

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**Aplicación de diseño experimental, método de jerarquía analítico y análisis sensorial para el diseño de un empaque óptimo de las leches tipo “Half and Half” que maximice su vida.**

**Sistematización de experiencias prácticas de investigación**

**Juan Sebastián Bravo Paliz**

**Ingeniería Industrial**

Trabajo de titulación presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Ingeniero Industrial

Quito, 22 de mayo de 2018

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ  
COLEGIO CIENCIAS E INGENIERÍA

HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE TITULACIÓN

**Aplicación de diseño experimental, método de jerarquía analítico y análisis sensorial para el diseño de un empaque óptimo de las leches tipo “Half and Half” que maximice su vida.**

**Juan Sebastián Bravo Paliz**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Danny Navarrete M.Sc

Firma del profesor :

---

Quito, 22 de mayo de 2018

## Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: Juan Sebastián Bravo Paliz

Código: 00116090

Cédula de Identidad: 1721602280

Lugar y fecha: Quito, 22 de mayo de 2018

## *Agradecimientos*

En primer lugar a Dios por permitirme finalizar esta etapa de mi vida y haberme provisto de una maravillosa experiencia en la USFQ.

A mis padres, Juan Bravo y Gioconda Paliz; por ser un apoyo incondicional todos estos años pese a mis altos y bajos siempre estuvieron a mi lado.

A mi tutor y amigo Danny Navarrete, por su guía y apoyo durante todo el proceso de titulación.

A mi novia, Daniela Larrea; por su cariño, amor y motivación durante toda mi etapa universitaria.

*Juan Sebastián Bravo*

## Resumen

El presente estudio fusiona los conceptos de la ingeniería de empaques con la aplicación de un diseño factorial y análisis sensorial en un caso real de manufactura de un producto. Esto se logra a través de la investigación de los factores más importantes para el empaque de la leche tipo “Half and Half”, obtenidos de diferentes temarios de la ingeniería de empaques. Cuando ya se conoce estos factores, se separa a los más relevantes con un diseño experimental. Luego, se termina con un segundo diseño experimental para profundizar sobre el conocimiento de los mismos y como sus relación con la variable de respuesta definida como cantidad de familias de aerobios mesófilos. Una vez terminado ambos diseños experimentales, se procedió a utilizar la metodología de jerarquía analítica con el fin de incorporar otros elementos de análisis importantes como el costo de materias primas, la energía utilizada, el tiempo de manufactura etc. Para concluir se utilizó un análisis sensorial con el objetivo de entender la aceptación del producto. Los resultados del diseño experimental junto con el método de jerarquía analítico, concluyeron que el mejor empaque debe calentar el aluminio, utilizar una temperatura de  $260^{\circ}\text{C}$ , colocar 15ml de contenido, utilizar un envase transparente y velocidad de maquina 1.

### Palabras Clave :

Ingeniería de Empaques, Análisis Sensorial, Aerobios, Diseños Factoriales

## **Abstract**

The present study merges the concepts of Packaging Engineering with the application of factorial design and sensorial analysis in a real case of the manufacture of a product. This is achieved through the investigation of the most important factors for the Packaging of a milk Half and Half, obtained from different themes of the Packaging Engineering. Once these factors are known, the separation of the most important is done through an experimental design. After that, a second experimental design is performed to get a deeper knowledge of the factors and their relationship with the response variable, defined as the quantity of families of mesophilic aerobic. Once both experimental designs are done, the next step was to apply the Analytic Hierarchy Process with the aim of incorporating other elements of analysis such as cost of raw materials, energy, time of manufacture etc. The final step was the performance of the sensorial analysis with the objective of getting to know the degree of acceptance that the product has. The final results tell us that the best packaging has to have the aluminum heated, a temperature of 260 °C, 15ml of product, transparent packaging and machine speed 1.

### **Key Words:**

Packaging Engineering, Sensorial Analysis, Aerobic Mesophilic, Factorial Design

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>Introducción .....</b>	<b>8</b>
<b>Revisión de la literatura .....</b>	<b>9</b>
<b>Materiales y metodología .....</b>	<b>16</b>
<b>Desarrollo del experimento .....</b>	<b>19</b>
<b>Resultado y análisis de primer diseño experimental.....</b>	<b>21</b>
<b>Resultados y análisis de segundo diseño experimental.....</b>	<b>26</b>
<b>Método de Jerarquía Analítico.....</b>	<b>29</b>
<b>Análisis Sensorial.....</b>	<b>31</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>34</b>
<b>Limitaciones.....</b>	<b>35</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>35</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>37</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>40</b>

## 1. Introducción

Uno de los errores más comunes de los emprendedores es creer que si se oferta un producto que no exista en el mercado este será un éxito. Es por esta razón que se requiere no solo de un análisis cualitativo, sino también de uno cuantitativo para conocer el éxito o fracaso de un producto nuevo en el mercado (Laamanen, 2016). La necesidad de un empaque de calidad ha ido creciendo en los últimos años (Wyrwa y Barska, 2017) y dentro del mundo de los alimentos, muchos de ellos dependen de un empaque para conservar sus propiedades intactas hasta que llegue al cliente final. La principal característica de estos empaques es generar una barrera de protección contra el medio ambiente y al mismo tiempo que está en contacto con el alimento, no contaminarlo. (Navia, Ayala y Villada , 2014). Este proyecto se centrará en la investigación de un empaque óptimo para los productos conocidos comercialmente como “Half and Half” con el propósito de manufacturar el producto posteriormente. La Asociación Internacional de Productos Lácteos de los Estados Unidos, describe a este producto como una mezcla de leche con crema. Con valores de grasa por sobre el 10.5%. La utilización normal de estas leches es como acompañamiento para productos como café o sus derivados (2009). En la figura 1 se puede apreciar este producto.



**Figura 1:** (2018) Land o Lakes Half and Half individual. Recuperado de: <https://www.landolakes.com/products/whipping-cream-and-half-half/mini-moo-s-half-half/>

En la literatura, no se han encontrado parámetros o factores de importancia para la manufactura de este producto. Es aquí donde entra el concepto de Ingeniería de



Empaques. Permitirá obtener en base a una serie de parámetros de investigación, factores de interés sobre los cuales determinar la construcción óptima de un tipo de empaque para este producto.

### **Objetivo General**

Diseñar un empaque óptimo a través de la aplicación de un diseño experimental, método de jerarquía analítico y análisis sensorial que permita manufacturar y comercializar las leches “Half and Half” maximizando su vida útil.

### **Objetivos Secundarios**

1. Investigar sobre los conceptos la Ingeniería de Empaques para recopilar los datos más importantes que se puedan aplicar en un empaque del “Half and Half”
2. Evaluar los factores más importantes encontrados de la investigación a través de un diseño experimental que ponga a prueba la vida útil de la leche.
3. Proponer un prototipo final que se utilice para la manufactura y comercialización del producto.

Estos objetivos van a ser alcanzados a través de la aplicación de tres metodologías de análisis

1. Diseño experimental
2. Método de Jerarquía analítico
3. Análisis sensorial

## **2. Revisión de Literatura**

### **2.1 Ingeniería de Empaques**

El mundo cada día se vuelve más exigente y la globalización ha empujado a que se nazcan nuevos conceptos en el ámbito de los empaques para alimentos (Cantera, 2013). Si ponemos un ejemplo como el de la leche, desde su extracción de la vaca, hasta el destino final que puede ser un plato de desayuno para un niño, este producto ha sufrido transformaciones importantes y ha estado expuesto a miles de agentes contaminantes durante todo su proceso hasta llegar al cliente final (Jay,2011).

La ciencia detrás de esta ingeniería es analizar el empaque desde varias perspectivas y proponer un envase óptimo para el tipo de alimento que se esté estudiando. Scott Morris, catedrático en la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign. Menciona en su libro “Food and Package Engineering” algunos ámbitos sobre los cuales el la ingeniería de empaques, ha estado incursionando los últimos años. (2011). A continuación se presenta una profundización de estos temas.

- **Materiales brutos, producción y conversión:** El mundo está lleno de materias primas y las aplicaciones de cada uno de sus derivados se extiende desde un simple vaso para sostener agua hasta una funda tan robusta que logre mantener el alimento intacto por meses (Cantera, 2013). La denominada ciencia de materiales

es la encargada de “*investigar la relación entre la estructura y las propiedades de los materiales*” (Newell, 2011). Dentro del listado de materiales utilizados como materias primas encontramos los polímeros, metales, cerámicos etc. De este último listado, los polímeros sobresalen por sus propiedades físico-químicas al momento de utilizarlos en un sin número de aplicaciones (Risch, 2009). Uno de sus derivados, el polipropileno; es un hidrocarburo perteneciente a la familia de los alquenos cuya estructura le permite sufrir procesos de inyección y extrusión. (Blanco,2012). Este material en contacto con los alimentos no sufre una migración de componentes, a este concepto se lo conoce como *grado alimenticio*, una propiedad que todos los materiales que están en contacto con cualquier tipo de comida debe cumplir (Cantera, 2013).

- **Procesos de Manufactura:** Morris en su libro menciona que los procesos de manufactura que deben estar ligados a una serie de eventos concatenados y sistemáticos con el objetivo de obtener productos de calidad. Es por esta razón que durante el proceso de envasado y sellado de alimentos, se deben tomar en cuenta factores tanto del producto como de la maquinaria que se está utilizando (Hron y Macak, 2013). Algunos elementos que se proponen para estudiar son los siguientes:
  - Temperatura de sellado
  - Velocidad de maquina
  - Materiales apropiados
  - Presión de máquina

Los anteriores puntos son netamente para la utilización de maquinaria para la manufactura de envases. Pero también parámetros del producto deben ser considerados. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en su reporte sobre “*Introducción a la microbiología de los alimentos*” propone a las empresas tomar en cuenta los siguientes elementos al momento de envasar cualquier producto: Ingredientes, tipo de almacenamiento, humedad del producto y cantidad de oxígeno en el producto (2012).

- **Cadena de valor del empaque:** Uno de los factores que resalta de un empaque ya no es solo que cumpla con su característica básica, sino que también lleve algo de valor hacia el cliente final (Morris, 2011). Es aquí donde entran los procesos por los cuales un consumidor final está dispuesto a pagar. Una forma diferente, una impresión en un sustrato flexible, un diseño ergonómico etc. (Risch, 2009). Todos estos elementos juntos se conoce como la cadena de valor del empaque. Desde que se obtiene el material bruto (ej. Petróleo) hasta que se lo convierte por métodos químicos en un polímero para albergar alimentos (como el polipropileno). Un gran aditivo de valor hoy en día son las desinfecciones de materiales o comida por calor. Incluso en algunos productos como la leche es obligatorio (Morris, 2011) . La universidad de Carolina del Norte ha creado un manual donde detalla ciertos procesos a tomar en cuenta el momento de la manufactura y envasado de alimentos. Uno de ellos es la esterilización por calor de los materiales para empaque. En el reporte se menciona que se recomienda altamente esterilizar siempre los materiales antes de utilizarlos (2009).

- **Regulaciones y leyes del empaque:** Así como las empresas buscan agregar valor a su producto, todas se ven obligadas a llevar controles y cumplir con normativas nacionales e internacionales al manejar elementos que van estar en contacto con millones de personas (Lutter, 2015). Dado estos antecedentes, el mundo ha creado y demandado que se generen una estandarizar y control todo lo que tiene que ver con el procesamiento, manufactura y empaque de alimentos. (Lutter, 2015). A continuación se presentan algunas de las normas tanto de la Federación de Administración de alimentos y fármacos de los Estados Unidos (por su siglas en ingles FDA) como Buenas prácticas de Manejo de Alimentos para la manipulación y manufactura de cualquier comestible.
  - **Higiene personal:** Constituye todo lo referido a una correcta desinfección del operario antes de manipular cualquier alimento. Adicionalmente se considera que la salud del operario sea la adecuada durante su trabajo, es decir que no presente síntomas o consecuencias de cualquier tipo de virus que pueda trasladarse al alimento.
  - **Lucha contra plagas:** Las instalaciones donde se realice la manufactura, procesamiento o empaque de alimentos, están obligadas a llevar un registro de lucha contra plagas. Donde conste que la empresa tiene todos los implementos adecuados que garanticen la inexistencia de seres vivos (ratas, ratones, cucarachas etc) que puedan afectar la inocuidad del alimento.
  - **Equipo para la manipulación de alimentos :** Todo operario es obligado a utilizar quipo certificado para la manipulación de alimentos: Cofias, mandiles, guantes etc. Son algunos de los implementos obligatorios.
  - **Factores de posible contaminación:** Agentes que son ajenos a la naturaleza de los alimentos. Pueden ser categorizados como físicos (partículas que pueden estar en el aire), químicos (sustancias que alteran la naturaleza del alimento) o biológicos (organismos que pueden invadir el alimento).
- **Análisis cuantitativo del empaque:** Otra de las ramas importantes de la ingeniería de los empaques, es producir datos cuantitativos para poder entender el comportamiento de los materiales con el objetivo de predecir su comportamiento bajo diferentes escenarios a los cuales pueden estar expuestos durante su vida útil. Como herramienta para realizar dicho procedimiento se puede encontrar al diseño experimental, una metodología matemática para la optimización de resultados que se profundizará en la sección 2.3.
- **Reciclaje y empaque sostenible:** Cada niño que nace es una nueva boca que alimentar, pero se debe pensar en no comprometer a las generaciones futuras que están por venir con la excusa de suplir las necesidades de las generaciones presentes. (Lewis, 2003). Este es el concepto del empaque sostenible. Lograr un balance entre lo que se tiene que suplir en el presente, prometiendo que en un futuro se va a lograr seguir supliendo la misma necesidad. Un empaque de este tipo puede ser de dos formas.

- **Reciclable:** Que la materia prima se pueda volver a utilizar, así no sea para el mismo propósito con el cual se la proceso en primera instancia
- **Bio-Degradable:** Que la materia prima en contacto con los agentes naturales de desintegración de materia, ceda y se descomponga en periodos de tiempo cortos.

## 2.3 Diseño experimental

### 2.3.1 Primer diseño factorial

El diseño experimental es una metodología matemática que a través de la resolución de algoritmos obtiene combinaciones óptimas de factores y niveles, cuyo objetivo es maximizar o minimizar una variable de respuesta. Algunas de sus aplicaciones se resumen a continuación (Montgomery,2012):

- Mejoramiento de procesos
- Reducción de variabilidad
- Reducción de tiempos
- Reducción de costos

Uno de los diseños más aplicados a nivel industrial son los factoriales  $2^k$ . Estos modelos permiten estudiar  $k$  factores de 2 niveles cada uno. Su propósito es estudiar los efectos conjuntos que producen sus factores a una variable de respuesta (Montgomery, 2012). Una de las desventajas de este tipo de diseño factoriales es que muchas veces no se cuenta con lo recursos y materiales necesarios para correr los modelos completos. Es aquí donde entran los diseños factoriales fraccionados, donde se asume que las interacciones de más alto orden son no significativas y se obtiene información de los efectos principales así como de interacciones de bajo orden al correr este tipo de diseños (Selfman, 2015).

Sin embargo, estos diseños tienen una desventaja. Dependiendo de la resolución que tengan, puede que ciertos factores de ordenes superiores estén aliados con otros. Esto dificulta el análisis de resultados debido a que no se sabe de donde proviene la variabilidad del problema (Montgomery, 2012). Un claro ejemplo es el diseño factorial fraccionado  $2^{5-2}$  con resolución III. Esta resolución significa ningún efecto principal está aliado con otro efecto principal, pero los efectos principales si pueden estar aliados con interacciones de segundo orden e incluso estas interacciones de segundo orden están aliadas con otras del mismo orden. A continuación se presentan las estructuras de aliados para esta resolución:

$$I = ABD + ACE + BCDE$$

$$A = BD + CE + ABCDE$$

$$B = AD + CDE + ABCE$$

$$C = AE + BDE + ABCD$$

$$D = AB + BCE + ACDE$$

$$E = AC + BCD + ABDE$$

$$BC = DE + ABE + ACD$$

$$BE = CD + ABC + ADE$$

**Nivel  $\alpha$**  : El nivel  $\alpha$  es un parámetro estadístico de nivel de significancia que determinará la probabilidad de cometer un error tipo I ( Mueses, 2008).

**Factores a tomar en cuenta:** Al momento de realizar cualquier tipo de diseño experimental, se debe tomar en cuenta factores que pueden haber en el experimento y que alteren los resultados de interés. Los mismos tienen varias categorías que se describen a continuación (Montgomery, 2011):

- **Perturbadores**
  - **Controlables:** Factores que pueden introducir variabilidad pero que se pueden mantener en un nivel constante durante el experimento.
  - **No controlables:** Factores cuyo efecto en el experimento es conocido pero no se los puede controlar.
- **Constantes:** Factores que son de interés, se tiene conocimiento de los mismos. Al mismo tiempo se puede de alguna manera estabilizarlos durante el experimento
- **Permitidos a variar:** Factores cuyos valores fluctúan cantidades que se consideran insignificantes al momento de realizar el experimento. Por lo tanto se permite su variabilidad

**Análisis no-paramétrico:** Existen ocasiones donde se tendrá que utilizar métodos de análisis no paramétricos porque los datos no cumplen con los supuestos de ANOVA. Los análisis convencionales de ANOVA asumen que los datos que se están utilizando para el diseño experimental son continuos y cumplen los siguientes supuestos (Selfman,2015):

1. Normalidad
2. Igualdad de Varianza
3. Independencia de Datos

Es común que los datos que no son continuos no cumplan con uno o varios de estos supuestos y en estos casos se recurren a pruebas no paramétricas dependiendo del tipo de diseño experimental que se vaya a utilizar. Para el caso de comparación tres o más medias existe la prueba Kruskal Wallis (Green y Salkind, 2008). Esta prueba fue desarrollada en 1952 por Kruskal y Wallis con el objetivo de poder simular un ANOVA sin la necesidad de asumir que los supuestos antes mencionados se cumplen. Para esta prueba las hipótesis son las siguientes.

- $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_n$
- $H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu_n$

### 2.3.2 Diseños factoriales doblados

Como se concluyó en la sección 2.3.1, que cuando se corren factoriales de resolución III no se puede concluir directamente sobre los factores que son significativos debido a que estos van a estar aliados con estructuras de segundo orden y estas con otras del mismo

orden. Cuando ocurren estos casos, la literatura nos sugiere utilizar los diseños factoriales doblados los cuales pueden aislar efectos de potencial interés de factoriales más grandes a través de romper las estructuras de aliados originales de los factoriales. El concepto detrás de este rompimiento de estructuras de aliados es correr factoriales más pequeños utilizando los efectos de interés de manera separada, lo cual es la solución más sencilla. Dicha solución está respaldada por el concepto de la navaja de Ockham, la cual nos dice que por lo general las soluciones más simples suelen ser las correctas. (Montgomery, 2012)

## 2.4 Análisis Sensorial

*“Los análisis sensoriales son un conjunto de actividades donde se realiza un investigación de la percepción sensorial de una persona con respecto a un producto en particular”* (Manson y Nottingham, 2002). El propósito de una evaluación sensorial es poder obtener datos que nos permitan entender el grado de gusto o disgusto que una persona tiene con respecto a un alimento. Esto se debe a que cada alimento contiene factores que generan una deterioración microbiológica y bioquímica, lo cual puede deber a los siguientes factores (McCurdy, Peutz, y Wittman, 2009):

- Tiempo
- Incidencia de luz
- Factores externos
- Mala calidad del empaque

Estos cambios debido a cualquiera de los factores antes descritos, puede producir los siguientes fenómenos en los alimentos (Valero A, Carrasco E y García M, 2012):

- Sabor rancio
- Decoloración
- Producción de gas
- Pérdida de nutrientes

En el caso de las leches, se sugiere realizar análisis sensoriales enfocados en los siguientes aspectos (Cifuentes et.al., 2015):

- Color
- Olor
- Sabor
- Textura
- Impresión general

Una de las escalas más utilizadas para este tipo de análisis es la hedónica de 9 puntos con anclas semánticas. Una de las ventajas de esta escala es que permite al encuestado expresar un rango más amplio en cuanto al gusto o disgusto sobre un elemento en específico. (Lim, 2011)



**Figura 2 :** Escala hedónica de nueve puntos con anclas semánticas

## 2.5 Método de Jerarquía analítico

El método de jerarquía analítico es una “*Técnica de análisis de multi-atributos para la toma de decisiones*” (García et.al., 2006). Lo que busca es resolver un problema de la siguiente índoles:

- Se tiene que tomar una decisión sobre un tema en específico
- Existen varias opciones
- Cada una de las opciones tiene factores de interés.

Este método utiliza ponderaciones asignadas para cada uno de los factores de interés. Los niveles de importancia se los coloca utilizando la siguiente escala:

Importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos elementos contribuyen idénticamente al objetivo.
3	Dominancia débil	La experiencia manifiesta que existe una débil dominancia de un elemento sobre otro.
5	Fuerte dominancia	La experiencia manifiesta una fuerte dominancia de un elemento sobre otro.
7	Demostrada dominancia	La dominancia de un elemento sobre otro es completamente demostrada.
9	Absoluta dominancia	Las evidencias demuestran que un elemento es absolutamente dominado por otro.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Son valores intermedios de decisión.

**Figura 3:** Tabla de valores con definiciones

El procedimiento se utiliza esta escala como una asignación cuantitativa a elementos cualitativos. La asignación debe darse de manera matemática. Es decir, si existen costos, utilización de energía, tiempo etc. Se debe asignar un número acorde al valor numérico que esté utilizando la persona que vaya a seguir este método. En caso de no tener valores numéricos como por ejemplo cuando se evalúa elementos de mayor o menor gusto, se debe escoger una escala lo más objetivamente posible (Taha, 2004). Cuando se han escogido la importancia que cada elemento va a llevar, se debe realizar una matriz A con n factores de la siguiente forma:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & a_{22} & \dots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Una vez llenada dicha matriz se realiza un procedimiento explicado en la sección 7 donde se aplicó el método.

## **2.6 Análisis Microbiológico**

Todo alimento desde el momento en el cual entra en contacto con el oxígeno, empieza un proceso natural de descomposición. (McFeeters, 2004). Las técnicas comunes de análisis microbiológico de alimentos, sugieren someterlos a diferentes temperaturas durante diferentes períodos de tiempo con el objetivo hacer un seguimiento la descomposición del alimento y registrar la tasa de crecimiento de microorganismos a diferentes temperaturas. (Valero, Carrasco, y García, 2012).

### **2.6.1 Tiempo**

El tiempo tiene una relación lineal positiva la tasa de crecimiento de microorganismos en cualquier producto (Scoot, 2008). Mientras mayor sea el lapso en el cual un producto se demore en ser consumido, mayor es el riesgo de toxicidad por contaminación. (McFeeters, 2004). Los estudios comunes de tiempo sugieren tomar por lo menos tres muestras del producto en el tiempo con el objetivo de controlar su descomposición. Por lo general siempre se hace una toma en el tiempo 0 que sirve como control inicial de calidad, una toma en un tiempo intermedio que puede ser una o dos semanas y finalmente una toma en un rango mayor de tiempo que puede ser uno o dos meses dependiendo del alimento (Valero, Carrasco, y García, 2012).

### **2.6.2 Temperatura**

Así como el paso del tiempo tiene una relación lineal con respecto a la tasa de crecimiento de microorganismos, la temperatura tiene exactamente la misma relación, hasta cierto punto (Cornejo, 2010). Una temperatura de 0°C es considerada como temperatura de refrigeración debido a que las partículas de agua de cualquier elemento entran en una fase sólida (Vasek et.al. , 2013). Aquí los microorganismos entran en una etapa casi de reposo, donde su actividad y reproducción es casi nula. Pero, mientras esta temperatura se va elevando, estos seres regresan a su estado original de consumo y reproducción. Las temperaturas ideales para su reproducción varían entre los 15-40 °C. A una temperatura menor ocurre lo antes descrito y a una temperatura mayor estos organismos empiezan a morir.

## **3. Materiales y metodología**

Esta sección resume los pasos propuestos por Douglas Montgomery para la realización de un diseño experimental. Los mismos siguen una secuencia sistemática para plantear, resolver, analizar y concluir sobre un problema en específico utilizando esta herramienta (2011)

### **3.1 Reconocimiento y selección del problema**

La compañía Florempaque Cia. Ltda en búsqueda de expandir su portafolio de productos, decidió abrir sus instalaciones para poder investigar sobre posibles envases de alimentos con materiales conocidos para la empresa. Florempaque, lleva más de dos décadas en el mercado Ecuatoriano, proveyendo de empaques para flores y alimentos. Ahora, la empresa ha decidido expandirse al envasado y empaque de alimentos. Se decidió utilizar este proyecto para investigar sobre este nuevo campo para la empresa, siguiendo los



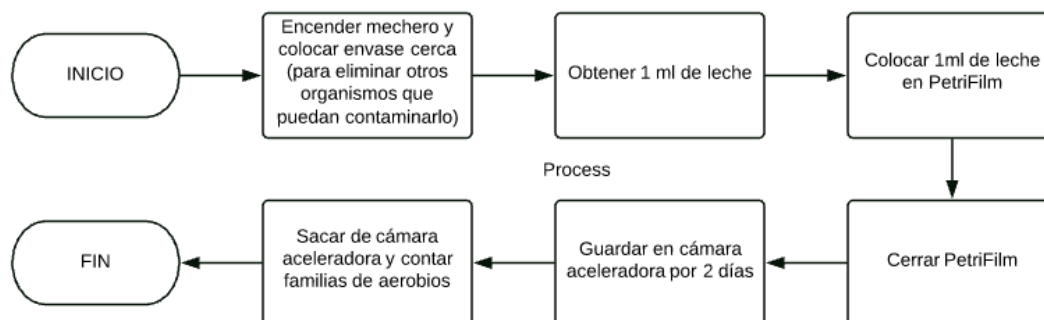
conceptos de la Ingeniería de Empaques para entender los factores que más influyen en una buena conservación del producto con el objetivo de proponer un tipo de empaque final que maximice la vida de la leche.

### 3.2 Selección de la variable de respuesta

Los empaques de alimentos tienen un solo objetivo: prolongar la vida del alimento hasta que llegue al consumidor final. La vida de cualquier alimento está normada por la cantidad de organismos que existan en él. En simples términos, unos pocos organismos no tienen la capacidad de afectar al cuerpo humano pero pasado de ciertos límites, el alimento se vuelve tóxico para cualquier otro organismo que lo ingiera (Longhi et.al., 2017). Los organismos responsables por este deterioro para las leches son conocidos como los aerobios mesófilos los cuales “*son capaces de desarrollarse en presencia de oxígeno a una temperatura comprendida entre 20°C y 45°C. Su presencia refleja la calidad sanitaria de los productos analizados, indicando además las condiciones higiénicas de la materia prima y la forma de cómo fueron manipulados durante su elaboración*” ( Passalacwua y Cabrera, 2014). Por lo tanto la medición de estos organismos en la leche servirá como variable de respuesta al ser posible su conteo mediante el procedimiento descrito en la sección 3.2.1

#### 3.2.1 Medición de la variable de respuesta

Para el conteo de organismos se siguió el procedimiento conocido como: Petri film para aerobios mesófilos. (Gamboa, 2015)



**Figura 4 :** Diagrama de flujo de medición de variable de respuesta

### 3.5 Selección de Factores y Niveles

**A. Esterilización de material de sellado (tapa):** En la sección 2.1, el punto sobre “Cadena de Valor del Empaque” resalta el hecho de esterilizar los materiales de alimentos. Por lo tanto se comprobará si esterilizar materiales manufacturados es significativo al momento de envasar un producto.

- a. **Nivel alto:** Si, esterilizado.
- b. **Nivel bajo:** Sin esterilización.

**B. Polipropileno (PP):** En la sección 2.1, en el punto de “Materiales brutos”. Se encontró al polipropileno como un material apto para el envasado de leche.

Existen varios derivados de este material y uno de ellos es el polipropileno pigmentado, el cual tiene el objetivo de impedir el paso de luz. Como se habló en la sección 2.3. la luz es uno de los componentes puede afectar a la calidad del producto envasado.

- a. **Nivel alto:** Polipropileno pigmentado (blanco)
- b. **Nivel bajo:** Polipropileno transparente

C. **Temperatura de sellado:** En la sección de proceso de manufactura se mencionó que la temperatura de sellado es un factor importante al considerar el estudio de empaques para un producto. Dado que no existen tablas de referencia para el sellado de aluminio con polipropileno de un específico grosor, se procedió al método de prueba y error para encontrar un rango de temperaturas con el cual se sellen estos materiales.

- a. **Nivel alto:** 250 °C
- b. **Nivel bajo:** 260 °C

D. **Velocidad de máquina:** Así como la temperatura de sellado, la velocidad a la cual trabaja una máquina va a influenciar en la calidad de empaque de un producto. En este caso la maquinaria de Florempaque durante el método de prueba y error, trabajó dos velocidades que resultaron apropiadas para

- a. **Nivel alto:** Velocidad 2 (15 golpes por minuto)
- b. **Nivel bajo:** Velocidad 1(10 golpes por minuto)

E. **Cantidad de Leche:** Dentro de los parámetros a analizar en la sección 2.1 de “Procesos de manufactura” está la cantidad de oxígeno en un envase. La manera en la cual se regula esto es alterando la cantidad de producto que se coloca. A mayor cantidad de producto, menor cantidad de oxígeno y viceversa. Para este proyecto se tenían muestras físicas del producto original y la cantidad de leche variaba en los siguientes niveles:

- a. **Nivel alto:** 15ml
- b. **Nivel bajo:** 10ml

### 3.6 Factores perturbadores, constantes y variables.

#### 3.6.1 Factores perturbadores

##### Controlables:

- Temperatura Ambiente : 23 °C

##### No Controlables

- Agentes externos (biológicos)
- Humedad
- Gases
- Otras partículas en el aire.

#### 3.6.2 Factores constantes.

- Presión de pistones de máquina: 415N

### 3.6.3 Factores permitidos a variar

- Humedad de ambiente
- Presión de máquina

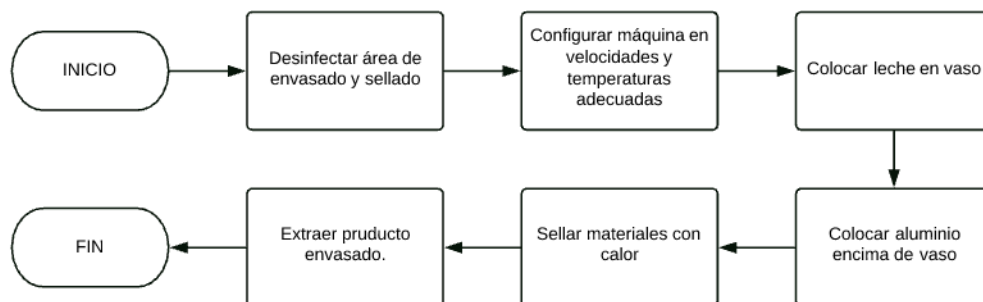
### 3.7 Diseño experimental

- **Primer experimento:** Para el primer diseño experimental, se utilizará un factorial fraccionado  $2^{5-2}$  con resolución III. 5 factores con dos niveles cada uno (ver selección 2.3.1). No se utilizará un factorial completo por la limitación de material que se tiene y tiempo de manufactura. Como se mencionó en la revisión literaria, las estructuras de aliados de este diseño experimental, no permitirán concluir adecuadamente sobre los resultados del mismo. Por lo tanto se realizó un segundo diseño experimental para romper estas estructuras de aliados.
- **Segundo Experimento:** Se realizó un factorial  $2^3$ , donde se utilizó un diseño factorial doblado para romper las estructuras de aliados.
- **Réplicas:** Se realizó una réplica por limitaciones en recursos.
- **Aleatorización:** En el software Minitab, se utilizó la función de aleatorizar y se respetó el orden obtenido.
- **Nivel  $\alpha$ :** Para este proyecto se seleccionó un nivel de  $\alpha$  de 0,05. Esto debido a que en investigaciones similares como “Application of design of experiments to welding process of food Packaging” los investigadores utilizaron este  $\alpha$  para entender sobre elementos que afectan al proceso de manufactura de empaques para alimentos. (Hron & Macak, 2013).

## 4. Desarrollo del Experimento

Este experimento se realizó en dos partes.

1. La primera consistió en la manufactura de los envases en las instalaciones de Florempaque Cia.Ltda. En el siguiente diagrama de flujo se puede encontrar el proceso de manufactura de estos envases:



**Figura 5:** Proceso de manufactura

2. La segunda parte se realizó en las instalaciones del departamento de microbiología de la Universidad San Francisco de Quito de Quito. En la sección 3.2.1 se explica este procedimiento.

Una vez terminado ambos procesos, el departamento de microbiología emitió los informes donde se detallaron los resultados de las muestras los cuales se analizarán en la siguiente sección.

#### 4.1 Determinación de tiempos y temperaturas para análisis microbiológico

Para la determinación de tiempos se siguieron procedimientos como el de Vasek, Mazza, y Giori, (2013) Donde utilizaron 5 períodos de tiempo para analizar los microorganismos en un alimento derivado de la leche. Dado que este proyecto de titulación tiene un limitante de dinero, se escogieron tres puntos de tiempo para analizar la leche:

1. **Tiempo 0:** Los métodos tradicionales de control de calidad de los alimentos sugieren realizar controles en tiempo 0 para descartar una contaminación por proceso de manufactura. (Scoot, 2008)
2. **7 días:** Pinto et al. (2018) realizaron un análisis microbiológico en su investigación para leche UHT en Brazil donde tomaron muestras y las incubaron durante 7 días para comprobar si no existían microorganismos después de ese tiempo.
3. **30 días:** La última fecha de análisis para lácteos y sus derivados es de 30 días, por lo tanto se escogió este tiempo. (Valero, Carrasco, y García, 2012).

Las temperaturas de análisis se determinaron de la siguiente forma:

- **15 °C:** La temperatura normal de comercialización de leches suele rondar alrededor de los 15 °C(Cornejo, 2010).
- **35 °C:** Durante la investigación de Pinto et al. (2018), se utilizó una cámara a 36 °C. En las instalaciones de la Universidad San Francisco de Quito se tiene una cámara a casi la misma temperatura con diferencia de un grado, se utilizará esta cámara.

- **40 °C:** Todos los microorganismos tienen un límite de resistencia a la temperatura, en este caso los aerobios empiezan a morir pasados los 40 °C por lo tanto esta será la temperatura tope para esta investigación (Vasek et.al. , 2013)

## 5 Resultados y análisis de primer diseño experimental

### 5.1 Resultados Previos

En el anexo 1 se puede encontrar la tabla con los resultados microbiológicos previos que se mencionaron en la sección 4.1 con propósitos de control de calidad.

### 5.2 Resultados de muestras 7 y 30 días.

En las siguientes tablas se pueden observar los resultados de los análisis para 7 y 30 días. Cabe mencionar que con el objetivo de poder analizar los resultados, los valores de 9999 corresponden a organismos incontables en las muestras.

**Tabla 1 :** Resultado análisis de muestras a los 7 días

	TEMPERATURA (°C)		
	15	35	40
<b>P1</b>	9999	9999	9999
<b>P2</b>	0	9999	9999
<b>P3</b>	0	9999	9999
<b>P4</b>	9999	9999	9999
<b>P5</b>	9999	9999	9999
<b>P6</b>	0	9999	9999
<b>P7</b>	9999	9999	0
<b>P8</b>	0	23	17

**Tabla 2 :** Resultados análisis de muestras a los 30 días

	<b>TEMPERATURA (°C)</b>		
	<b>15</b>	<b>35</b>	<b>40</b>
<b>P1</b>	0	0	9999
<b>P2</b>	9999	9999	9999
<b>P3</b>	0	0	9999
<b>P4</b>	0	9999	0
<b>P5</b>	9999	0	0
<b>P6</b>	9999	36	0
<b>P7</b>	9999	0	0
<b>P8</b>	0	9999	62

Para combinar estas dos tablas, se multiplicó a la tabla 1 por un factor de 0,4 y a la tabla 2 por un factor de 0,6 para luego sumarlas. La justificación de los factores viene dado por el objetivo de este proyecto. Se requiere diseñar un empaque óptimo que prolongue la vida de las leches. Por lo tanto se le da un mayor peso a la tabla 2 que son los resultados obtenidos a los 30 días. El resultado es la tabla 3.

**Tabla 3:** Resultados de suma de tabla 1 y 2.

	<b>TEMPERATURA (°C)</b>		
	<b>15</b>	<b>35</b>	<b>40</b>
<b>P1</b>	3999,6	3999,6	9999
<b>P2</b>	5999,4	9999	9999
<b>P3</b>	0	3999,6	9999
<b>P4</b>	3999,6	9999	3999,6
<b>P5</b>	9999	3999,6	3999,6
<b>P6</b>	5999,4	4021,2	3999,6
<b>P7</b>	9999	3999,6	0
<b>P8</b>	0	6008,6	44

Los datos de la tabla 3 todavía no cumplen ningún supuesto de ANOVA. Por lo tanto se le dio rangos para transformarlos a continuos sin alterar sus valores reales.

Por ejemplo, para los valores de 0-100, se les asignó un número aleatorio de 1-10. Para los valores incontables de 9000-9999 se les asignó un número aleatorio de 21-30. Todos los otros datos caen en el rango de 11-20. El resultado es la tabla 4

**Tabla 4:** Resultados de cada prototipo a tres temperaturas

	<b>TEMPERATURA °C</b>		
	<b>15°C</b>	<b>35°C</b>	<b>40°C</b>
<b>P1</b>	17,95	19,07	26,04
<b>P2</b>	14,53	23,80	29,41

<b>P3</b>	3,98	19,55	23,85
<b>P4</b>	15,23	21,21	12,74
<b>P5</b>	24,60	18,69	13,18
<b>P6</b>	17,81	11,84	13,00
<b>P7</b>	28,25	12,90	6,33
<b>P8</b>	1,42	15,50	9,14

### 5.3 Comprobación de supuestos

Antes de analizar estos resultados, se necesita saber si cumplen o no con los supuestos. Por lo tanto se los comprobó de la siguiente forma (Kuehl, 2001):

- **Normalidad:** Se realizó una prueba objetiva de normalidad utilizando la prueba de Anderson Darling. En este caso el valor p es menor al  $\alpha$  seleccionado, entonces los datos cumplen el supuesto. Como se puede observar en el anexo 4, el valor p es menor al  $\alpha$  de 0,05. Por lo tanto este supuesto se cumple (Kuehl, 2001).
- **Igualdad de varianzas:** Se realizaron múltiples pruebas de igualdad de varianza contrastando los residuales de los datos versus los resultados. Si el valor p es mayor que el  $\alpha$  seleccionado entonces este supuesto se cumple. En el anexo 4 se puede observar que esta regla se cumple con un  $\alpha$  de 0,05. Por lo tanto este supuesto se cumple (Kuehl, 2001)
- **Independencia de Datos:** Se realizó una prueba objetiva de independencia de datos conocida como auto correlación donde a través de series de tiempo se comprueba de manera objetiva este supuesto. En esta se puede observar en el gráfico del anexo 5 que si los datos no sobrepasan los límites establecidos entonces los son independientes. (Kuehl, 2001).

Dado que todo los supuestos se cumplen, entonces se puede proceder al análisis de datos.

### 5.4 Resultados de diseño factorial

Cabe recalcar que se necesitan realizar tres análisis debido a que se tienen tres temperaturas. A cada uno de de ellos les corresponde una de las siguientes tablas ANOVA:

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	6	588,335	98,056	288,13	0,045
Linear	5	535,444	107,089	314,68	0,043
Base	1	23,909	23,909	70,25	0,076
Al.Calentado	1	291,491	291,491	856,54	0,022
Temp.Sellado	1	138,695	138,695	407,55	0,032
Cantidad	1	81,345	81,345	239,03	0,041
Vel.Maq	1	0,006	0,006	0,02	0,919
2-Way Interactions	1	52,891	52,891	155,42	0,051
Al.Calentado*Temp.Sellado	1	52,891	52,891	155,42	0,051
Error	1	0,340	0,340		
Total	7	588,675			

## Model Summary

S R-sq R-sq(adj) R-sq(pred)  
0,583363 99,94% 99,60% 96,30%

**Figura 5:** Resultados ANOVA 15°C

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	6	69,600	11,5999	0,24	0,913
Linear	5	60,526	12,1052	0,25	0,898
Base	1	0,076	0,0761	0,00	0,975
Al.Calentado	1	0,174	0,1740	0,00	0,962
Temp.Sellado	1	6,734	6,7344	0,14	0,773
Cantidad	1	34,445	34,4450	0,71	0,554
Vel.Maq	1	19,096	19,0962	0,40	0,643
2-Way Interactions	1	9,074	9,0738	0,19	0,740
Al.Calentado*Temp.Sellado	1	9,074	9,0738	0,19	0,740
Error	1	48,314	48,3145		
Total	7	117,914			

## Model Summary

S R-sq R-sq(adj) R-sq(pred)  
6,95086 59,03% 0,00% 0,00%

**Figura 6:** Resultados ANOVA 35°C

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	6	177,777	29,630	0,09	0,984
Linear	5	176,674	35,335	0,11	0,972
Base	1	38,588	38,588	0,12	0,790
Al.Calentado	1	36,594	36,594	0,11	0,795
Temp.Sellado	1	31,482	31,482	0,10	0,809
Cantidad	1	54,968	54,968	0,17	0,753
Vel.Maq	1	15,043	15,043	0,05	0,866
2-Way Interactions	1	1,103	1,103	0,00	0,963
Al.Calentado*Temp.Sellado	1	1,103	1,103	0,00	0,963
Error	1	328,577	328,577		
Total	7	506,354			

## Model Summary

S R-sq R-sq(adj) R-sq(pred)  
18,1267 35,11% 0,00% 0,00%



**Figura 7:** Resultados ANOVA a 40°C

### 5.5 Análisis de Resultados primer diseño factorial.

#### 1. 15°C

- a. **S:** Dado que el valor S es un parámetro magnitud de la desviación estándar de los datos, se puede ver con respecto a la figura 5 que la desviación tiene un valor menor a 1. Con lo cual se puede ver que es casi inexistente.
- b. **R-sq:** Con un valor de 99,94%, este dato describe casi toda la variación que existe en el modelo.
- c. **R-Adj:** Es el porcentaje de la variación en la respuesta que se explica por el modelo, ajustado por el número de predictores en el modelo en relación con el número de observaciones. Para este caso se puede ver que este estadístico tiene un valor de 99,60 por lo tanto tiene un ajuste casi excelente.
- d. **Factores Significativos:** Se concluye estadísticamente que el aluminio calentado, la temperatura de sellado y la cantidad de leche son términos significativos al ser su valores menores que  $\alpha$ . Pero, dado que estos factores están aliados con estructuras de segundo y tercer orden, se tendrá que analizar un segundo diseño experimental con el objetivo de romper estas estructuras de aliados.
- e. **Factores de segundo orden significativos:** El término aluminio calentado por temperatura de sellado es un valor que está muy cerca de  $\alpha$ , por lo tanto no se puede concluir directamente que no es un factor significativo. Dado que este proyecto de titulación tiene un segundo diseño experimental que realizar, se podrá romper las estructura de aliados en este segundo diseño experimental para poder ver que es lo que pasó con este término.

#### 2. 35°C

- a. **S:** El valor S de esta temperatura es bastante alto comparado con el de la anterior temperatura. Podemos ver que tiene mayor dispersión de datos.
- b. **R-sq:** Con un valor de 59,03%, este dato describe que más de la mitad de la variación del experimento está en este diseño. Con lo cual se concluye que existe casi un 40% de variación que no está representada.
- c. **R-Adj:** Dado que es 0, se concluye que el modelo no explica la variación.
- d. **Factores Significativos:** Se concluye estadísticamente que ninguno de los factores tiene significancia en esta temperatura. En la sección de conclusiones y recomendaciones se profundizará sobre lo que significa esto y como se podría evitar en experimentos futuros.
- e. **Factores de segundo orden significativos:** Se concluye estadísticamente que ningún término de segundo orden es significativo.

### 3. 40°C

- a. **S:** El valor S de esta temperatura es bastante alto comparado con el de la anterior temperatura. Podemos ver que tiene mayor dispersión de datos dato que la varianza es una medida de dispersión.
- b. **R-sq:** Con un valor de 35,11%, este dato describe que más de la mitad de la variación del experimento está en este diseño. Con lo cual concluimos que más de la mitad de la variación no se puede analizar .
- c. **R-Adj:** Dado que es 0, se concluye que el modelo no explica la variación.
- d. **Factores Significativos:** Se concluye estadísticamente que ninguno de los factores tiene significancia en esta temperatura. En la sección de conclusiones y recomendaciones se profundizará sobre lo que significa esto y como se podría evitar en experimentos futuros.
- e. **Factores de segundo orden significativos:** Se concluye estadísticamente que ningún término de segundo orden es significativo.

## 6 Resultados y análisis de segundo diseño experimental

### 6.1 Tabla de resultados

Dado que en la sección 6 se encontraron que los factores: temperatura de sellado, cantidad de producto y esterilización ( aluminio calentado) fueron significativos. Se corrió otro diseño experimental solo con estos tres factores basado en la teoría de la sección 2.3.2

**Tabla 5:** Factorial 2<sup>3</sup>

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Al.Calentado	Temp.Sellado	Cantidad	Respuesta
7	1	1	1	No	260	15	15,23
3	2	1	1	No	260	10	24,6
6	3	1	1	Si	250	15	14,53
1	4	1	1	No	250	10	28,25
4	5	1	1	Si	260	10	3,98
8	6	1	1	Si	260	15	1,42
2	7	1	1	Si	250	10	17,81
5	8	1	1	No	250	15	17,95

### 6.2 Comprobación de supuestos

Nuevamente antes de analizar estos resultados, se necesita saber si cumplen o no con los supuestos. Por lo tanto se los comprobó de la siguiente forma (Kuehl, 2001):

- **Normalidad:** Se realizó una prueba objetiva de normalidad utilizando la prueba de Anderson Darling. En este caso el valor p es menor al  $\alpha$  seleccionado, entonces

los datos cumplen el supuesto. Como se puede observar en el anexo 5, el valor p es menor al  $\alpha$  de 0,05. Por lo tanto este supuesto se cumple (Kuehl, 2001).

- **Igualdad de varianzas:** Se realizaron múltiples pruebas de igualdad de varianza contrastando los residuales de los datos versus los resultados. Si el valor p es mayor que el  $\alpha$  seleccionado entonces este supuesto se cumple. En el anexo 5 se puede observar que esta regla se cumple con un  $\alpha$  de 0,05. Por lo tanto este supuesto se cumple (Kuehl, 2001)
- **Independencia de Datos:** Se realizó una prueba objetiva de independencia de datos conocida como auto correlación donde a través de series de tiempo se comprueba de manera objetiva este supuesto. En esta se puede observar en el gráfico del anexo 5 que si los datos no sobrepasan los límites establecidos entonces los son independientes. (Kuehl, 2001).

Dado que todo los supuestos se cumplen, entonces se puede proceder al análisis de datos.

### 6.3 Análisis de Resultados de segundo diseño experimental

La figura 7 muestra los resultados del segundo diseño experimental obtenidos en Minitab.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	6	588,670	98,112	17798,02	0,006
Linear	3	511,530	170,510	30931,52	0,004
Al.Calentado	1	291,491	291,491	52878,10	0,003
Temp.Sellado	1	138,695	138,695	25160,00	0,004
Cantidad	1	81,345	81,345	14756,46	0,005
2-Way Interactions	3	77,140	25,713	4664,52	0,011
Al.Calentado*Temp.Sellado	1	52,891	52,891	9594,67	0,006
Al.Calentado*Cantidad	1	23,909	23,909	4337,16	0,010
Temp.Sellado*Cantidad	1	0,340	0,340	61,73	0,081
Error	1	0,006	0,006		
Total	7	588,675			

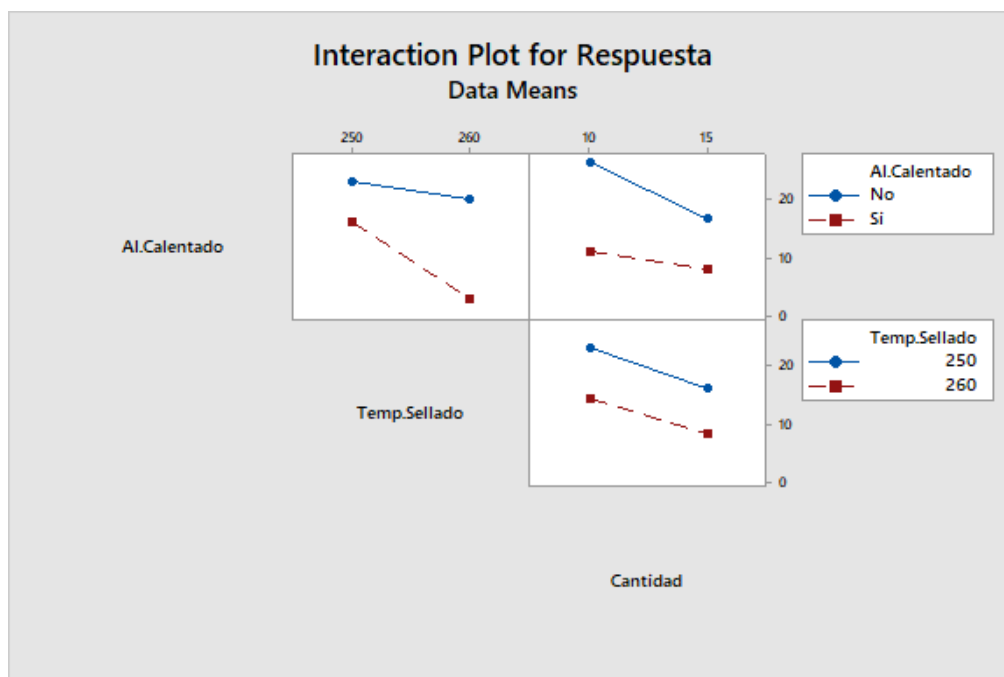
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0742462	100,00%	99,99%	99,94%

**Figura 8:** Resultados segundo diseño experimental

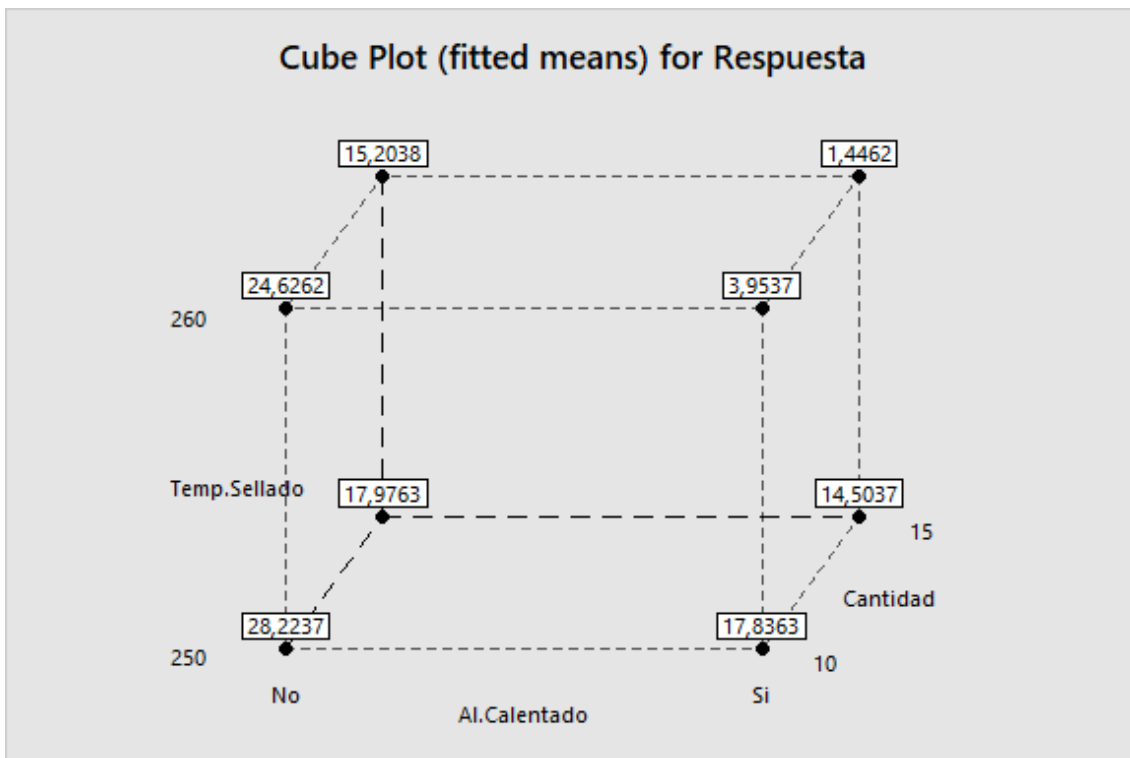
- S:** El valor S de esta temperatura el más bajo todos, dado que esto mide la desviación estándar de los valores obtenidos con los de la regresión, entonces se puede decir que el modelo no tiene un buen ajuste con una varianza pequeña.
- R-sq:** Con un valor de 100%, este dato describe toda la variación que existe en el modelo.

- c. **R-Adj:** Dado que es el porcentaje de la variación en la respuesta que se explica por el modelo, ajustado por el número de predictores en el modelo en relación con el número de observaciones.
- d. **Factores Significativos:** Se concluye estadísticamente que el aluminio calentado, la temperatura de sellado y la cantidad de leche son términos significativos al ser sus valores menores que  $\alpha$ . Pero, dado que estos factores están aliados con estructuras de segundo y tercer orden, se tiene que dar prioridad a las interacciones.
- e. **Factores de segundo orden significativos:** El término aluminio calentado por temperatura de sellado es significativo, por lo tanto la manera correcta de analizarlo es en un gráfico de interacción. Como se puede ver en la figura 8. Donde la interacción que nos importa nos muestra que se debe tener el aluminio calentado junto con una temperatura de 260 °C para minimizar la cantidad de aerobios que se encuentre en el experimento.



**Figura 9:** Gráfico de interacción

Como se presentó en la figura 9, existen algunos factores significativos y uno de ellos es de segundo orden. Por lo tanto, se debe interpretar primero este término. En la figura 8 se puede observar el gráfico de interacción de los efectos principales y se concluye que la combinación óptima para el término de segundo grado que es significativo, dice que se debe utilizar un aluminio calentado junto con una temperatura de sellado de 260°C. Ahora que ya se tiene el resultado de este término de segundo grado, se pueden analizar los factores significativos restantes. Para este caso, el factor que queda es la cantidad de leche. Se lo puede analizar en la figura 10 donde se proyecta de forma cúbica todos los factores y niveles significativos del experimento. La mejor combinación está dada por el aluminio calentado, temperatura de sellado de 260°C y una cantidad de leche de 10 ml. Esto da como resultado 1,4462 unidades formadoras de colonias de aerobios por ml<sup>2</sup>



**Figura 10:** Cubo de interacción de los tres factores.

## 7. Resultados método de jerarquía analítico

Aunque se sabe con exactitud que corrida es la que une a los factores y niveles óptimos para la elaboración de las leches tipo “Half and Half”, se decidió utilizar otro método de análisis que permita incluir otro tipo de variables como costo de materia prima o tiempo de manufactura, elementos importantes al momento de analizar un producto. Para esto se decidió utilizar el proceso o método de jerarquía analítico. El cual fue creado por Thomas Saaty en 1980 como un herramienta para la toma de decisiones complejas que tienen varias opciones y varios parámetros que afectan a estas opciones (Elizabeth et.al. 2016)

El proceso de este método consigue en los siguientes pasos (ver Excel adjunto “Método de Jerarquía analítico” donde está todo el proceso completo):

1. **Definir una matriz de decisiones y de parámetros de interés:** En esta matriz se van a colocar todas las decisiones que se puedan tener. En el caso de este proyecto de titulación se colocaron las diferentes corridas que tenemos. Y para los parámetros de interés se colocaron los siguientes:
  - a. Costo de materia prima
  - b. Energía utilizada
  - c. Prototipos sin contaminación incontable
  - d. Tiempo de Manufactura

Todos estos parámetros de interés son diferentes a los factores estudiados en el diseño experimental dado que se busca incluir otros temas a investigar en este proyecto. En la tabla 6 se puede observar esta matriz.

**Tabla 6:** Matriz primer paso para método de jerarquía analítico.

Prototipos	Costo de Materia Prima (\$)	Energía Utilizada (KW/s)	Prototipos sin contaminación incontable	Tiempo de manufactura (s)
1	\$0,021	118,8	2	54
2	\$0,016	121,0	1	55
3	\$0,021	116,6	3	53
4	\$0,021	121,0	2	55
5	\$0,016	114,4	2	52
6	\$0,021	114,4	3	52
7	\$0,016	116,6	3	53
8	\$0,016	118,8	5	54

- Luego de esto se asignan valores de rangos para comparar los parámetros entre ellos. Para esto se utiliza la tabla 7 donde se describe el significado de cada uno de los valores.

**Tabla 7:** Escala de numeración con significado.

Escala	Significado
1	Las variables son igualmente importantes.
3	Una variable es ligeramente más importante que otra
5	Una variable es notablemente más importante que otra
7	Una variable es más demostrablemente importante que otra
9	Una variable es absolutamente más importante que otra
2,4,6,8	Valores intermedios entre escalas de juicios de valor

- Normalizar la tabla y obtener el vector promedio.
- Multiplicar cada promedio encontrado por la matriz generada en el paso 2
- Encontrar el grado de consistencia para comprobar que los valores asignado en la tabla 4 son correctos. Para esto se hace el siguiente procedimiento
  - Encontrar el índice de consistencia = (suma del vector resultante del paso 4-número de parámetros)/(número de parámetros a evaluar-1)
  - Encontrar índice de aleatoriedad: 1,98 (constante) (número de parámetros a evaluar-2)/número de parámetros a evaluar.
  - Grado de consistencia= índice de consistencia/ índice de aleatoriedad.
  - Si el GC es menor a 0,1 la teoría dice que los valores fueron asignados correctamente.
- Se debe realizar los pasos 1-3 para cada uno de los parámetros. (Ver 2da pestaña de Excel)

- Colocar cada vector de ponderaciones en una sola matriz y realizar una suma producto con el vector obtenido para poder dar prioridad a cada uno de las corridas.

El resultado es la tabla 7 donde se ve que el prototipo o corrida 8 fue la de mejor puntuación, seguido por el 6 y luego el 9. Las combinaciones de factores y niveles para cada uno de los prototipos están resaltados en la tabla 8.

**Tabla 8:** Factores y niveles resultantes del método de jerarquía analítico.

Orden de Corridas								
StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Base	Al.Calentado	Temp.Sellado	Cantidad	Vel.Maq
4	1	1	1	Blanca	No	250	15	1
1	2	1	1	Transp	Si	250	15	2
6	3	1	1	Blanca	Si	260	10	2
8	4	1	1	Blanca	No	260	15	2
7	5	1	1	Transp	No	260	10	1
2	6	1	1	Blanca	Si	250	10	1
3	7	1	1	Transp	No	250	10	2
5	8	1	1	Transp	Si	260	15	1

Con este método queda comprobado que el prototipo 8 obtuvo la mejor puntuación tanto en el diseño experimental como en este análisis. Adicionalmente con este análisis se obtuvieron los prototipos para el análisis sensorial a realizarse.

**Tabla 9:** Resultados finales

Prototipos	Costo de Materia Prima	Energía Utilizada	Prototipos sin contaminación incontable	Tiempo de manufactura	PRIORIDAD
1	0,106	0,067	0,242	0,067	0,1734
2	0,162	0,033	0,133	0,033	0,1079
3	0,081	0,170	0,548	0,170	0,3777
4	0,081	0,033	0,242	0,033	0,1602
5	0,147	0,204	0,192	0,204	0,1895
6	0,101	0,256	0,548	0,256	0,4051
7	0,162	0,170	0,548	0,170	0,3883
8	0,162	0,067	1,000	0,067	0,6208
<b>PONDERACION</b>	0,13	0,09	0,58	0,20	

## 8. Análisis sensorial

### 8.1 Introducción

El último paso en este proyecto de titulación es el análisis sensorial que se realizó en la sala de evaluaciones sensoriales de la Universidad San Francisco de Quito. Se encuestaron 30 personas sobre los aspectos mencionados en la sección 2.4 con el objetivo

de entender que prototipo de empaques era el que preservada mejor la leche en temas como sabor, olor, textura etc.

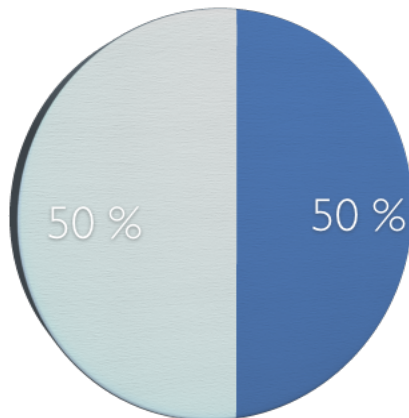
## 8.2 Población objetivo

La población encuestada fueron jóvenes de entre 20-24 años. Se realizaron dos preguntas de filtro que se pueden encontrar en la encuesta del anexo

1. **Problemas con lactosa:** Una persona con intolerancia la lactosa o problemas relacionados con este elemento no puede ser partícipe del experimento. En primer lugar porque no está dentro de la población objetivo y en segundo lugar porque representa un riesgo para su salud.
2. **Consumo de café:** En la introducción se mencionó que el uso normal de las leches tipo “Half and Half” es con café o derivados del mismo. No se tomaron en cuenta a las personas que no toman café porque no son posibles clientes.

## 8.3 Estadística descriptiva

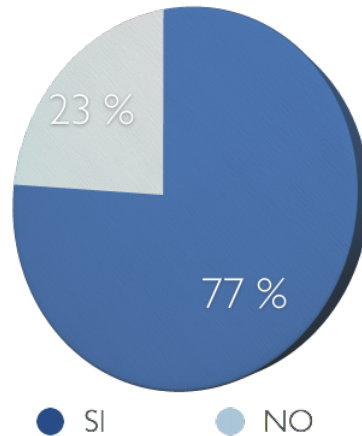
En la figura 10 se puede observar que la cantidad per personas del sexo masculino fueron iguales a las del sexo femenino. Para este estudio no fue de importancia el género de las personas y esta pregunta fue colocada para poder tener datos de mercadotecnia.



● Masculino ● Femenino  
**Figura 11** : Género de Encuestados

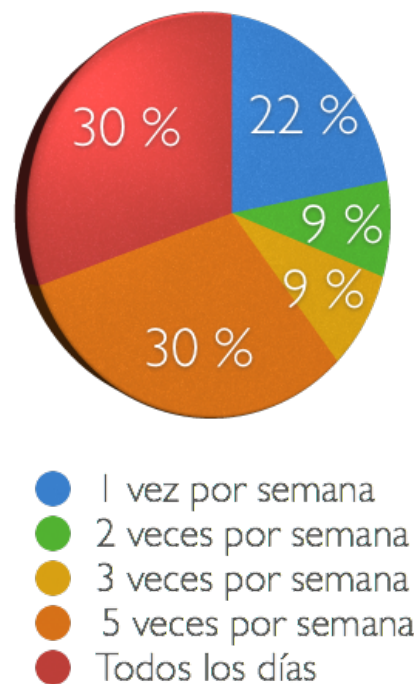
En la figura 11 se puede observar que de las personas encuestadas 77% son las que toman café. La encuesta tuvo dos preguntas de filtro. Una de salud con la cual las personas que eran intolerantes a la lactosa no podía realizar el análisis y otra de consumo de café. Las personas que no toman café no fueron consideradas para este análisis por lo tanto sus respuestas no se ingresaron al software de análisis. Esto se debe a que el producto fue creado con el objetivo de utilizarlo en complemento con el café.





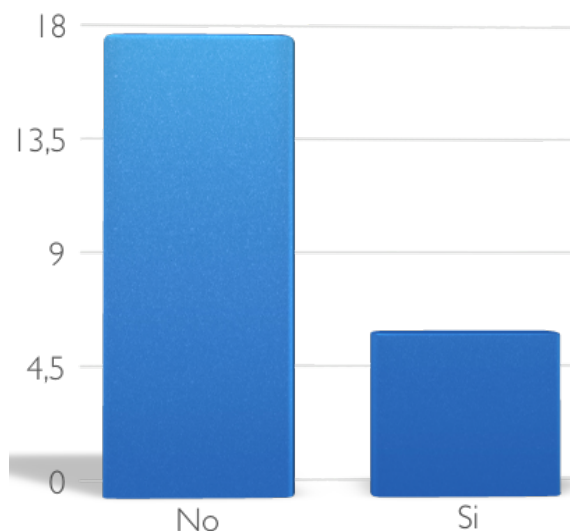
**Figura 12 :** Cantidad de personas que toman café

En la figura 12 se puede observar que la tasa de consumo de un 60% de las personas es alta, mientras que de un 9% es moderada y un 31% es baja. Esta pregunta nuevamente se la hizo con motivos de estudio de mercado. Para poder tener una idea de cuanto café consumen las personas encuestadas.



**Figura 13:** Tasa de consumo de café

En la figura 13 se puede observar que de todas las personas que consumen café, 17 no utilizan nada para tomarlo y apenas 6 usan leche descremada, leche entera etc. Para tomar con su café. Esto es un indicador que menos de la mitad de personas están acostumbradas a utilizar un producto junto con su café.



**Figura 14 :** Utilización de complemento con café

## 8.2 Análisis Kruskal-Wallis

Como se puede observar en la tabla 10 la media de todos los prototipos es la misma. Esto se corrobora con los valores p que son mayores al  $\alpha=0,05$ . En la sección 2.3.1 se encuentra la hipótesis nula para esta prueba y dado el valor p en la tabla 10 no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula.

**Tabla 10:** Prueba Kruskal-Wallis Minitab

```

Kruskal-Wallis Test on RES 5

Prototipo   N   Median   Ave Rank   Z
C73         23   7,000    34,5     -0,15
K01         23   7,000    35,8      0,22
U37         23   7,000    34,7     -0,08
Overall     69
H = 0,05   DF = 2   P = 0,975
H = 0,05   DF = 2   P = 0,973 (adjusted for ties)

```

## 9. Conclusiones

1. A través de la utilización de los conceptos del ingeniería de empaque, se logró encontrar y probar los factores más importantes al momento de realizar un empaque óptimo para las leches tipos “Half and Half” los cuales son:
  - a. **Base:** Transparente-Blanca
  - b. **Aluminio Calentado:** Si-No
  - c. **Temperatura de Sellado:** 250°C- 260 °C

- d. **Cantidad de Leche:** 10ml- 15ml
  - e. **Velocidad de máquina:** 1-2
2. Basado en los resultados de ambos diseños experimentales y del método de jerarquía analítico, se concluye que el mejor prototipo o corrida es la número 8. Donde se debe utilizar los siguientes factores en los siguientes niveles:
- a. **Base:** Transparente
  - b. **Aluminio Calentado:** Si
  - c. **Temperatura de Sellado:** 260 °C
  - d. **Cantidad de Leche:** 15ml
  - e. **Velocidad de máquina:** 1
3. Basado en los resultados del Análisis Sensorial utilizando una prueba de Kruskal-Wallis, se concluye que para la muestra de encuestados, no existe una diferencia significativa en la media de gusto general del producto para ninguno de los tres prototipos probados.
4. Tomando en cuenta la conclusión 2 que resume los factores y niveles óptimos del empaque para leche y la conclusión 3 que nos dice que no existe una diferencia significativa entre mas medias de los prototipos. Se concluye que el prototipo 8 es el tipo de empaque que maximizará la vida de estas leches. Esto en términos funcionales comprobado tanto por el diseño experimental como por el método de jerarquía analítica. Así como en términos de gusto por un cliente potencial comprobado con el análisis sensorial.
5. Basado en las figuras 5 y 6, el r-ajustado con un valor de 0 no describe nada de la variación del experimento. Por lo tanto en el diseño experimental utilizado para las temperaturas de 35C° y 40C° la variabilidad no provenía de ninguno de estos factores. En las limitaciones de este proyecto, se establece que los recursos para el análisis de microbiológicos permitieron la realización de tres mediciones. Estas tres mediciones no fueron suficientes para entender el comportamiento de estos factores a las temperaturas antes descritas.

## 10. Limitaciones

1. **Recursos:** Este proyecto estuvo limitado por recursos tanto financieros como de materiales. La empresa donde se realizó la manufactura de los productos tenía tiempos establecidos para la utilización de las máquinas así como disponibilidad limitada de los materiales para realizar los prototipos. De igual manera, para la segunda parte de análisis microbiológicos, se tuvo limitaciones de dinero debido a que cada análisis tenía un costo y se llegó al tope de presupuesto con la realización de 3 análisis.
2. **Tiempo:** Al ser un proyecto de titulación este tenía un principio y fin, los análisis microbiológicos se alinearon a los tiempos investigados en la revisión literaria pero también estuvieron limitados por las fechas de entrega del proyecto.

## 11. Recomendaciones

1. **Presupuesto:** Se sugiere que para un experimento similar o una continuación del mismo, se tenga la disponibilidad de un presupuesto que permita sobrepasar la cantidad de análisis microbiológicos. Es decir, realizar 4 o más análisis.
2. **Cantidad de Encuestados:** Una restricción del análisis sensorial fue la limitada cantidad de recursos y tiempos para la manufactura de los productos. Se recomienda en una siguiente investigación que la cantidad de encuestados sea calculada con una ecuación de tamaño de muestra y se encueste a un mayor número de personas, lo cual requerirá de la utilización de materiales que no estuvieron disponibles para este proyecto de titulación.
3. **Diseño Factorial:** No se recomienda utilizar diseños factoriales de resolución III por la complejidad de análisis de estructuras de aliados. En caso de ser completamente necesario, se recomienda estudiar a profundidad los factoriales doblados.
4. **Maquinaria Utilizada:** La maquinaria utilizada para este proyecto estuvo modificada para realizar el procedimiento manual. Se recomienda utilizar maquinaria automática con el objetivo de garantizar un proceso de manufactura continuo que introduzca variabilidad.

## 12. Referencias

1. Blanco, F. (2012) Materiales Poliméricos y Compuestos. Universidad de Oviedo. España.
2. Bevilacqua, A. Corbo, M. & Sinigaglia, M. (2010). Design of experiments. A powerful tool in food microbiology. Recuperado de: <http://www.formatex.info/microbiology2/1419-1429.pdf>
3. Cantera, S. (2013). Moldean alimentos a industria del plástico. Recuperado de: <https://search.proquest.com.ezbiblio.usfq.edu.ec/docview/1413204161?accountid=36555>
4. Determining the regulatory status of components of a food contact material. U.S Food and Drug Administration. Recuperado de: <https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/PackagingFCS/RegulatoryStatusFoodContactMaterial/default.htm>
5. Diaz, E. Et.al. (2016) Estudio empírico para la validación de un modelo matemático que mide el desempeño corporativo en industrias manufactureras. IBFR. Recuperado de: <ftp://ftp.repec.org/opt/ReDIF/RePEc/ibf/rgnego/rgn-v4n1-2016/RGN-V4N1-2016-2.pdf>
6. Green, S. y Salkind, N. (2008) Using SPSS for Window and Macintosh: Analyzing and understanding data (5th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
7. Humberto, L. et.al. (2016) Análisis sensorial de leche de vacas suplementadas con un alimento fermentado a pases de polinaza. Universidad Autónoma de Juárez, México.
8. Hron, J. & Macak, T. (2013). Application of design of Experiments to welding process of food packaging. Czech University of Life Sciences . Volumen 61. Páginas 909-915 <https://doi.org/10.11118/actaun201361040909>
9. Laamanen, P. (2016). Feasibility analysis of a new business idea. Lahti University. Recuperado de: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/115894/Laamanen\\_Pirita.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/115894/Laamanen_Pirita.pdf?sequence=1)
10. Lewis, H. (2003). Defining sustainable packaging: a stakeholder survey. Sustainable Packaging Alliance (SPA), Melbourne
11. Lim, J. (2011). Hedonic scaling: A review of methods and theory. Food Quality and Preference. ELSEVIER
12. Longhi, D. Silva, N. Martins, W. Carciofi, B. Aragão, G. & Laurindo, J. (2017) Optimal experimental design to model spoilage bacteria growth in vacuum-packaged ham, In Journal of Food Engineering, Volumen 216, Páginas 20-26, ISSN 0260-8774, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.07.031>.
13. Lutter, R. (2015). How Effective Are Federal Food Safety Regulations. RFF

14. Marcin, K. Jaroslaw, W. Monika, P. & Agnieszka, W. (2016). Application of the response surface methodology in optimizing oat fiber particle size and flour replacement in wheat bread rolls. Recuperado de: <http://dx.doi.org.ezbiblio.usfq.edu.ec/10.1080/19476337.2015.1036309>
15. Majid, I. Nayik, G. Dar, S. & Nanda, V. (2016). Novel food packaging technologies: Innovations and future prospective, In Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, ISSN 1658-077X, <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.11.003>.
11. Manson, R. y Nottingham, S. (2002). Sensory Evaluation Manual. University of Queensland
16. McCurdy, S. Peutz, J. y Wittman, G. (2009). Storing food for safety and quality. Universidad de Ohio
17. McFeeters, R. (2004), Fermentation Microorganisms and Flavor Changes in Fermented Foods. Journal of Food Science, 69: FMS35–FMS37. doi:10.1111/j.1365-2621.2004.tb17876.x
19. Montgomery, C. (2012). Design and Analysis of Experiments, 8va edición. Wiley
20. Morris, S. (2011). Food and Package Engineering. Wiley Blackwell.
21. Mueses, H. (2008). Diferencias entre el Nivel de Significancia alfa y el Valor P. REVISTA ESTOMATOLOGÍA
22. Navia, P. Ayala, A. & Villada, C. (2014). Interacciones empaque-alimento: migración. Revista Ingenierías Universidad de Medellin, Páginas 99-113. Recuperado de: <http://web.a.ebscohost.com.ezbiblio.usfq.edu.ec/ehost/detail/detail?vid=0&sid=d8975d9b-9a46-429b-bb31-d6e53210416b%40sessionmgr4009&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=fua&AN=110664408>
23. Newell, J. (2011). Ciencia de Materiales y Aplicaciones en Ingeniería. ALFAOMEGA
24. . Passalacqua, N. y Cabrera, J. (2014). Microorganismos Indicadores. Recuperado de: [http://www.anmat.gov.ar/renaloe/docs/Analisis\\_microbiologico\\_de\\_los\\_alimentos\\_Vol\\_III.pdf](http://www.anmat.gov.ar/renaloe/docs/Analisis_microbiologico_de_los_alimentos_Vol_III.pdf)
25. Pinto, C. L. O., Souza, L. V., Meloni, V. A. S., Batista, C. S., Silva, R., Martins, E. M. F., Cruz, A. G. and Martins, M. L. (2018), Microbiological quality of Brazilian UHT milk: Identification and spoilage potential of spore-forming bacteria. Int J Dairy Technol, 71: 20–26. doi:10.1111/1471-0307.12339

26. RESOLUCIÓN ARCSA-DE-067-2015-GGG. (2015) Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Recuperado de : [http://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Resolucion\\_ARCSA-DE-067-2015-GGG.pdf](http://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Resolucion_ARCSA-DE-067-2015-GGG.pdf)
27. Risch, S. (2009). Food Packaging History and Innovations. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Recuperado de: [http://www.pfigueiredo.org/Emb\\_19.pdf](http://www.pfigueiredo.org/Emb_19.pdf)
28. Scoot, L. (2008) UHT processing and aseptic filling of dairy foods. Universidad Estatal de Kansas. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.475.6858&rep=rep1&type=pdf>
29. Shin, J. Selke, S. & Clark, S. (2014). Food Packaging. Jung, S. & Lamsal, B. (2014). Second Edition. Food Processing. USA. Willey Blackwell. Iowa State University
30. Seltman, H. (2015) Experimental Design and Analysis.
31. Taha, H. (2004). Investigación de Operaciones. Séptima Edición Universidad de Arkansas
32. Valero, A. Carrasco, E. y García, R. (2012). Principles and Methodologies for the Determination of Shelf-Life in Foods, Trends in Vital Food and Control Engineering. InTech, Recuperado de: <http://www.intechopen.com/books/trends-in-vital-food-and-control-engineering/principles-and-methodologies-for-the-determination-of-shelf-life-in-foods>
33. Vasek, O. Mazza, S. y Giori, G. (2013). Physicochemical and microbiological evaluation of corrientes artisanal cheese during ripening. Food and science technology. Brazil
34. Wyrwa, J. & Barska A. (2017). Innovations in the food packaging market: Active packaging, European Food Research and Technology, Volumen 243, Páginas 1681'1692. Recuperado de: <https://link.springer.com.ezbiblio.usfq.edu.ec/article/10.1007/s00217-017-2878->
35. Yang, X. Lu, Y. & Hu, G. (2014). Optimization of sweetener formulation in sugar-free yoghurt using response surface methodology. CYTA: Journal of Food. Recuperado de: <http://dx.doi.org.ezbiblio.usfq.edu.ec/10.1080/19476337.2013.804123>
36. (2012). Introduction to the microbiology of food processing. United States Department of Agriculture.

## Anexos

### Anexo 1: Reporte de muestras preliminares del departamento de Microbiología de la USFQ



#### INFORME FINAL DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Fecha de Toma de la Muestra: 31/01/2018.  
 Fecha de Recepción de la Muestra: 31/01/2018.  
 Fecha de inicio del análisis: 31/01/2018.  
 Entrega de resultados: 05/02/2018  
 Análisis solicitado por: Sebastián Bravo.

Análisis No: AL-854: Leche UHT P1-t0\*  
 AL-855: Leche UHT P2-t0  
 AL-856: Leche UHT P3-t0  
 AL-857: Leche UHT P4-t0  
 AL-858: Leche UHT P5-t0  
 AL-859: Leche UHT P6-t0  
 AL-860: Leche UHT P7-t0  
 AL-861: Leche UHT P8-t0

\*P= Prototipo; t= Tiempo

#### RESULTADOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

Parámetros de Análisis	AL-854	AL-855	AL-856	AL-857	AL-858	AL-859	AL-860	AL-861
Recuento de Aerobios Mesófilos (UFC/mL)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1

UFC = Unidades formadoras de colonias; <1 = valor indicador de ausencia.

#### INTERPRETACIÓN:

- Las muestras AL-854 hasta AL-860 no presentaron crecimiento de bacterias aerobias mesófilas.
- En la muestra AL-861 creció 1 UFC/mL.

#### OBSERVACIONES:

Para establecer la calidad microbiológica de un lote de alimentos, la Normativa Ecuatoriana recomienda el análisis de al menos 5 muestras.  
 Otros parámetros no microbiológicos no han sido analizados en estos ensayos.

Diego de Robles s/n y Pampite, Cumbayá, Pichincha.  
 Tel: 2971700 Ext: 1317  
 Correo electrónico: mmejia@usfq.edu.ec, szapata@usfq.edu.ec.



**Anexo 2:** Reporte de muestras del primer tiempo del departamento de Microbiología de la USFQ



**INFORME FINAL DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

Fecha de Toma de la Muestra: 06/02/2018.  
 Fecha de Recepción de la Muestra: 07/02/2018.  
 Fecha de inicio del análisis: 07/02/2018.  
 Entrega de resultados: **20/02/2018**  
 Análisis solicitado por: Sebastián Bravo.

**Análisis No:** AL-863a: Leche UHT P1-t15  
 AL-863b: Leche UHT P1-t35  
 AL-863c: Leche UHT P1-t40  
 AL-864a: Leche UHT P2-t15  
 AL-864b: Leche UHT P2-t35  
 AL-864c: Leche UHT P2-t40  
 AL-865a: Leche UHT P3-t15  
 AL-865b: Leche UHT P3-t35  
 AL-865c: Leche UHT P3-t40  
 AL-866a: Leche UHT P4-t15  
 AL-866b: Leche UHT P4-t35  
 AL-866c: Leche UHT P4-t40  
 AL-867a: Leche UHT P5-t15  
 AL-867b: Leche UHT P5-t35  
 AL-867c: Leche UHT P5-t40  
 AL-868a: Leche UHT P6-t15  
 AL-868b: Leche UHT P6-t35  
 AL-868c: Leche UHT P6-t40  
 AL-869a: Leche UHT P7-t15  
 AL-869b: Leche UHT P7-t35  
 AL-869c: Leche UHT P7-t40  
 AL-870a: Leche UHT P8-t15  
 AL-870b: Leche UHT P8-t35  
 AL-870c: Leche UHT P8-t40

\*P= Prototipo; t= Tiempo

**RESULTADOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:**

Parámetros de Análisis	AL-863a	AL-863b	AL-863c	AL-864a	AL-864b	AL-864c
Recuento de Aerobios Mesófilos (UFC/mL)	MNPC	MNPC	MNPC	<1	MNPC	MNPC

Diego de Robles s/n y Pampite, Cumbayá, Pichincha.  
 Tel: 2971700 Ext: 1317  
 Correo electrónico: smarqueza@usfq.edu.ec, szapata@usfq.edu.ec.

**Anexo 3:** Reporte de muestras del primer tiempo del departamento de Microbiología de la USFQ

### INFORME FINAL DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Fecha de Toma de la Muestra: 28/02/2018.  
 Fecha de Recepción de la Muestra: 28/02/2018.  
 Fecha de inicio del análisis: 28/03/2018.  
 Entrega de resultados: 05/03/2018  
 Análisis solicitado por: Sebastián Bravo.

**Análisis No:** AL-877: Leche UHT P1-T1-15  
 AL-877: Leche UHT P1-T2-35  
 AL-877: Leche UHT P1-T3-40  
 AL-878: Leche UHT P2-T1-15  
 AL-878: Leche UHT P2-T2-35  
 AL-878: Leche UHT P2-T3-40  
 AL-879: Leche UHT P3-T1-15  
 AL-879: Leche UHT P3-T2-35  
 AL-879: Leche UHT P3-T3-40  
 AL-880: Leche UHT P4- T1-15  
 AL-880: Leche UHT P4- T2-35  
 AL-880: Leche UHT P4- T3-40  
 AL-881: Leche UHT P5- T1-15  
 AL-881: Leche UHT P5- T2-35  
 AL-881: Leche UHT P5- T3-40  
 AL-882: Leche UHT P6- T1-15  
 AL-882: Leche UHT P6- T2-35  
 AL-882: Leche UHT P6- T3-40  
 AL-883: Leche UHT P7- T1-15  
 AL-883: Leche UHT P7- T2-35  
 AL-883: Leche UHT P7- T3-40  
 AL-884: Leche UHT P8- T1-15  
 AL-884: Leche UHT P8- T2-35  
 AL-884: Leche UHT P8- T3-40

\*P= Prototipo; T= Temperatura

#### RESULTADOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

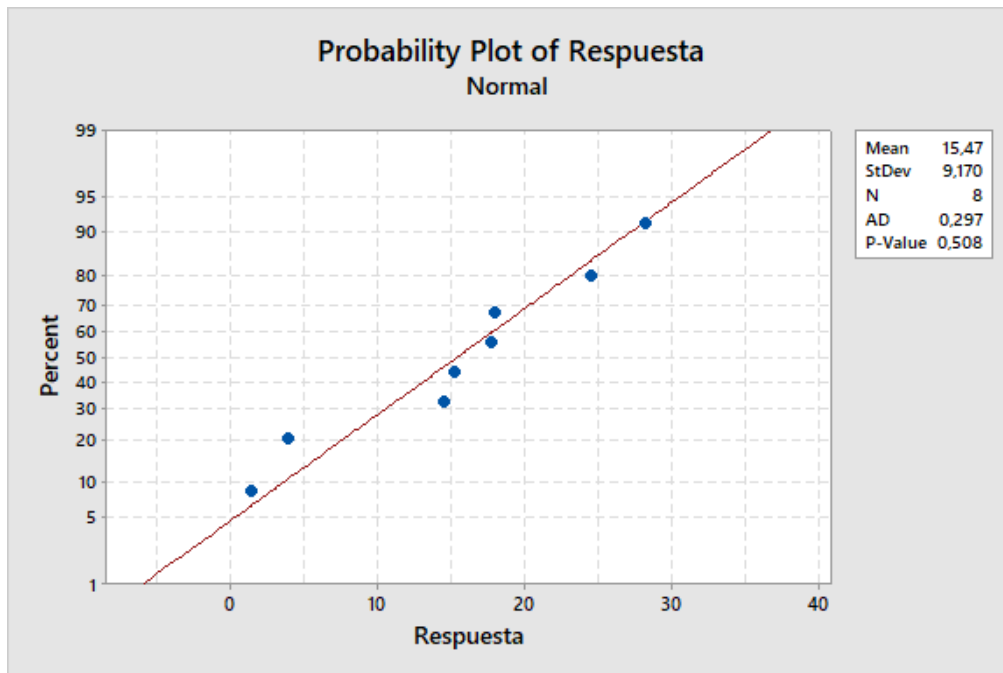
Parámetros de Análisis	AL-877		AL-878		AL-879		AL-880		AL-881		AL-882		AL-883		AL-884	
	Recuento de Aerobios Mesófilos (UFC/mL)	T1	<1	T1	MNPC	T1	<1	T1	<1	T1	MNPC	T1	MNPC	T1	MNPC	T1
T2		<1	T2	MNPC	T2	<1	T2	MNPC	T2	<1	T2	36	T2	<1	T2	MNPC
T3		MNPC	T3	MNPC	T3	MNPC	T3	<1	T3	<1	T3	<1	T3	<1	T3	62

UFC = Unidades formadoras de colonias; <1 = valor indicador de ausencia; T1 = 15 °C; T2 = 35 °C; T3 = 40 °C;  
 MNPC= Muy Numeroso Para Contar

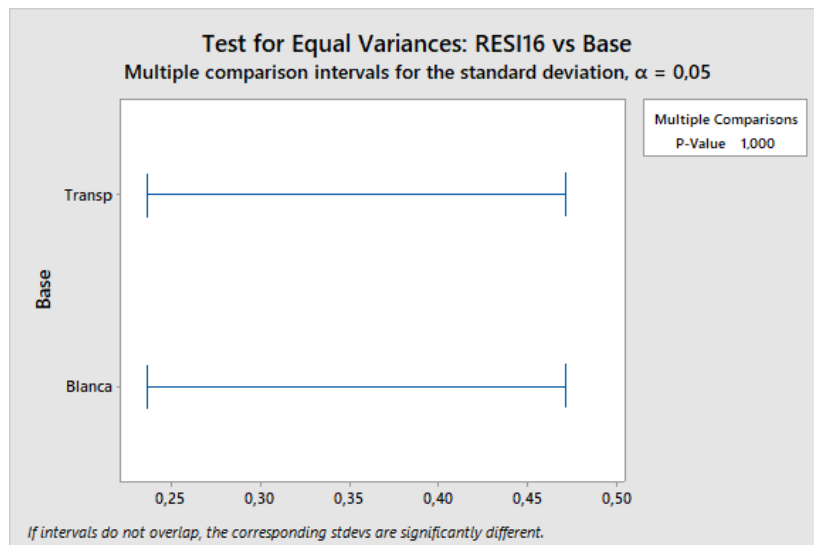
Diego de Robles s/n y Pampite, Cumbayá, Pichincha.  
 Tel: 2971700 Ext: 1317  
 Correo electrónico: mmejia@usfq.edu.ec, szapata@usfq.edu.ec.

**Anexo 4:** Pruebas de supuestos para todas las temperaturas del primero diseño experimental

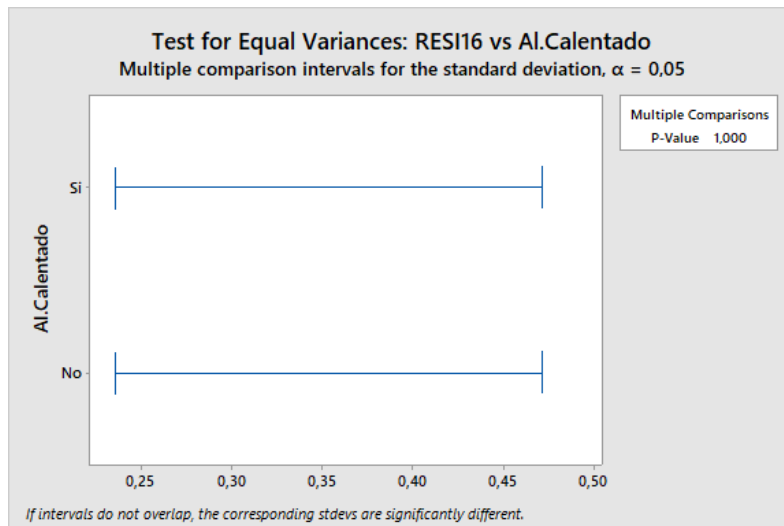
### Análisis de Temperatura 1: 15 C°



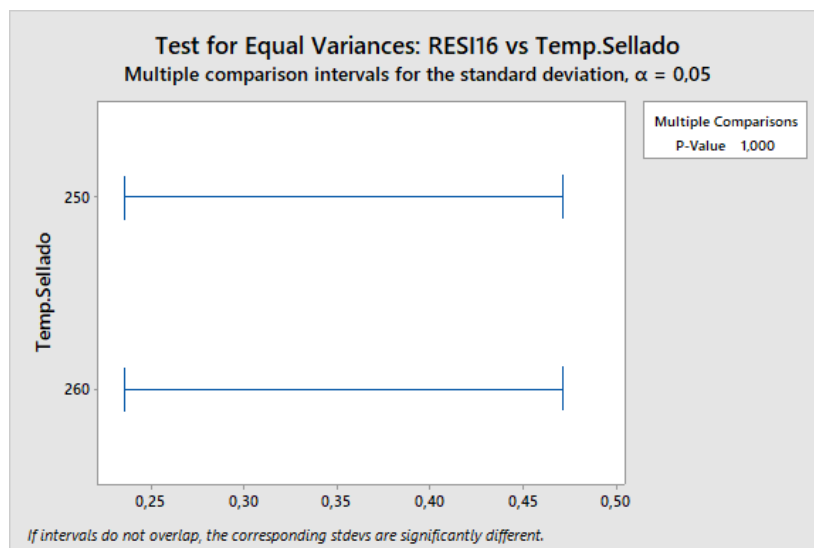
**Anexo 4.1:** Prueba objetiva de normalidad



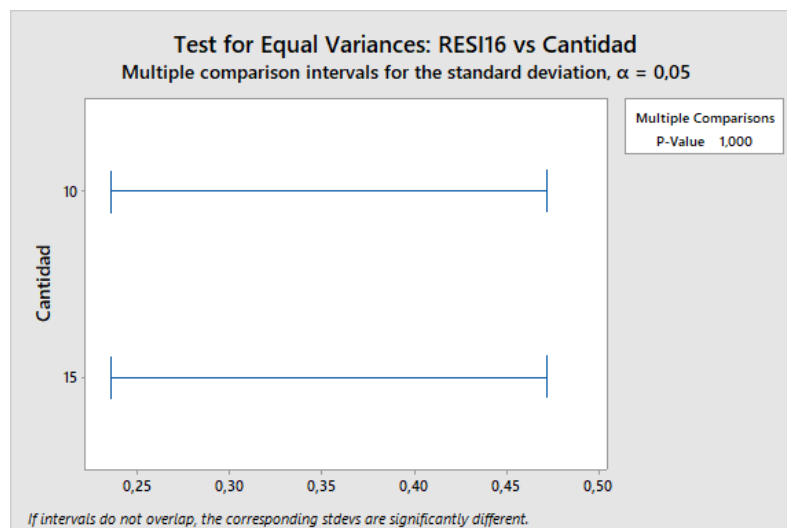
**Anexo 4.2:** Prueba objetiva Igualdad de varianzas Residuales VS Base



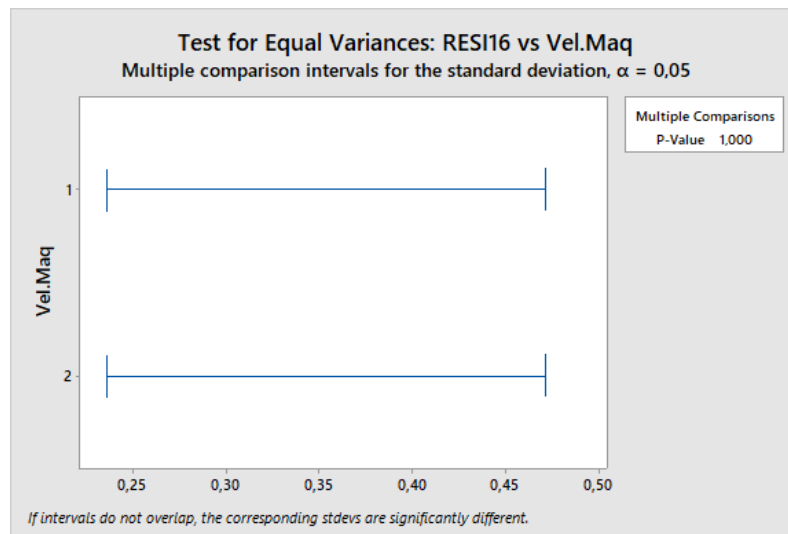
**Anexo 4.3:** Prueba objetiva Igualdad de varianzas Residuales VS Al.Calentado



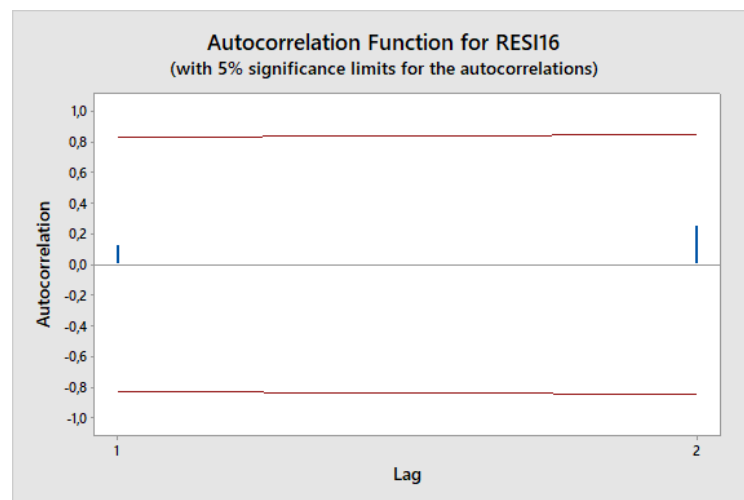
**Anexo 4.4:** Prueba objetiva Igualdad de varianzas Residuales VS Temp.Sellado



**Anexo 4.5:** Prueba objetiva Igualdad de varianzas Residuales VS Cantidad de Leche

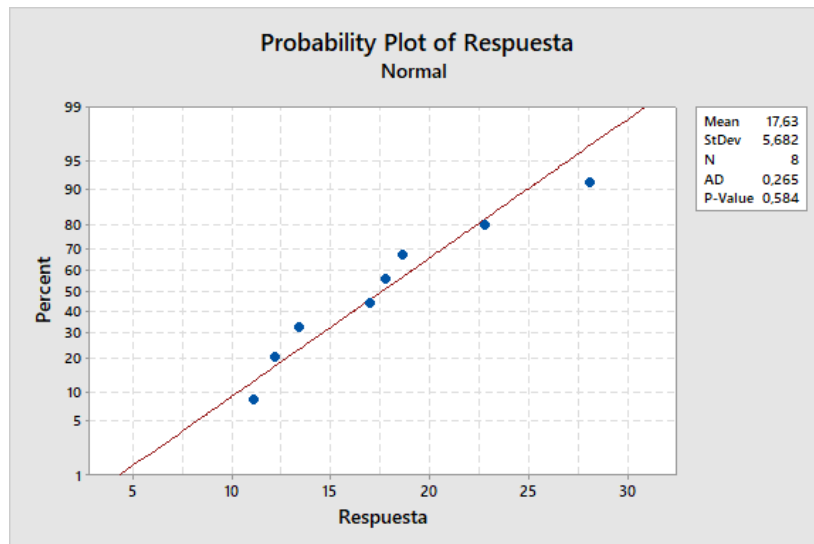


**Anexo 4.6:** Prueba objetiva Igualdad de varianzas Residuales VS Vel.Máquina

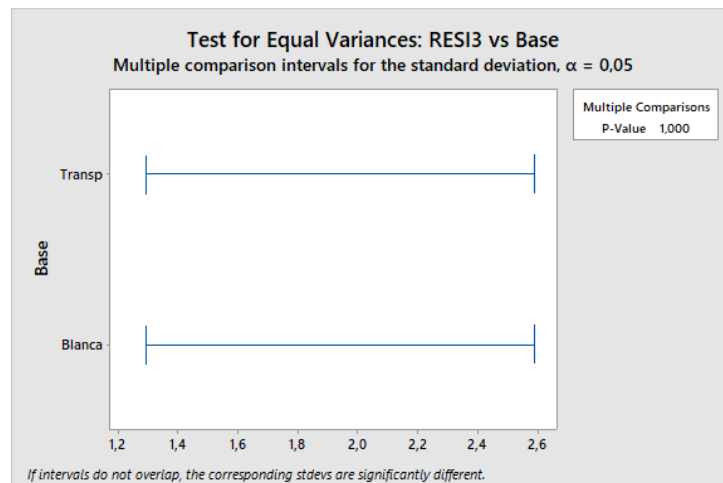


**Anexo 4.7:** Prueba objetiva independencia de datos

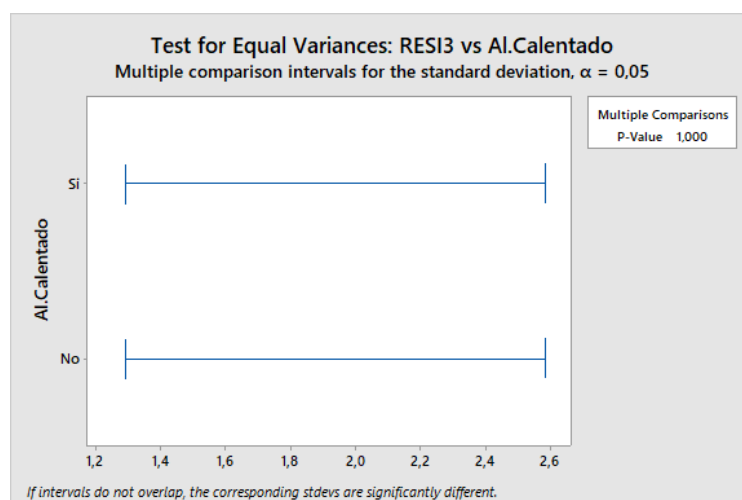
**Análisis de Temperatura 2: 35°**



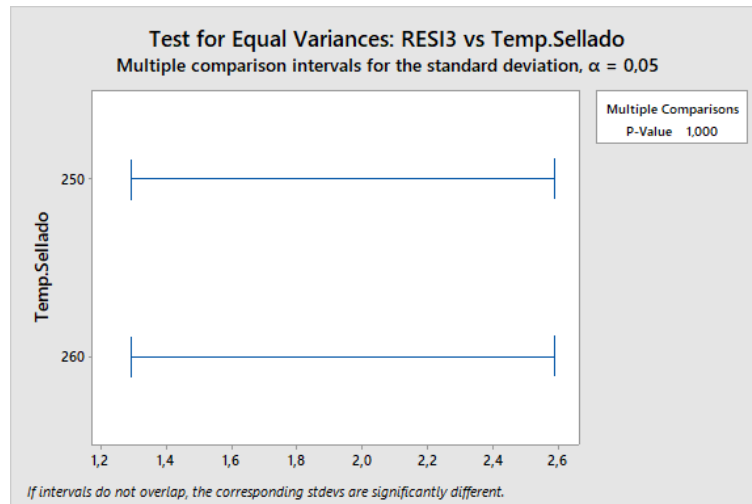
Anexo 4.8: Prueba objetiva de normalidad



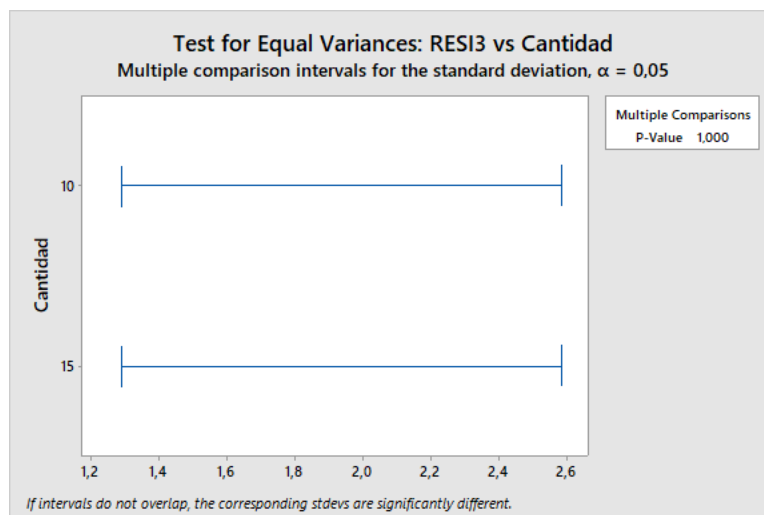
Anexo 4.9: Prueba objetiva de igualdad de varianzas Residuales VS Base



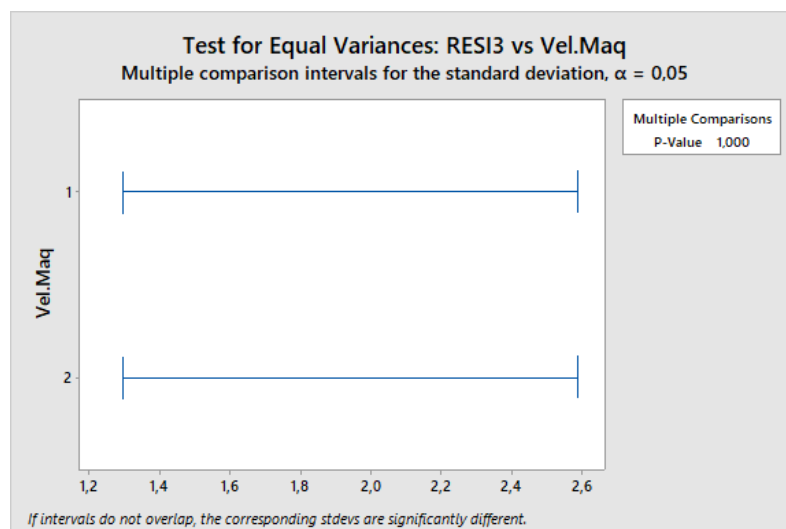
Anexo 4.10: Prueba objetiva de igualdad de varianzas Residuales VS Al. Calentado

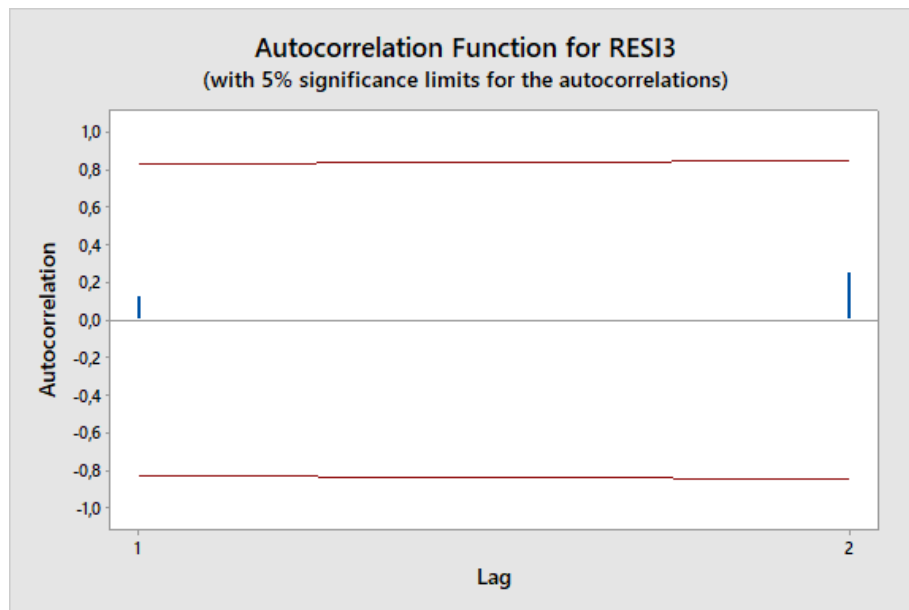
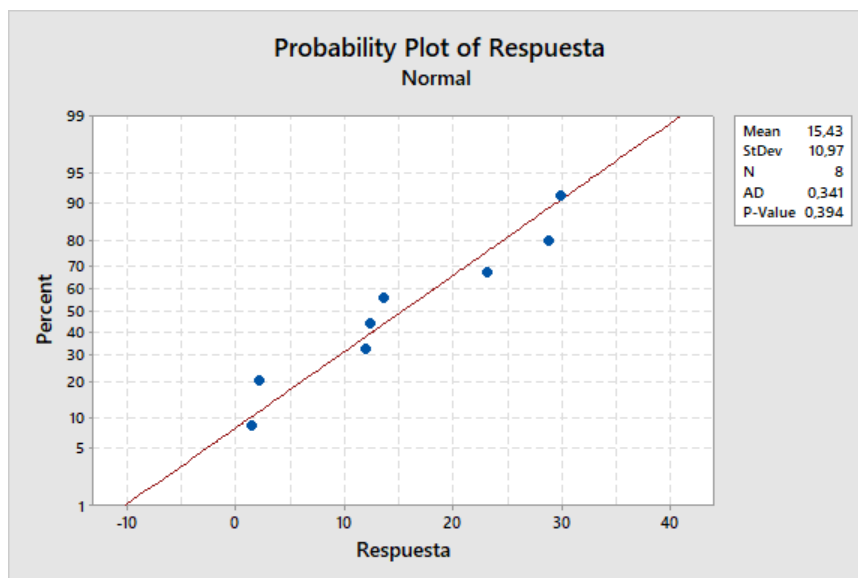


**Anexo 4.11:** Prueba objetiva de igualdad de varianzas Residuales VS Temp.Sellado

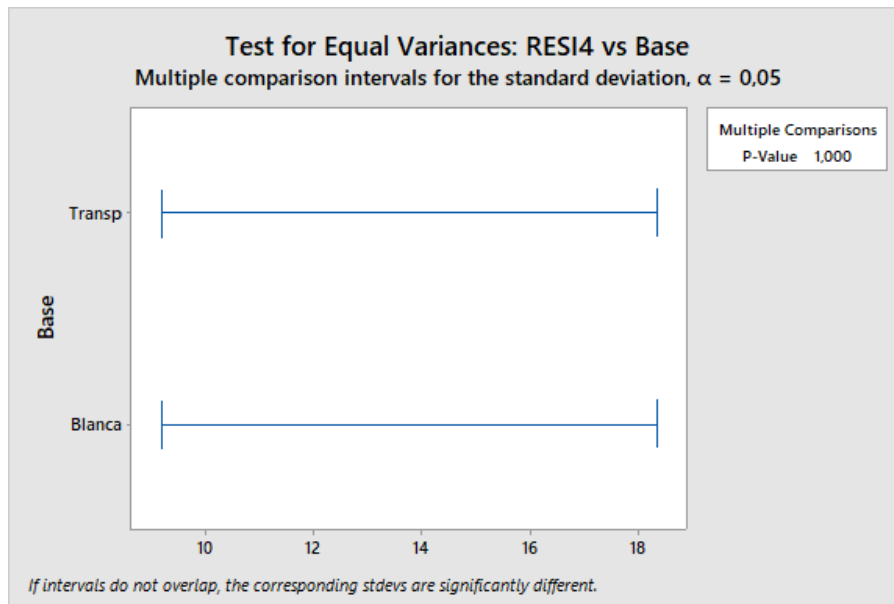


**Anexo 4.12:** Prueba objetiva de igualdad de varianzas Residuales VS Cantidad

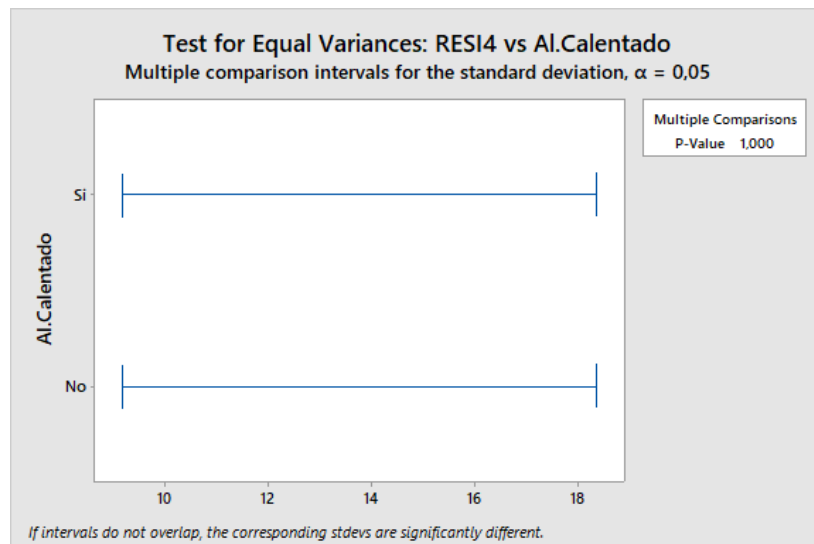


**Anexo 4.13:** Prueba objetiva de igualdad de varianzas Residuales VS Vel. Máquina**Anexo 4.14:** Prueba objetiva independencia de datos**Análisis de Temperatura 1: 40°****Anexo 4.15:** Prueba objetiva de normalidad

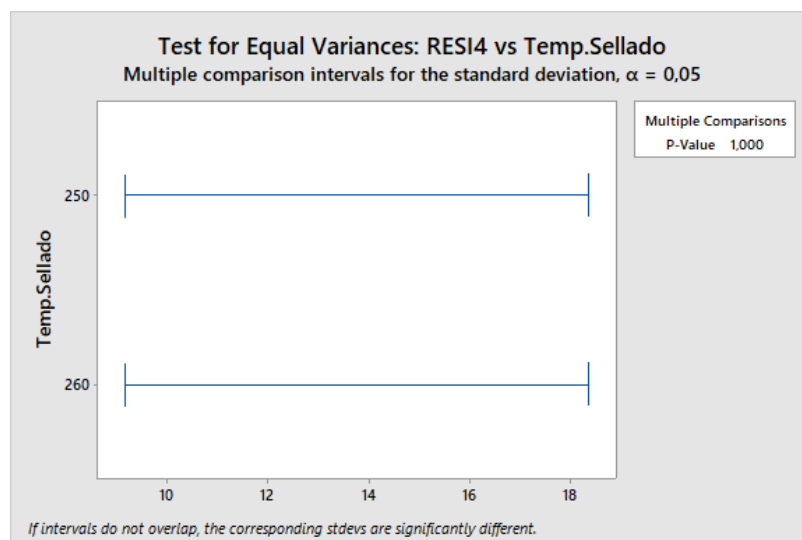




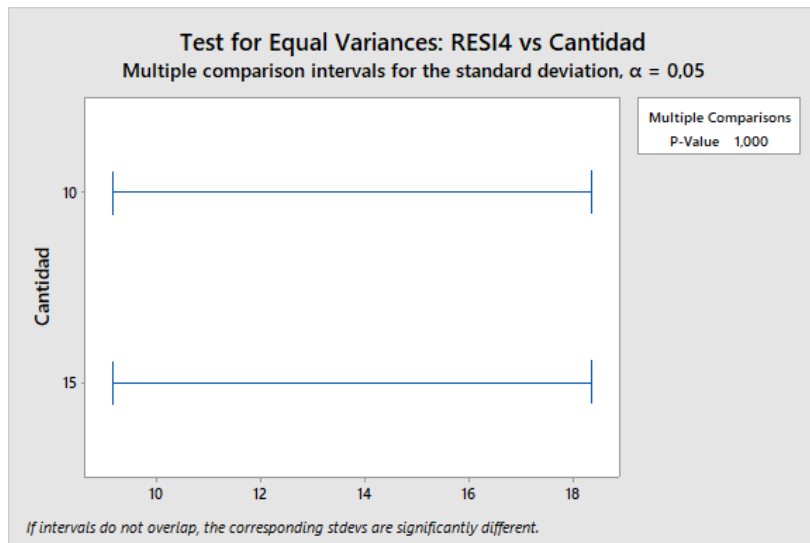
**Anexo 4.16:** Prueba objetiva de igualdad de varianzas Residuales VS Base



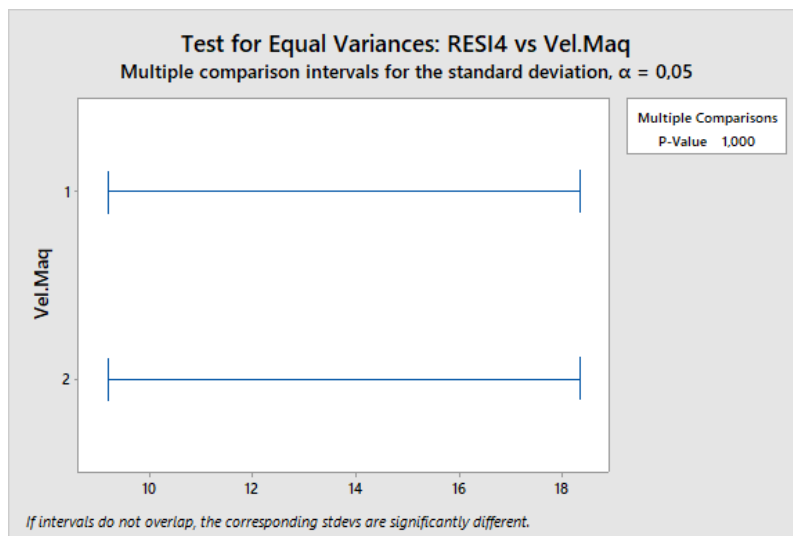
**Anexo 4.17:** Prueba objetiva de igualdad de varianzas Residuales VS Al. Calentado



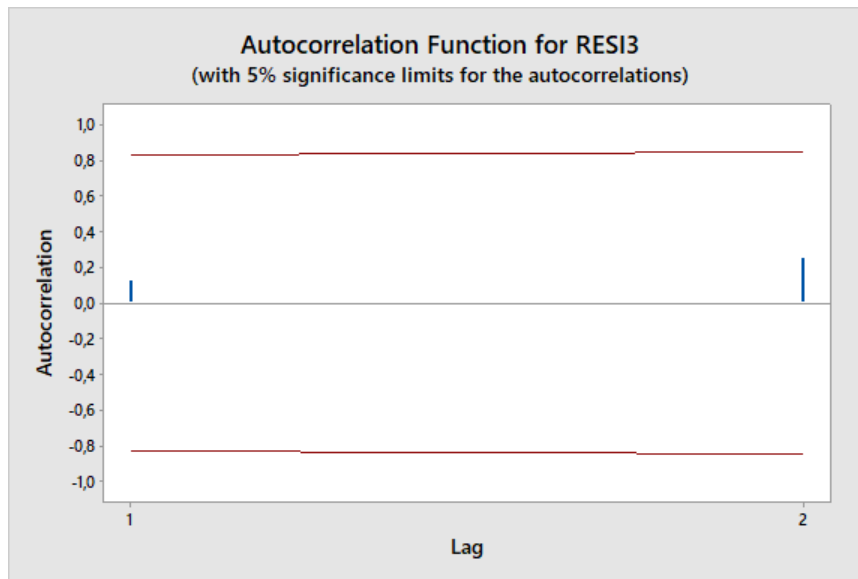
**Anexo 4.18:** Prueba objetiva de igualdad de varianzas Residuales VS Temp.Sellad



**Anexo 4.19:** Prueba objetiva de igualdad de varianzas Residuales VS Cantidad

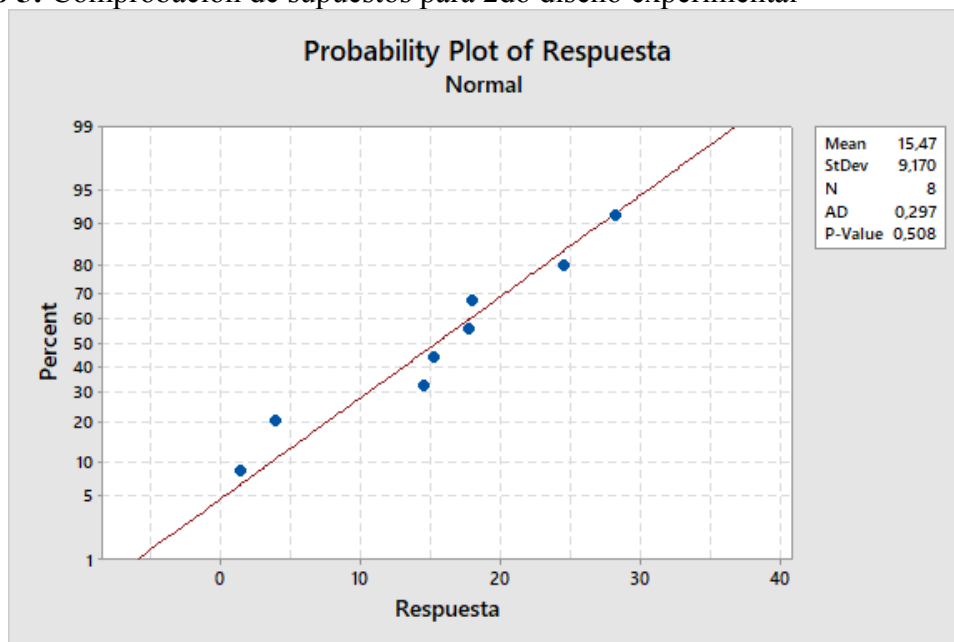


**Anexo 4.20:** Prueba objetiva de igualdad de varianzas Residuales VS Vel.Máquina

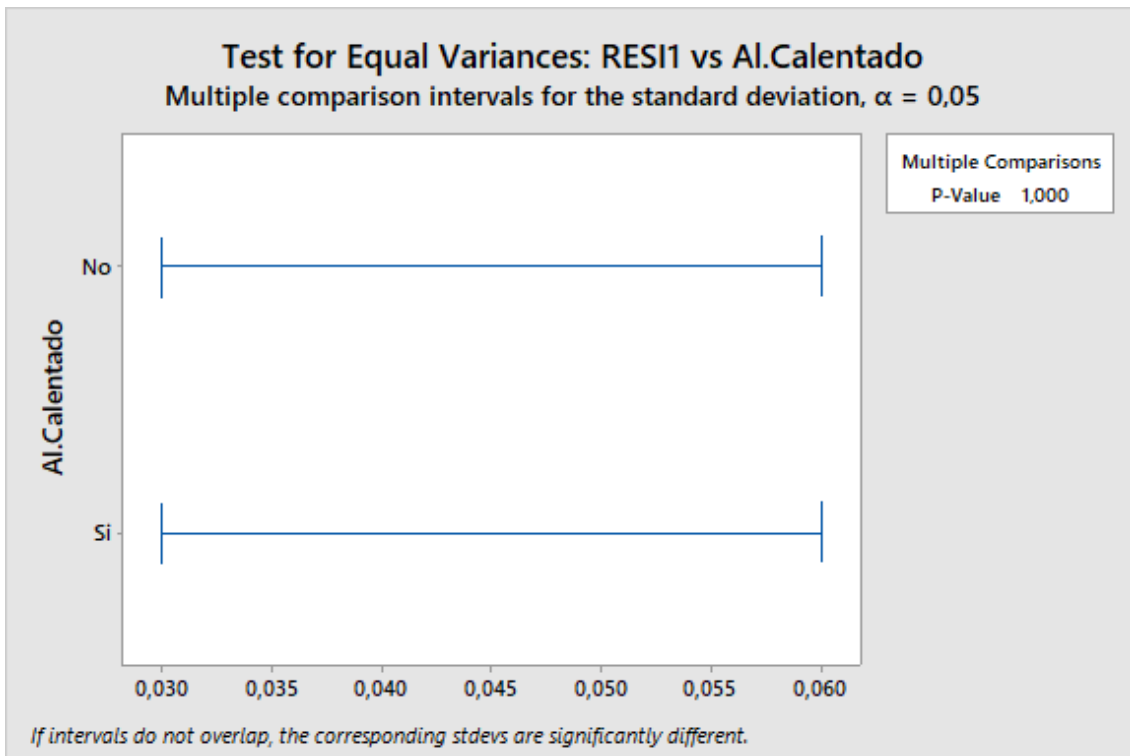


**Anexo 4.21:** Prueba objetiva de independencia de datos

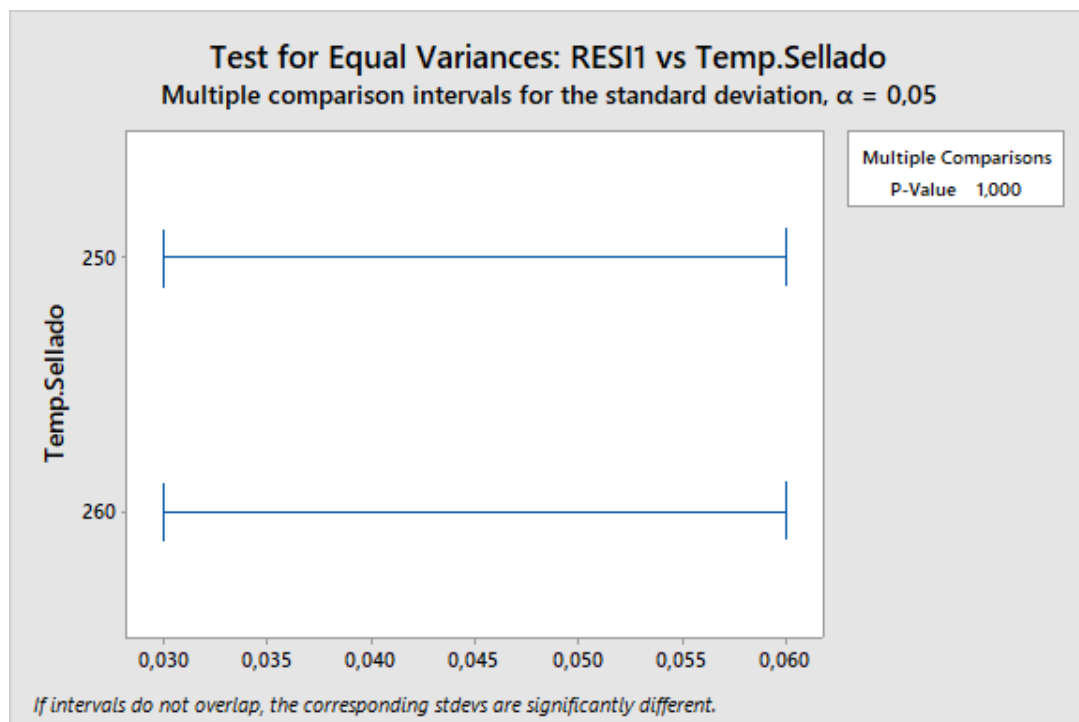
**Anexo 5:** Comprobación de supuestos para 2do diseño experimental



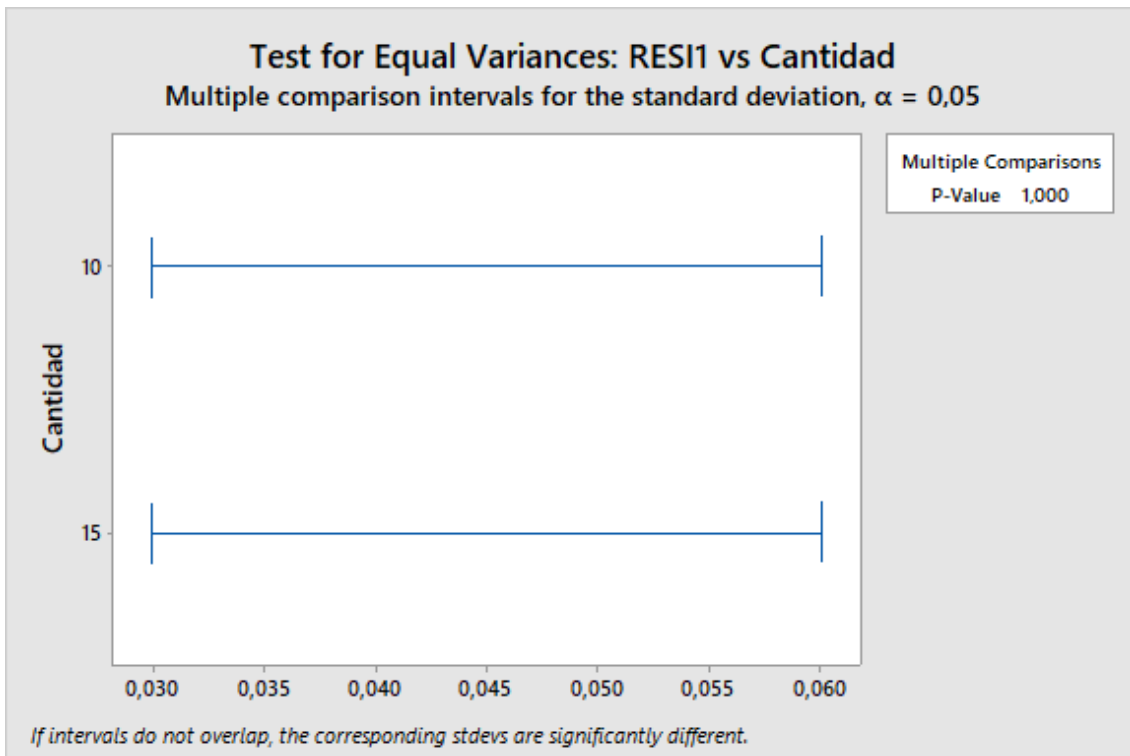
**Anexo 5.1:** Prueba objetiva de normalidad



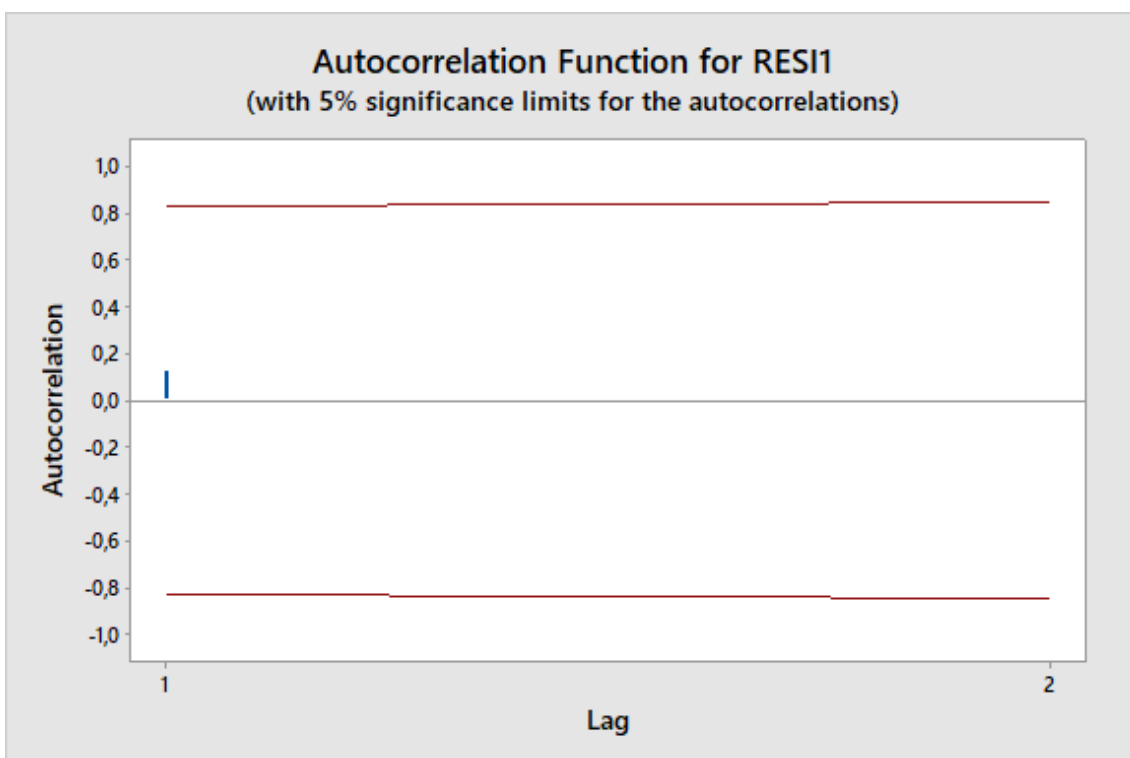
**Anexo 5.2:** Prueba objetiva igualdad de varianzas residuales VS Al.Calentado



**Anexo 5.3:** Prueba objetiva igualdad de varianzas residuales VS Temp.Sellado



**Anexo 5.4:** Prueba objetiva igualdad de varianzas residuales VS Cantidad



**Anexo 5.5:** Prueba objetiva de independencia de datos.

**Anexo 6:** Encuesta de análisis sensorial

### Cuestionario análisis sensorial para leches.

El siguiente análisis sensorial del cual usted participará, será parte de un proceso de investigación sobre nuevos empaques para leches. Le solicitamos seguir las instrucciones descritas en este cuestionario y responderlas con honestidad.

#### Parte I

1) ¿Es usted intolerante a la lactosa o tiene algún problema de salud con respecto a este elemento?

Si  No

Si respuesta es si, este análisis ha terminado. Agradecemos su tiempo.

Si su respuesta es no, por favor continúe con el cuestionario.

2) ¿Cuál es su edad? \_\_\_\_\_

3) ¿Cuál es su género?

Masculino |

Femenino

4) ¿Toma usted café?

Si  No

Si su respuesta fue no, por favor avance a la parte II

Si su respuesta fue si, continúe con el cuestionario

5) ¿Con que frecuencia toma usted café?

Todos los días  5 veces a la semana  1 vez por semana  Otro (especifique) \_\_\_\_\_

6) ¿Utiliza algún producto en conjunto con el café (Ej. Crema de leche, leche en polvo, leche descremada etc) con el objetivo de darle un toque más suave? (elementos como azúcar no cuentan)

Si  No

Si su respuesta es sí por favor especifique

\_\_\_\_\_

Si su respuesta es no prosiga a la parte II

PROTOTIPO \_\_\_\_\_

Por favor, ahora tome otro sorbo de agua y aplaste el botón a su derecha, se le otorgará otro vaso con leche. NO LA INGERIA TODAVÍA. Observela, huela y responda a las siguientes preguntas:

**1. La apariencia de la leche en general...**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderada mente	Me disgusta apenas	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta apenas	Me gusta moderada mente	Me gusta mucho	Me gusta Extremada mente

**2. El olor de la leche..**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderada mente	Me disgusta apenas	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta apenas	Me gusta moderada mente	Me gusta mucho	Me gusta Extremada mente

**AHORA YA PUEDE INGERIR LA LECHE**

**3. El sabor de la leche...**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderada mente	Me disgusta apenas	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta apenas	Me gusta moderada mente	Me gusta mucho	Me gusta Extremada mente

**4. La textura de la leche (cremosidad)...**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderada mente	Me disgusta apenas	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta apenas	Me gusta moderada mente	Me gusta mucho	Me gusta Extremada mente

**5. En general (unión de todos los aspectos) la leche...**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderada mente	Me disgusta apenas	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta apenas	Me gusta moderada mente	Me gusta mucho	Me gusta Extremada mente



## Parte II

PROTOTIPO \_\_\_\_\_

Ahora empezará con el análisis sensorial. A su derecha tiene un vaso con agua, por favor ingiera un poco. Luego, presione el botón de la derecha, se le otorgará un vaso con leche. NO LA INGIERA TODAVÍA, obsérvela, huela y responda a las preguntas.

## 1. La apariencia de la leche en general...

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderada mente	Me disgusta apenas	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta apenas	Me gusta moderada mente	Me gusta mucho	Me gusta Extremada mente

## 2. El olor de la leche..

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderada mente	Me disgusta apenas	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta apenas	Me gusta moderada mente	Me gusta mucho	Me gusta Extremada mente

**AHORA YA PUEDE INGERIR LA LECHE**

## 3. El sabor de la leche...

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderada mente	Me disgusta apenas	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta apenas	Me gusta moderada mente	Me gusta mucho	Me gusta Extremada mente

## 4. La textura de la leche (cremosidad)...

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderada mente	Me disgusta apenas	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta apenas	Me gusta moderada mente	Me gusta mucho	Me gusta Extremada mente

## 5. En general (unión de todos los aspectos) la leche...

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderada mente	Me disgusta apenas	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta apenas	Me gusta moderada mente	Me gusta mucho	Me gusta Extremada mente

PROTOTIPO \_\_\_\_\_

Por favor, ahora tome otro sorbo de agua y aplaste el botón a su derecha, se le otorgará otro vaso con leche. NO LA INGIERA TODAVÍA. Obsérvela, huela y responda a las siguientes preguntas:

**1. La apariencia de la leche en general...**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderada mente	Me disgusta apenas	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta apenas	Me gusta moderada mente	Me gusta mucho	Me gusta Extremada mente

**2. El olor de la leche..**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderada mente	Me disgusta apenas	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta apenas	Me gusta moderada mente	Me gusta mucho	Me gusta Extremada mente

**AHORA YA PUEDE INGERIR LA LECHE**

**3. El sabor de la leche...**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderada mente	Me disgusta apenas	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta apenas	Me gusta moderada mente	Me gusta mucho	Me gusta Extremada mente

**4. La textura de la leche (cremosidad)...**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderada mente	Me disgusta apenas	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta apenas	Me gusta moderada mente	Me gusta mucho	Me gusta Extremada mente

**5. En general (unión de todos los aspectos) la leche...**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderada mente	Me disgusta apenas	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta apenas	Me gusta moderada mente	Me gusta mucho	Me gusta Extremada mente

**El análisis ha terminado, agradecemos su colaboración.**