



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga  
Departamento de Ingenierías

## PROYECTO DE TITULACIÓN

*ANÁLISIS Y CORRECCIÓN, POR MEDIO DE TÉCNICAS ESTADÍSTICAS Y DE CALIDAD EL  
PROCESO DE SELECCIÓN DEL AJO PARA EVITAR EL RE TRABAJO*

## PARA OBTENER EL TÍTULO DE

*INGENIERO INDUSTRIAL*

## PRESENTA:

*RAFAEL ALEJANDRO DÍAZ ROSALES*

## ASESOR:

*JOSÉ GUILLERMO BATISTA ORTIZ*



MAYO



# Índice

|  |    |
|--|----|
| <i>CAPÍTULO 1: PRELIMINARES</i> .....  | 3  |
| 2. <i>Agradecimientos</i> .....  | 3  |
| 3. <i>Resumen</i> .....  | 4  |
| 4. <i>Índice</i> .....   | 5  |
| <i>Lista de Tablas</i> .....   | 5  |
| <i>Lista de Figuras</i> .....  | 6  |
| <i>CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO</i> .....  | 7  |
| 5.- <i>Introducción</i> .....  | 7  |
| 6. <i>DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO DEL RESIDENTE</i> ..... | 9  |
| <i>Organigrama</i> .....   | 10 |
| 7. <i>PROBLEMAS A RESOLVER, PRIORIZÁNDOLOS</i> .....   | 11 |
| 8. <i>JUSTIFICACIÓN</i> .....  | 12 |
| 9. <i>OBJETIVOS (GENERAL Y ESPECÍFICOS)</i> .....  | 13 |
| <i>CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO</i> .....   | 14 |
| 10. <i>MARCO TEÓRICO (FUNDAMENTOS TEÓRICOS)</i> .....  | 14 |
| <i>¿QUÉ SON LOS MÍNIMOS CUADRADOS?</i> .....   | 15 |
| <i>DEFINICIÓN:</i> .....   | 15 |
| <i>¿Qué es Análisis de la Varianza (ANOVA)?</i> .....  | 17 |
| <i>Terminología ANOVA</i> .....  | 18 |
| <i>¿Para qué sirve ANOVA?</i> .....  | 19 |
| <i>Limitaciones de ANOVA</i> .....   | 19 |
| <i>CAPÍTULO 4: DESARROLLO</i> .....  | 21 |
| 11. <i>PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS</i> .....                             | 21 |
| <i>Pronóstico para determinar la mejora</i> .....  | 21 |
| <i>Mapeo del producto</i> .....  | 23 |
| <i>Cronograma de actividades</i> .....   | 26 |
| <i>CAPÍTULO 5: RESULTADOS</i> .....  | 49 |
| 12. <i>Resultados</i> .....  | 49 |
| <i>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES</i> .....  | 55 |
| 13. <i>Conclusiones del Proyecto</i> .....   | 55 |
| <i>CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS</i> .....  | 56 |

|  |    |
|--|----|
| 14. Competencias desarrolladas y/o aplicadas. .... | 56 |
| CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN .....           | 57 |
| 15. Fuentes de información .....                   | 57 |

## **CAPÍTULO 1: PRELIMINARES**

### **2. Agradecimientos.**

Quiero darle las gracias, primeramente, al tecnológico, que ha sido mi hogar durante los últimos 4 años y medio, un orgullo ser parte de su comunidad estudiantil, crecer, estresarme, develarme todo con un fin, que es el que estoy cumpliendo ahora.

A mis padres, que me han apoyado desde el primer momento que decidí estudiar esta carrera, me han ayudado, me han corregido y sobre todo siempre han estado ahí para hacerme saber que no estoy solo, y que pese a todo lo difícil que se vea el camino, el querer verlos orgullosos de lo que he logrado es lo que más me llena el corazón de alegría e ilusión.

De igual manera a mis amigos, parte esencial de mi formación, con quienes, reí, me enojé, grité, canté y, sobre todo, recorrí este bello camino que es nuestra formación profesional.

No puedo dejar de lado a mis maestros siempre constantes, a los cuales agradezco todo lo que me han enseñado, desde la más básica suma, hasta el cómo controlar una cadena de suministro completa, eternamente agradecido con todos y cada uno de ellos.

Así mismo con mis asesores durante este periodo de residencias, con el Ingeniero José Guillermo Batista Ortiz siempre paciente y atento ante todas mis dudas, de igual manera, con la L.R.I Mariana Lizet Delgado de la Torre, quien me ayudó como mi asesora en la empresa, me mostro lo que se debía corregir y aprendí enormidades de ella.

Y para finalizar, pero no menos importante, a la empresa AJOS SUPREMOS DELGADO Y CHILES SECOS S.P DE L.R quienes me dieron la oportunidad y confiaron en mis capacidades como ingeniero y por ende para resolver problemas.

Gracias a todas y cada una de las personas que vivieron este viaje conmigo.

### **3. Resumen.**

Ajos Supremos y Chiles Secos Delgado es una empresa familiar dedicada a la producción y comercialización de ajos y chiles secos de origen mexicano.

Fue fundada hace más de 20 años y su producto es principalmente de exportación nacional como es en el estado de Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí, Hidalgo, Toluca, Querétaro, Guanajuato y en nuestro estado.

Actualmente, la empresa Ajos supremos Delgado y chiles secos S.P de L.R. cuenta con un proceso de selección de tamaño de los ajos mediante una “corredora” como coloquialmente se le llama, la seleccionadora, selecciona, valga la redundancia, los ajos según su tamaño, numerándolos del 5 al 11 según su tamaño, tomando el 5 como el más pequeño y el 11 como el más grande. La problemática que se ha identificado y se desea corregir es la filtración de números de ajo más pequeños dentro de los más grandes, ejemplificando lo anterior, se llegan a encontrar ajos del tamaño 6 en las cajas correspondientes al número 8, que suele ser el error más habitual, no obstante, llega a pasar en casi todos los tamaños, además del desperdicio por parte de los operadores, quienes “derraman” los ajos fuera de la corredora al sobre abastecerla. Todo ello se puede traducir en un re-trabajo, pues si se encuentran un número elevado con dichos errores de selección el trabajo se realiza desde 0, teniendo un costo grande para la producción de la empresa.

Pronósticos.

La definición técnica de la palabra pronóstico en estadística se refiere a la estimación sobre lo que se espera que pueda suceder respecto a una variable. Todo ello con base en un análisis numérico, es decir, el pronóstico es una forma de “adelantarse” a lo que se pueda acontecer en el futuro, siempre teniendo en cuenta el uso de herramientas matemáticas.

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.

#### **4. Índice.**

##### **Lista de Tablas**

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 Análisis de la cantidad vendida en toneladas. ....                 | 21 |
| Tabla 2 resultados de la regresión para los próximos periodos. ....        | 22 |
| Tabla 3 Observaciones y tratamientos para ANOVA. ....                      | 27 |
| Tabla 4 Metodo utilizado en el análisis. ....                              | 28 |
| Tabla 5 .....  | 28 |
| Tabla 6 .....  | 28 |
| Tabla 7 .....  | 29 |
| Tabla 8 .....  | 29 |
| Tabla 9 Cantidad de errores en la selección de ajo. ....                   | 32 |
| Tabla 10 .....   | 33 |
| Tabla 11 .....   | 33 |
| Tabla 12 .....   | 33 |
| Tabla 13 .....   | 34 |
| Tabla 14 .....   | 34 |
| Tabla 15 Observaciones de los errores cuando se realiza un re trabajo..... | 37 |
| Tabla 16 .....   | 38 |
| Tabla 17 .....   | 38 |
| Tabla 18 .....   | 38 |
| Tabla 19 .....   | 39 |
| Tabla 20 .....   | 39 |
| Tabla 21 Observaciones con las acciones correctivas realizadas. ....       | 44 |
| Tabla 22 .....   | 44 |
| Tabla 23 .....   | 45 |
| Tabla 24 .....   | 45 |
| Tabla 25 .....   | 45 |
| Tabla 26 .....   | 46 |
| Tabla 27 Datos analizados en el pronóstico. ....                           | 50 |

**Lista de Figuras.**

|  |    |
|--|----|
| Fig 1 Tabla ANOVA de observaciones, grupos y variable independiente .....        | 18 |
| Fig 2 Ajo limpio.....  | 24 |
| Fig 3 Cabeza de ajo en “corona” .....  | 24 |
| Fig 4 Dientes de ajo limpios.....  | 24 |
| Fig 5 Seleccionadora de ajo .....  | 25 |
| Fig 6 Ajos empaquetados para su venta.....                                       | 51 |
| Fig 7 Ajos que muestran la necesidad de re trabajo. ....                         | 52 |
| Fig 8 Ajos de tamaño uniforme debido a las medidas de corrección aplicadas. .... | 54 |

## ***CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO***

### ***5.- Introducción***

En el siguiente documento, el lector podrá observar la función de la maquina seleccionadora de ajo, al igual que una serie de técnicas estadísticas con las cuales el residente llevó a cabo su proyecto, con el fin de colaborar hacia la empresa proponiendo soluciones y actividades eficaces en cuanto al problema principal de la empresa se refiere, el re trabajo en caso de la mala selección de la maquina encargada de realizar esta tarea.

Para todo ello se realizaron métodos estadísticos como análisis de varianza, pronósticos por regresión lineal, re calibración de maquinaria, implementación de un nuevo plan de trabajo, etc.

En proyecto fue supervisado por la L.R.I Mariana Lizet Delgado de la Torre, quien, en conjunto con el Ing. José Guillermo Batista Ortiz, fueron los encargados de dar buena guianza para llevar a cabo cada uno de los objetivos y que, de esa forma, tanto como los jefes de la empresa, así como los encargados de cada una de las áreas de la misma, tuvieran una buena impresión acerca de lo que es el Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga como una casa de estudios de muy buen nivel y en la cual se prepara de buena manera a los futuros profesionales de nuestro país.

El análisis de la varianza es parte fundamental dentro de una empresa pues con ello se puede conocer si es que un proceso requiere un cambio o si bien, como se ha ido trabajando hasta la fecha es la manera más eficiente que se puede realizar. Cabe recalcar que dicho análisis debe tener un sustento matemático, con datos reales y que hagan saber la situación actual en la que la empresa se encuentra dentro de lo que su producción se refiere, así mismo, el realizar pronósticos sobre las ventas o bien los volúmenes de producción es algo que se debe tener más en cuenta en este tipo de corporaciones, pues nos dan una aproximación clara y sencilla de entender, pues de esa manera se puede hacer saber si un modelo de trabajo está siendo lo suficientemente efectivo para continuar de la misma forma o si bien en contra parte está siendo un punto de pérdida para la empresa.

Cada uno de esos temas son los que se han empleado para las actividades dentro de este reporte, en el cual podrá observarse una descripción detallada del funcionamiento de la empresa, su misión, visión, organigrama y puestos importantes, de igual manera se realiza un mapeo del producto, buscando que se familiarice más con las actividades de la empresa y como es que su producto se trabaja, se muestra el desarrollo del mismo, en cual puede observarse los análisis estadísticos realizados dentro de la empresa así como los resultados obtenidos y denotando si es que fueron satisfactorios sobre las expectativas que tenía la empresa sobre el residente o si bien se dejaron inconclusas algunos de los objetivos.

## **6. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO DEL RESIDENTE.**

### **AJOS SUPREMOS Y CHILES SECOS DELGADO S.P DE L.R.**

Ajos Supremos y Chiles Secos Delgado es una empresa familiar dedicada a la producción y comercialización de ajos y chiles secos de origen mexicano.

Fue fundada hace más de 20 años y su producto es principalmente de exportación nacional como es en el estado de Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí, Hidalgo, Toluca, Querétaro, Guanajuato y en nuestro estado.

Es líder en la industria agropecuaria de la región, especializada en la producción de calidad con la finalidad de satisfacer a sus clientes. Ajos Supremos y Chiles Secos Delgado produce 10 toneladas diarias de ajo para ser distribuidas a los diferentes estados anteriormente mencionados.

La empresa cuenta con 65 empleados en una sola planta ubicada en la comunidad de San Antonio, Tepezalá, Aguascalientes.

La filosofía de la empresa es la siguiente:

Misión: Satisfacer las necesidades de los clientes, así como también de nuestros trabajadores, con el objetivo de maximizar la eficiencia y optimizar la rentabilidad a través de nuestra diferenciación en calidad de producto, servicio y precio. Nos apasiona nuestro trabajo y nos esforzamos para dar lo mejor de nosotros y conseguir la EXCELENCIA productiva.

Visión: Ser una empresa reconocida a nivel nacional, líder en la producción de ajos y con los más altos estándares de calidad, innovadora y competitiva para lograr diferenciarnos en el sector.

Valores:

La seriedad y el compromiso: la cual nos permiten mantener la confianza de nuestros clientes y proveedores.

Orientación al cliente: Nos preocupamos por satisfacer las necesidades de nuestros clientes, así como de cumplir con sus pedidos y superar sus expectativas.

Integridad: Entre nuestros valores defendemos la honestidad, la credibilidad y la equidad.

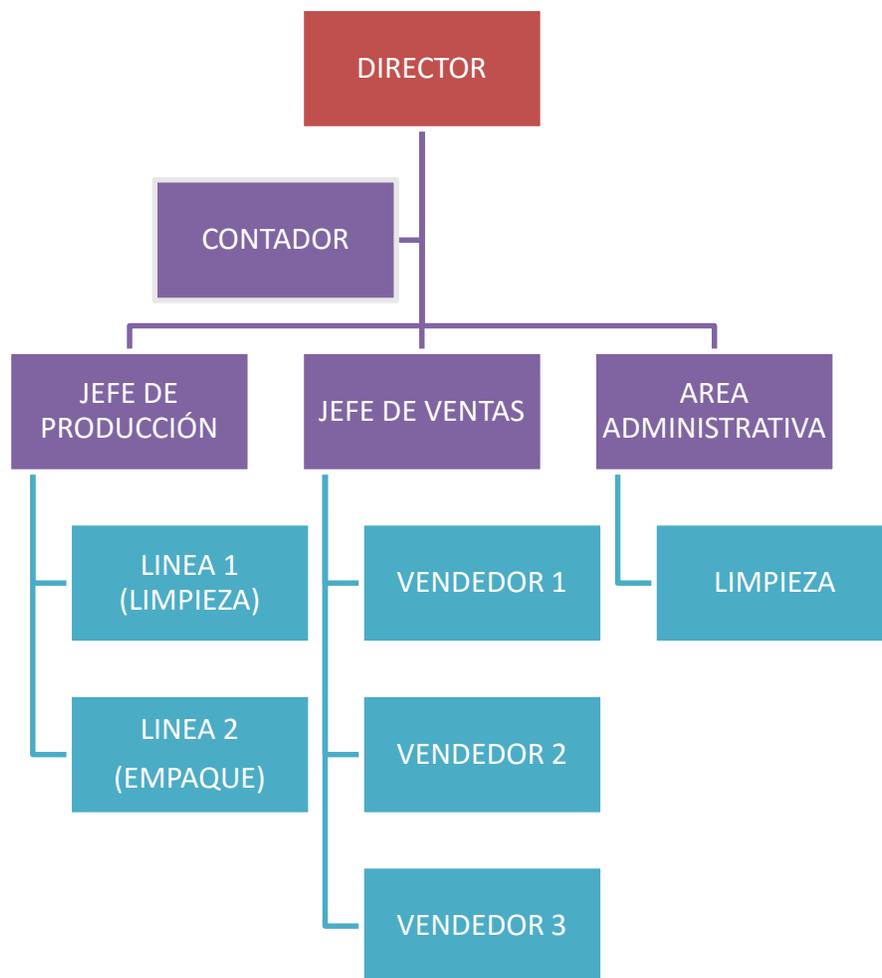
Calidad en el producto: La calidad de nuestros productos es fundamental para el buen funcionamiento de la empresa.

Trabajo en equipo: Promovemos la colaboración de nuestros trabajadores, aportando lo mejor de cada uno y asumiendo responsabilidades para la consecución de un objetivo común.

Bienestar de la sociedad: Una de nuestras prioridades es generar valor a nuestros productores y a la sociedad en general ya que es vital para la trayectoria de nuestra empresa.

En esta empresa el estudiante se desarrolla en el área de producción, así como en la de almacenes, realizando las tareas de manejo de materiales, transporte de materia prima, así como el empaquetamiento del producto terminado, y a la vez que la carga y descarga del mismo.

Organigrama.



## **7. PROBLEMAS A RESOLVER, PRIORIZÁNDOLOS.**

Actualmente, la empresa Ajos supremos Delgado y chiles secos S.P de L.R. cuenta con un proceso de selección de tamaño de los ajos mediante una “corredora” como coloquialmente se le llama, la seleccionadora, selecciona, valga la redundancia, los ajos según su tamaño, numerándolos del 5 al 11 según su tamaño, tomando el 5 como el más pequeño y el 11 como el más grande. La problemática que se ha identificado y se desea corregir es la filtración de números de ajo más pequeños dentro de los más grandes, ejemplificando lo anterior, se llegan a encontrar ajos del tamaño 6 en las cajas correspondientes al número 8, que suele ser el error más habitual, no obstante, llega a pasar en casi todos los tamaños, además del desperdicio por parte de los operadores, quienes “derraman” los ajos fuera de la corredora al sobre abastecerla. Todo ello se puede traducir en un re-trabajo, pues si se encuentran un número elevado con dichos errores de selección el trabajo se realiza desde 0, teniendo un costo grande para la producción de la empresa.

Hablando en números, cada caja de ajo pesa en promedio 12kg, no obstante, el precio del ajo depende del tamaño y color del mismo, esta empresa sólo trabaja con ajo morado de zacatecas por lo que es de la mejor calidad, los precios en temporada alta varían de entre 40 a 50 pesos por kilogramo tomando como promedio 45 pesos y teniendo en cuenta que la cantidad mínima por corrida de cajas de ajo que se empaquetan son 130, la consecuencia de un re-trabajo debido a fallas en la selección de ajo se traduce en 70200 pesos de producción al realizar el mismo trabajo dos veces lo cual se traduce a, primeramente, teniendo en cuenta que las corridas de ajo se realizan en promedio 3 veces a la semana, y si dicho re-trabajo aparece 1 vez al mes, a una pérdida para la empresa del 12% en cuanto a dinero se refiere, por lo que podemos ver una amplia zona de mejora y con la cual la empresa estaría sumamente satisfecha con ella.

## **8. JUSTIFICACIÓN.**

Es sumamente importante atender a este problema, buscando su solución o bien por otra parte, una disminución que sea significativa para la empresa en la aparición del mismo, dado que el re trabajo suele ser una de las complicaciones más graves que se pueden tener dentro de una organización, gracias a ello se pierde tiempo de producción y por ende ganancias para la misma empresa ya que como bien sabemos, para una corporación el tiempo es oro y si ese tiempo no se aprovecha en su máxima expresión siempre se verá como una pérdida monetaria hacia organización. De esa manera, el buscar la corrección de ese tipo de problemas son consecuentemente un beneficio para la empresa, ya sea en tiempo, en producción y de igual manera en cuanto a dinero se refiere, pues con la solución parcial o total de problema se busca optimizar las “corridas” de ajo, buscando que los tamaños seleccionados en sus respectivas cajas sean los adecuados y por ende, la calidad se verá beneficiada así mismo como la satisfacción del cliente, pues se entregará un producto con el tamaño solicitado y con pocos o en el mejor de los casos con nulos errores en el empaquetamiento.

De esta forma el estudiante desarrollará y aplicará una serie de técnicas estadísticas que le sean favorables a encontrar la solución de los problemas, desde aplicaciones básicas hasta algunas un poco más complejas, ayudado por técnicas de calidad para la realización del mismo.

## **9. OBJETIVOS (GENERAL Y ESPECÍFICOS).**

Objetivo general:

Analizar y corregir, por medio de técnicas de estadísticas y de calidad, el proceso de selección de ajo, con lo cual se busca encontrar, corregir, y prevenir los errores de selección que traen como consecuencia el re-trabajo y, por ende, aumentar la productividad en dicha área y disminuyendo los tiempos de producción perdidos por el mismo.

Objetivos Específicos:

Utilizar técnicas estadísticas para dar un análisis correcto sobre el causante de dichos errores dentro de la selección de los ajos.

Aplicación correcta del análisis conociendo dónde surge el error y la mejor manera de remediarlo.

Llevar a cabo las acciones correctivas.

## ***CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO***

### **10. MARCO TEÓRICO (FUNDAMENTOS TEÓRICOS).**

Pronósticos.

La definición técnica de la palabra pronóstico en estadística se refiere a la estimación sobre lo que se espera que pueda suceder respecto a una variable. Todo ello con base en un análisis numérico, es decir, el pronóstico es una forma de “adelantarse” a lo que se pueda acontecer en el futuro, siempre teniendo en cuenta el uso de herramientas matemáticas.

El pronóstico puede ser utilizado en distintos niveles, con lo que permite mitigar posibles efectos negativos que traigan contingencias en caso que llegasen a concretarse. Para los pronósticos pueden existir varios tipos:

- A corto plazo: Tiene vigencia corta y suele utilizarse con el propósito de planear abastecimientos de insumos y calcular niveles de producción.
- Mediano plazo: Tienen un plazo mediano de 6 meses hasta 3 años, son meramente utilizados para estimar ventas, producción, y flujo efectivo, de la misma manera, permite estructurar presupuestos basados en objetivos de mediano plazo.
- Largo plazo: Tienen un horizonte de más de tres años, suelen utilizarse para estimar los resultados de inversiones, estudiar el lanzamiento de nuevos productos al igual como evaluar tendencias en el mercado y por lo general elaborar proyectos a largo alcance.

Existen varias herramientas para realizar pronósticos, o que bien, nos son de ayuda para realizarlos y aplicarlos.

- Intervalos de confianza.
- Modelo ARMA.
- Modelo GARCH.
- Análisis de regresión.
- Estimación de máxima verosimilitud.

En este caso pondremos principal énfasis en el análisis de regresión, enfocado en el método de mínimos cuadrados que fue el utilizado en el proyecto realizado.

Con la recta de regresión que se calcula para ajustarse a una nube de puntos. Aquí, como es fácil comprender, la recta no puede pasar por todos los puntos sin perder su rectitud, así que los estadísticos idearon una forma para calcular la recta que más se aproxime en promedio a todos los puntos. El método que más utilizan es el que llaman método de los mínimos cuadrados, cuyo nombre hace presagiar algo extraño y esotérico.

*Por: Manuel Molina Arias. (2020)*

## ¿QUÉ SON LOS MÍNIMOS CUADRADOS?

Es un procedimiento de análisis numérico en la que, dados un conjunto de datos (pares ordenados y familia de funciones), se intenta determinar la función continua que mejor se aproxime a los datos (línea de regresión o la línea de mejor ajuste), proporcionando una demostración visual de la relación entre los puntos de los mismos. En su forma más simple, busca minimizar la suma de cuadrados de las diferencias ordenadas (llamadas residuos) entre los puntos generados por la función y los correspondientes datos.

Este método se utiliza comúnmente para analizar una serie de datos que se obtengan de algún estudio, con el fin de expresar su comportamiento de manera lineal y así minimizar los errores de la data tomada.

La creación del método de mínimos cuadrados generalmente se le acredita al matemático alemán Carl Friedrich Gauss, quien lo planteó en 1794 pero no lo publicó sino hasta 1809. El matemático francés Andrien-Marie Legendre fue el primero en publicarlo en 1805, este lo desarrolló de forma independiente.

### DEFINICIÓN:

Su expresión general se basa en la ecuación de una recta  $y = mx + b$ . Donde  $m$  es la pendiente y  $b$  el punto de corte, y vienen expresadas de la siguiente manera:

$$m = \frac{n \cdot \Sigma(x \cdot y) - \Sigma x \cdot \Sigma y}{n \cdot \Sigma x^2 - |\Sigma x|^2}$$

$$b = \frac{\Sigma y \cdot \Sigma x^2 - \Sigma x \cdot \Sigma(x \cdot y)}{n \cdot \Sigma x^2 - |\Sigma x|^2}$$

$\Sigma$  es el símbolo sumatoria de todos los términos, mientras  $(x, y)$  son los datos en estudio y  $n$  la cantidad de datos que existen.

El método de mínimos cuadrados calcula a partir de los  $N$  pares de datos experimentales  $(x, y)$ , los valores  $m$  y  $b$  que mejor ajustan los datos a una recta. Se entiende por el mejor ajuste aquella recta que hace mínimas las distancias  $d$  de los puntos medidos a la recta.

Teniendo una serie de datos  $(x, y)$ , mostrados en un gráfico o gráfica, si al conectar punto a punto no se describe una recta, debemos aplicar el método de mínimos cuadrados, basándonos en su expresión general:

$$y = \left( \frac{n \cdot \Sigma(x \cdot y) - \Sigma x \cdot \Sigma y}{n \cdot \Sigma x^2 - |\Sigma x|^2} \right) x + \left( \frac{\Sigma y \cdot \Sigma x^2 - \Sigma x \cdot \Sigma(x \cdot y)}{n \cdot \Sigma x^2 - |\Sigma x|^2} \right)$$

Cuando se haga uso del método de mínimos cuadrados se debe buscar una línea de mejor ajuste que explique la posible relación entre una variable independiente y una variable dependiente. En el análisis de regresión, las variables dependientes se designan en el eje  $y$  vertical y las variables independientes se designan en el eje  $x$  horizontal. Estas designaciones formarán la ecuación para la línea de mejor ajuste, que se determina a partir del método de mínimos cuadrados.

Análisis de varianza.

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.

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

$$H_1: \exists \mu_j \neq \mu \quad j = 1, 2, \dots, K$$

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).

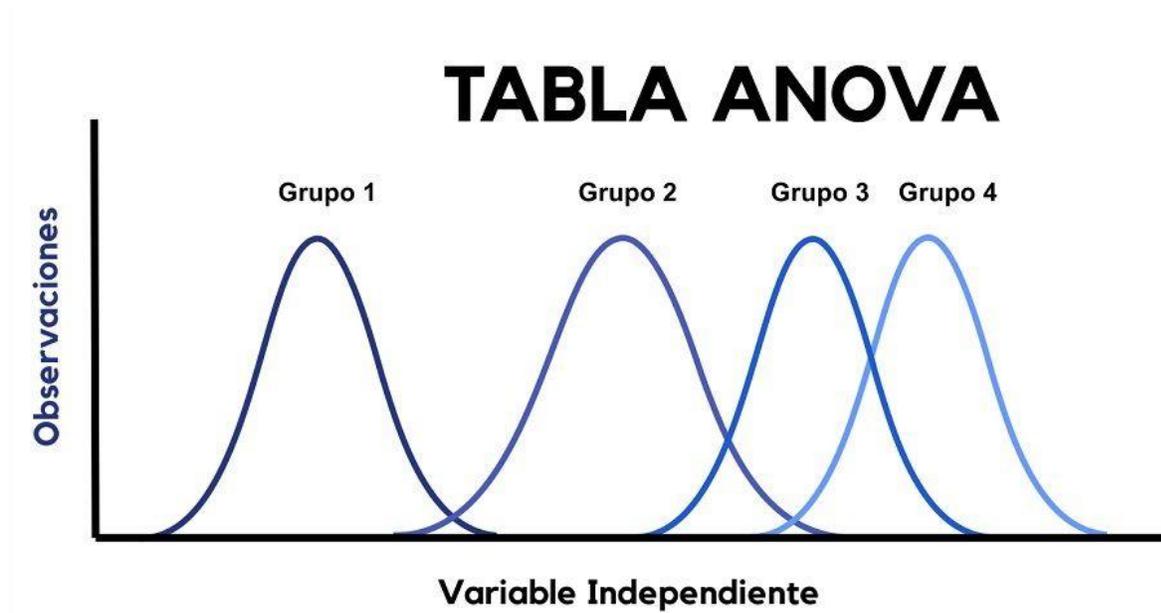
El ANOVA se basa en la descomposición de la variación total de los datos con respecto a la media global (SCT), que bajo el supuesto de que  $H_0$  es cierta es una estimación de  $\sigma^2$  obtenida a partir de toda la información muestral, en dos partes:

- Variación dentro de las muestras (SCD) o Intra-grupos, cuantifica la dispersión de los valores de cada muestra con respecto a sus correspondientes medias.
- Variación entre muestras (SCE) o Inter-grupos, cuantifica la dispersión de las medias de las muestras con respecto a la media global.

¿Qué es Análisis de la Varianza (ANOVA)?

Análisis de la Varianza es una fórmula estadística que se utiliza para comparar las varianzas entre las medias (o el promedio) de diferentes grupos. Una variedad de

contextos lo utilizan para determinar si existe alguna diferencia entre las medias de los diferentes grupos. Ejemplo. (Fig. 1)



*Fig 1 Tabla ANOVA de observaciones, grupos y variable independiente*

El resultado de ANOVA es la 'estadística F'. Este ratio muestra la diferencia entre la varianza dentro del grupo y la varianza entre grupos, lo que finalmente produce una cifra que permite concluir que la hipótesis nula es respaldada o rechazada. Si hay una diferencia significativa entre los grupos, la hipótesis nula no es compatible y la razón F será mayor.

#### Terminología ANOVA

Variable dependiente: este es el elemento que se está midiendo y que se teoriza como afectado por las variables independientes.

Variable(s) independiente(s): estos son los elementos que se están midiendo y que pueden tener un efecto sobre la variable dependiente.

Una hipótesis nula ( $H_0$ ): Sucede cuando no existe diferencia entre los grupos o medias. Dependiendo del resultado de la prueba ANOVA, la hipótesis nula será aceptada o rechazada.

Una hipótesis alternativa ( $H_1$ ): Cuando se teoriza que existe una diferencia entre los grupos y las medias.

Factores y niveles: En la terminología ANOVA, una variable independiente se denomina factor que afecta a la variable dependiente. El nivel denota los diferentes valores de la variable independiente que se utilizan en un experimento.

Modelo de factor fijo: algunos experimentos utilizan solo un conjunto discreto de niveles para los factores. Por ejemplo, una prueba de factor fijo evaluaría tres dosis diferentes de un medicamento y no buscaría ninguna otra dosis.

Modelo de factor aleatorio: este modelo extrae un valor aleatorio de nivel de todos los valores posibles de la variable independiente.

¿Para qué sirve ANOVA?

Algunas personas cuestionan la necesidad de; después de todo, los valores medios se podrían evaluar con solo mirarlos. Pero se hace más que comparar los valores medios.

Aunque los valores medios de varios grupos parecen ser diferentes, esto podría ser debido a un error de muestreo más que al efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente. Si se debe a un error de muestreo, la diferencia entre las medias de los grupos no tendrá sentido. ANOVA ayuda a averiguar si la diferencia en los valores medios es estadísticamente significativa.

También revela indirectamente si una variable independiente está influyendo en la variable dependiente.

Limitaciones de ANOVA.

Sólo establecerá si existe una diferencia significativa entre las medias de al menos dos grupos, pero no explicará cual es el par que difiere en sus medias. Si existe un requisito de datos detallados, el despliegue de los procesos estadísticos de seguimiento adicionales ayudará a descubrir qué grupos difieren en el valor medio. Normalmente, también se utiliza en combinación con otros métodos estadísticos.

De igual manera presupone que el conjunto de datos se distribuye uniformemente, ya que solo compara medias. Si los datos no se distribuyen a lo largo de una curva normal y existen valores atípicos, ésta no será el procedimiento adecuado para interpretar los datos.

De manera similar, asume que las desviaciones estándar son iguales o similares entre los grupos. Si existe una gran diferencia en las desviaciones estándar, la conclusión de la prueba podría ser inexacta.

La noción de varianza se suele emplear en el ámbito de la estadística. Sirve para identificar a la media de las desviaciones cuadráticas de una variable de carácter aleatorio, considerando el valor medio de ésta.

*Por: Ronald Fisher (1890–1962)*

## CAPÍTULO 4: DESARROLLO

### 11. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

Primeramente, al momento de comenzar la implementación del proyecto se realizó una amplia evaluación de las necesidades de la empresa.

Antes que nada, la inspección de cada una de las actividades de la empresa fue fundamental para encontrar y dar con el problema principal que se necesita corregir o mejorar.

Pronóstico para determinar la mejora.

*Según por datos proporcionados por la empresa dadas las toneladas vendidas durante algunos periodos de tiempo, la siguiente tabla muestra el resultado de un pronóstico utilizando el método de mínimos cuadrados. (Tabla 1)*

*Tabla 1 Análisis de la cantidad vendida en toneladas.*

| Periodo (X) | Cantidad vendida (toneladas)(Y) | X <sup>2</sup> | Y <sup>2</sup> | X*Y  |
|-------------|---------------------------------|----------------|----------------|------|
| 1           | 120                             | 1              | 14400          | 120  |
| 2           | 126                             | 4              | 15876          | 252  |
| 3           | 130                             | 9              | 16900          | 390  |
| 4           | 133                             | 16             | 17689          | 532  |
| 5           | 132                             | 25             | 17424          | 660  |
| 6           | 119                             | 36             | 14161          | 714  |
| 7           | 110                             | 49             | 12100          | 770  |
| 8           | 100                             | 64             | 10000          | 800  |
| 9           | 115                             | 81             | 13225          | 1035 |
| 10          | 117                             | 100            | 13689          | 1170 |
| 11          | 130                             | 121            | 16900          | 1430 |
| 12          | 125                             | 144            | 15625          | 1500 |
| 78          | 1457                            | 650            | 177989         | 9373 |

Con los resultados y evaluándolos según las fórmulas que se utilizan para este tipo de método se arrojaron los siguientes resultados. (Tabla 2)

Tabla 2 resultados de la regresión para los próximos periodos.

|                         |            |
|-------------------------|------------|
|                         | -          |
| b                       | 0.68181818 |
| a                       | 125.848485 |
|                         |            |
|                         |            |
| Y Para el periodo<br>13 | 116.984848 |
|                         |            |
| Y Para el periodo<br>14 | 116.30303  |
|                         |            |
| Y Para el Periodo<br>15 | 115.621212 |

Evaluando la situación hacia los 3 periodos más próximos podemos darnos cuenta de cómo pronosticamos una ligera baja en las ventas de la empresa, la cual es necesaria acrecentar.

Antes de comenzar a atar cabos y realizar la mejora continua se debe realizar un mapeo oportuno del producto a sacar al mercado, en mi caso el ajo y el chile, haciendo un mayor hincapié en el ajo, ya que el chile, es un producto mayoritariamente que se trabaja temporalmente, en los meses más fríos del año para ser concreto.

### Mapeo del producto.

#### Embarque:

Descarga, en esta operación la materia prima llega al lugar de trabajo siendo transportada en camiones, que por lo menos transportan 13 o 14 toneladas, no se puede tener una cifra exacta dado que en las empresas agropecuarias se depende meramente de la calidad que hubo en la temporada, la cual pudo ser satisfactoria o no tanto, para ello mismo al momento de llevar a cabo la descarga del producto se realiza la primera inspección de calidad.

#### Inspección de calidad:

Se lleva a cabo una minuciosa inspección de por lo menos 5 muestras de todo el embarque, cabe recalcar que cada una de las muestras cuenta con un promedio de 20 kilogramos de ajo “sucio” en cada una de las arpillas, al realizar la inspección se observa el estado del producto, la calidad, el tamaño y qué tan sucio se encuentra, la calidad necesaria para que un embarque sea aceptable es de cuanto menos de en las muestras revisadas, un 70% se encuentre en buen estado y el tamaño sea aceptable.

#### Limpieza:

El ajo es trabajado a mano por operadores. Se limpia el exceso de tierra, se quitan las hojas más exteriores y se corta el tallo dejando un largo de 1 o 1.5 cm según sea el operario que lo trabaje, así mismo se corta completamente la raíz quitando toda la suciedad y tratando de no maltratar el producto, es importante saber que se puede trabajar de diversas maneras, el ajo limpio, como se muestra en la figura (Fig. 2) es el de mayor demanda, y por ende en el que se debe tomar más en cuenta la calidad, después sigue la llamada “piña” o “corona” que aunque estéticamente sea más llamativa su precio en el mercado es menor al del ajo limpio como tal (Fig. 3) y el desgranado, que es sacado de las cabezas de ajo que tal vez no estaban en buen estado para venderse completas, pero se les puede sacar provecho de diente por diente. ( Fig. 4)



*Fig 2 Ajo limpio.*



*Fig 3 Cabeza de ajo en "corona".*



*Fig 4 Dientes de ajo limpios.*

Transporte hacia la línea de empaque:

Ya habiendo sido limpiado el ajo, el ajo se carga en camionetas y se lleva hacia la línea del empaquetamiento, la cual se encuentra a aproximadamente 100 metro de distancia a partir de donde se realiza la limpieza.

## Empaquetamiento:

El empaquetamiento es la parte más importante del proceso, dado que, los operarios deben realizar una rápida inspección del producto antes de que sea empaquetado para su próxima venta, es necesario que se encuentre con la mayor calidad posible, así mismo, se utiliza una seleccionadora de ajo, que en el ámbito laboral coloquialmente se conoce como “corredora”, que por medio de cadenas y de aberturas en las mismas, seleccionan el ajo conduciéndolo por varias bandas transportadoras según el tamaño de cada una de las cabezas, cabe recalcar que se este tipo de máquinas selecciona según un número, los cuales van desde el 6 que son los del menor tamaño hasta el 11 que son los más grandes, y así mismo saber que el tamaño óptimo y de mayor calidad que se cotiza en el mercado son los de 7 y 8 siendo los precios diferentes para cada una de las numeraciones. (Fig. 5)



*Fig 5 Seleccionadora de ajo*

Hagamos especial mención en esta parte del proceso, pues, la corredora es la principal de los problemas que se busca resolver.

Embarque y distribución:

El paso final para terminar el mapeo del producto es el ser cargado en camionetas, y almacenado en las mismas para al siguiente día ser distribuido hacia diferentes sectores del país. Todo dependiendo de la demanda del mercado, así como de la calidad del producto terminado.

Cronograma de actividades.

| Actividades  | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Dicembre |
|--|--------|------------|---------|-----------|----------|
| <b>Elaboración del reporte final de residencias profesionales</b>                          | *      | *          | *       | *         | *        |
| <b>Mapeo del producto de la empresa.</b>   | *      |            |         |           |          |
| <b>Requisitos de calidad para el chile y ajo.</b>  |        | *          |         |           |          |
| <b>Análisis del área de mejora</b>   |        | *          |         |           |          |
| <b>Estimación y aplicación de técnicas estadísticas y de calidad.</b>                      |        | *          | *       |           |          |
| <b>Supervisión del trabajo de limpieza de chile y ajo.</b>                                 | *      | *          | *       | *         |          |
| <b>Supervisión de los resultados de la aplicación de las técnicas que buscan la mejora</b> |        |            | *       | *         | *        |

Una vez explicado lo anterior, damos paso a lo siguiente, para analizar la varianza que existe dentro de la selección de ajos y así conocer cómo se relaciona con el re trabajo, se realizó el siguiente problema, tomando en cuenta la cantidad de cajas de ajo que se seleccionaron en una semana de producción, a su vez haciendo énfasis en que la empresa labora 6 días a la semana tomando el domingo como día de descanso. (Tabla 3)

Tabla 3 Observaciones y tratamientos para ANOVA.

| Tratamientos | Observaciones. |    |    |    |    |    |
|--------------|----------------|----|----|----|----|----|
| 5            | 15             | 12 | 16 | 11 | 9  | 13 |
| 6            | 12             | 18 | 20 | 19 | 22 | 19 |
| 7            | 55             | 64 | 48 | 50 | 55 | 43 |
| 8            | 60             | 57 | 55 | 63 | 66 | 52 |
| 9            | 35             | 29 | 25 | 31 | 25 | 23 |
| 10           | 22             | 17 | 13 | 12 | 15 | 17 |
| 11           | 12             | 8  | 11 | 9  | 13 | 16 |

Como bien podemos observar, observamos los tratamientos que son numerados según el tamaño de ajo que se selecciona, y las observaciones por cada uno de las cajas de producción seleccionadas durante el día de producción, siempre teniendo en cuenta su tamaño.

Para ello, se llevó a cabo un análisis de la varianza dentro de la producción, aplicando un ANOVA, donde nuestra variable de estudio será: La varianza de producción por tamaño de ajo.

Dado lo anterior se busca que el tamaño óptimo para la venta de ajo sea mayor en cantidad de los tamaños 7, 8 y 9, pues son los más cotizados en el mercado, se muestran las siguientes hipótesis. (Ecuación 1) Con una significancia de 0.05.

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_n$  (La varianza entre los tamaños no es significativa)

$H_i: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_n$  (La varianza entre los tamaños es significativa)

*Ecuación 1*

Para todo este proceso se utilizó la aplicación MINITAB, con la cual nos da una herramienta rápida y efectiva en cuanto al cálculo de ANOVA se refiere, por lo tanto.

## ANOVA de un solo factor: Cantidad de cajas vs. Tamaños

*Tabla 4 Metodo utilizado en el análisis.*

### Método

|                        |                                 |
|------------------------|---------------------------------|
| Hipótesis nula         | Todas las medias son iguales    |
| Hipótesis alterna      | No todas las medias son iguales |
| Nivel de significancia | $\alpha = 0.05$                 |

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

*Tabla 5*

### Información del factor

| Factor  | Niveles | Valores               |
|---------|---------|-----------------------|
| Tamaños | 7       | 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 |

*Tabla 6*

### Análisis de Varianza

| Fuente  | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Tamaños | 6  | 13771.6   | 2295.27   | 115.67  | 0.000   |
| Error   | 35 | 694.5     | 19.84     |         |         |
| Total   | 41 | 14466.1   |           |         |         |

Tabla 7

**Resumen del modelo**

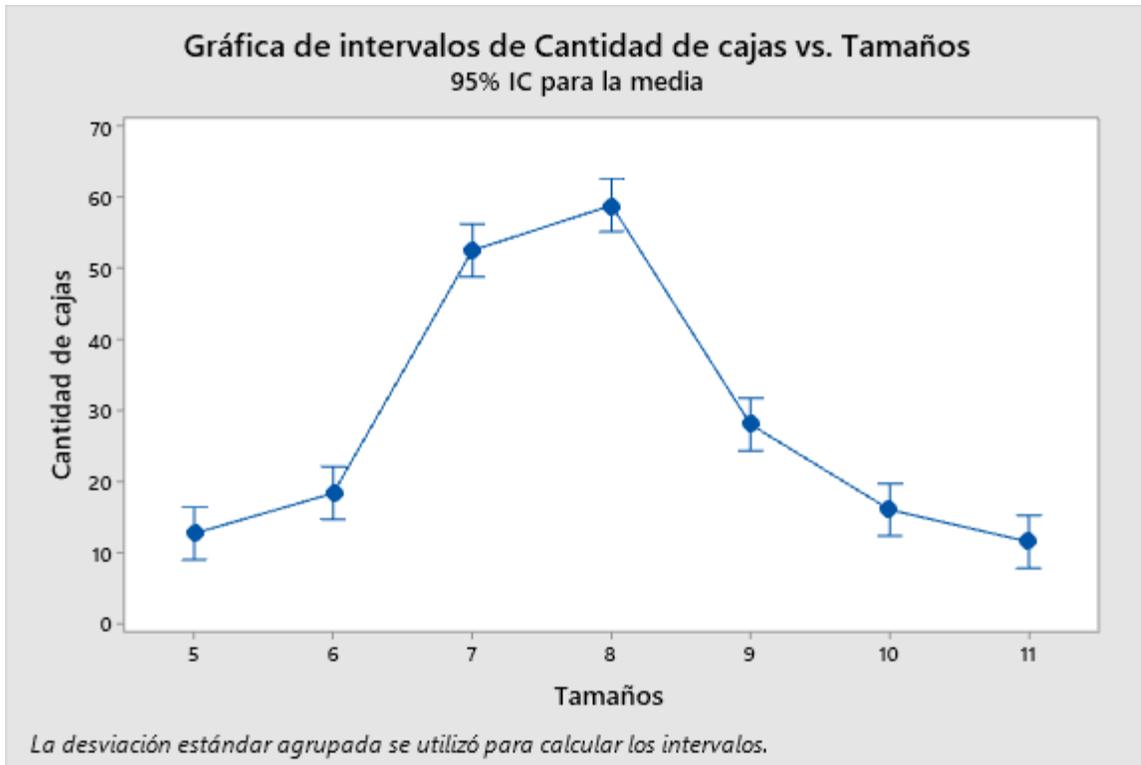
|  | R-<br>S | R-cuad.<br>cuad. (ajustado) | R-<br>cuad. (pred) |
|--|---------|-----------------------------|--------------------|
|  | 4.45453 | 95.20%                      | 94.38% 93.09%      |

Tabla 8

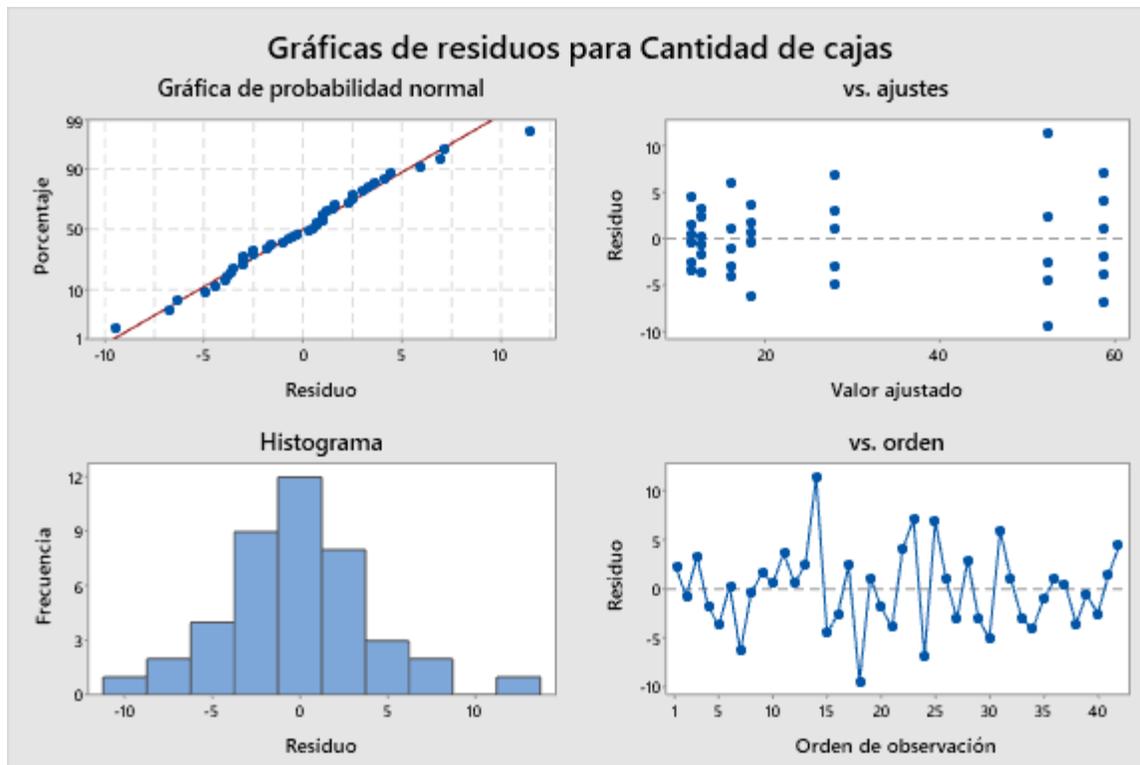
**Medias**

| Tamaños | N | Media | Desv.Est. | IC de<br>95%      |
|---------|---|-------|-----------|-------------------|
| 5       | 6 | 12.67 | 2.58      | (8.97,<br>16.36)  |
| 6       | 6 | 18.33 | 3.39      | (14.64,<br>22.03) |
| 7       | 6 | 52.50 | 7.23      | (48.81,<br>56.19) |
| 8       | 6 | 58.83 | 5.19      | (55.14,<br>62.53) |
| 9       | 6 | 28.00 | 4.52      | (24.31,<br>31.69) |
| 10      | 6 | 16.00 | 3.58      | (12.31,<br>19.69) |
| 11      | 6 | 11.50 | 2.88      | (7.81,<br>15.19)  |

*Desv.Est. agrupada = 4.45453*



*Gráfica 1 Intervalos de la cantidad de cajas vs. Los tamaños de los ajos*



*Gráfica 2 graficas de residuos de cantidad de cajas.*

Podemos ver la varianza dentro de las tablas, pero como bien sabemos tenemos que poner especial énfasis en observar el análisis de la varianza en nuestro valor P (Tabla 6), pues sabemos que: Sí  $P < \text{Nivel de significancia}$  = Se rechaza  $H_0$ .

Como:  $0.000 < 0.05$ , por lo tanto, no se rechaza  $H_0$ , lo que indica que la varianza entre los tamaños de los ajos es significativa.

Sabiendo lo anterior es de suma importancia el conocer la razón por la cual existe tal varianza dentro de la selección, pero a su vez, sabiendo que predominan en cantidad el tamaño de ajo que la empresa busca tener en mayor existencia debido a su venta, precio, calidad, etc. Más sin embargo tal varianza se ve descompuesta por la existencia de una cantidad significativa de ajos de diferentes tamaños dentro de cajas que naturalmente son de numero superiores a los que se empaquetan.

Para lo cual se tomaron 5 cajas de cada número, buscando fallas dentro del empaquetado y selección de ellas para realizar un proceso similar y observar si es que

existe una varianza significativa que tenga como consecuencia un re trabajo, o si bien, puede cumplir con los estándares de calidad que la empresa ha necesitado.

La siguiente tabla (Tabla 9) muestra la cantidad de errores encontrados en cajas de ajo dentro del proceso de selección y empaquetamiento, tomando como muestra 5 cajas de cada tamaño exceptuando el tamaño del número 5, pues al ser las más pequeñas no tienen ningún error dentro. Utilizando nuevamente la herramienta de Minitab para realizar las pruebas.

*Tabla 9 Cantidad de errores en la selección de ajo.*

| Tamaño | Observaciones |    |    |    |    | Cantidad promedio de ajos por caja |
|--------|---------------|----|----|----|----|------------------------------------|
| 6      | 22            | 10 | 19 | 12 | 14 | 120                                |
| 7      | 16            | 19 | 11 | 22 | 34 | 90                                 |
| 8      | 12            | 16 | 13 | 10 | 14 | 75                                 |
| 9      | 7             | 5  | 3  | 4  | 0  | 40                                 |
| 10     | 1             | 0  | 0  | 2  | 1  | 25                                 |
| 11     | 3             | 2  | 1  | 2  | 1  | 12                                 |

Con un nivel de significancia de 0.05

Buscando analizar la relación de las observaciones sobre el promedio de ajos por caja en los diferentes tamaños de ajo se busca cumplir con las siguientes hipótesis.

*Ho: Existe significancia dentro de la cantidad de observaciones.*

*Hi: No existe significancia dentro de la cantidad de observaciones.*

Todo ello para llegar a la observación si es necesario realizar un re trabajo con los errores que se muestran.

Realizando pruebas en Minitab se llegó a los siguientes resultados.

## ANÁLISIS DE LA CANTIDAD DE ERRORES EN LAS CAJAS

### ANOVA de un solo factor: Observaciones vs. Promedio en cantidad de ajo

Tabla 10

#### Método

|                        |                                 |
|------------------------|---------------------------------|
| Hipótesis nula         | Todas las medias son iguales    |
| Hipótesis alterna      | No todas las medias son iguales |
| Nivel de significancia | $\alpha = 0.05$                 |

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

Tabla 11

#### Información del factor

| Factor                      | Niveles Valores           |
|-----------------------------|---------------------------|
| Promedio en cantidad de ajo | 6 12, 25, 40, 75, 90, 120 |

Tabla 12

#### Análisis de Varianza

| Fuente                      | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------------------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Promedio en cantidad de ajo | 5  | 1664.0    | 332.80    | 17.80   | 0.000   |

|       |    |        |       |
|-------|----|--------|-------|
| Error | 24 | 448.8  | 18.70 |
| Total | 29 | 2112.8 |       |

Tabla 13

### Resumen del modelo

|         |        |                  |        |
|---------|--------|------------------|--------|
|         | R-     | R-cuad.          | cuad.  |
|         | S      | cuad. (ajustado) | (pred) |
| 4.32435 | 78.76% | 74.33%           | 66.81% |

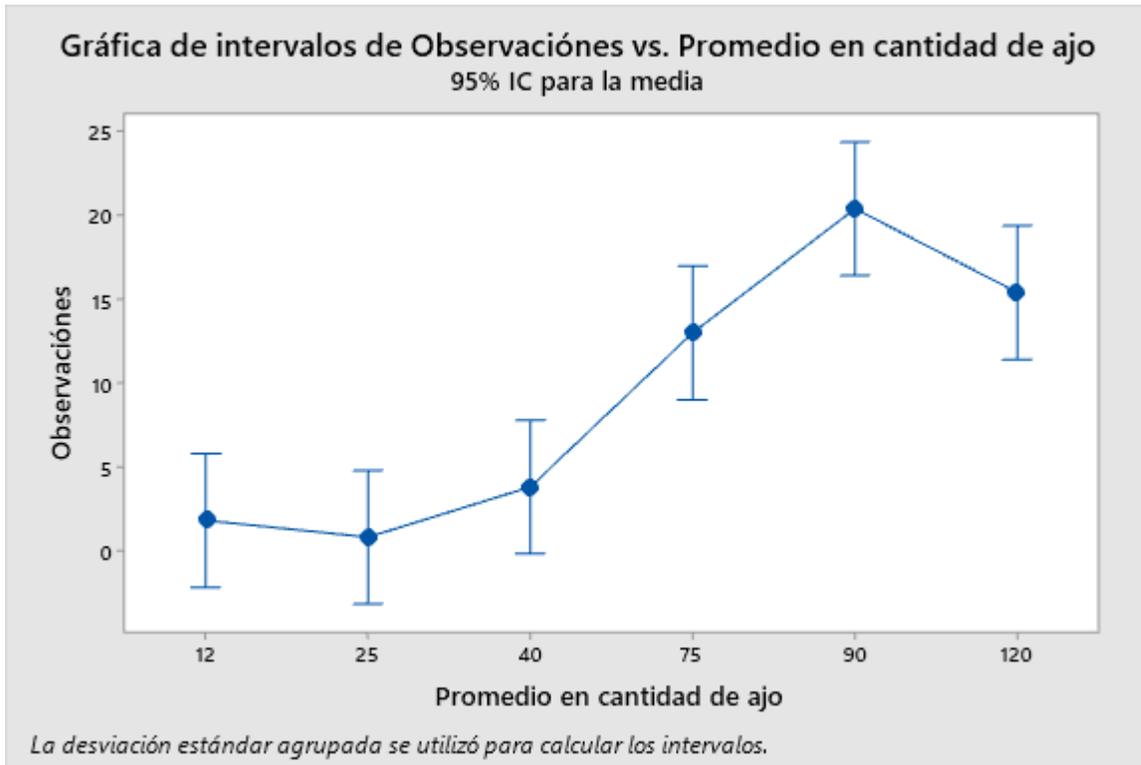
Tabla 14

### Medias

| Promedio<br>en<br>cantidad<br>de ajo |         |           |                    |
|--------------------------------------|---------|-----------|--------------------|
| N                                    | Media   | Desv.Est. | IC de 95%          |
| 12                                   | 5 1.800 | 0.837     | (-2.191,<br>5.791) |
| 25                                   | 5 0.800 | 0.837     | (-3.191,<br>4.791) |
| 40                                   | 5 3.80  | 2.59      | (-0.19,<br>7.79)   |
| 75                                   | 5 13.00 | 2.24      | (9.01,<br>16.99)   |
| 90                                   | 5 20.40 | 8.62      | (16.41,<br>24.39)  |

120      5 15.40      4.98 (11.41,  
19.39)

*Desv.Est. agrupada = 4.32435*



*Gráfica 3 intervalos de observaciones vs. promedios*



Gráfica 4 graficas de residuos de observaciones.

Como podemos observar el análisis de la varianza en cuanto a la cantidad de errores por cada tipo de tamaño de ajo en cuanto a la cantidad promedio de ajos dentro de las muestras nos arroja los resultados, poniendo especial énfasis en P con un valor de 0.000 (Tabla 12) el cual nos dice lo siguiente.

Si Valor de  $P < \text{Significancia}$  = se rechaza  $H_0$

Por ende, como  $P = 0.000$  y la significancia = 0.05

$0.000 < 0.05$  se rechaza  $H_0$ , por lo tanto, no hay significancia que aborde un re trabajo dentro de las muestras obtenidas.

Ahora, en la siguiente tabla se puede observar la relación existente entre la cantidad de errores observados en cuanto al promedio de ajos por caja, pero, en esta ocasión, que llevó como consecuencia un re trabajo por parte de la empresa para mantener sus estándares de calidad.

Los datos son los siguientes. (Tabla 15)

Utilizando una media igual a la de las cajas anteriores, podemos observar un alza dentro de los errores en cada una de las cajas. Bien, como podemos observar claramente podríamos decir que se necesita un re trabajo en estas 5 muestras, más sin embargo veámoslo a fondo, y de manera clara utilizando nuevamente las herramientas ya mencionadas antes, con el fin de demostrar estadísticamente que en caso de tener dichos errores será necesario repetir el trabajo y por ende resulta en una pérdida de tiempo y producción para la empresa como tal.

*Tabla 15 Observaciones de los errores cuando se realiza un re trabajo.*

| Tamaño | Observaciones |    |    |    |    | Cantidad promedio de ajos por caja |
|--------|---------------|----|----|----|----|------------------------------------|
| 6      | 25            | 16 | 18 | 17 | 27 | 120                                |
| 7      | 27            | 22 | 21 | 30 | 42 | 90                                 |
| 8      | 22            | 25 | 16 | 19 | 29 | 75                                 |
| 9      | 17            | 15 | 16 | 12 | 11 | 40                                 |
| 10     | 9             | 10 | 12 | 9  | 13 | 25                                 |
| 11     | 4             | 2  | 0  | 2  | 0  | 12                                 |

Igualmente utilizando una significancia de 0.05 buscamos encontrar si es que la cantidad de errores es significativa en cuanto al promedio de ajos por caja se encuentran.

Dado lo anterior buscamos dar resolución a las siguientes hipótesis.

*Ho: Existe significancia dentro de la cantidad de observaciones.*

*Hi: No existe significancia dentro de la cantidad de observaciones.*

## ANÁLISIS DE ERRORES EN CASO DE RE TRABAJO

### ANOVA de un solo factor: Promedio en cantidad de ajo vs. Observaciones

Tabla 16

#### Método

|                        |                                 |
|------------------------|---------------------------------|
| Hipótesis nula         | Todas las medias son iguales    |
| Hipótesis alterna      | No todas las medias son iguales |
| Nivel de significancia | $\alpha = 0.05$                 |

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

Tabla 17

#### Información del factor

| Factor        | Niveles Valores   |
|---------------|---|
| Observaciones | 20 0, 2, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 25, 27, 29, 30, 42 |

Tabla 18

#### Análisis de Varianza

| Fuente        | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Observaciones | 19 | 35162     | 1850.7    | 2.28    | 0.091   |

|       |    |       |       |
|-------|----|-------|-------|
| Error | 10 | 8104  | 810.4 |
| Total | 29 | 43267 |       |

Tabla 19

### Resumen del modelo

|         |        |                  |        |
|---------|--------|------------------|--------|
|         | R-     | R-cuad.          | cuad.  |
|         | S      | cuad. (ajustado) | (pred) |
| 28.4678 | 81.27% | 45.68%           | *      |

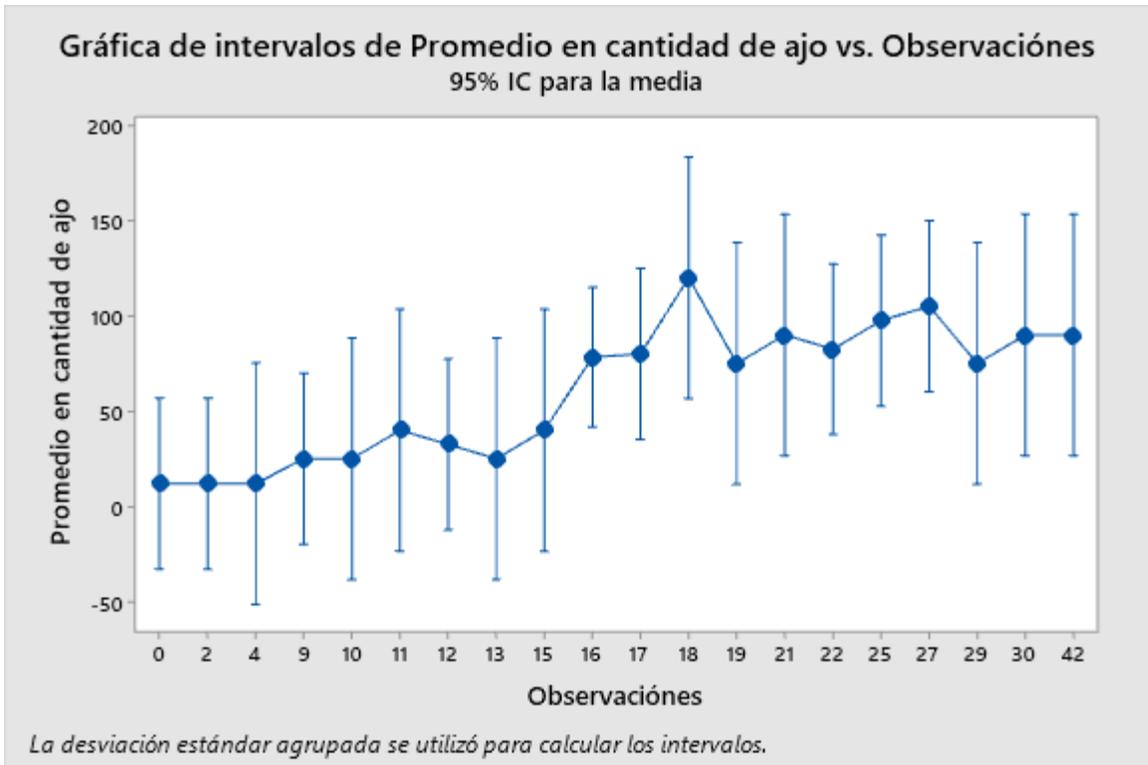
Tabla 20

### Medias

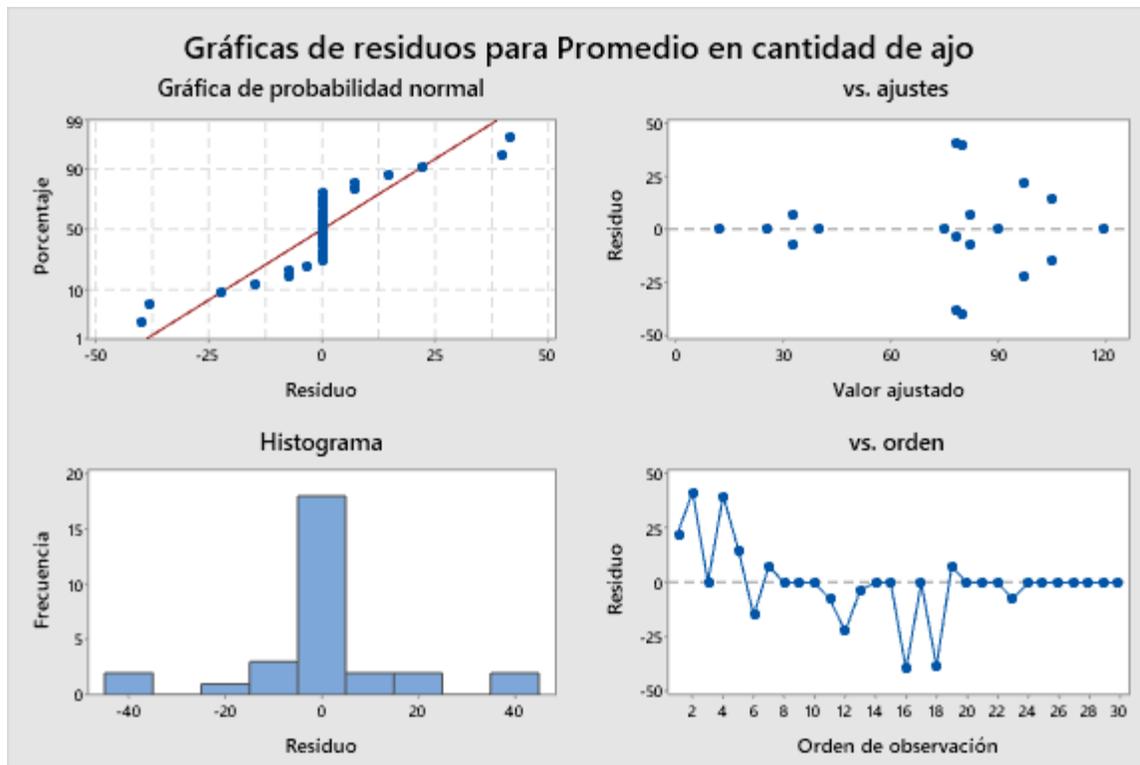
| Observaciones | N | Media | Desv.Est. | IC de 95%        |
|---------------|---|-------|-----------|------------------|
| 0             | 2 | 12.00 | 0.00      | (-32.85, 56.85)  |
| 2             | 2 | 12.00 | 0.00      | (-32.85, 56.85)  |
| 4             | 1 | 12.00 | *         | (-51.43, 75.43)  |
| 9             | 2 | 25.00 | 0.00      | (-19.85, 69.85)  |
| 10            | 1 | 25.00 | *         | (-38.43, 88.43)  |
| 11            | 1 | 40.00 | *         | (-23.43, 103.43) |
| 12            | 2 | 32.50 | 10.61     | (-12.35, 77.35)  |

|    |   |       |       |                     |
|----|---|-------|-------|---------------------|
| 13 | 1 | 25.00 | *     | (-38.43,<br>88.43)  |
| 15 | 1 | 40.00 | *     | (-23.43,<br>103.43) |
| 16 | 3 | 78.3  | 40.1  | (41.7,<br>115.0)    |
| 17 | 2 | 80.0  | 56.6  | (35.1,<br>124.9)    |
| 18 | 1 | 120.0 | *     | (56.6,<br>183.4)    |
| 19 | 1 | 75.00 | *     | (11.57,<br>138.43)  |
| 21 | 1 | 90.00 | *     | (26.57,<br>153.43)  |
| 22 | 2 | 82.50 | 10.61 | (37.65,<br>127.35)  |
| 25 | 2 | 97.5  | 31.8  | (52.6,<br>142.4)    |
| 27 | 2 | 105.0 | 21.2  | (60.1,<br>149.9)    |
| 29 | 1 | 75.00 | *     | (11.57,<br>138.43)  |
| 30 | 1 | 90.00 | *     | (26.57,<br>153.43)  |
| 42 | 1 | 90.00 | *     | (26.57,<br>153.43)  |

*Desv.Est. agrupada = 28.4678*



Gráfica 5 Intervalos de promedio en cantidad de ajos vs. observaciones



Gráfica 6 graficas de residuos para el promedio de cantidad de ajos.

Ahora, se puede observar una varianza bastante significativa en cuanto a la comparación que se acaba de realizar, una vez visto esto gráficamente, podemos verlo de manera cuantitativa, y gracias a nuestro modelo estadístico de análisis de la varianza podemos ahora dar una conclusión sobre nuestras hipótesis nula y alternativa.

Al observar la tabla (Tabla 18) podemos ver nuestro valor de  $P=0.091$  y al tener una significancia de 0.05 damos la siguiente conclusión a dicho problema estadístico.

Como  $0.091 < 0.05$  no es correcto, entonces, no se rechaza  $H_0$ , por lo tanto, existe una varianza lo suficientemente significativa para que se tenga que llevar a cabo un re trabajo.

Hemos visto cómo es que las varianzas dentro de los tamaños de los ajos claramente llegan a traer como consecuencia el repetir la operación o bien, un re trabajo. Para ello se tomaron medidas correctivas para reducir esa varianza que hace que los estándares de calidad no sean los esperados por la empresa.

Sabiendo cómo es que funciona la seleccionadora de ajos, aplicaremos medidas correctivas dentro de este proceso, pues sabemos que, al momento de la selección por las bandas transportadoras, logra pasar tamaños inadecuados para el que se va a empaquetar, dichas acciones buscan reducir en número la cantidad de ajos equívocos en cuanto a su tamaño dentro de las cajas para la venta en el mercado.

Algunas de las acciones que se propusieron llevar a cabo fueron (siempre buscando la calidad opima y el menor gasto para la empresa):

- Un operario entre la banda transportadora que detecte los defectos y se encargue de retirarlos.
- Un flujo menor de la cantidad de ajos que se ponen sobre la banda transportadora.
- Una re calibración de los motores de los rodillos para que funcionen de manera más óptima.
- Mayor énfasis dentro de la revisión de calidad del producto final.

Todo ello para una mejora considerable dentro del producto final, cada una de dichas propuestas fueron comunicadas al jefe respectivo, para lo cual, se tomaron en cuenta las observaciones.

La siguiente tabla muestra gráficamente el cambio y mejora a la que se llegó por medio de las acciones correctivas que se aplicaron. Puntuando en la cantidad de errores dentro de las cajas con una muestra similar y un promedio igual al de las anteriores tablas. (Tabla 21)

Tabla 21 Observaciones con las acciones correctivas realizadas.

| Tamaño | Observaciones |    |    |    |    | Cantidad promedio de ajos por caja |
|--------|---------------|----|----|----|----|------------------------------------|
| 6      | 16            | 11 | 14 | 13 | 18 | 120                                |
| 7      | 10            | 9  | 8  | 11 | 14 | 90                                 |
| 8      | 7             | 5  | 9  | 10 | 7  | 75                                 |
| 9      | 3             | 4  | 2  | 3  | 0  | 40                                 |
| 10     | 0             | 2  | 1  | 0  | 1  | 25                                 |
| 11     | 1             | 2  | 0  | 0  | 1  | 12                                 |

Con un valor de significancia de 0.05 buscamos ver la varianza que ahora existe dentro de las cajas y si es que es significativa en cuanto al promedio por caja. Con dichos datos analizamos las siguientes hipótesis.

*Ho: Existe significancia dentro de la cantidad de observaciones.*

*Hi: No existe significancia dentro de la cantidad de observaciones.*

## ANÁLISIS APLICADAS LAS ACCIONES CORRECTIVAS

### **ANOVA de un solo factor: Promedio en cantidad de ajo vs. Observaciones**

Tabla 22

#### **Método**

Hipótesis nula    Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna    No todas las medias son iguales

Nivel de significancia     $\alpha = 0.05$

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

Tabla 23

**Información del factor**

| <b>Factor</b> | <b>Niveles Valores</b>                                  |
|---------------|---|
| Observaciones | 15 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11,<br>13, 14, 16, 18 |

Tabla 24

**Análisis de Varianza**

| <b>Fuente</b> | <b>GL</b> | <b>SC Ajust.</b> | <b>MC Ajust.</b> | <b>Valor F</b> | <b>Valor p</b> |
|---------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| Observaciones | 14        | 41041            | 2931.5           | 19.76          | 0.000          |
| Error         | 15        | 2225             | 148.4            |                |                |
| Total         | 29        | 43267            |                  |                |                |

Tabla 25

**Resumen del modelo**

| <b>S</b> | <b>R- cuad. (ajustado)</b> | <b>R- cuad. (pred)</b> | <b>R- cuad.</b> |
|----------|----------------------------|------------------------|-----------------|
| 12.1805  | 94.86%                     | 90.06%                 | *               |

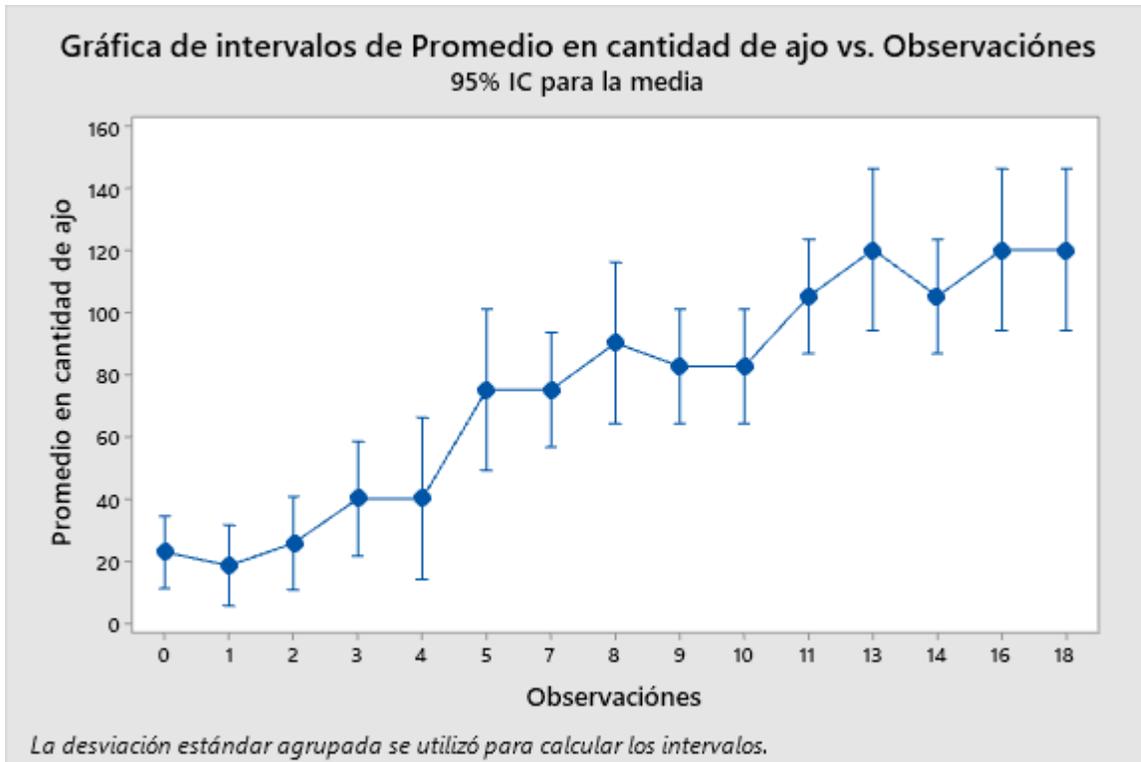
Tabla 26

**Medias**

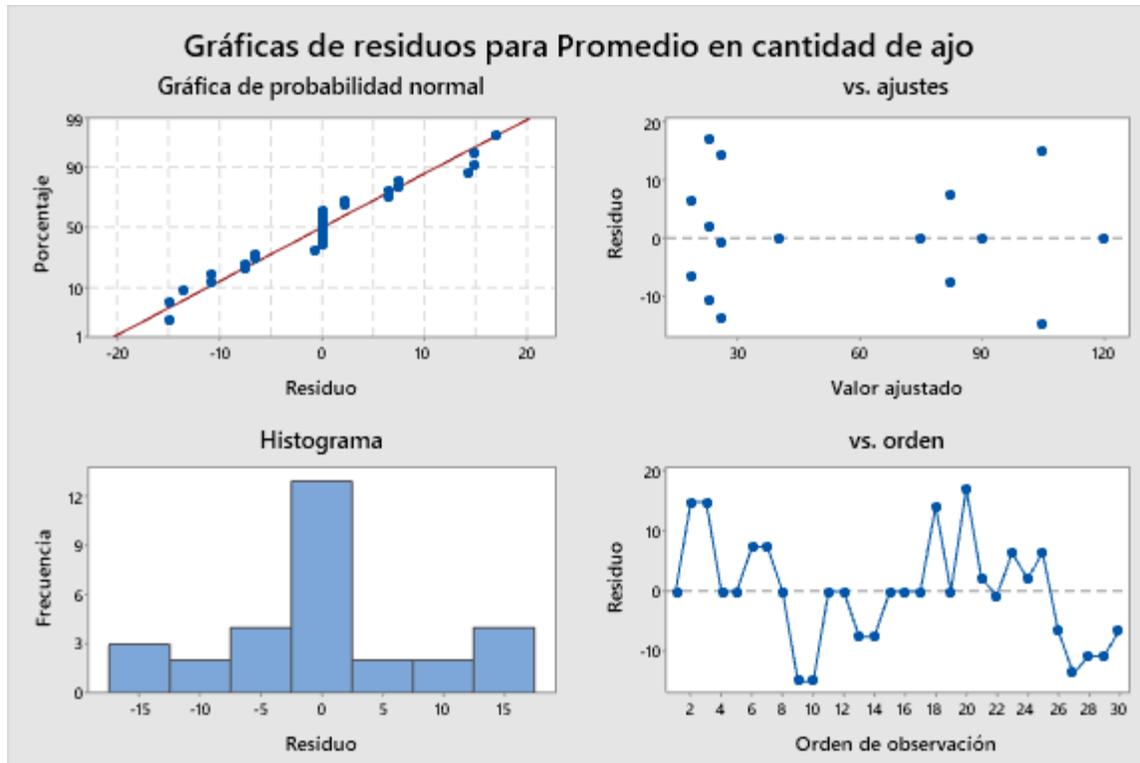
| Observaciones | N | Media | Desv.Est. | IC de 95%       |
|---------------|---|-------|-----------|-----------------|
| 0             | 5 | 22.80 | 11.61     | (11.19, 34.41)  |
| 1             | 4 | 18.50 | 7.51      | (5.52, 31.48)   |
| 2             | 3 | 25.67 | 14.01     | (10.68, 40.66)  |
| 3             | 2 | 40.00 | 0.00      | (21.64, 58.36)  |
| 4             | 1 | 40.00 | *         | (14.04, 65.96)  |
| 5             | 1 | 75.00 | *         | (49.04, 100.96) |
| 7             | 2 | 75.00 | 0.00      | (56.64, 93.36)  |
| 8             | 1 | 90.00 | *         | (64.04, 115.96) |
| 9             | 2 | 82.50 | 10.61     | (64.14, 100.86) |
| 10            | 2 | 82.50 | 10.61     | (64.14, 100.86) |
| 11            | 2 | 105.0 | 21.2      | (86.6, 123.4)   |
| 13            | 1 | 120.0 | *         | (94.0, 146.0)   |
| 14            | 2 | 105.0 | 21.2      | (86.6, 123.4)   |

|    |   |       |   |                  |
|----|---|-------|---|------------------|
| 16 | 1 | 120.0 | * | (94.0,<br>146.0) |
| 18 | 1 | 120.0 | * | (94.0,<br>146.0) |

*Desv.Est. agrupada = 12.1805*



*Gráfica 7 Grafica de intervalos con las acciones correctivas implementados.*



Gráfica 8 graficas de residuos en las acciones correctivas.

Podemos observar una clara mejora con el simple hecho de observar los datos en las tablas, más, nuestro modelo estadístico no da una afirmación más clara aún de que las mejoras supuestas para evitar el re trabajo, que, aunque supusieran un gasto más para la empresa, en un mediano plano es bastante efectivo en cuanto a evitar repetir el proceso lo que indica claramente un ahorro de tiempos, una producción más esbelta y por ende una calidad superior a la que se tenía anteriormente.

Estadísticamente podemos observar nuestro valor P (Tabla 24) un valor de 0.000, y al tener una significancia de 0.05 podemos concluir con lo siguiente.

Al ser  $P=0.000$  y la significancia= $0.05$

$0.000 < 0.05$  con esto se rechaza  $H_0$ , por lo tanto, no existe una varianza significativa dentro de los errores en las cajas, por ende, no se realizará re trabajo.

## **CAPÍTULO 5: RESULTADOS**

### **12. Resultados**

Ejemplos:

Los resultados obtenidos durante el transcurso del proyecto, fueron satisfactorios y buenos para la empresa, cabe recalcar que los directivos de la misma se notan con buen ánimo de saber que se han realizado cambios que se realizaron fueron buenos ya cumplieron las expectativas que se tenían para lo que se buscaba.

| Objetivo Propuesto  | Resultado Esperado  |
|---|---|
| Analizar la varianza que existe en los tamaños de ajos en las cajas.                        | ANOVA sobre los casos de errores dentro de los ajos en las cajas.   |
| Pronóstico de producción en cuanto a la cantidad de toneladas de ajo en periodos de tiempo. | Pronóstico y análisis de regresión de la producción en toneladas para dar a conocer si el método de trabajo es eficiente. |
| Documentar lo realizado mediante imágenes, tablas, graficas, etc.                           | Análisis de varianza documentados mediante MiniTab.   |

Como hemos observado a lo largo de todo el informe se realizaron varias pruebas en varios periodos de tiempo, en los cuales, el análisis primeramente por medio de pronostico nos arroja que, en efecto, si se sigue trabajando de la misma manera, claro, hay ganancias para la empresa, pero eventualmente con el paso del tiempo irán disminuyendo al punto de no ser lo que la empresa espera tener, la utilidad es un punto de inflexión en esta organización como en cualquiera que busque ser competitiva en el mercado actual, por lo que, aunado a los resultados en el pronóstico fue relativamente sencillo demostrar a los directivos la necesidad de tener cambios dentro de la empresa en cuanto a su producción. Los resultados del pronóstico fueron los siguientes.

Dados los datos analizados en la siguiente tabla. (Tabla 27)

Tabla 27 Datos analizados en el pronóstico.

| Periodo (X) | Cantidad vendida (toneladas)(Y) | X <sup>2</sup> | Y <sup>2</sup> | X*Y  |
|-------------|---------------------------------|----------------|----------------|------|
| 1           | 120                             | 1              | 14400          | 120  |
| 2           | 126                             | 4              | 15876          | 252  |
| 3           | 130                             | 9              | 16900          | 390  |
| 4           | 133                             | 16             | 17689          | 532  |
| 5           | 132                             | 25             | 17424          | 660  |
| 6           | 119                             | 36             | 14161          | 714  |
| 7           | 110                             | 49             | 12100          | 770  |
| 8           | 100                             | 64             | 10000          | 800  |
| 9           | 115                             | 81             | 13225          | 1035 |
| 10          | 117                             | 100            | 13689          | 1170 |
| 11          | 130                             | 121            | 16900          | 1430 |
| 12          | 125                             | 144            | 15625          | 1500 |
| 78          | 1457                            | 650            | 177989         | 9373 |

Podemos observar 12 periodos en los cuales existe la cantidad vendidas en toneladas en cada periodo, analizándolo y llevando a cabo un modelo de pronóstico por mínimos cuadrados obtenemos los resultados para los próximos 3 periodos de tiempo, los cuales a primera vista se verán ser pocos, pero en realidad denotan una baja en las ventas significativa para la empresa y que a futuro exponencialmente serán mayores.

|                      |            |
|----------------------|------------|
|                      | -          |
| b                    | 0.68181818 |
| a                    | 125.848485 |
|                      |            |
|                      |            |
| Y Para el periodo 13 | 116.984848 |
|                      |            |

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| Y Para el periodo<br>14 | 116.30303  |
| Y Para el Periodo<br>15 | 115.621212 |

Se puede observar claramente que la cantidad de toneladas en ventas de ajo disminuye en cada periodo futuro, por lo que fue una parte fundamental para llevar a cabo la implementación del proyecto el mostrar, cuantitativamente, a la empresa la necesidad de un cambio en una de las áreas de la misma.

Posteriormente, la empresa tuvo el problema del re trabajo con su máquina seleccionadora de ajo, la cual, debido a su vibración seleccionaba de mala manera los tamaños de los ajos, pues existían errores notoriamente significativos que en varias ocasiones han llevado a realizar un re trabajo, lo cual supone una pérdida de tiempo de producción para la empresa, por lo tanto, pérdidas económicas.

Como se puede observar en la siguiente imagen (Fig. 6) el empaquetado de ajo tiene variaciones en su tamaño, más no son significativas para realizar el trabajo nuevamente, todo con el estándar de la misma empresa y sobre todo también el estándar que el cliente necesita.

Puesto que la varianza no es significativa, se toma el empaquetamiento como de buena calidad y óptimo para su venta.



*Fig 6 Ajos empaquetados para su venta.*

En contra parte ahora observaremos una de las muestras utilizadas en caso de re trabajo. (Fig. 7)



*Fig 7 Ajos que muestran la necesidad de re trabajo.*

A simple vista puede parecer que no existe significancia dentro de los mismos, pero una persona conocedora del tema, puede observar claramente que los tamaños no son los adecuados, que existen irregularidades y que un producto así no puede venderse a un precio alto pues los tamaños son diferentes entre cada número por lo que cada numeración tiene un precio diferente.

Para mitigar dichos errores se llevó a cabo un análisis de la varianza que existe en cada una de las cajas tomando como muestra algunas de ellas y realizando un conteo exhaustivo de los errores en los tamaños dentro de cada una de las muestras y con ellos determinar si es necesario repetir la operación o bien si cumple con los estándares de la empresa y los clientes.

Una vez realizados los análisis de las varianzas encontramos que las cajas en caso de re trabajo efectivamente los errores eran suficientemente significativos para realizar la operación nuevamente, por lo que se realizaron medidas correctivas para evitar dicho problema.

1. Como primera medida se propuso la contratación de 1 operario más focalizado en los tamaños de ajo que presentan los errores más significativos como lo son el

número 7 y número 8, que se encargara de observar los errores en el tamaño de los ajos antes de ser empaquetados, lo cual, sí, supone un gasto de personal más a la empresa, pero que en contra parte a eso, ayuda en gran manera a que exista un mínimo de errores en la selección.

2. Un flujo menor de la cantidad que se deposita dentro de la seleccionadora de ajo, si bien un flujo más lento en la seleccionadora supone una menor cantidad de producción, el disminuir el flujo ayudó a que los errores de la selección fueran más perceptibles y por ende retirados antes del empaquetamiento.
3. Una re calibración de los motores de la seleccionadora, la re calibración supone uno de las medidas más acertadas que muchos podríamos necesitar, pues el tener el tiempo estandarizado en cuanto a los giros de los rodillos nos da una mejor vibración de las mayas que seleccionan los tamaños, lo cual nos ayuda grandemente a que los errores disminuyan.
4. La creación de un departamento de mantenimiento para la maquinaria, evitando así que existan errores de calibración de la misma por ende lo que se explica en el punto anterior.
5. Se propuso la contratación de un ingeniero en mecatrónica, para dar mantenimiento y seguimiento a cada una de las maquinas que se utilizan en la empresa.

Habiendo realizado las acciones anteriores, los resultados fueron sumamente buenos y satisfactorios, pues se logró reducir en gran medida la cantidad de errores que llevaban como consecuencia el repetir la operación.

Como se puede observar a comparación de la imagen anterior (Fig. 7), en la siguiente imagen (Fig. 8), que ha sido tomada una vez se aplicaron las medidas correctivas, se puede notar un tamaño uniforme en el empaquetado de los ajos, lo cual supone una mejora considerable en la selección de los mismos.



*Fig 8 Ajos de tamaño uniforme debido a las medidas de corrección aplicadas.*

Si bien llegasen a quedar algún tipo de duda, también es demostrable cuantitativamente, pues al realizar los análisis de las varianzas en las cajas con errores significativos antes de realizar las correcciones nos muestra una significancia en la varianza que hace necesario realizar de nuevo el trabajo, mientras que, en el análisis después de las correcciones observamos que no hay una varianza significativa que haga tener que repetir la operación, por ende, podemos decir que los resultados han sido buenos y satisfactorios.

## **CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES**

### **13. Conclusiones del Proyecto**

El proyecto ha supuesto un verdadero reto, pues una empresa que es meramente familiar es difícil tratar de imponer un estándar o hacer creer a los directivos que el cambiar una manera de su trabajo les dará mejores resultados, más sin embargo, termino mis residencias profesiones lleno se orgullo y satisfacción, pues se han cumplido los objetivos que se tenían al iniciar dicho trabajo, me voy lleno de aprendizajes, con muchas cosas que han sido buenas y aunque las condiciones no eran lo que se requería para llevar a cabo un proyecto tan ambicioso pues situaciones como la pandemia principalmente no nos han dejado tener mucho contacto con la gente se pudo sacar adelante todo, la empresa siempre mostró su agrado con cada una de las sugerencias que se realizaron, por lo que, la aplicación de los modelos estadísticos, el diseño de experimentos y las soluciones dadas fueron de agrado para los directivos. Cabe recalcar que todas las pruebas y acciones realizadas como lo fueron las tomas de muestras y cálculos estadísticos fueron bien recibidos.

Mi experiencia ha sido gratificante, y llena de conocimientos que podré aplicar ya en una vida laboral y profesional como ingeniero industrial.

No me queda más que agregar, a fin de cuentas, algo que me será de gran utilidad y que estoy seguro que, así como la empresa fue un buen lugar para realizar mis residencias, lo será igualmente para alguien más en el futuro.

## ***CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS***

### ***14. Competencias desarrolladas y/o aplicadas.***

1. Apliqué habilidades directivas y de ingeniería en el diseño, gestión, fortalecimiento e innovación de las organizaciones para la toma de decisiones en forma efectiva, con una orientación sistémica y sustentable.
2. Innové en cuanto a capacidad de los directivos en cuanto a su forma de trabajo.
3. Gestioné de manera eficaz los recursos que la empresa me dio para realizar el proyecto.
4. Apliqué métodos cuantitativos que dan al producto un mayor estándar de calidad.
5. Diseñé un método de producción sustentable.
6. Diseñé e implementé estrategias que dieron una mayor calidad al producto.
7. Implementé planes de desarrollo para la empresa a futuro.
8. Gestioné planes para el desarrollo de la empresa.
9. Apliqué métodos de calidad para estandarizar la calidad del producto.
10. Dirigí equipos de trabajo para la mejora continua y el crecimiento integral de las organizaciones.
11. Utilicé las nuevas tecnologías de información y comunicación en la organización, para optimizar los procesos y la eficaz toma de decisiones.
12. Tomé decisiones importantes en cuanto a la producción.
13. Promoví el desarrollo del capital humano, para la realización de los objetivos organizacionales, dentro de un marco ético y un contexto multicultural.
14. Apliqué métodos de investigación para desarrollar e innovar modelos, sistemas, procesos y productos en las diferentes dimensiones de la organización.
15. Analicé la capacidad de la empresa en cuanto a la competencia en el mercado.
16. Actué como agente de cambio para facilitar la mejora dentro de la empresa.
17. Trabajé en equipo.
18. Apliqué métodos, técnicas y herramientas para la solución de problemas.
19. Resolví problemas en grupos de trabajo.
20. Lideré un equipo de trabajo para llegar a un resultado en común.

## **CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN**

### **15. Fuentes de información**

Sánchez, J. (1993). Aplicaciones prácticas de los métodos estadísticos para pronósticos en series de tiempo. *Revista Universidad EAFIT*, 29(91), 81-95.

Pérez, J. L. (1996). *La estadística: una orquesta hecha instrumento*. Ariel.

Barrientos, A. F., Olaya, J., & González, V. M. (2007). Un modelo spline para el pronóstico de la demanda de energía eléctrica. *Revista Colombiana de Estadística*, 30(2), 187-202.

Fallas, J. (2012). Análisis de varianza. *Comparando tres o más medias [Internet]*. Costa Rica: Universidad para la Cooperación Internacional.

Ximénez, M. C., & Castellanos, R. S. M. (2000). *Análisis de varianza con medidas repetidas*. La Muralla.

Pedroza, H., & Dicovskyi, L. (2007). *Sistema de análisis estadísticos con SPSS* (No. IICA U10-187). IICA INTA.

Pardo, A., Garrido, J., Ruiz, M. Á., & San Martín, R. (2007). La interacción entre factores en el análisis de varianza: errores de interpretación. *Psicothema*, 19(2), 343-349.