente podrían comprar</i>	Demanda actual (unidades)	Entrevistas
			Demanda proyectada (unidades)	Encuestas
			Oferta del producto (unidades)	Observación directa
			Mercado potencial	Bases de datos
• Formular, desde el punto de vista técnico, la ampliación de planta, de acuerdo a la demanda actual y futura.	Factibilidad técnica de la ampliación de planta	<i>Capacidad de producción actual de la planta. Utilización de dicha capacidad. Necesidades de ampliación de la capacidad instalada</i>	Capacidad instalada	Análisis cuantitativo de los datos
			Capacidad utilizada	Observación directa
			% utilización planta	Bases de datos
				Técnicas de simulación.
• Evaluar la factibilidad económica de la ampliación de planta.	Factibilidad económica de la ampliación de planta	<i>Valor presente de los flujos de caja Valor de TREMA para VP_N=0</i>	Valor presente neto	Análisis cuantitativo de los datos
			Tasa interna de retorno	
			Relación costo-beneficio	
• Estudiar la sensibilidad del proyecto de ampliación, en términos de variación de la demanda	Sensibilidad del proyecto de ampliación	<i>¿Que sucede si la demanda pronosticada sube o baja?</i>	Incremento demanda	Análisis cuantitativo de los datos. Técnicas de simulación.
			Decremento demanda	

Tabla 1. Matriz de operacionalización de los objetivos.

Fuente: El investigador.

CAPITULO IV

Recolección de datos.

A continuación se mostrarán los datos que han sido recolectados para la construcción del modelo. Estos corresponden a indicadores tales como:

1. Producción total de la planta.
2. Producción defectuosa.
3. Requerimientos de materias primas.
4. Tiempos de los procesos.
5. Demandas actuales de producto.
6. Demanda insatisfecha.
7. Pronósticos de la demanda.
8. Capacidades instalas y utilizadas.

Recordemos que una unidad de producción corresponde a un empaque de 150 gr de alfalfa germinada, y que para producir una (1) unidad de producto se necesitan aproximadamente 0,350 kg de semillas.

Se han recolectado un conjunto de datos, según la metodología descrita en el capítulo III, para cumplir con lo descrito en la matriz de operacionalización de los objetivos.

Para caracterizar los procesos que conforman la planta de germinación y empaque de alfalfa, se han utilizado los métodos de observación directa y las bases de

datos existentes en la empresa. Esto ha permitido obtener los tiempos de proceso, tiempos de ejecución de las actividades, unidades totales producidas por intervalo de tiempo, unidades defectuosas promedio y requerimientos de materias primas. En la sección de anexos se pueden encontrar diferentes diagramas que muestran el detalle del proceso productivo.

En la figura número 13 se muestra el diagrama de flujo de procesos en cuestión, pudiéndose apreciar cada una de sus fases.

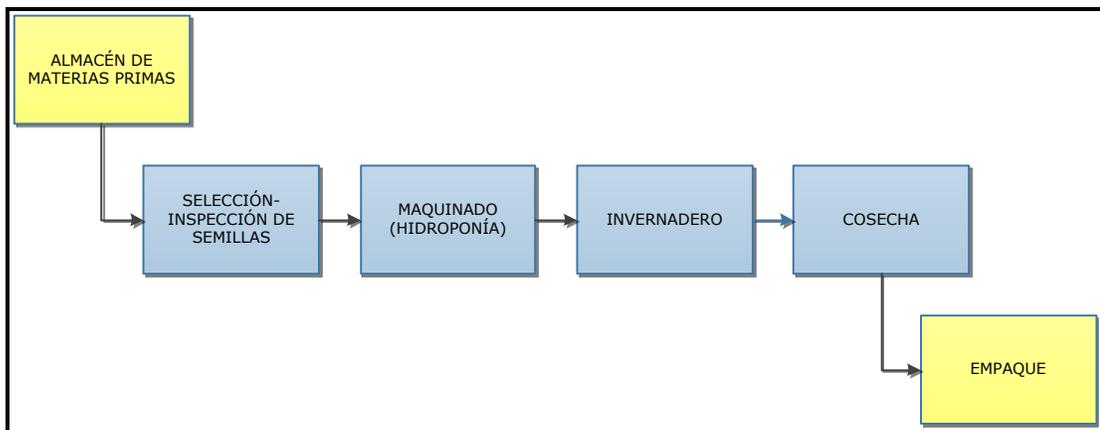


Figura 13. Proceso productivo en estudio

Fuente: El investigador.

Cada una de las fases del proceso se desarrolla inmediatamente después que la fase anterior ha sido ejecutada. La fase que condiciona todo el proceso productivo es la fase de hidroponía, ya que es la fase de la cadena de producción más lenta que ralentiza el proceso de producción global (proceso cuello de botella).

En la tabla número 2 se muestra la producción total de unidades de alfalfa en la planta (en unidades por mes), la producción defectuosa (en unidades por mes) y el requerimiento de materias primas (en kilogramos de semillas por mes) para la producción total mostrada. La producción defectuosa se define como las unidades fabricadas que no cumplen con las especificaciones de control de calidad (Cierre hermético del envase, peso total de producto, código de barras legible)

INDICADOR	MESES					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Producción total (unidades/mes)	9.173	10.246	9.196	10.359	10.163	9.104
Producción defectuosa (unidades/mes)	183	209	184	215	207	182
Requerimiento de materias primas (Kg semilla/mes)	3.058,00	3.590,00	3.065,00	3.388,00	3.372,00	3.035,00

Tabla 2. Producción total, defectuosa y requerimiento de materias primas.
Fuente: Coordinación de producción-Alimentos Alpha 2 , C.A

En la tabla número 3 se muestran los tiempos de ejecución de cada una de las fases del proceso productivo (según se pudo apreciar en la figura número 13). Estas mediciones fueron realizadas durante 32 semanas consecutivas de operación en la planta y provienen de un estudio de tiempos que realizaron Avilán y García (2.013). Para cada fase del proceso se tienen los siguientes tiempos:

- Producción de unidades de alfalfa en unidades por semana.
- El tiempo (medido en horas) que tardan los operarios en seleccionar las semillas para proceder inmediatamente al proceso de hidroponía en una semana de operaciones.
- El tiempo (medido en horas) que tardan las semillas en el proceso de Hidroponía en una semana de operaciones.
- El tiempo (medido en horas) que tardan las semillas que salieron del proceso previo de hidroponía para germinar en el área de invernadero en una semana de operaciones.
- El tiempo (medido en horas) que tardan los operarios en cosechar toda la alfalfa germinada en el área de invernadero en una semana de operaciones.
- El tiempo (medido en horas) que tardan los operarios en empacar (150 gr de alfalfa por unidad de empaque) en una semana de operaciones.

SEMANA	Producción (Unidades/semana)	Selección Semillas (Horas)	Hidroponía (horas/semana)	Invernadero (horas/semana)	Cosecha (horas/semana)	Empaque (horas/semana)
1	2.250	3,10	29,40	39,9	3,6	15,00
2	2.249	3,30	30,20	41,2	4,2	16,00
3	2.275	3,40	31,10	45,7	3,9	18,00
4	2.225	3,20	32,10	48,9	4,1	17,00
5	2.250	3,40	29,90	49,9	3,9	15,00
6	2.237	4,00	30,20	43,1	4,0	14,00
7	2.201	3,70	31,10	47,8	4,2	17,00
8	2.299	3,50	32,10	47,9	4,4	14,00
9	2.293	3,60	29,90	45,7	4,1	14,00
10	2.297	4,20	31,10	48,9	3,3	18,00
11	2.140	3,90	32,10	49,5	3,4	15,00
12	2.443	4,10	29,90	43,1	4,7	15,00
13	2.562	3,90	30,20	47,8	4,3	16,00
14	2.515	4,00	31,10	48,9	3,3	18,00
15	2.601	4,20	29,40	49,9	3,4	17,00
16	2.569	4,40	30,20	43,1	3,2	17,00
17	2.299	4,10	31,10	47,8	4,6	14,00
18	2.197	3,30	32,10	47,3	5,0	15,00
19	2.401	3,40	29,90	45,7	3,7	17,00
20	2.299	3,20	30,20	48,9	3,5	17,00
21	2.590	4,40	31,10	47,9	4,8	16,00
22	2.614	5,00	32,10	45,7	5,2	18,00
23	2.574	3,70	29,90	48,9	4,0	14,00
24	2.581	3,50	29,90	49,9	3,7	16,00
25	2.541	4,60	30,20	43,1	5,0	14,00
26	2.419	5,20	31,10	47,8	5,4	14,00
27	2.571	3,90	29,40	48,9	4,1	18,00
28	2.632	4,00	30,20	49,9	4,0	15,00
29	2.276	4,90	31,10	43,1	4,0	17,00
30	2.143	5,50	32,10	47,9	5,7	14,00
31	2.281	4,20	29,90	45,7	4,4	17,00
32	2.404	4,20	30,20	48,9	4,2	16,00

Tabla 3. Tiempo de cada uno de los procesos.

Fuente: Coordinación de producción-Alimentos Alpha 2 , C.A

Con el objetivo de estudiar la demanda actual de alfalfa en la población de la zona central del país y su producción (recordemos que es en esta zona donde la fábrica concentra la totalidad de sus clientes, existentes y potenciales) se han utilizado los métodos de observación directa y los estudios de mercado que la empresa ha proporcionado para el desarrollo de esta investigación. Esto ha permitido conocer la demanda actual de unidades, la demanda futura y la oferta actual.

En la tabla número 4 se muestra la demanda (en unidades por mes). Esto corresponde a las unidades de producto solicitadas por los clientes en el mes en cuestión. Adicionalmente se muestra la demanda insatisfecha (en unidades por mes) que representan aquellas unidades que no pudieron despacharse a todos los clientes según lo que habían solicitado en el mes en cuestión.

INDICADOR	MESES					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Demanda (unidades/mes)	10.549	12.436	10.575	12.607	12.135	10.470
Demanda insatisfecha (unidades/mes)	1.376	1.622	1.379	1.644	1.583	1.366

Tabla 4. Demanda actual e insatisfecha de alfalfa germinada.

Fuente: Coordinación de Mercadeo, Alimentos Alpha 2, C.A

En la tabla número 5 se muestra la proyección de la demanda (en unidades por mes). Este pronóstico ha sido realizado por la coordinación de mercadeo de la empresa, considerando efectos por aumento del número de clientes según un programa de expansión que viene desarrollando dicha coordinación, y efectos estacionarios puesto que la demanda histórica de la empresa ha arrojado patrones de “baja demanda” en los meses de Julio, Septiembre y Diciembre.

INDICADOR	MESES						
	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
Proyección Demanda (unidades/mes)	9.559	11.285	12.500	13.000	13.150	13.350	13.500

Tabla 5. Demanda pronosticada de alfalfa germinada.

Fuente: Coordinación de Mercadeo, Alimentos Alpha 2, C.A

Se ha obtenido a través de las bases de datos de la empresa la capacidad instalada de la misma, así como la capacidad utilizada. Esta información se muestra en la tabla número 6. La capacidad utilizada de la planta en sus diferentes áreas ha sido proporcionada por la Coordinación de Producción y es el resultado de la capacidad real utilizada en relación a la teórica instalada. Por ejemplo, para el área de Almacén, la capacidad instalada permite almacenar 3.800 Kg de semillas por mes pero solo se están almacenando 3.590 kilogramos de semillas por mes. Esto resulta en un porcentaje de utilización de 94,47% lo cual se define como capacidad utilizada.

Cabe destacar que, este indicador varía mes a mes, puesto que los volúmenes de producción cambian.

PROCESO	UNIDAD DE MEDIDA	CAPACIDAD INSTALADA	CAPACIDAD UTILIZADA
ALMACÉN	Kg semilla/mes	3.800	94,47%
HIDROPONÍA	Kg semilla/mes	3.700	99,18%
INVERNADERO	Kg semilla/mes	3.700	99,18%
COSECHA	Kg alfalfa/mes	1.700	98,19%
EMPAQUE	unidades/semana	4.000	90,91%
REFRIGERADO	unidades/semana	4.500	61,11%
PICKING	unidades/semana	7.000	39%
TRANSPORTE	unidades/semana	7.000	57,14%

Tabla 6. Capacidad instalada vs capacidad utilizada de la planta.

Fuente: Coordinación de producción-Alimentos Alpha 2, C.A

Análisis de los datos.

A continuación se muestra el análisis de parte de los datos que han sido recolectados. Se busca tratar estadísticamente ciertos datos de forma tal de obtener información adicional que permita el desarrollo de un modelo de simulación que represente a la realidad con el mayor grado de exactitud.

Análisis estadístico de los tiempos de los procesos.

Se aplicaron los test estadísticos de Anderson Darling y de Kolgomorov-Smirnoff, según lo descrito en el marco teórico (Véase páginas 30 y 31) para determinar la distribución de probabilidad que mejor describe a los tiempos de las operaciones siguientes: Selección de semillas, hidroponía, invernadero, cosecha y empaque. Esto permitirá la construcción del modelo de simulación. Se han aplicado dos pruebas diferentes para tener un soporte más sólido en la inferencia estadística. Los registros de los tiempos de cada una de las operaciones anteriormente descritas se pueden visualizar en la tabla número 3, página 46.

A continuación se muestran, para cada uno de los procesos, el análisis correspondiente a cada uno de los test estadísticos aplicados.

Tiempo del proceso “Selección de Semillas”

Prueba Anderson-Darling.

En la figura número 14 se pueden apreciar los resultados de la prueba Anderson-Darling para el ajuste de tiempo del proceso “Selección de semillas”. Se analizaron un total de 32 datos correspondientes a los registros de tiempos de 32 semanas para el proceso en cuestión. Como se aprecia en la figura, queda claro que, de las tres distribuciones usadas (normal, exponencial y Weibull), las dos que mejor se ajustan a las observaciones son la Normal y la Weibull –los puntos se sitúan muy

cerca de la línea y el comportamiento de los mismos no sigue un patrón curvilíneo como en el caso de la exponencial. Además de lo observado en la figura 14, tenemos los valores del estadístico de Anderson-Darling ajustado, el cual es un reflejo de cuán lejos se encuentran los puntos respecto de la recta. Por tanto, cuanto menor sea el valor de dicho estadístico, tanto mejor será la bondad del ajuste. De los valores de dicho estadístico, se desprende nuevamente que la Weibull ($AD = 1,20$) y la normal ($AD = 0,87$) proporcionan un mejor ajuste a las observaciones para esta prueba estadística. Cabe destacar que las distribuciones seleccionadas corresponden a los tres mejores ajustes de la prueba Anderson-Darling.

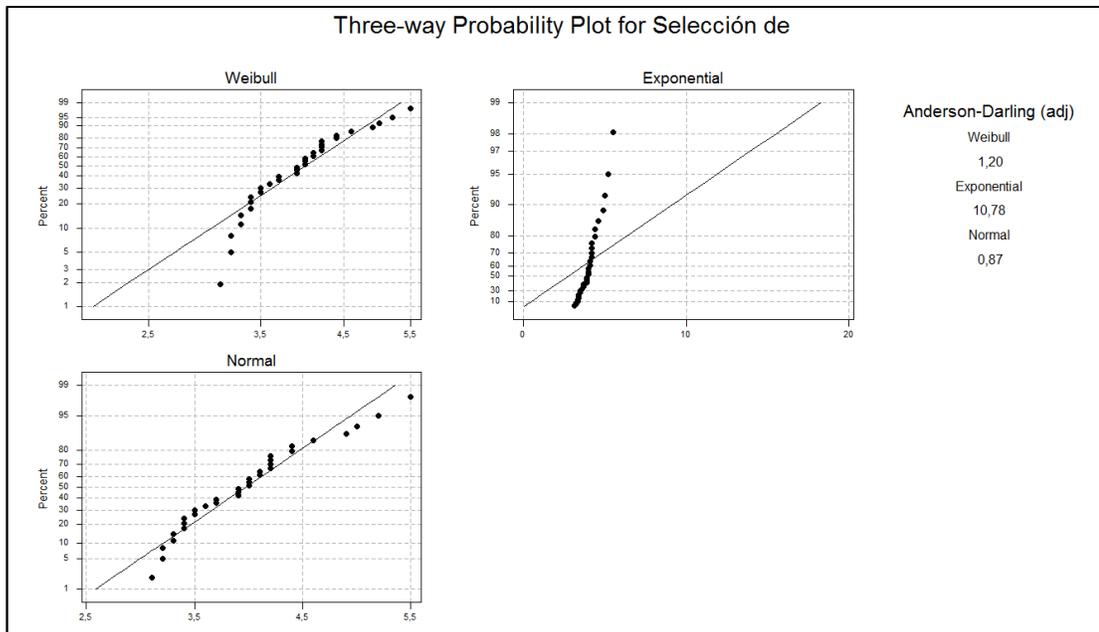


Figura 14. Resultados de la prueba de bondad de ajuste Anderson-Darling para el proceso de selección de semillas.

Fuente: El investigador.

Prueba Kolgomorov-Smirnoff.

En la tabla número 7 se pueden apreciar los resultados de la prueba Kolgomorov-Smirnoff para el ajuste de tiempo del proceso “Selección de semillas”. Se analizaron un total de 32 datos correspondientes a los registros de tiempos de 32 semanas para el proceso en cuestión. Como se aprecia en la tabla, queda claro que, de las cuatro distribuciones usadas (normal, lognormal, Beta y Weibull), todas representan un buen ajuste para las observaciones. En todas el “p-valor” es mayor que el nivel de significancia de la prueba y el error cuadrático entre los ajustes es poco significativo. Conocido esto entonces tenemos que la distribución Beta, Normal y Lognormal representan los mejores ajustes para este caso. Cabe destacar que las distribuciones seleccionadas corresponden a los cuatro mejores ajustes de la prueba Kolgomorov-Smirnoff.

Prueba Kolgomorov-Smirnoff para el ajuste de tiempos del proceso "Selección de semillas"				
	BETA	LOGNORMAL	NORMAL	WEIBULL
Datos analizados	32	32	32	32
Ecuación	$3 + 2.74 * \text{BETA}(1.3, 2.38)$	$3 + \text{LOGN}(1.02, 0.887)$	$\text{NORM}(3.97, 0.596)$	$3 + \text{WEIB}(1.09, 1.67)$
Estadístico de la prueba	0,0924	0,178	0,0963	0,112
P-Valor	> 0,15	> 0,15	> 0,15	> 0,16
Nivel de significancia	0,05	0,05	0,05	0,05
Error cuadrático	0,008883	0,020696	0,023592	0,013677

Tabla 7. Resultados de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnoff para el proceso de selección de semillas.

Fuente: El investigador.

Selección de la distribución para los tiempos del proceso “Selección de semillas”.

Conocidos los resultados de ambas pruebas estadísticas para encontrar el mejor ajuste para representar los tiempos del proceso “Selección de semillas”, se ha decidido utilizar la distribución Normal de ecuación NORM (3.97, 0.596).

Tiempo del proceso “Hidroponía”

Prueba Anderson-Darling.

En la figura número 15 se pueden apreciar los resultados de la prueba Anderson-Darling para el ajuste de tiempo del proceso “Hidroponía”. Se analizaron un total de 32 datos correspondientes a los registros de tiempos de 32 semanas para el proceso en cuestión. Como se aprecia en la figura, queda claro que, de las tres distribuciones usadas (normal, exponencial y Weibull), las dos que mejor se ajustan a las observaciones son la Normal y la Weibull –los puntos se sitúan muy cerca de la línea y el comportamiento de los mismos no sigue un patrón curvilíneo como en el caso de la exponencial, pero no se observa un ajuste preciso como el observado en el caso anterior. Esto debido a la falta de observaciones dentro de uno de los intervalos asociados al histograma de frecuencia de estos datos, según se puede visualizar en el anexo 1. Además de lo observado en la figura 15, tenemos los valores del estadístico de Anderson-Darling ajustado, el cual es un reflejo de cuán lejos se encuentran los puntos respecto de la recta. Por tanto, cuanto menor sea el valor de dicho estadístico, tanto mejor será la bondad del ajuste. De los valores de dicho estadístico, se

desprende nuevamente que la Weibull ($AD = 2,33$) y la normal ($AD = 2,00$) proporcionan un mejor ajuste a las observaciones para esta prueba estadística. Cabe destacar que las distribuciones seleccionadas corresponden a los tres mejores ajustes de la prueba Anderson-Darling.

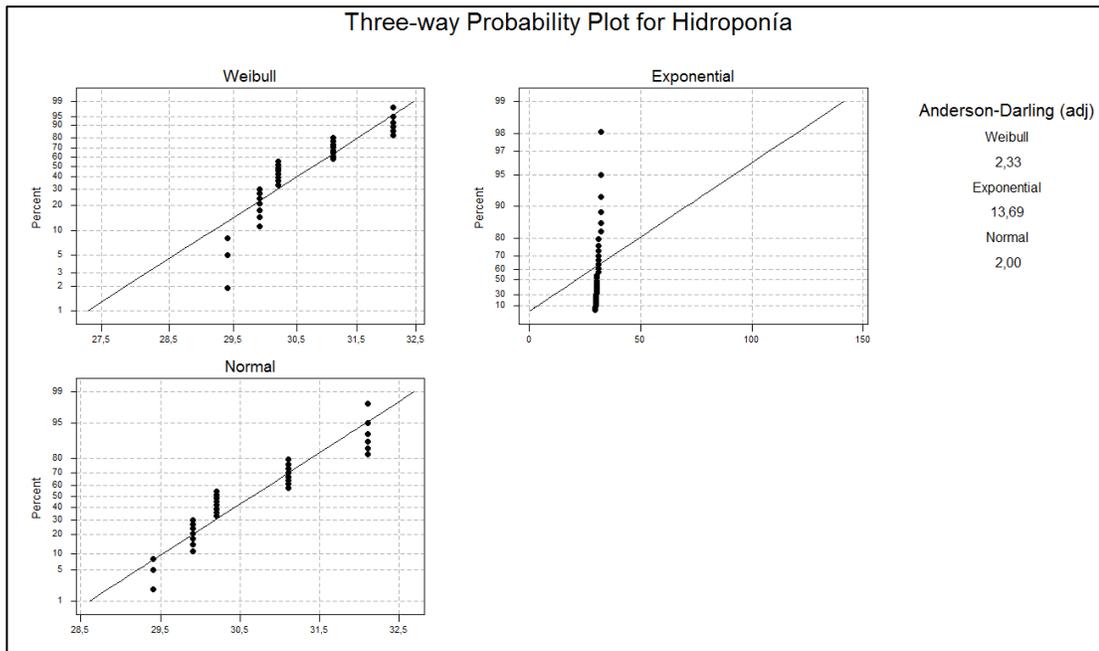


Figura 15. Resultados de la prueba de bondad de ajuste Anderson-Darling para el proceso de hidroponía.

Fuente: El investigador.

Prueba Kolmogorov-Smirnoff.

En la tabla número 8 se pueden apreciar los resultados de la prueba Kolmogorov-Smirnoff para el ajuste de tiempo del proceso “Hidroponía”. Se analizaron un total de 32 datos correspondientes a los registros de tiempos de 32 semanas para el proceso en cuestión. Como se aprecia en la tabla, queda claro que, de

las cuatro distribuciones usadas (normal, lognormal, Beta y Normal), todas representan un buen ajuste para las observaciones. En todas el “p-valor” es mayor que el nivel de significancia de la prueba y el error cuadrático entre los ajustes es poco significativo. Conocido esto entonces tenemos que la distribución lognormal y triangular representan los mejores ajustes para este caso. Cabe destacar que las distribuciones seleccionadas corresponden a los cuatro mejores ajustes de la prueba Kolgomorov-Smirnoff.

Prueba Kolgomorov-Smirnoff para el ajuste de tiempos del proceso "Hidroponía"				
	LOGNORMAL	TRIANGULAR	BETA	NORMAL
Datos analizados	32	32	32	32
Ecuación	29.1 + LOGN(1.56, 1.21)	TRIA(29.1, 30.1, 32.4)	29.1 + 3.25 * BETA(1.31, 1.41)	NORM(30.6, 0.875)
Estadístico de la prueba	0,19	0,216	0,13	0,1004
P-Valor	> 0,15	0,0898	> 0,15	> 0,15
Nivel de significancia	0,05	0,05	0,05	0,05
Error cuadrático	0,1016	0,1199	0,1224	0,1479

Tabla 8. Resultados de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnoff para el proceso de hidroponía.

Fuente: El investigador.

Selección de la distribución para los tiempos del proceso “Hidroponía”.

Conocidos los resultados de ambas pruebas estadísticas para encontrar el mejor ajuste que representara los tiempos del proceso “Hidroponía”, se ha decidido utilizar la distribución Triangular de ecuación TRIA (29.1, 30.1, 32.4). Nótese que esta distribución no es la mejor en ninguna de las pruebas estadísticas realizadas, pero no se aleja significativamente de las que resultaron más precisas (como se puede ver en la tabla 8, los errores entre las distribuciones Lognormal y Triangular es pequeño).

Además, según lo observado en el histograma de frecuencia de los datos en el Anexo 1, se obtuvo un intervalo de datos sin observaciones lo cual aumentó la incertidumbre dentro del ajuste estadístico. Cuando esto sucede, según Kelton (2.005), lo mejor para describir un comportamiento de datos con esas características es utilizar una distribución Triangular.

Tiempo del proceso “Invernadero”

Prueba Anderson-Darling.

En la figura número 16 se pueden apreciar los resultados de la prueba Anderson-Darling para el ajuste de tiempo del proceso “Invernadero”. Se analizaron un total de 32 datos correspondientes a los registros de tiempos de 32 semanas para el proceso en cuestión. Como se aprecia en la figura, queda claro que, de las tres distribuciones usadas (normal, exponencial y Weibull), las dos que mejor se ajustan a las observaciones son la Normal y la Weibull –los puntos se sitúan muy cerca de la línea y el comportamiento de los mismos no sigue un patrón curvilíneo como en el caso de la exponencial, pero no se observa un ajuste preciso como el observado en el caso del análisis del tiempo de proceso “selección de semillas”. Esto debido a la falta de observaciones dentro de uno de los intervalos asociados al histograma de frecuencia de estos datos, según se puede visualizar en el anexo 2. Además de lo observado en la figura 16, tenemos los valores del estadístico de Anderson-Darling ajustado, el cual es un reflejo de cuán lejos se encuentran los puntos respecto de la

recta. Por tanto, cuanto menor sea el valor de dicho estadístico, tanto mejor será la bondad del ajuste. De los valores de dicho estadístico, se desprende nuevamente que la Weibull ($AD = 1,44$) y la normal ($AD = 1,87$) proporcionan un mejor ajuste a las observaciones para esta prueba estadística. Cabe destacar que las distribuciones seleccionadas corresponden a los tres mejores ajustes de la prueba Anderson-Darling.

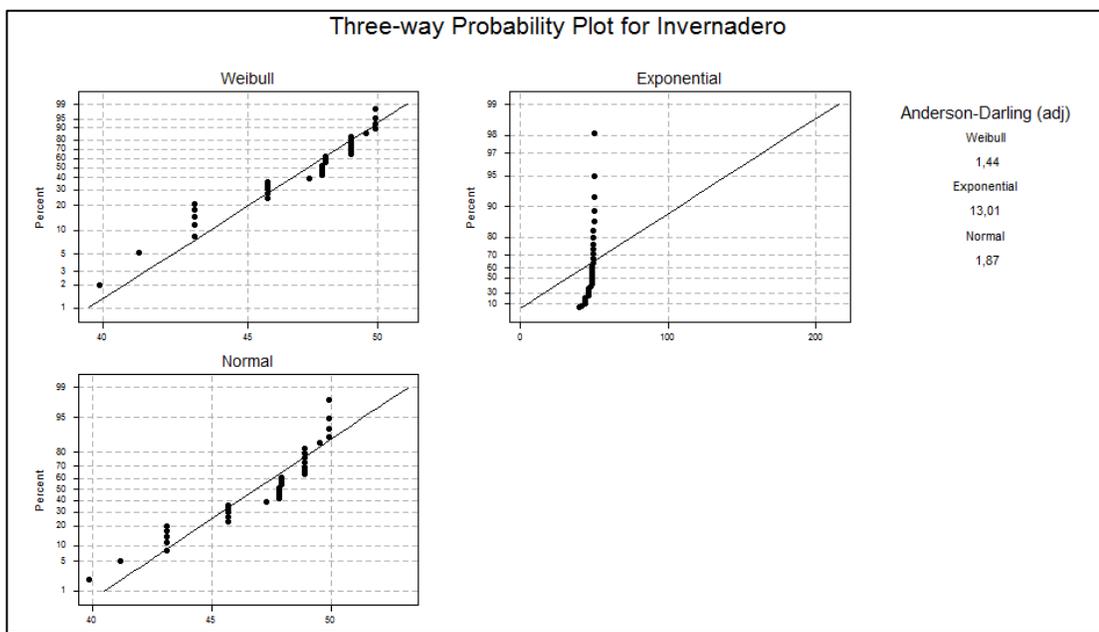


Figura 16. Resultados de la prueba de bondad de ajuste Anderson-Darling para el proceso de invernadero.

Fuente: El investigador.

Prueba Kolgomorov-Smirnoff.

En la tabla número 9 se pueden apreciar los resultados de la prueba Kolgomorov-Smirnoff para el ajuste de tiempo del proceso “Invernadero”. Se analizaron un total de 32 datos correspondientes a los registros de tiempos de 32 semanas. Sólo se obtuvieron dos posibles distribuciones en este análisis, Beta y

Normal. En ambas el “p-valor” es mayor que el nivel de significancia de la prueba pero el error cuadrático entre los ajustes es significativo (La distribución beta es mucho más precisa en ajuste que la distribución normal). Pasa en este caso lo mismo que en el caso anterior en donde hubo falta de observaciones dentro de uno de los intervalos asociados al histograma de frecuencia de los datos, según se puede visualizar en el anexo 2. Conocido esto entonces tenemos que la distribución Beta representa el mejor ajuste para este caso. Cabe destacar que las distribuciones seleccionadas corresponden a los dos mejores ajustes de la prueba Kolmogorov-Smirnoff.

	BETA	NORMAL
Datos analizados	32	32
Ecuación	$39 + 11 * \text{BETA}(1.8, 0.751)$	$\text{NORM}(46.8, 2.73)$
Estadístico de la prueba	1,32	0,216
P-Valor	> 0,15	0,055
Nivel de significancia	0,05	0,05
Error cuadrático	0,0354	0,1091

Tabla 9. Resultados de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnoff para el proceso de invernadero.

Fuente: El investigador.

Selección de la distribución para los tiempos del proceso “Invernadero”.

Conocidos los resultados de ambas pruebas estadísticas para encontrar el mejor ajuste que representara los tiempos del proceso “Invernadero”, se ha decidido

utilizar la distribución Beta de ecuación $39 + 11 * \text{BETA}(1.8, 0.751)$. Esta distribución no aparece en el análisis Anderson-Darling debido a que el software utilizado para el análisis estadístico no maneja esta distribución de manera directa, pero debido a la falta de información en un intervalo según se puede observar en el anexo 2, el análisis Anderson-Darling pierde precisión. Adicionalmente se indicó para el caso anterior que, cuando los datos presentan esta anomalía, es recomendada la utilización de la distribución triangular, sin embargo esta distribución resultó rechazada en las pruebas estadísticas.

Tiempo del proceso “Cosecha”

Prueba Anderson-Darling.

En la figura número 17 se pueden apreciar los resultados de la prueba Anderson-Darling para el ajuste de tiempo del proceso “Cosecha”. Se analizaron un total de 32 datos correspondientes a los registros de tiempos de 32 semanas para el proceso en cuestión. Como se aprecia en la figura, queda claro que, de las tres distribuciones usadas (normal, exponencial y Weibull), las dos que mejor se ajustan a las observaciones son la Normal y la Weibull –los puntos se sitúan muy cerca de la línea y el comportamiento de los mismos no sigue un patrón curvilíneo como en el caso de la exponencial. Además de lo observado en la figura 17, tenemos los valores del estadístico de Anderson-Darling ajustado, el cual es un reflejo de cuán lejos se encuentran los puntos respecto de la recta. Por tanto, cuanto menor sea el valor de

dicho estadístico, tanto mejor será la bondad del ajuste. De los valores de dicho estadístico, se desprende nuevamente que la Weibull ($AD = 1,20$) y la normal ($AD = 0,87$) proporcionan un mejor ajuste a las observaciones para esta prueba estadística. Cabe destacar que las distribuciones seleccionadas corresponden a los tres mejores ajustes de la prueba Anderson-Darling.

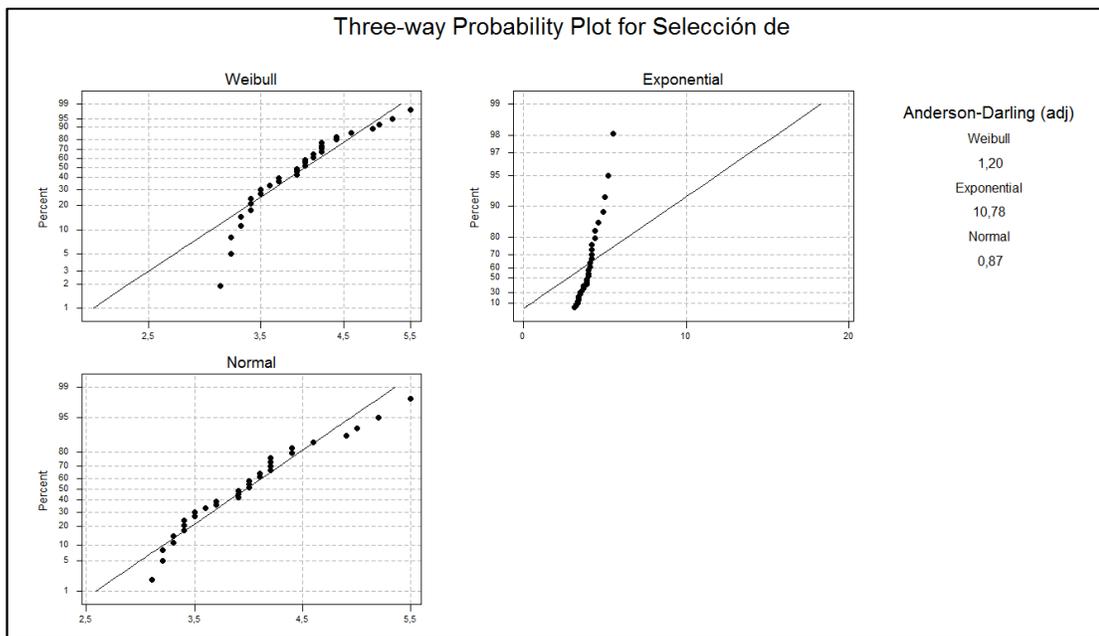


Figura 17. Resultados de la prueba de bondad de ajuste Anderson-Darling para el proceso de cosecha.

Fuente: El investigador.

Prueba Kolgomorov-Smirnoff.

En la tabla número 10 se pueden apreciar los resultados de la prueba Kolgomorov-Smirnoff para el ajuste de tiempo del proceso “Cosecha”. Se analizaron un total de 32 datos correspondientes a los registros de tiempos de 32 semanas para el

proceso en cuestión. Como se aprecia en la tabla, queda claro que, de las cuatro distribuciones usadas (Erlang, Weibull, Normal y Beta), todas representan un buen ajuste para las observaciones. En todas el “p-valor” es mayor que el nivel de significancia de la prueba y el error cuadrático entre los ajustes es poco significativo. Conocido esto entonces tenemos que las distribuciones Earlang, Weibull y Normal representan los mejores ajustes para este caso. Cabe destacar que las distribuciones seleccionadas corresponden a los cuatro mejores ajustes de la prueba Kolgomorov-Smirnoff.

Prueba Kolgomorov-Smirnoff para el ajuste de tiempos del proceso "Cosecha"				
	ERLANG	WEIBULL	NORMAL	BETA
Datos analizados	32	32	32	32
Ecuación	3 + ERLA(0.389, 3)	3 + WEIB(1.32, 1.97)	NORM(4.17, 0.623)	3 + 2.95 * BETA(1.82, 2.69)
Estadístico de la prueba	0,1331	0,0976	0,1003	0,0933
P-Valor	> 0,15	> 0,15	0,0898	> 0,15
Nivel de significancia	0,05	0,05	0,05	0,05
Error cuadrático	0,00156	0,00167	0,0106	0,0053

Tabla 10. Resultados de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnoff para el proceso de cosecha.

Fuente: El investigador.

Selección de la distribución para los tiempos del proceso “Cosecha”.

Conocidos los resultados de ambas pruebas estadísticas para encontrar el mejor ajuste para representar los tiempos del proceso “Cosecha”, se ha decidido utilizar la distribución Normal de ecuación NORM (4.17, 0.623). Nótese que esta distribución es la mejor en la prueba Anderson-Darling, pero no la mejor en la prueba Kolgomorov-Smifnoff. Sin embargo se puede apreciar en la tabla 10 que para la

prueba Kolgomorov-Smifnoff, las distribuciones resultan bastantes precias. Adicionalmente, según Kelton (2.005) la distribución normal es apropiada para representar este tipo de procesos en los modelos de simulación.

Tiempo del proceso “Empaque”

Prueba Anderson-Darling.

En la figura número 18 se pueden apreciar los resultados de la prueba Anderson-Darling para el ajuste de tiempo del proceso “Empaque”. Se analizaron un total de 32 datos correspondientes a los registros de tiempos de 32 semanas para el proceso en cuestión. Como se aprecia en la figura, queda claro que, de las tres distribuciones usadas (normal, exponencial y Weibull), las dos que mejor se ajustan a las observaciones son la Normal y la Weibull –los puntos se sitúan muy cerca de la línea y el comportamiento de los mismos no sigue un patrón curvilíneo como en el caso de la exponencial. Además de lo observado en la figura 18, tenemos los valores del estadístico de Anderson-Darling ajustado, el cual es un reflejo de cuán lejos se encuentran los puntos respecto de la recta. Por tanto, cuanto menor sea el valor de dicho estadístico, tanto mejor será la bondad del ajuste. De los valores de dicho estadístico, se desprende nuevamente que la Weibull ($AD = 1,53$) y la normal ($AD = 1,60$) proporcionan un mejor ajuste a las observaciones para esta prueba estadística.

Cabe destacar que las distribuciones seleccionadas corresponden a los tres mejores ajustes de la prueba Anderson-Darling.

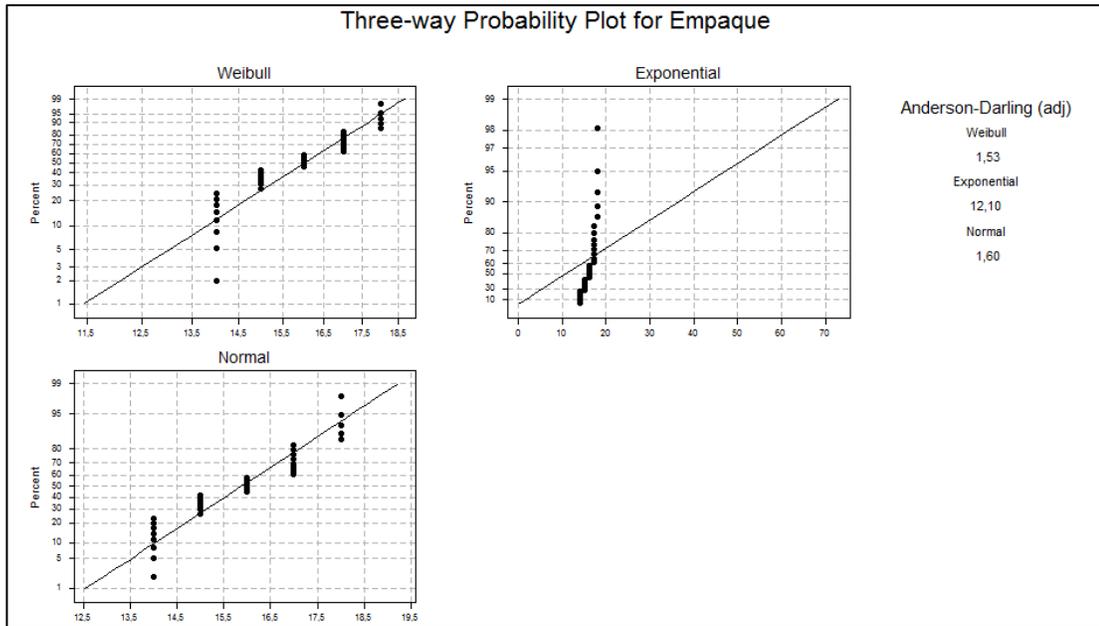


Figura 18. Resultados de la prueba de bondad de ajuste Anderson-Darling para el proceso de empaque.

Fuente: El investigador.

Prueba Kolgomorov-Smirnoff.

En la tabla número 11 se pueden apreciar los resultados de la prueba Kolgomorov-Smirnoff para el ajuste de tiempo del proceso “Empaque”. Se analizaron un total de 32 datos correspondientes a los registros de tiempos de 32 semanas para el proceso en cuestión. Como se aprecia en la tabla, sólo existen dos distribuciones posibles según esta prueba y ambas representan un buen ajuste para las observaciones. En todas el “p-valor” es mayor que el nivel de significancia de la

prueba y el error cuadrático entre los ajustes es poco significativo. Conocido esto entonces tenemos que la distribución Uniforme y Normal representan los mejores ajustes para este caso. Cabe destacar que las distribuciones seleccionadas corresponden a los dos mejores ajustes de la prueba Kolmogorov-Smirnoff.

Prueba Kolmogorov-Smirnoff para el ajuste de tiempos del proceso "Empaque"		
	UNIFORME	NORMAL
Datos analizados	32	32
Ecuación	UNIF(14, 18)	NORM(15.9, 1.43)
Estadístico de la prueba	0,156	0,106
P-Valor	> 0,15	> 0,15
Nivel de significancia	0,05	0,05
Error cuadrático	0,008984	0,0255

Tabla 11. Resultados de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnoff para el proceso de empaque.

Fuente: El investigador.

Selección de la distribución para los tiempos del proceso “Empaque”.

Conocidos los resultados de ambas pruebas estadísticas para encontrar el mejor ajuste para representar los tiempos del proceso “Empaque”, se ha decidido utilizar la distribución Uniforme de ecuación UNIF (14, 18). Nótese que esta distribución posee un error cuadrático muy pequeño en comparación con la distribución normal.

A continuación se muestra una tabla resumen con las distribuciones seleccionadas para representar los tiempos de cada uno de los procesos estudiados:

PROCESO	DISTRIBUCIÓN SELECCIONADA
SELECCIÓN DE SEMILLAS	NORM (3.97, 0.596)
HIDROPONÍA	TRIA (29.1, 30.1, 32.4)
INVERNADERO	$39 + 11 * \text{BETA}(1.8, 0.751)$
COSECHA	NORM (4.17, 0.623)
EMPAQUE	UNIF (14, 18).

Tabla 12. Distribuciones seleccionadas para representar los tiempos de cada uno de los procesos estudiados.

Fuente: El investigador.

CAPITULO V

Construcción del modelo de simulación y análisis de resultados.

Con todos los datos recolectados y analizados en el capítulo anterior, se plantearon varios escenarios probables de funcionamiento de la línea de producción y se construyeron varios modelos de simulación para ver los comportamientos de las variables de resultado de interés (Tiempo total de producción, utilización de máquinas y mano de obra). En la tabla 13 se muestra un resumen de los escenarios en cuestión y en la tabla 14 se muestra, para cada escenario, los resultados obtenidos para cada variable de interés. Cabe destacar que los modelos de simulación se construyeron para evaluar una (1) semana de producción, realizándose cincuenta y dos (52) replicaciones de cada uno, con un intervalo de confianza del 95%.

Descripción	Proceso	ESCENARIOS					
		Actual	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5
Cantidad máxima de semillas procesadas (Kg/semana)		925,00	1.618,75	1.618,75	1.618,75	1.618,75	1.618,75
Número de Operarios por proceso (Operarios/semana)	Selección	3	5	3	5	5	5
	Hidroponía			5	3	3	3
	Invernadero			3	3	3	3
	Cosecha			5	5	5	5
	Empaque			3	4	4	4
Tiempo de procesamiento (Horas /semana)	Selección	NORM (3.97, 0.596)		NORM (3.97, 0.596)		NORM (4,16, 0.619)	
	Hidroponía	TRIA (29.1, 30.1, 32.4)		TRIA (29.1, 30.1, 32.4)		TRIA (30.5, 31.60, 34.02)	
	Invernadero	39 + 11.BETA(1.8, 0.751)		39 + 11.BETA(1.8, 0.751)		39 + 11.BETA(1.89, 0.78)	
	Cosecha	NORM (4.17, 0.623)		NORM (4.17, 0.623)		NORM (4.37, 0.65)	
	Empaque	UNIF (14, 18).		UNIF (14, 18).		UNIF (15, 19).	
Número de máquinas- Proceso Hidroponía		1	2	2	2	2	2
Jornada laboral		De lunes a viernes, de 8:00 am a 12:00 M, y de 1:00 pm a 5:00pm. Sábados y domingos de 8:00am a 2:00pm.					

Tabla 13. Escenarios simulados para el caso de estudio.

Fuente: El investigador.

Descripción	Tiempo Total Producción		Utilización máquina 1		Utilización máquina 2		Utilización operarios	
	Media	I.C	Media	I.C	Media	I.C	Media	I.C
Escenario Actual	123,04	[120,92; 125,15]	18,14%	[17,49; 18,85]			74,92%	[71,72; 78,12]
Escenario 1	124,59	[120,9; 125,1]	18,14%	[17,49; 18,85]	15,17%	[14,52; 15,82]	74,92%	[71,72; 78,12]
Escenario 2	125,04	[123,12; 126,96]	18,14%	[17,49; 18,85]	15,17%	[14,52; 15,82]	75%	[73,72; 76,28]
Escenario 3	125,04	[123,12; 126,96]	18,14%	[17,49; 18,85]	15,17%	[14,52; 15,82]	90,87%	[87,74; 94,01]
Escenario 4	128,37	[125,67; 131,07]	18,14%	[17,49; 18,85]	15,17%	[14,52; 15,82]	90,87%	[87,74; 94,01]
Escenario 5	137,81	[134,60; 141,01]	19,03%	[17,49; 18,85]	15,17%	[14,52; 15,82]	90,87%	[87,74; 94,01]

Tabla 14. Resultados obtenidos para cada variable de interés en cada escenario.
Fuente: El investigador.

Los modelos de simulación utilizados para cada escenario siguieron la estructura mostrada en la figura 19.

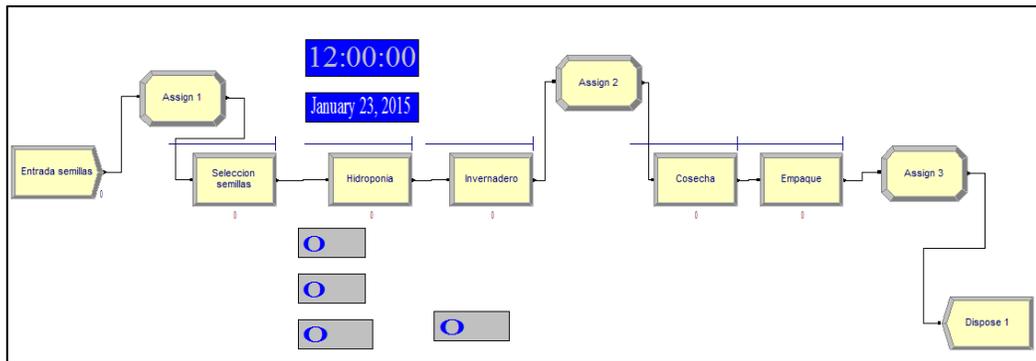


Figura 19. Estructura del modelo de simulación de la línea de producción, utilizando el software Arena 14®.

Fuente: El investigador.

Descripción y análisis de los escenarios.

Planteamiento de escenarios posibles para aumentar la producción.

Debido a que actualmente existe demanda insatisfecha importante, además de que se estima que la demanda de unidades aumente considerablemente, tal y como se muestra en las tablas 4 y 5 respectivamente, se plantearán un conjunto de escenarios con diferentes supuestos de tal forma de evaluar cuál de todos ellos representará la mejor alternativa en función de aumentar la producción de unidades, con el menor costo y la mayor rentabilidad posible.

Las capacidades existentes de cada uno de los procesos mostradas en la tabla número 6 pueden aumentar en un porcentaje de su capacidad actual, según un estudio de distribuciones en planta elaborado por la coordinación de producción de la empresa en cuestión. Dichos datos se muestran en la siguiente tabla:

Procesos	Selección	Hidroponía	Invernadero	Cosecha	Empaque
Número de operarios	3	3	3	3	3
Número de máquinas	N/A	1	N/A	N/A	N/A
Capacidades utilizadas (%)	99,18	99,18	99,18	98,19	90,91
Máxima capacidad de expansión	75%	75%	75%	75%	75%
Producción actual máxima	10.572 unidades/mes				

Tabla 15. Resumen situación actual de la línea de producción y el porcentaje de ampliación de capacidad para cada proceso.

Fuente: Coordinación de producción-Alimentos Alpha 2, C.A

De la tabla 15 tenemos que , por ejemplo, el proceso de hidroponía puede aumentar su capacidad en un 75% de la capacidad actual, que, según los datos mostrados en la tabla 6, pasaría de procesar 3.700 Kg de semillas mensuales a poder procesar 6.475 kg de semillas mensuales.

Debido a que la operación “cuello de botella” de la línea de producción es el proceso de Hidroponía, tal y cómo se describió brevemente en el capítulo 4, construiremos varios escenarios considerando el máximo aumento posible de la capacidad de este proceso.

El aumento de un 75% de la capacidad actual para el proceso de hidroponía viene ligado a la puesta en marcha de una máquina con tecnología renovada que puede procesar un máximo de 2.775kg de semillas mensuales en el mismo tiempo de procesamiento de la máquina actual.

Cabe destacar que, dado que se utilizará como base el aumento del 75% de la capacidad del proceso de hidroponía, se deben considerar los siguientes aumentos de capacidad en los demás procesos para que la línea quede balanceada (según datos proporcionados por la Coordinación de Producción de Alimentos Alpha 2, C.A):

1. Aumento de la capacidad del proceso de invernadero en un 75%.
2. Aumento de la capacidad del proceso de cosecha del 63,2%.
3. Aumento de la capacidad el proceso de empaque del 15%.

Los costos asociados a cada uno de estos aumentos de capacidad se mostrarán más adelante en la sección de análisis económico de la alternativa de decisión.

Escenario Actual.

1. Manejo de un máximo de kilogramos de semillas semanales de 925, que corresponde a la capacidad máxima en el proceso de hidroponía.
2. Tres operarios para cada uno de los procesos, los mismos para cada proceso.
3. Los tiempos de procesamiento son los descritos en la tabla 12.

Se realizó la simulación de la situación actual de la línea de producción con 52 replicaciones. Los resultados obtenidos e muestran en la tabla 15.

Indicador	Media	Intervalo de confianza
Tiempo total de producción (Horas/semana)	123,04	[120,92; 125,15]
Utilización máquina 1	18,14%	[17,49; 18,85]
Utilización operarios	74,92%	[71,72; 78,12]

Tabla 16. Resultados del modelo de simulación para la situación actual de la línea de producción.

Fuente: El investigador.

De la tabla 16 podemos obtener varias conclusiones. En primer lugar, tenemos que la producción de unidades máxima semanal se hace en un tiempo promedio de 123,04 horas por semana, lo cual es inferior al tiempo total disponible que es de 168 horas semanales (7 días a 24 horas). Esto representa un total de

producción máximo de 10.572 unidades al mes. En segundo lugar, podemos observar que la utilización de la máquina 1 en el proceso de hidroponía es del 18,14% en base al tiempo total de producción, es decir, de las 123,04 horas promedio utilizadas semanalmente para fabricación, sólo se utiliza la máquina 22,31 horas. Esto coincide perfectamente con la situación real puesto que se observa mucho tiempo de parada de máquina cuando empieza la fase del proceso de hidroponía. Este par de análisis permiten verificar que el modelo se adapta de gran forma a la realidad.

Escenario 1.

Para el escenario 1, vamos a asumir para construir el modelo de simulación, además de lo descrito anteriormente, lo siguiente:

1. Aumento en la capacidad del proceso de hidroponía.
2. Manejo de un máximo de kilogramos de semillas semanales de 1.618,75 kg, que corresponde al máximo aumento de la capacidad en el proceso de hidroponía.
3. El número de operarios aumenta de tres operarios a cinco operarios fijos para cada uno de los procesos.
4. Los tiempos de proceso se mantienen iguales, según lo descrito en la tabla 12, suponiendo que los aumentos de las capacidades permiten alcanzar los objetivos bajo los mismos estándares de tiempo.

Se realizó la simulación del escenario 1 con 52 replicaciones. Los resultados obtenidos e muestran en la tabla 17.

Indicador	Media	Intervalo de confianza
Tiempo total de producción (Horas/semana)	124,59	[120,92; 125,15]
Utilización máquina 1 (Hidroponía)	18,14%	[17,49; 18,85]
Utilización máquina extra (Hidroponía)	15,17%	[14,52; 15,82]
Utilización operarios	74,92%	[71,72; 78,12]

Tabla 17. Resultados del modelo de simulación para el escenario 1.

Fuente: El investigador.

De la tabla 17 podemos obtener varias conclusiones. En primer lugar, tenemos que la producción de unidades máxima semanal se hace en un tiempo promedio de 124,59 horas por semana, estando acorde con el tiempo total disponible que es de 168 horas semanales (7 días a 24 horas). Esto representa un total de producción máximo de 18.500 unidades al mes, permitiendo cubrir con la demanda insatisfecha y con los pronósticos de crecimiento mostrados en la tabla 4. En segundo lugar, podemos observar que el porcentaje de utilización de las máquinas en el proceso de hidroponía es del 18,14% en base al tiempo total de producción, es decir, de las 123,04 horas promedio utilizadas semanalmente para fabricación, sólo se utilizan las máquinas 22,31 horas. Por último podemos observar que los operarios tienen una utilización bastante baja y esto debe ser mejorado para no incurrir en costos adicionales por contratación de personal no necesario.

Escenario 2.

Para el escenario 2, vamos a asumir para construir el modelo de simulación, además de lo descrito anteriormente, lo siguiente:

1. Utilización de la capacidad máxima de expansión del proceso de hidroponía.
2. Manejo de un máximo de kilogramos de semillas semanales de 1.618,75 kg, que corresponde al máximo aumento de la capacidad en el proceso de hidroponía.
3. El número de operarios aumenta linealmente según los aumentos de capacidad a realizar, tal y cómo se muestra a continuación:

Proceso	Aumento capacidad	Nro. Operarios adicionales
<i>Invernadero</i>	75%	2
<i>Cosecha</i>	63,20%	2
<i>Empaque</i>	15%	0

Tabla 18. Aumento lineal de operarios por procesos según el aumento de capacidad previsto.

Fuente: El investigador.

4. Los tiempos de proceso se mantienen iguales, según lo descrito en la tabla 12, suponiendo que los aumentos de las capacidades permiten alcanzar los objetivos bajo los mismos estándares de tiempo.

Se realizó la simulación del escenario 2 con 52 replicaciones. Los resultados obtenidos e muestran en la tabla 19.

Indicador	Media	Intervalo de confianza
Tiempo total de producción (Horas/semana)	125,04	[123,12; 126,96]
Utilización máquina 1 (Hidroponía)	18,14%	[17,49; 18,85]
Utilización máquina extra (Hidroponía)	15,17%	[14,52; 15,82]
Utilización operarios	75%	[73,72; 76,28]

Tabla 19. Resultados del modelo de simulación para el escenario 2.

Fuente: El investigador.

De la tabla 19 podemos obtener varias conclusiones. En primer lugar, tenemos que la producción de unidades máxima semanal se hace en un tiempo promedio de 125,04 horas por semana, estando acorde con el tiempo total disponible que es de 168 horas semanales (7 días a 24 horas). Esto representa un total de producción máximo de 18.500 unidades al mes, permitiendo cubrir con la demanda insatisfecha y con los pronósticos de crecimiento mostrados en la tabla 5. En segundo lugar, podemos observar que el porcentaje de utilización de las máquinas en el proceso de hidroponía es del 18,14% en base al tiempo total de producción, es decir, de las 123,04 horas promedio utilizadas semanalmente para fabricación, sólo se utilizan las máquinas 22,31 horas. Por último podemos observar que los operarios en este escenario poseen mayor porcentaje de utilización en relación con el escenario 1 gracias a la asignación lineal establecida en función de los aumentos de capacidad previstos, sin embargo, aún con un margen que puede ser mejorado.

Cabe destacar que el supuesto lineal asumido para la asignación de operarios por proceso en función de los aumentos de capacidad previstos no se cumple siempre en la vida real. El hecho que se suponga que a medida que aumenta la mano de obra disminuyen los tiempos de ejecución de un trabajo es válido hasta cierto punto. Este concepto ha sido explicado por Case, 1999 en su trabajo "*Principles of Economics*" en donde se plantea una ley denominada "*ley de los rendimientos decrecientes*" en la cual afirma que a medida que se añaden cantidades adicionales de un factor productivo en la producción de un bien, manteniendo el empleo del resto de los factores sin variación, se alcanza un punto a partir del que la producción total aumenta cada vez menos hasta que incluso empieza a disminuir.

Conocido esto se nos presenta la siguiente interrogante: ¿Cuántos operarios son necesarios asignar para cada proceso? Recordemos que es necesaria una asignación de operarios a cada proceso que minimice los costos y maximice la rentabilidad, cumpliendo con las metas de producción.

Para dar respuesta a esta interrogante, Nicholson (2011) en su obra "Teoría microeconómica" señala que, con el objetivo de maximizar los beneficios, se deben emplear los recursos (en este caso mano de obra) que permitan alcanzar un nivel de producción en donde el ingreso marginal sea igual al costo marginal.

Conocido lo anteriormente expuesto, la empresa desea conocer cómo influye el aumento de capacidad en los procesos con los operarios, según lo descrito en la tabla 20.

Proceso	Aumento capacidad	Nro. Operarios adicionales
<i>Selección</i>	75%	2
<i>Hidroponía</i>	75%	0
<i>Invernadero</i>	75%	0
<i>Cosecha</i>	63,20%	2
<i>Empaque</i>	15%	1

Tabla 20. Operarios adicionales para cada proceso en función del aumento de capacidad.

Fuente: Gerencia General-Alimentos Alpha 2, C.A.

La información suministrada en la tabla 20 será tomada en cuenta para la generación de los próximos escenarios.

Escenario 3.

Para el escenario 3, vamos a asumir para construir el modelo de simulación, además de lo descrito anteriormente, lo siguiente:

1. Utilización de la capacidad máxima de expansión del proceso de hidroponía.
2. Manejo de un máximo de kilogramos de semillas semanales de 1.618,75 kg, que corresponde al máximo aumento de la capacidad en el proceso de hidroponía.
3. El número de operarios adicionales en función de los aumentos de capacidad previstos son los que han sido especificados en la tabla 20.

4. Los tiempos de proceso se mantienen iguales, según lo descrito en la tabla 12, suponiendo que los aumentos de las capacidades permiten alcanzar los objetivos bajo los mismos estándares de tiempo.

Se realizó la simulación del escenario 3 con 52 replicaciones. Los resultados obtenidos e muestran en la tabla 21.

Indicador	Media	Intervalo de confianza
Tiempo total de producción (Horas/semana)	125,04	[123,12; 126,96]
Utilización máquina 1 (Hidroponía)	18,14%	[17,49; 18,85]
Utilización máquina extra (Hidroponía)	15,17%	[14,52; 15,82]
Utilización operarios	90,87%	[87,74; 94,01]

Tabla 21. Resultados del modelo de simulación para el escenario 2.

Fuente: El investigador.

De la tabla 21 podemos obtener varias conclusiones. En primer lugar, tenemos que la producción de unidades máxima semanal se hace en un tiempo promedio de 125,04 horas por semana, estando acorde con el tiempo total disponible que es de 168 horas semanales (7 días a 24 horas). Esto representa un total de producción máximo de 18.500 unidades al mes, permitiendo cubrir con la demanda insatisfecha y con los pronósticos de crecimiento mostrados en la tabla 5. En segundo lugar, podemos observar que el porcentaje de utilización de las máquinas en el proceso de hidroponía es del 18,14% en base al tiempo total de producción, es decir, de las 123,04 horas promedio utilizadas semanalmente para fabricación, sólo se

utilizan las máquinas 22,31 horas. Por último podemos observar que los operarios en este escenario poseen un porcentaje de utilización bastante alto, hecho que permite concluir que la asignación de operarios en función de costos e ingresos marginales proporcionada por la alta gerencia permite el máximo aprovechamiento de la jornada laboral.

Ahora bien, todos los escenarios construidos hasta ahora han supuesto que los tiempos de los procesos no sufren cambios. Para mejorar esto en el modelo asumiremos que las medias y desviaciones estándar de los tiempos de cada proceso aumenten en una proporción fija para evaluar hasta qué punto se pueda mantener el volumen de producción semanal deseado. Esto no es el proceso de inferencia estadística riguroso que debería llevarse a cabo, pero las bases matemáticas implícitas en este desarrollo se encuentran fuera del alcance de esta investigación.

Escenario 4.

Para el escenario 4, vamos a asumir para construir el modelo de simulación, además de lo descrito anteriormente, lo siguiente:

1. Utilización de la capacidad máxima de expansión del proceso de hidroponía.
2. Manejo de un máximo de kilogramos de semillas semanales de 1.618,75 kg, que corresponde al máximo aumento de la capacidad en el proceso de hidroponía.

3. El número de operarios adicionales en función de los aumentos de capacidad previstos son los que han sido especificados en la tabla 20.
4. Las medias y desviaciones estándar de los tiempos de los procesos aumentarían en un 5%, quedando como se muestran en la tabla 22.

PROCESO	Distribución Tiempo del proceso (Horas-semana)
<i>Selección De Semillas</i>	NORM (4,16, 0.619)
<i>Hidroponía</i>	TRIA (30.5, 31.60, 34.02)
<i>Invernadero</i>	39 + 11 * BETA(1.89, 0.78)
<i>Cosecha</i>	NORM (4.37, 0.65)
<i>Empaque</i>	UNIF (15, 19).

Tabla 22. Tiempos de los procesos-Escenario 4

Fuente: El investigador.

Se realizó la simulación del escenario 4 con 52 repeticiones. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 23.

Indicador	Media	Intervalo de confianza
Tiempo total de producción (Horas/semana)	128,37	[125,67; 131,07]
Utilización máquina 1 (Hidroponía)	18,14%	[17,49; 18,85]
Utilización máquina extra (Hidroponía)	18,14%	[17,49; 18,85]
Utilización operarios	90,87%	[87,74; 94,01]

Tabla 23. Resultados del modelo de simulación para el escenario 4.

Fuente: El investigador.

De la tabla 23 podemos obtener varias conclusiones. En primer lugar, tenemos que la producción de unidades máxima semanal se hace en un tiempo promedio de 128,37 horas por semana. Esto representa un total de producción máximo de 18.500 unidades al mes, permitiendo cubrir con la demanda insatisfecha y con los pronósticos de crecimiento mostrados en la tabla 5. En segundo lugar, podemos observar que el porcentaje de utilización de las máquinas en el proceso de hidroponía es del 19,03% en base al tiempo total de producción, es decir, de las 123,04 horas promedio utilizadas semanalmente para fabricación, sólo se utilizan las máquinas 23,31 horas. Por otra parte podemos observar que los operarios en este escenario poseen un porcentaje de utilización bastante alto, hecho que permite concluir que la asignación de operarios en función de costos e ingresos marginales proporcionada por la alta gerencia permite el máximo aprovechamiento de la jornada laboral. Por último, podemos concluir que si las medias y desviaciones estándar de los tiempos de los procesos aumentan en un 5%, tal y como se ilustra en la tabla 23, la línea de producción se mantiene estable para el volumen de producción deseado.

Escenario 5.

Para el escenario 5, vamos a asumir para construir el modelo de simulación, además de lo descrito anteriormente, lo siguiente:

1. Utilización de la capacidad máxima de expansión del proceso de hidroponía.

2. Manejo de un máximo de kilogramos de semillas semanales de 1.618,75 kg, que corresponde al máximo aumento de la capacidad en el proceso de hidroponía.
3. El número de operarios adicionales en función de los aumentos de capacidad previstos son los que han sido especificados en la tabla 20.
4. Las medias y desviaciones estándar de los tiempos de los proceso aumentaran en un 15%, quedando como se muestran en la tabla 24.

PROCESO	Distribución Tiempo del proceso (Horas-semana)
<i>Selección De Semillas</i>	NORM (4,56, 0.67)
<i>Hidroponía</i>	TRIA (33.5, 34.60, 37.02)
<i>Invernadero</i>	39 + 11 * BETA(2.07, 0.86)
<i>Cosecha</i>	NORM (4.79, 0.71)
<i>Empaque</i>	UNIF (16, 21).

Tabla 24. Tiempos de los procesos-Escenario 5

Fuente: El investigador.

Se realizó la simulación del escenario 5 con 52 replicaciones. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 25.

Indicador	Valor	Intervalo de confianza
Tiempo total de producción (Horas/semana)	137,81	[134,60; 141,01]
Porcentaje de utilización máquina 1 (Hidroponía)	19,03%	[17,49; 18,85]
Porcentaje de utilización máquina extra (Hidroponía)	18,14%	[17,49; 18,85]
Tiempo de utilización operarios	90,87%	[87,74; 94,01]

Tabla 25. Resultados del modelo de simulación para el escenario 5.

Fuente: El investigador.

De la tabla 25 podemos obtener varias conclusiones. En primer lugar, tenemos que la producción de unidades máxima semanal se hace en un tiempo promedio de 137,81 horas por semana. Esto representa un total de producción máximo de 18.500 unidades al mes, permitiendo cubrir con la demanda insatisfecha y con los pronósticos de crecimiento mostrados en la tabla 5. En segundo lugar, podemos observar que el porcentaje de utilización de las máquinas en el proceso de hidroponía es del 19,03% en base al tiempo total de producción, es decir, de las 123,04 horas promedio utilizadas semanalmente para fabricación, sólo se utilizan las máquinas 23,31 horas. Por otra parte podemos observar que los operarios en este escenario poseen un porcentaje de utilización alto, hecho que permite concluir que la asignación de operarios en función de costos e ingresos marginales proporcionada por la alta gerencia permite el máximo aprovechamiento de la jornada laboral. Por último, podemos concluir que si las medias y desviaciones estándar de los tiempos de los procesos aumentan en un 15%, tal y como se ilustra en la tabla 26, la línea de producción se mantiene estable para el volumen de producción deseado.

Comparación de resultados obtenidos para cada escenario.

Una vez identificado cuál de los escenarios corresponde con la mejor alternativa de decisión, es necesario determinar si los resultados obtenidos fueron producto de la aleatoriedad que induce la utilización de la corriente de números

aleatorios por el software de apoyo (Arena) o por los cambios realizados en las variables en cada escenario. Cabe destacar que el criterio para la selección del mejor escenario es el de seleccionar aquel cuyo tiempo total de producción sea el máximo posible para una semana de trabajo. Para esto se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA), planteando la siguiente prueba de hipótesis:

Hipótesis nula (H_0): $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$: Las medias “ μ ” de los k grupos son iguales y por tanto las diferencias encontradas pueden explicarse por el azar. Dicho de otro modo, los grupos proceden de poblaciones con medias iguales. En nuestro caso particular, la hipótesis nula es “No hay diferencias entre los escenarios”

Hipótesis alternativa (H_1): Al menos uno de los grupos tiene una media distinta del resto de grupos. Las medias “ μ ” de los “ k ” grupos son diferentes y por tanto no existen evidencias estadísticamente suficientes para aceptar la hipótesis nula. Dicho de otro modo, los grupos proceden de poblaciones con medias diferentes. En nuestro caso particular, la hipótesis alterna es “Si hay diferencias entre los escenarios”

Los resultados obtenidos una vez realizado el análisis de varianza a través de la utilización del software “Output Analyzer” se muestran a continuación.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F experimental
<i>Intergrupo (entre escenarios)</i>	1151	4	287,8	2,853
<i>Intragrupo</i>	9582	95	101	
TOTAL	10733	99	F crítica	2,467
Resultado: Rechazar la hipótesis nula. No todas las medias son iguales para un nivel de confianza de 0,05				

Tabla 26. Análisis de la varianza (ANOVA) para la comparación entre los escenarios.

Fuente: El investigador.

Los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza muestran que no todas las medias de los grupos son iguales para un nivel de significancia del 5%. Esto quiere decir que no existen evidencias estadísticamente significativas en un nivel de confianza del 95% para aceptar que las muestras seleccionadas provienen de la misma población, lo cual nos lleva a la conclusión de que la variabilidad de los resultados obtenidos es producto de los cambios realizados en la variable de control y no producto de la aleatoriedad.

Para identificar cuál de los “pares de escenarios” difieren en cuanto a su media muestral se realizaron pruebas” t de student” para cada combinación de pares de escenarios posibles (método de bonferroni). La prueba de hipótesis planteada fue la siguiente:

Hipótesis nula (H₀): $\mu_1 = \mu_2$; Las medias de los 2 grupos son iguales y por tanto las diferencias encontradas pueden explicarse por el azar. Dicho de otro modo, los grupos proceden de poblaciones con medias iguales.

Hipótesis alternativa (H₁): $\mu_1 \neq \mu_2$; Las medias de los 2 grupos son diferentes y por tanto no existen evidencias estadísticamente suficientes para aceptar la hipótesis nula. Dicho de otro modo, los grupos proceden de poblaciones con medias diferentes.

En la tabla mostrada a continuación se encuentran el análisis de todos los pares de escenarios posibles.

Límite inferior	$\mu_i - \mu_k$	Límite superior
-4,06	$\mu_1 - \mu_2$	14,2
-4,7	$\mu_1 - \mu_3$	13,49
0,0272	$\mu_1 - \mu_4$	18,28
-0,0964	$\mu_1 - \mu_5$	18,16
-9,832	$\mu_2 - \mu_3$	8,42
-5,041	$\mu_2 - \mu_4$	13,21
-5,165	$\mu_2 - \mu_5$	13,09
-4,33	$\mu_3 - \mu_4$	13,92
-4,46	$\mu_3 - \mu_5$	13,8
-9,251	$\mu_4 - \mu_5$	9,04

Tabla 27. Resultados del método de Bonferroni para las comparaciones entre los escenarios, con un intervalo de confianza del 95%.

Fuente: El investigador.

Nótese que el par comparado que difiere en cuanto a la media muestral es el que involucra a los escenarios 1 y 4. En el escenario 4, se maximiza el tiempo total de producción semanal suponiendo que los tiempos de los procesos aumentan. De esta manera la conclusión es que el escenario 4 es una mejora significativa sobre el escenario 1, pero no lo es en comparación con los demás. Esto tiene que ver directamente con el intervalo de confianza utilizado (95%). Para observar si el escenario 4 difiere de algún otro escenario se ha realizado la prueba de bonferroni utilizando un intervalo de confianza de 90%. Los resultados se muestran en la tabla 28.

Límite inferior	$\mu_i - \mu_k$	Límite superior
-4,06	$\mu_1 - \mu_2$	14,2
-3,7	$\mu_1 - \mu_3$	12,99
0,0272	$\mu_1 - \mu_4$	18,28
-0,0001	$\mu_1 - \mu_5$	16,63
-9,832	$\mu_2 - \mu_3$	8,42
0,0171	$\mu_2 - \mu_4$	13,21
-5,165	$\mu_2 - \mu_5$	13,09
-3,99	$\mu_3 - \mu_4$	12,92
-4,47	$\mu_3 - \mu_5$	11,8
-9,251	$\mu_4 - \mu_5$	9,04

Tabla 28. Resultados del método de Bonferroni para las comparaciones entre los escenarios, con un intervalo de confianza del 90%.

Fuente: El investigador.

Nótese que ahora difieren en cuanto a la media muestral dos pares de comparaciones. De esta manera la conclusión es que el escenario 4 representa una

mejora significativa sobre el escenario 1 y el escenario 2, lo cual nos permite inferir que el escenario 4 representa una mejora significativa respecto a la situación actual.

Conclusiones del análisis técnico de los 5 escenarios construidos.

Luego de haber construido cinco escenarios con diferentes supuestos, se concluye que técnicamente se puede aumentar el volumen de producción de unidades de 10.500 unidades por mes que se fabrican actualmente a 18.500 unidades por mes, tomando como criterio de decisión lo planteado en el escenario número 4, aumentando la capacidad de los procesos según lo descrito a continuación:

Proceso	Aumento de capacidad	Nro. Operarios adicionales	Nro. máquinas adicionales	Otros equipos- Mobiliario adicional
<i>Selección</i>	75%	2		Mobiliario
<i>Hidroponía</i>	75%	0	1	
<i>Invernadero</i>	75%	0		Equipo de invernadero
<i>Cosecha</i>	63,20%	2		Mobiliario
<i>Empaque</i>	15%	1		Equipo de empaque

Tabla 29. Descripción de los aumentos de capacidad por proceso según el escenario 4 (mejor escenario)

Fuente: El investigador.

Análisis económico- Evaluación de la factibilidad de la inversión-Análisis de sensibilidad.

El aumento de las capacidades de los procesos que permitirían un aumento en el volumen de producción, tal y como se describe en la tabla 30, requiere de una inversión cuyo monto en Bs se muestra a continuación:

Proceso	Aumento capacidad	Nro Operarios adicionales	Nro máquinas adicionales	Otros equipos- Mobiliario adicional	Inversión por Aumento capacidad (Bs)
<i>Selección</i>	75%	2		Mobiliario	35.000,00
<i>Hidroponía</i>	75%	0	1		655.000,00
<i>Invernadero</i>	75%	0		Equipo de invernadero	269.000,00
<i>Cosecha</i>	63,20%	2		Mobiliario	79.500,00
<i>Empaque</i>	15%	1		Equipo de empaque	52.620,00
TOTALES					1.091.120,00

Tabla 30. Inversión requerida para los aumentos de capacidad de los procesos.

Fuente: Coordinación de administración-Alimentos Alpha 2, C.A

Según información proporcionada por la Coordinación de Ventas de la empresa, el costo total de producir una unidad de producto para la nueva configuración de la planta sería de Bs. 45,00. El precio de distribución sería de Bs. 75,00. La ganancia neta por la distribución de una unidad de producto sería de Bs. 30,00. De esta ganancia neta, sólo el 25% podría ser utilizado para invertir, según información proporcionada por la coordinación de administración de la compañía en base a las directrices de la alta gerencia. Esto quiere decir que, de los 30 Bs por unidad de ganancia neta, podrían destinarse a inversión 7,5 Bs. Todas estas cifras son libres de impuestos.

Por otra parte se toma en cuenta la demanda actual y pronosticada según lo mostrado en las tablas 4 y 5 respectivamente. En función de esta información y de las cifras económicas anteriormente expuestas, se construyó un gráfico donde se puede observar el período de recuperación de capital (en meses) de la inversión en función de las unidades vendidas.

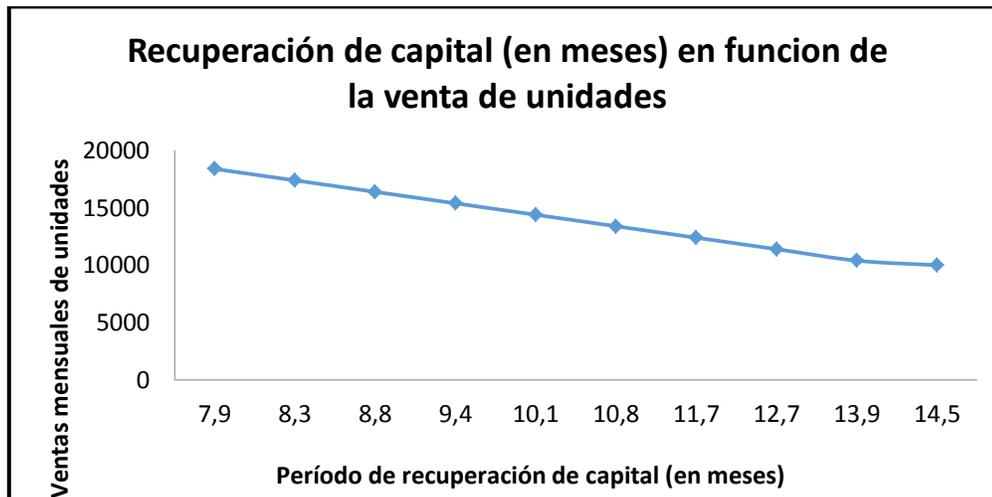


Figura 20. Recuperación de capital en función de la venta de unidades.

Fuente: El investigador.

De la figura 20 podemos visualizar, por ejemplo, que si se vendieran 13.400 unidades de producto al mes, la inversión se recuperaría en 10,85 meses. Nótese que el gráfico muestra todos los escenarios posibles de ventas comprendidos entre el mínimo de unidades vendidas actualmente y el máximo de unidades que pudiesen venderse aumentando la capacidad de fabricación, proporcionando un análisis de cuan sensible es la recuperación de la inversión en relación a las ventas. Entre un extremo y otro, los períodos de recuperación de capital van desde 7,9 meses a 14,5 meses, lo cual es bastante aceptable. Por otra parte, el análisis no considera el factor inflacionario, puesto que la importación de materias primas (semillas) está ligada a acuerdos preestablecidos con el ministerio para la alimentación, y su precio de compra está fijado a tasa de cambio preferencial (6,30 Bs por dólar), además de que existen garantías para la disponibilidad. Todo esto permite concluir que la expansión de capacidades es factible desde el punto de vista económico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Una vez realizada toda la investigación se ha concluido lo siguiente:

1. La estrategia que permitiría a la empresa resolver su problemática actual consiste en la implementación de una “política de aumento de capacidades” en varios de los procesos involucrados en la línea de producción, tal y como se describe a continuación:
 - Aumentar la capacidad en el proceso de hidroponía en un 75%, según la estrategia descrita (colocación de una nueva máquina)
 - Aumentar la capacidad en el proceso de invernadero en un 75%.
 - Aumentar la capacidad en el proceso de cosecha en un 63,2%
 - Aumentar la capacidad en el proceso de empaque en un 15%.

Todos los detalles de estos aumentos de capacidad están indicados en la tabla 30, página 89.

2. La política de aumento de capacidades en los procesos antes descrita es factible desde el punto de vista económico.
3. El aumento en el volumen de fabricación, producto de la implementación de la política de aumento de capacidades en los procesos antes descrita, permitirá atender a la demanda insatisfecha que actualmente no se puede abastecer.
4. El aumento en el volumen de fabricación, producto de la implementación de la política de aumento de capacidades en los procesos antes descrita, permitirá aumentar el volumen de ventas, asegurando índices de rentabilidad mucho más aceptables que los actuales.

5. Se recomienda a la empresa invertir en este proyecto de ampliación no sólo para atender las necesidades existentes actualmente (demanda insatisfecha, bajo niveles de servicio, entre otros) sino también como un mecanismo para generar más capital.
6. El aumento en la capacidad en los procesos antes descrita no sólo permitirá el abastecimiento total de los clientes actuales, sino que proporcionará a la empresa mayor infraestructura para generar y atender a nuevos clientes, creando una posición robusta en el mercado, manteniendo altos niveles de servicio y asegurando altos niveles de competitividad.
7. Se recomienda a la empresa mantener una buena gestión de ventas puesto que el éxito de este proyecto de ampliación depende fundamentalmente de la generación de ingresos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, Fidas (2.006). *El proyecto de investigación*. (5^{ta} ed.). Caracas: Editorial Episteme, C.A.
- Blanco, Adolfo (2.013). *Formulación y evaluación de proyectos* (10^{ma} ed.). Caracas: Editorial Ignaka.
- Bodie, Zvi y Merton (2.003), Robert. *Finanzas*. México: Pearson Education.
- Casañas, Diego (2.003). Modelo estratégico de planificación de inventarios (2^{da} ed.). Caracas: Publicaciones UCAB.
- Cepeda, I; Lacalle, M; Simón, R y Romero, D (2.004). *Economía para ingenieros*. Madrid: Thomson.
- De la Mora, Maurice (2.006). *Investigación de mercados. Enfoques, sistemas, información, procesos y proyectos*. México: Editorial Trillas.
- De Zerpa, D y Vega, P. (1.972). *Proceso de adaptación de una población de alfalfa (medicago sativa l.) a las condiciones de Maracay*. UCV, Facultad de Agronomía, Instituto de Genética.
- Díaz, D y Negreti, N (2.005). *Desarrollo de un plan integral de mejora de procesos en un centro de rehabilitación de una institución médica en el área metropolitana*. Caracas.
- Evans, James y Lindsay, William (2.009). *Administración y control de la calidad*. (7^{ma} ed.). México: Cengage Learning.

- Farnetano, Magly (2.005). *Estudio de factibilidad técnico-económico para la instalación de una planta de manufactura de cerveza en el estado Aragua.* UCAB, Dirección de Postgrado-Especialización en Gerencia de Proyectos.
- Froment David y Yepez, Marcos (2.001). *Estudio técnico y económico para la ampliación y redistribución de una planta molinera de trigo.* UCAB, Facultad de Ingeniería-Escuela de Ingeniería Industrial.
- García, S y Yáñez, J. (2008) *Estudio técnico económico para la ampliación y redistribución de las áreas de producción y almacenamiento de una planta productora de embutidos.* Caracas: UCAB.
- Gava, L.; E. Roperó; G. Serna y A. Ubierna (2008). *Dirección Financiera: Decisiones de Inversión.* Madrid: McGraw Hill.
- Hodson, W (1.996). *Manual del ingeniero industrial* (4^{ta} ed.). México: McGraw Hill.
- Kelton, D y Law, A. (2.000). *Simulation modeling and analysis.* Estados Unidos: McGraw Hill.
- Kotler, P y Armstrong, G (2.003). *Fundamentos de marketing* (6^{ta} ed.) México: Pearson Education.
- Manzano, María (2.012). *Estudio de factibilidad para la ampliación de la planta de laminación de la empresa ANDEC, S.A ubicada en la ciudad de*

Guayaquil. Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, Administración de Empresas.

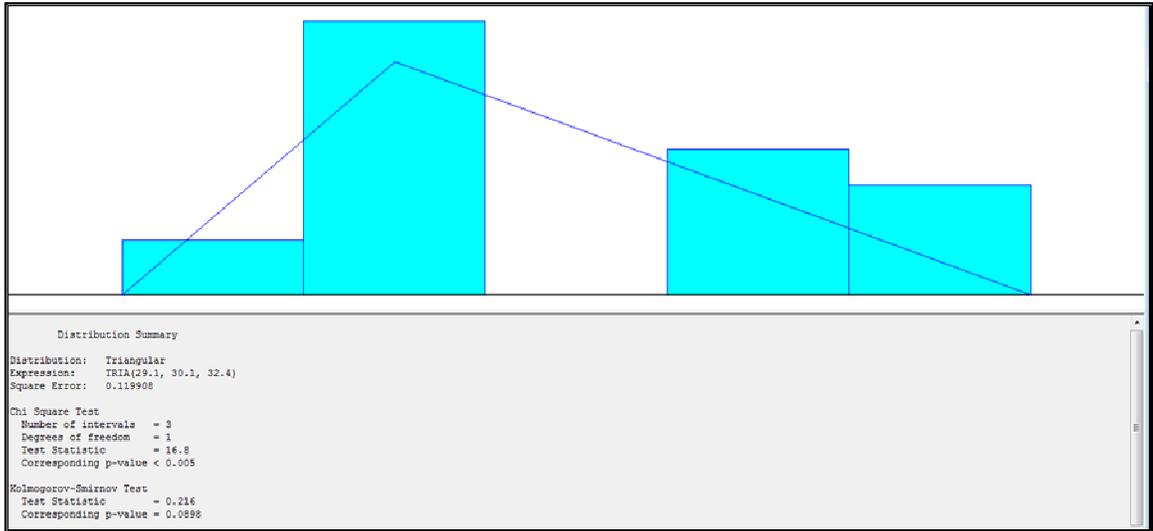
- Méndez, Carlos (2.006). *Metodología. Diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales*. (4^{ta} ed.). Bogotá: Editorial Limusa.
- Meyers, F (2.000). *Estudio de tiempos y movimientos* (2^{da} ed). México: Pearson Education.
- Moreno, Thayra (2002). *Evaluación de la dinámica microbiana durante la producción de germinados de alfalfa (Medicago sativa) obtenida de cultivo hidropónico*. U.C.V, Facultad de ciencias. Instituto de ciencia y tecnología de alimentos.
- Niebel, Benjamin (2.004). *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo* (11^a ed.). México: Alfaomega.
- Nicholson, Walter (2.009). *Teoría Microeconómica. Principios básicos y ampliaciones*(9^a ed.). México: Cengage Learning.
- Park, Chan (2.009). *Fundamentos de ingeniería económica* (2^{da} ed.). México: Pearson Education.
- Ramírez, I (2,005). *Estudio de factibilidad económica y financiera de la instalación y puesta en marcha de una institución de micro finanzas*. Caracas: UCAB:

- Sampieri, R; Fernandez, C y Baptista, P (2.010). *Metodología de la investigación* (5ta ed.). México: Mc Graw Hill.
- Sule, D.R (2.001). *Instalaciones de manufactura* (2^{da} ed.) México: Thomson Learning.
- Sullivan, William; Wicks, Elin y Luxhoj, James (2.004). *Ingeniería económica de DeGarmo* (12^{ma} ed.) México: Pearson Education.
- Valarino, E; Yáber, G y Cemborain, M (2.010). *Metodología de la investigación paso a paso*. México: Editorial Trillas.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

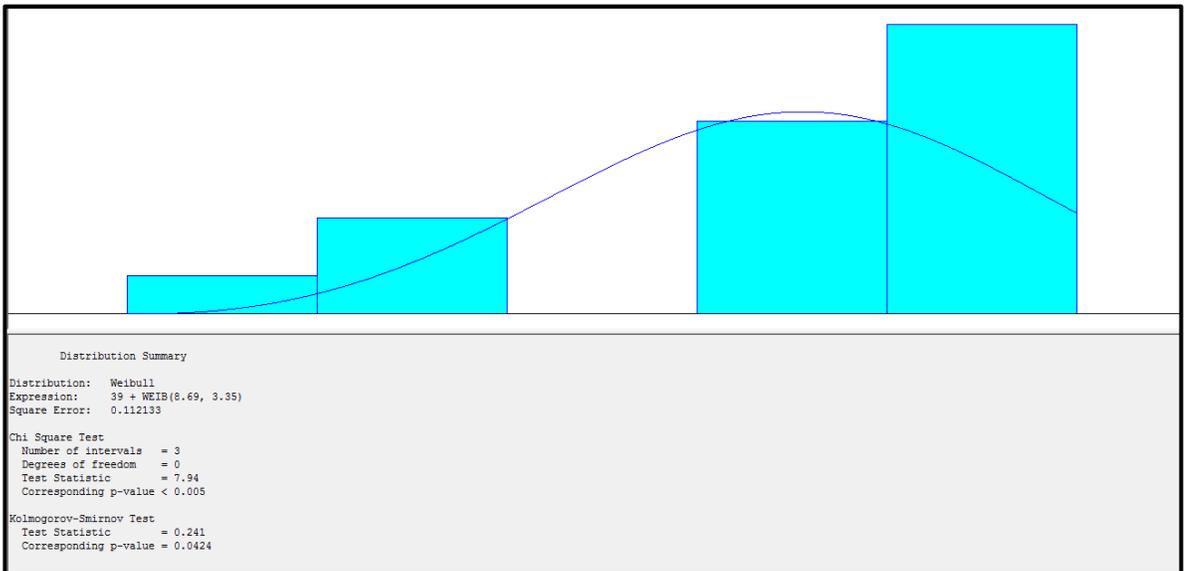
- Ayala, A (2.005). *Invemar*. Recuperado el 12 de octubre de 2014:
<http://www.invernar.org.co/redcostera1/invemar/docs/2478manual%20de%20procesos%20y%20procedimientos.pdf>.
- ISO, (.I. (31 de 05 de 2003). *Iram*. Recuperado el 12 de 10 de 2.014, de orientación acerca del enfoque basado en procesos para los sistemas de gestión de calidad ISO/TC176:
http://www.iram.com.ar/documentos/certificacion/sistemas/ISO9000_2000/procesos.pdf
- Villarroel, P. *bligoo*. Recuperado el 13 de octubre de 2.014, de mejora continua basado en el estudio de procesos, con esquemas o diagramas como herramientas de análisis:
http://www.bligoo.com/media/users/0/43657/files/2797/procesos_mejora_continua_PVM.pdf.

ANEXOS



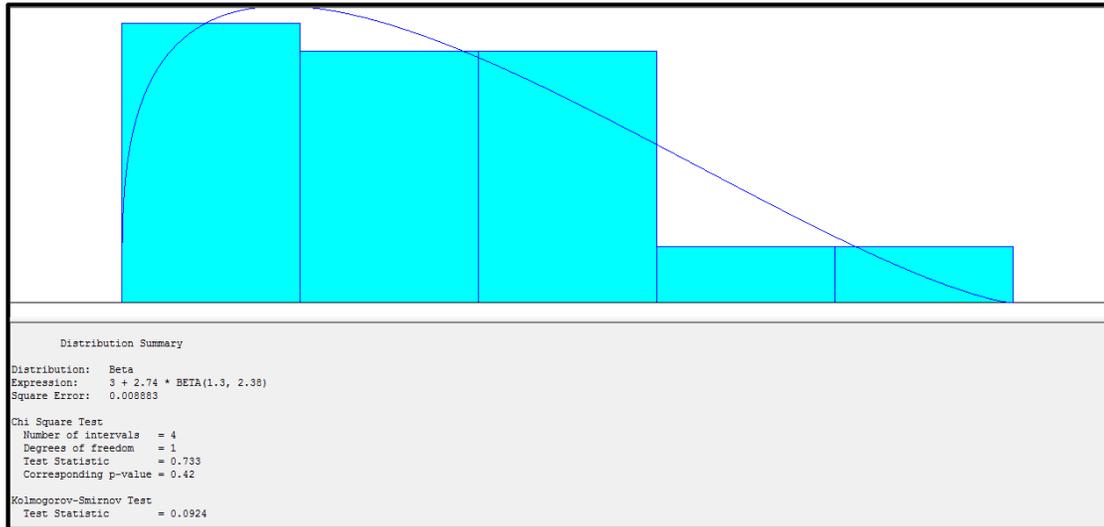
Anexo 1. Histograma de frecuencias y prueba K-S, tiempo del proceso “Hidroponía”

Fuente: El investigador.



Anexo 2. Histograma de frecuencia y prueba K-S, tiempo del proceso “Invernadero”

Fuente: El investigador.



Anexo 3. Histograma de frecuencia y prueba K-S, tiempo del proceso “Selección de semillas”

Fuente: El investigador.



Anexo 4. Histograma de frecuencia y prueba K-S, tiempo del proceso “Cosecha”

Fuente: El investigador.



Anexo 5. Histograma de frecuencia y prueba K-S, tiempo del proceso “Empaque”

Fuente: El investigador.



Anexo 6. Imagen del producto manufacturado en la línea de producción estudiada.

Fuente: El investigador.