



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

**“Implementación de diseño experimental para reducir el  
sobrellenado en llenadora volumétrica de empaques laminados  
en planta procesadora de snacks”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del Título de:**

**MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS**

**Presentada por:**

**Jorge Carlos Vega Hernández**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2021**

# AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme dar un paso más en mi carrera profesional y llenarme de la fuerza necesaria para cumplirlo.

A mis padres, Neno y Lupe por ser pieza fundamental en mi formación y crecimiento.

Y muy especial a mis guías durante este proyecto, mi tutora MSc. María Laura Retamales Y Ph.D. Marcos Buestán, que con sus ideas, conocimiento y dirección permitieron que este proyecto se concrete.

Gracias totales

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi esposa Susana, por darme fuerzas y estar siempre junto a mí, fueron casi 3 años entre estudio, distancia, pandemia y demás, me demostraste tu fortaleza y amor, pudiste darme tiempo antes que pedirlo.

Te amo.

# TRIBUNAL DE TITULACIÓN

---

**Ángel Ramírez M., Ph.D.**  
**DECANO DE LA FIMCP**  
**PRESIDENTE**

---

**María Retamales G., MSc.**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

---

**Marcos Buestán B., Ph.D**  
**VOCAL**

## **DECLARACION EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de titulación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLÍTECNICA DEL LITORAL”

---

Jorge Carlos Verga Hernández

## RESUMEN

Este proyecto de titulación se desarrolló en una fábrica productora de snacks tradicionales, como son los maníes, pasas, arándanos y chips de maíz; siendo el maní el principal producto empacado y de mejor volumen de venta. Una de las líneas de producción presentaba problemas de sobrellenado para el producto maní con cobertura C1 en presentación de 28 g, en muestreos realizados se observan 15 unidades con pesos inferiores a 28 g y pesos netos promedios superiores a los 29 g, se dedujo que algún factor durante el proceso de llenado genera estos defectos de pesos netos.

Las unidades con peso neto por debajo de 28 g, pueden ocasionar que el lote producido no pueda ser liberado bajo las normativas ecuatorianas, que requiere un muestreo de 125 unidades, no más de 7 unidades tengan peso inferior a 28 g y que ninguna unidad tenga peso inferior a 22,96 g.

La evaluación del proceso de llenado permitió observar que el control de proceso por parte de calidad no evidencia las variaciones del peso, que existe informalidad del proceso de ajuste de peso previo al inicio de operación, que el proceso de llenado no es capaz de mantener el peso neto dentro de límites de especificación y que el proceso de liberación no se ajusta a la normativa ecuatoriana.

El diseño experimental elaborado, permitió probar las diferentes combinaciones de los factores de procesos y mediante el uso de un software estadístico se propuso soluciones para cada uno de los criterios de aprobación de lote de la normativa ecuatoriana.

Se propuso dos soluciones a partir de la intersección de resultados obtenidos para cada criterio, se ejecutó las pruebas durante proceso productivos y se logró en ambas pruebas aprobar los criterios de éxito de liberación de lote en base a la normativa, teniendo una media de peso neto de 29 g, 7 unidades con peso inferior a 28 g y ninguna unidad con peso neto por debajo de 22,96 g.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
INDICE GENERAL.....	II
ABREVIATURAS.....	III
SIMBOLOGIA .....	IV
INDICE DE FIGURAS .....	V
INDICE DE TABLAS .....	VII
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
1. INTRODUCCION.....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Descripción del problema .....	1
1.3. Alcances y restricciones .....	1
1.4. Justificación del problema.....	1
1.5. Objetivos .....	1
<b>CAPITULO 2.....</b>	<b>14</b>
2. METODOLOGIA .....	14
2.1. Identificación y exposición del problema.....	14
2.2. Selección de la variable respuesta.....	25
2.3. Selección de factores, niveles y rangos. ....	25
2.4. Selección del diseño experimental. ....	28
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>30</b>
3. PRUEBAS EXPERIMENTALES .....	30
3.1. Realización del experimento.....	30
3.2. Análisis estadístico de los datos.....	31
3.3. Conclusiones experimentales.....	39
3.4. Pruebas de Mejora.....	39
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>43</b>
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
4.1. Conclusiones.....	43
4.2. Recomendaciones. ....	43
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

## ABREVIATURAS

ANOVA	Análisis de varianza
Batch	Sistemas por lotes
C1	Cobertura estándar
C2	Cobertura dulce 1
C3	Sin cobertura
Cpk	Índice de capacidad
g	Gramos
Ho	Hipótesis nula
H1	Hipótesis Alternativa
Min	Minutos
OFAT	One factor at a time
PLC	Controlador Lógico Programable
Qn	Peso neto declarado
Uni	Unidades



## SIMBOLOGÍA

- $\mu$  Signo de media
- $\sigma$  Signo varianza
- % Porcentaje
- \$ Signo dólar
- > Signo de Mayor que
- < Signo de Menor que
- = Signo de igual

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Promedio diario del peso neto, presentación 28 g, cobertura C1.....	1
Figura 1.2 Control peso neto contra muestras, línea 1, presentación 28 g, cobertura C1. .....	1
Figura 1.3 Control peso neto, semanas 20 y 21, presentación 28 g C1.....	1
Figura 1.4 Factores de proceso. ....	2
Figura 1.5 Experimento factorial. ....	3
Figura 1.6 Maquina llenador – Sistema de arrastre. ....	7
Figura 1.7 Tipo de sellados para laminas. ....	7
Figura 1.8 Secuencia de sellado, Mordazas abiertas – cerradas. ....	8
Figura 1.9 Contenedor doble.....	9
Figura 1.10 Elementos de maquina llenadora. ....	10
Figura 1.11 Planes de muestreo para productos preenvasados/preempacados en fabrica y número máximo de unidades permitidas fuera de tolerancia.....	11
Figura 1.12 Deficiencias tolerables. ....	12
Figura 1.13 Tara. ....	13
Figura 2.1 Estadísticos descriptivos de peso bruto 21 & 22 mayo 2021. ....	15
Figura 2.22 Tamaño de muestra para estimación. ....	16
Figura 2.3 Grafica de cajas, pesos brutos. ....	17
Figura 2.4 IC para 2 varianzas de pesos brutos.....	18
Figura 2.5 Grafica de cajas, pesos taras. ....	19
Figura 2.6 IC para 2 varianzas de pesos de tara. ....	20
Figura 2.7 Grafica de cajas: peso neto real y peso neto calculado. ....	21
Figura 2.8 IC para 2 varianzas de peso neto real y neto calculado. ....	22
Figura 2.9 Grafica I-MR Peso neto. ....	23
Figura 2.10 Informe de resumen de peso neto calculado. ....	23
Figura 2.11 Análisis de capacidad peso neto calculado, Situación inicial. ....	24
Figura 2.12 Equipo de medición Optima OPH – T602. ....	25
Figura 2.13 Diagrama causa efecto, producto fuera de rango.....	26
Figura 2.14 Votación ponderada, análisis causa raíz.....	27
Figura 3.1 Punto de medición para distancia entre platos. ....	30
Figura 3.2 Diagrama de efectos, Y1 media aritmética. ....	31
Figura 3.3 Análisis de varianza, ANOVA, Y1 media aritmética.....	32
Figura 3.4 Gráfica cubos, Y1 media aritmética.....	33
Figura 3.5 Predicción respuesta múltiple, Y1 media aritmética. ....	33

Figura 3.6 Diagrama Pareto efectos estandarizados, Y2 defectos en deficiencias tolerables. ....	34
Figura 3.7 Diagrama Cubo, Y2 defectos en deficiencias tolerables. ....	34
Figura 3.8 Análisis de varianza, Y2 defectos en deficiencias tolerables. ....	35
Figura 3.9 Predicción respuesta múltiple, Y2 defectos en deficiencias. ....	35
Figura 3.10 Grafica de contorno, Y2 defectos en deficiencias tolerables. ....	36
Figura 3.11 Diagrama de Pareto, Y3 unidades en error T2 .....	36
Figura 3.12 Análisis de varianza, Y3 unidades en error T2. ....	37
Figura 3.13 Gráfica de cubos, Y3 unidades en error T2. ....	38
Figura 3.14 Predicción respuesta múltiple, Y3 unidades en error T2. ....	38
Figura 3.15 Graficas de contorno, Y3 unidades en error T2. ....	38
Figura 3.16 Prueba T, Mejoras A y B. ....	40
Figura 3.17 Prueba IC para 2 varianzas, Mejoras A y B. ....	41
Figura 3.18 Informes de resumen, Mejoras A y B. ....	41
Figura 3.19 Graficas de corrida, Mejoras A y B. ....	42
Figura 3.20 Análisis de capacidad, Peso neto & Mejora B. ....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Unidades fuera de rango de peso neto calculado. ....	24
Tabla 2 Resumen factores de proceso. ....	27
Tabla 3 Diseño factorial completo 23, 2 réplicas. ....	29
Tabla 4 Resultados de corridas del diseño factorial completo 23, 2 réplicas. ....	31
Tabla 5 Resumen de predicciones de respuesta múltiples Y1 – Y2 – Y3. ....	39
Tabla 6 Resumen de factores y nivel para prueba de mejoras. ....	39
Tabla 7 Resumen de resultados para mejoras A y B. ....	40

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCION.

### 1.1. Antecedentes

### 1.2. Descripción del problema

De la muestra para liberación de lote producido, el porcentaje de productos con peso inferior a 28 g para el producto con cobertura C1 de la línea 1 es del 15%, de productos elaborados del 1 de enero al 20 de mayo del 2021, cuando la normativa RTE INEN 284 exige que no sea superior al 5,6%.

### 1.3. Alcances y restricciones

El proyecto se desarrollará en la línea 1 de empaque de la planta industrial, para la presentación de 28 g de producto con cobertura estándar (C1).

La restricción para la fase de implementación de mejoras es el diseño mecánico de la maquina llenadora, lo cual implicaría inversiones las cuales deben incluirse en presupuesto futuros.

### 1.4. Justificación del problema

El problema en la línea de empaque 1, evidencia que existe una o más variables, que, durante el proceso productivo, generan una variación del peso final de los empaques y atenta contra el rendimiento operativo de la planta, se decide ejecutar una serie de pruebas o experimentos que permitan evidenciar los factores que atentan contra la operación; siendo esta la base del diseño experimental propio de los desarrollos y mejoras de procesos (Montgomery, 2004).

### 1.5. Objetivos

#### 1.5.1. Objetivo general:

- Determinar las condiciones de operación de la llenadora volumétrica que permitan cumplir la normativa vigente ecuatoriana para la liberación de lote producido en sus 3 criterios; Media aritmética igual o mayor al peso declarado de 28 g; hasta 7 unidades con deficiencia tolerable, peso entre 28 y 22,96 g; y ninguna unidad en error tipo II, peso inferior a 22,96 g.

#### 1.5.2. Objetivos Específicos:

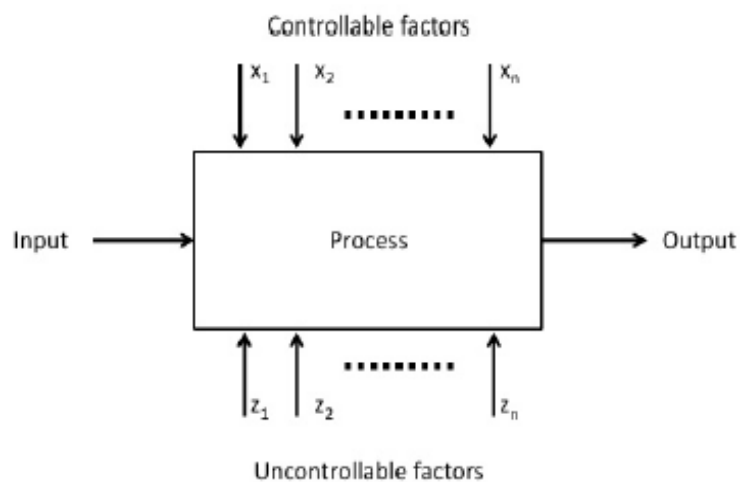
- Realizar diagnóstico de la situación actual de la operación de llenado y análisis de capacidad teniendo como variable respuesta peso neto.
- Definir el diseño experimental, factores controlables, no controlables y ejecución de las pruebas.
- Realizar análisis estadístico de los datos obtenidos y definir combinación de parámetros para proceso productivo.
- Probar los parámetros en proceso productivo.

## 1.6. Marco Teórico

### 1.6.1. Diseño experimental

El diseño experimental, se basa en el cambio deliberado y sistemático (Montgomery, 2004), de variables de entrada de un proceso para observar los efectos sobre el resultado o salida; para un posterior análisis del estadístico, realizar conclusiones y determinar las mejores variables de procesos.

Un proceso o sistema (figura 1.4) posee 3 elementos claves: a) entradas, kilogramos de materia prima, un documento, energía eléctrica, horas hombre; b) salidas o resultado, teniendo como ejemplo, kilogramos de producto terminado, resoluciones documentales, residuos, desperdicios, etc. Y c) los factores de proceso que inciden directamente sobre las salidas o resultados como por ejemplo velocidad de banda, tiempo de reacciones químicas, tiempo de contacto o exposición, densidad de la materia prima, pH de los componentes, intensidad eléctrica necesaria, etc.



**Figura 1.4 Factores de proceso.**  
Fuente: Montgomery, 2004

Los factores de procesos se los divide en dos grandes grupos:

- **Variables controlables**, que como su nombre lo indica podemos manipular su condición siendo normalmente mostradas con la letra equis (X) siendo  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$ , ..... ,  $X_n$ .
- **Variables no controlables**, denominadas así porque no se posee la capacidad de manipulación o injerencia, regularmente se las denota con la letra zeta (Z), desde  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$ , ..... ,  $Z_n$ .

Para la salida o resultado del proceso siempre se denotarán con la letra i griega ( $Y$ ).

En gran medida, el objetivo del diseño experimental (Montgomery, 2004) es diseñar un proceso que sea afectado mínimamente por fuentes externas también llamados proceso robusto; para lo cual se puede segregar en las siguientes determinaciones:

- Las variables que tienen mayor influencia sobre la respuesta.
- Los ajustes sobre las variables X que sean más influyentes y que permitan estar cerca del valor nominal esperado en la respuesta Y.
- Ajustes en las variables X influyentes que disminuyan la variabilidad en la respuesta Y.
- Los ajustes necesarios en las variables X para que las variables Z no afecten el resultado Y.

Ya establecidos los factores de proceso, se procede a asignar valores a cada uno de ellos, estos valores se les denomina niveles. En el diseño experimental se realiza combinaciones de niveles para todos los factores determinados, a esto se le denomina tratamiento o punto de diseño del experimento.

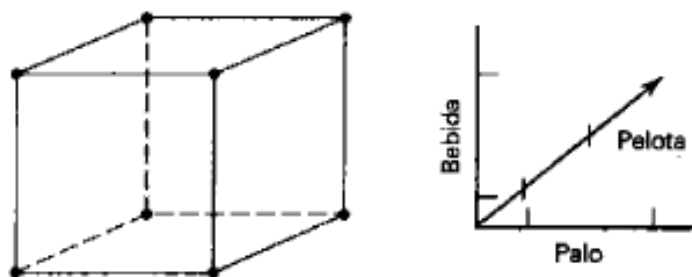
Los procesos involucran muchos factores, y para el desarrollo del estudio el elemento clave es la estrategia de experimentación; ejemplos de estrategias son:

**Mejor aproximación / Best guess approach.** - una combinación arbitraria de factores y niveles en base a la experiencia o conocimientos del experimentador.

**One factor at a time (OFAT).** - fija niveles de operación, generando un nivel de referencia o punto de partida; se procede a cambiar cada factor y sus niveles manteniendo constante el nivel de referencia.

**Experimentos factoriales.** – es el diseño más eficiente cuando intervienen en el estudio dos o más factores, ya que el experimento se observan todas las combinaciones posibles.

Se denomina efecto de un factor cuando existe un cambio en la variable respuesta; los factores y niveles son variados en conjunto, generando la oportunidad de observar los efectos individuales de cada factor y ver si interactúan. El diseño más usado es el  $2^K$ , siendo K factores y cada uno con dos niveles; estos niveles pueden ser cuantitativos o cualitativos, siendo tiempo, presión para cuantitativos y para cualitativos un ejemplo es lote u operador, Un ejemplo de la nomenclatura es: Diseño factorial  $2^3$  (3 factores, 2 niveles cada uno).



**Figura 1-6** Experimento factorial de tres factores que incluye el tipo de palo, el tipo de pelota y el tipo de bebida.

**Figura 1.5** Experimento factorial.

Fuente: Montgomery, 2004

La figura 1.5 muestra cómo se representa geoméricamente un diseño  $2^3$ , el cual es un hipercubo (Montgomery, 2004).

El número de corridas a ejecutarse para el experimento, para un diseño  $2^3$  serían 8 **corridas**, al aumentar el número de factores de análisis el número de corridas aumenta rápidamente, por lo cual el diseño  $2^K$  proporciona el menor número de corridas para realizar un estudio factorial; en los casos que existan muchos factores y niveles, se puede usar la estrategia experimento factorial fraccional en el cual solo se usa para el análisis un subconjunto de las corridas.

El diseño estadístico de experimentos se refiere al proceso para planear el experimento de tal forma que se recaben datos adecuados para que puedan analizarse con métodos estadísticos que lleven a conclusiones válidas y objetivas (Montgomery, 2004).

Para el desarrollo de cualquier problema experimental se observa el diseño del experimento y el análisis estadístico de la data.

Como principio básico del diseño experimental se menciona:

- Replicación de las pruebas o corridas, entendiéndose como la repetición del experimento determinado durante las combinaciones de factores, permite al experimentador obtener una estimación del error experimental.
- Aleatoriedad en el orden de los factores y niveles a ejecutarse, puesto que los métodos estadísticos requieren que las observaciones de los experimentos sean aleatoriamente distribuidas.
- Formación de bloques o bloqueos, permite reducir o eliminar factores que perturben la data recolectada a partir de factores que podrían influir negativamente en la variable respuesta, esta técnica permite mejorar la precisión para al realizar las comparaciones de factores.

#### **1.6.1.1. Pautas generales de diseño experimental**

Las pautas generales para el diseño de experimentos (Montgomery, 2004) se detallan en:

- a) Identificación y exposición del problema.
- b) Selección de la variable respuesta.
- c) Selección de factores, niveles y rangos.
- d) Selección del diseño experimental.
- e) Realización del experimento.
- f) Análisis estadístico de los datos.
- g) Conclusiones y recomendaciones.

Los 3 primeros elementos están enmarcados dentro de la planeación experimental y recomendable que sean abordados por un equipo multidisciplinario o involucrar a los departamentos que tengan injerencia sea en los ingresos del proceso o sean usuarios de la variable respuesta, tal es el caso de aseguramiento de la calidad, logística, ventas, operaciones, etc.



#### **1.6.1.1.1. Identificación del problema.**

Parte neurálgica del diseño, la capacidad de determinar si un problema requiere experimentación es fundamental, puesto que se podría generar una pérdida de esfuerzos; de igual manera resulta complicado enunciar y definir el problema, por lo cual debe brindarse el tiempo necesario para estas 2 actividades.

Las razones comunes y metodológicas para realizar un experimento son:

- La caracterización,
- Optimización,
- Confirmación,
- Descubrimiento,
- Robustez de proceso.

#### **1.6.1.1.2. Selección de la variable respuesta.**

La variable respuesta, en palabras simples es el resultado que será observado, por lo tanto, es el dato útil del proceso, requiriéndose que sea medible para que no existan interpretaciones; siendo requerido instrumentos confiables y de gran eficiencia.

#### **1.6.1.1.3. Selección de factores, niveles y rangos.**

Los factores se los dividirá en dos grupos (Montgomery, 2004), Factores potenciales de diseño y factores perturbadores.

Los factores potenciales de diseño son aquellos que el experimentador va a tender a variar y formar parte del estudio, sin embargo; es importante reclasificarlos, factores que se podrían mantener constantes y los que se podrían variar. Para esta reclasificación es importante tener conocimiento profundo del proceso y de ser necesario usar herramientas como diagramas causa efecto o matrices de priorización.

Como factores perturbadores suelen categorizarse como controlables, no controlables y de ruido; como sus nombres los mencionan, en el primero tenemos la capacidad de variar, el segundo puede medirse y transformarse en una covariable y el último podría generar una mala interpretación de la data, debe mantenerse la acción de generar bloques o bloqueos con estos factores perturbadores.

#### **1.6.1.1.4. Selección del diseño experimental.**

La selección en gran medida requiere establecer el tamaño de la muestra o número de replicas, el orden de la corrida de los ensayos experimentales y si es necesario la formación de bloques o restricciones. Para el caso de la determinación del orden de la corrida se usará la recomendada por el programa de análisis estadístico Minitab 18®.

Importante es mantener claros y fijo el objetivo experimental, es importante fijarse en los factores que afecten a la variable respuesta y poder observar la magnitud de la variación.

#### **1.6.1.1.5. Realización del experimento.**

Durante la realización de los experimentos es importante mantener un monitoreo constante de los factores de procesos ya que, si se generaran errores, afectarían el resultado y le restarían validez a los mismos. Se plantea hacer una prueba piloto para observar posibles fallas.

#### **1.6.1.1.6. Análisis estadístico de los datos.**

Para que los resultados y conclusiones sean efectivas debe aplicarse un análisis estadístico a la data obtenida durante la experimentación. La forma regular para eliminar dudas que tenga el equipo experimentador es el planteamiento de hipótesis o generar intervalos de confianza y el mejor método para evidenciar la respuesta es el uso de gráficos simples o una ecuación denominadas modelos empíricos.

#### **1.6.1.1.7. Conclusiones y recomendaciones**

Post experimentación es importante ofrecer a los dueños del proceso conclusiones prácticas de lo evidenciado y recomendar un plan de acción para cumplir el objetivo del proyecto; dentro de ese plan de acción es importante generar corridas de confirmación y mantener en constante observación la variable respuesta.

### **1.6.2. Proceso de llenado.**

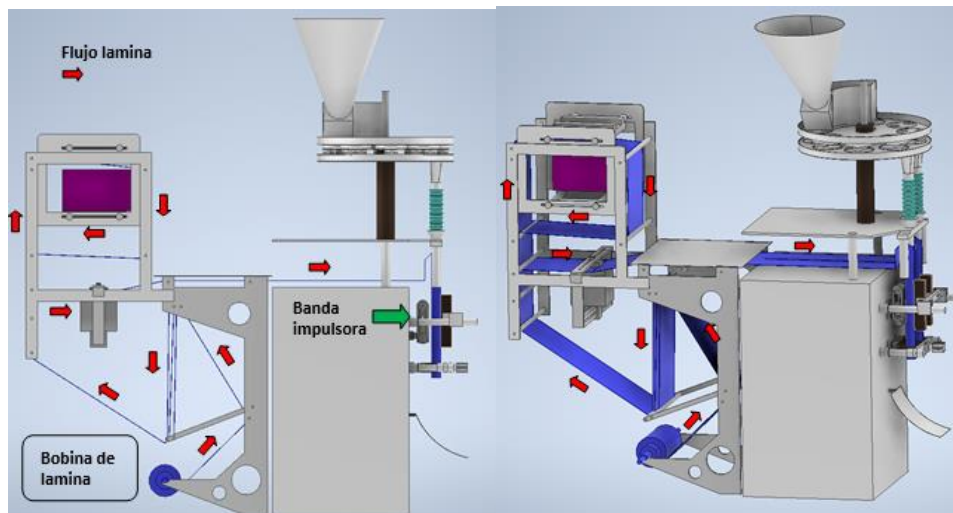
#### **1.6.2.1. Procesos de llenado de empaques laminados**

El proceso de empaquetado volumétrico, consiste en enfundar producto desde contenedores con volumen conocido y se realiza mediante la simultaneidad de tres procesos; el primer proceso es la formación del empaque o bolsa contenedora a partir de la lámina enrollada como lo muestra la figura 1.6, como segundo proceso el llenado de los contenedores del plato dosificador a partir de la masa de producto de la tolva de alimentación y tercero el proceso la dosificación del producto en la bolsa a partir de los contenedores de volumen conocido.

##### **1.6.2.1.1. Formación de empaque o bolsa.**

El rollo de lámina se coloca en un eje que posee rotación libre que sirve de soporte durante el proceso y le permite desenrollarse. El proceso de formación de empaque cuenta de 4 fases.

En la primera fase, figura 1.6; La lamina es arrastrada a través de un sistema rodillos, uno de los cuales, es un rodillo impulsor conectado al sistema de control. El objetivo de esta fase es mantener la provisión, la alineación y el templado de la lámina durante el proceso, el arrastre de la lámina es generado por una banda, con su motor respectivo, la sincronización de ambos componentes lo mantiene un PLC que a partir de una señal generada por un sensor inductivo que detecta pines metálicos específicos en el plato dosificador.

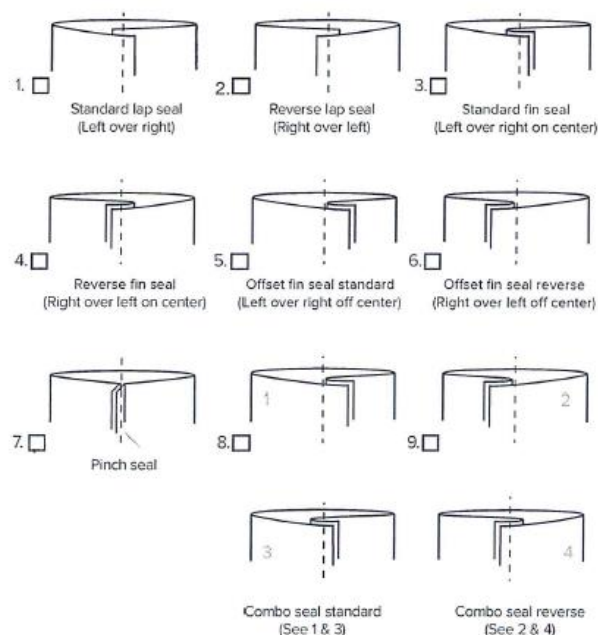


**Figura 1.6 Máquina llenador – Sistema de arrastre.**

Fuente: Jorge Vega, Carlos Rendón, 2021

Durante este proceso, un sensor óptico detecta el inicio de arte o taca, que emite una señal para que se realice la codificación, el codificador es un equipo adicional que realiza la acción de imprimir en el futuro empaque la información de lote, fecha elaboración, fecha expiración, precio de venta, etc; el codificador emite una señal de encendido que recibe el PLC, al no existir esta señal el proceso de llenado se detiene.

La segunda fase, la lámina pasa a través de un formador de funda, que es un elemento mecánico denominado “cuello” que forzar a la lámina a envolver un tubo cilíndrico o ducto de llenado, superponiendo los extremos formando un área que la denominaremos área de sellado, existen distintos tipos de superposición y sellado como lo muestra la figura 1.7. Para este tipo de máquina, el formador de funda posee es doble, posee 2 “cuellos” y dos tubos paralelos, un borde afilado corta longitudinalmente la lámina, dividiéndolo y generando las tiras para formar 2 fundas a la vez.



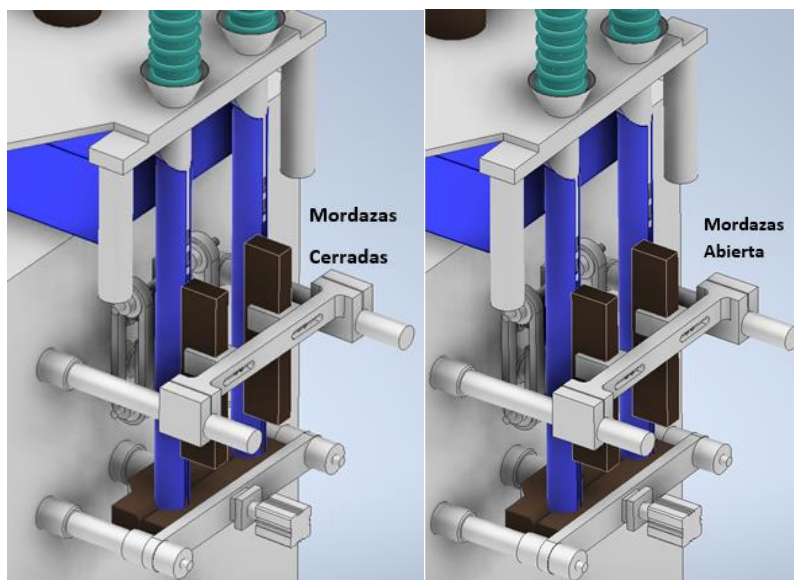
**Figura 1.7 Tipo de sellados para laminas.**

Fuente: ISHIDA Co. Ltd. 2021

La tercera fase y cuarta fase son el sellado vertical y horizontal de la bolsa respectivamente, ambos procesos se realizan por termo sellado.

El proceso de termo sellado consiste en la fusión entre las láminas superpuestas por calor. Dicho calor es suministrado por una herramienta mecánica llamada mordaza, para el propósito de sellado se requiere que las variables temperatura, presión y tiempo de contacto entre la mordaza y la lámina sean los apropiados, estas condiciones para las variables mencionadas son proporcionadas por el proveedor de la lámina.

El sellado vertical consta de una mordaza por cada ducto de llenado, mientras que para el sellado horizontal se cuenta con 2 mordazas que poseen suficiente longitud para poder sellar los 2 empaques generados por cada uno de los formadores; siendo la secuencia de sellado simultánea como se muestra en la figura 1.8, la mordaza vertical realiza sellado al realizar presión contra el ducto de llenado, mientras que en el sellado horizontal la compresión de la lámina sucede entre las dos mordazas. Las mordazas horizontales poseen una abertura longitudinal por la cual una cuchilla, que, al momento de realizarse la compresión entre ambas, actúa y realiza un corte que separa la funda ya llena de la siguiente por llenar.



**Figura 1.8 Secuencia de sellado, Mordazas abiertas – cerradas.**

Fuente: Jorge Vega, Carlos Rendón, 2021

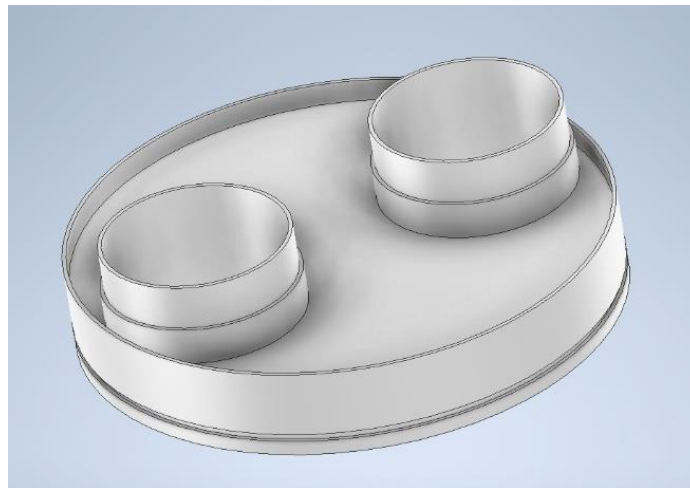
Todo este movimiento mecánico de las mordazas se realiza por medio de conjunto motor- engrane – plato, el cual, mediante un sensor de inducción, emite una señal de control de caída de producto.

Ambos sellados están conectados dentro del equipo en su sistema mecánico, mediante un conjunto de piñón dentado, bielas y brazos mecánicos; como característica especial el piñón dentado posee un pin metálico. Existen 2 sensores de inducción, el primero detecta el avance de cada diente del piñón que sirve para un conteo dentro del PLC, generando la orden de compresión a las mordazas; y el segundo sensor detecta el pin metálico, el cual emite la señal de reinicio de ciclo al completar el giro completo del piñón.

### 1.6.2.1.2. Llenado de contenedores de plato dosificador.

El conjunto de este proceso tiene los siguientes elementos de acero inoxidable grado alimenticio, que se muestran en la figura 1.10:

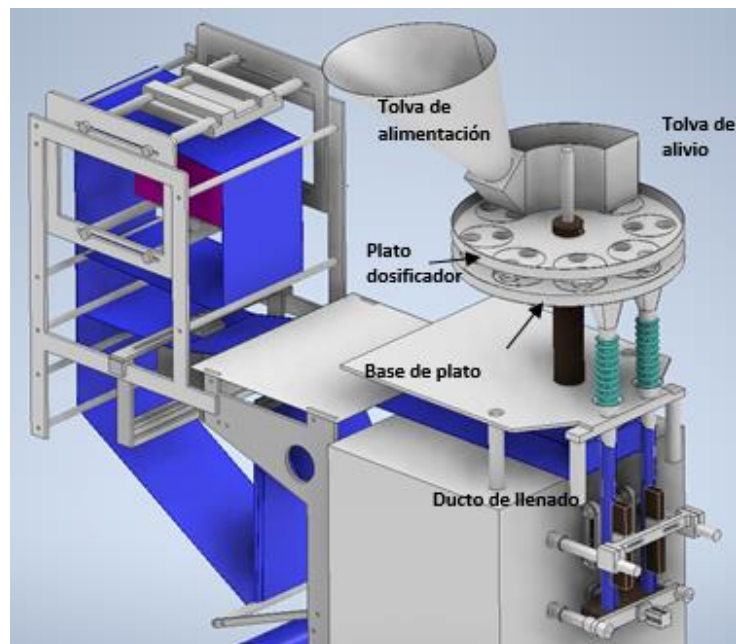
- Tolva principal de alimentación: es un tronco de cono con capacidad de 23 Kg, con una abertura regulable en su área lateral.
- Tolva de alivio: posee la forma de un segmento de anillo, teniendo como capacidad máxima 2 Kg, se encuentra sobre el plato giratorio y mantiene sobre dicho sector del plato dosificador una constante alimentación de producto ya que no tiene base.
- Plato dosificador: es un cilindro sin tapa superior, con 55 cm de diámetro; el cual contiene 8 perforaciones en su fondo, en el cual se asientan los contenedores. En su parte inferior posee un eje dentado que muestra la posición de cada contenedor, cada diente del eje es censado durante la operación como parte del control de proceso.
- Contenedores: tienen forma circular y poseen 2 cilindros de diámetro inferior como lo muestra la figura 1.9, adicional tienen un soporte cilíndrico que le permite asentarse sobre la base del plato, la base y los cilindros se acoplan telescópicamente.



**Figura 1.9 Contenedor doble.**

Fuente: Jorge Vega, Carlos Rendón, 2021

- Base de plato: estructura sobre la cual están asentados los contenedores y sirve de conexión con el ducto de llenado. Posee un eje dentado que permite variar la distancia entre la base y el plato dosificador.
- Sensor de descarga: elemento electrónico que emite señal al momento de que uno de los contenedores del plato giratorio se encuentra en posición de descarga.



**Figura 1.10 Elementos de maquina llenadora.**

Fuente: Jorge Vega, Carlos Rendón, 2021

Al llenarse la tolva de alimentación y al abrir la abertura lateral, pasa producto a la tolva de alivio, la altura de la apertura genera una cama de producto disponible para llenar a los contenedores. La acción de llenado del contenedor se genera al girar el plato dosificador, los contenedores vacíos pasan por debajo de la tolva de alivio que se encuentra llena de producto y el producto llena los contenedores, continuando después a la zona de descarga.

La acción fundamental, es la determinación del volumen del contenedor, para lo cual se varia la distancia o separación entre base y plato, haciendo uso del acople telescópico que existe entre las piezas, aumentando la longitud del cilindro y por consiguiente el aumento del volumen.

#### **1.6.2.1.3. Dosificación del producto.**

El contenedor lleno al pasar por encima del formador permite la caída libre del producto a través del ducto de llenado con destino a la funda con el sellado inferior ya listo. Todas las señales generadas por los diversos sensores permiten que el producto recorra la distancia del ducto y llegue al empaque sin que las mordazas horizontales aprisionen el producto durante su caída libre.

El PLC de control posee un programa en el cual se ingresa la velocidad de trabajo requerida, y genera rangos de trabajo en las otras variables de proceso que pueden ser modificadas, la mayoría de las variables son tiempos de ejecución, como, por ejemplo; tiempo de sellado horizontal, tiempo de sellado vertical, retraso descarga, etc.; con el objetivo de evitar detenciones por aprisionamiento de producto entre mordazas horizontales.

### 1.6.3. RTE INEN 284 “Cantidad de producto en pre envasados / pre empacados”.

El instituto ecuatoriano de normalización o INEN por sus siglas es el encargado de formular las normas técnicas ecuatorianas y poder brindar facilidades y garantías al comercio y la industria ecuatoriana. La norma RTE INEN 284 creada en el 2015 y reformada en el año 2016, tiene como enfoque y punto clave el contenido neto, que es la cantidad de un producto sin considerar la tara (empaques o envases) y que debe estar declarado en el envase; la norma permite brindar confianza a los consumidores que la información comercial declarada sea veraz. Esta norma se aplica a todos los productos de comercio dentro del Ecuador sean nacionales o importados teniendo como ejemplos; alimentos y bebidas, comida de mascotas, productos de higiene y diversos materiales de construcción, etc.

Esta norma, se aplica a todos los productos etiquetados para las cantidades nominales predeterminadas constantes y también las cantidades variables, como los saborizantes, sal, aditivos; se incluye productos que formen un envase múltiple y productos que posean dos o más envases individuales que no serán vendidos por separado.

El reglamento (Servicio Ecuatoriano de Normalización., 2015, 18 de septiembre) en su literal 1.1 menciona “(...) establece los requisitos metrológicos, métodos de prueba y procedimientos para la verificación de los contenidos netos de productos preenvasados/preempacados y los planes de muestreo usados para la verificación de productos que declaran su contenido neto (...)”. En líneas generales, la norma define las directrices para el muestreo de un lote producido en fábrica y los criterios de aceptación para poder liberar el lote.

La figura 1.11 que muestra la tabla 2 del reglamento, nos indica los planes de muestreo y el número de unidades de producto fuera de la deficiencia tolerable.

Tamaño del lote de inspección*	Tamaño de la muestra (unidades de producto) (n)	Factor de corrección de la muestra $(t_{1-\alpha}) \frac{1}{\sqrt{n}}$	Número de unidades de producto fuera de la deficiencia tolerable o tolerancia (ver numerales 5.4 y 3.1.8)
100 a 500	50	0,379	3
501 a 3 200	80	0,295	5
> 3 200	125	0,234	7

\*: Referencia Recomendación OIML R 87.

**Figura 1.11 Planes de muestreo para productos preenvasados/preempacados en fábrica y número máximo de unidades permitidas fuera de tolerancia.**

Fuente: Norma RTE INEN 284

Los criterios de aceptación para liberación del lote se encuentran en el literal 5.2.1 que expresa lo siguiente:

- El promedio o media aritmética de los pesos netos de la muestra debe ser mayor o igual al peso neto declarado en el empaque.
- No superar el número de unidades de producto fuera de la deficiencia tolerable.
- Ninguna unidad con contenido neto por debajo del error T2.

La deficiencia tolerable T, se muestra en la figura 1.12, donde  $Q_n$  es el peso neto declarado en el envase.



Contenido neto nominal de producto ( $Q_n$ ) en g o mL o $cm^3$	Deficiencia tolerable ( $T$ ) <sup>a</sup>	
	Porcentaje de $Q_n$	g o mL o $cm^3$
0 a 50	9	-
50 a 100	-	4,5
100 a 200	4,5	-
200 a 300	-	9
300 a 500	3	-
500 a 1 000	-	15
1 000 a 10 000	1,5	-
10 000 a 15 000	-	150
15 000 a 50 000	1	-

<sup>a</sup> Los valores de  $T$  deben ser redondeados al siguiente 1/10 de g o mL o  $cm^3$  para  $Q_n \leq 1\,000$  g o mL o  $cm^3$  y al siguiente entero de g o mL o  $cm^3$  para  $Q_n > 1\,000$  g o mL o  $cm^3$ .

Contenido neto nominal de producto ( $Q_n$ ) en unidades contables	Porcentaje de $Q_n$
$Q_n \leq 50$ unidades	No se permite ninguna deficiencia tolerable
$Q_n > 50$ unidades	1 <sup>b</sup>

<sup>b</sup> Calcular el valor de  $T$  multiplicando la contenido neto nominal por 1 % y redondeando el resultado al próximo número entero de unidades. El valor redondeado puede ser mayor que el 1% pero es aceptable pues el producto está compuesto de unidades enteras y no pueden ser divididas.

**Figura 1.12 Deficiencias tolerables.**

Fuente: Norma RTE INEN 284

Siendo:

Error T1; se denomina a un empaque inadecuado cuando el contenido neto real es menor que el contenido neto nominal menos la deficiencia tolerable permitida para el contenido neto nominal.

$$\text{Error T1: Contenido neto real} < (Q_n - T)$$

Error T2; es el empaque inadecuado con el contenido neto inferior al contenido neto nominal menos 2 veces la deficiencia tolerable  $T$ .

$$\text{Error T2: Contenido neto real} < (Q_n - 2 \cdot T)$$

El contenido neto se considera a la masa contenida dentro del empaque, lo cual es el resultado de la resta del contenido bruto menos la tara o peso del empaque.

$$\text{Contenido neto} = \text{contenido bruto} - \text{Tara (peso empaque)}$$

Para ejecutar la prueba, se realizarán mediciones de contenido bruto a la muestra del lote requerida por la reglamentación y se restará de la tara, la tara se asumirá como una constante determinada a partir de lo establecido en el literal 6.5.2. que en el procedimiento requiere;

- Determinar la tara seca sin usar o tara seca usada
- Seleccionar una muestra de tara inicial consistente de 10 o más materiales de empaque y medir el peso de cada material.
- Determinar el peso de la tara promedio (PTP) y la desviación estándar y proceder frente a los criterios mostrados en la figura 1.13.



Si	Entonces
El PTP $\leq$ 10 % del contenido neto nominal del producto	Utilizar el PTP para determinar el contenido neto real de producto en productos preenvasados/preempacados de acuerdo al numeral 6.5.1.
El PTP $>$ 10 % del contenido neto nominal y $s < 0,25 \times T$	Utilizar un total de 25 preenvases/preempaques para calcular el PTP y determinar el contenido neto real del producto en productos preenvasados/preempacados de acuerdo al numeral 6.5.1.
El PTP $>$ 10 % del contenido neto nominal y $s > 0,25 \times T$	Un PTP no puede ser usado. Es necesario determinar y considerar cada peso de tara individual (peso de cada envase/empaque en forma individual). Determinar el contenido neto real del producto en cada preenvasados/preempacados de acuerdo al numeral 6.5.1.

**Figura 1.13 Tara.**

Fuente: Norma RTE INEN 284

La reglamentación requiere que el instrumento de medición para peso o balanza cumpla las condiciones mencionadas en el literal 6.4 de la norma, que expresa:

- El error máximo permitido del instrumento sea  $\leq$  a  $1/5 T(Q)$
- Que el contenido neto real este dentro del intervalo de medición del instrumento.
- Que la incertidumbre de instrumento, proveniente de un certificado de calibración no será mayor a la quinta parte de la tolerancia correspondiente ( $0,2 T$ ).

## CAPÍTULO 2

### 2. METODOLOGIA

La metodología que se aplicará es la sugerida por Montgomery en sus 7 pautas generales, tal como se lo describió en el literal 1.4.2 Pautas generales de diseño. Para los análisis estadísticos de este estudio se utilizará el software Minitab 18 ®.

#### 2.1. Identificación y exposición del problema.

El muestreo realizado durante el proceso productivo del 1 de enero al 15 de abril del 2021 en la línea 1 para producto cobertura C1 de 28 g, evidencia lotes con unidades con pesos netos inferiores a 28 g y el promedio del peso neto de la línea de empaque es de 29.96 gramos. Los lotes de producción son de 18000 a 25000 unidades por turno entre 8 a 12 horas. El peso neto promedio lo calcula el sistema a partir de la declaración del operador de las unidades producidas, las mermas generadas, y la materia prima al granel utilizada.

Operativamente, cada media hora, se realiza un control de peso bruto de 5 unidades a la vez tomadas en la mesa de post empaque, los resultados no son registrados. El peso neto es el resultado de un cálculo, puesto que no se realiza prueba destructiva del empaque para medir peso del contenido y de la tara, el valor del peso de tara es una estimación a partir de una medición anterior y que se tiene ingresada el sistema administrativo de generación de ordenes de producción.

Se generan las siguientes interrogantes:

- I. Ya que el peso neto es el resultado de un cálculo, se debe actualizar o reconfirmar el peso de la tara, que por diversos factores pudo haber cambiado, como, por ejemplo, cambios en la formulación de los componentes químicos.
- II. No se mantiene el peso bruto establecido durante la fase de calibración inicial, probablemente generando dispersión de peso muy alta.
- III. El tamaño de la muestra tomada para control de proceso no es representativo para observar una variación del peso bruto durante la elaboración del lote.

Para responder I y II, se ejecutarán pruebas pequeñas para tener una visión general del problema, y además se ejecutará una prueba de capacidad del proceso de empaclado; la respuesta de la interrogante III estará en función de las soluciones de I y II.

##### 2.1.1. Pruebas preliminares – peso bruto y tara.

Para determinar el peso de tara, se usará el procedimiento que recomienda la norma RTE INEN 284 en su literal 6.5.2; se ejecutará prueba destructiva de los empaques llenos, se medirá peso bruto, peso neto y peso de tara a partir de la muestra tomada para esta prueba.

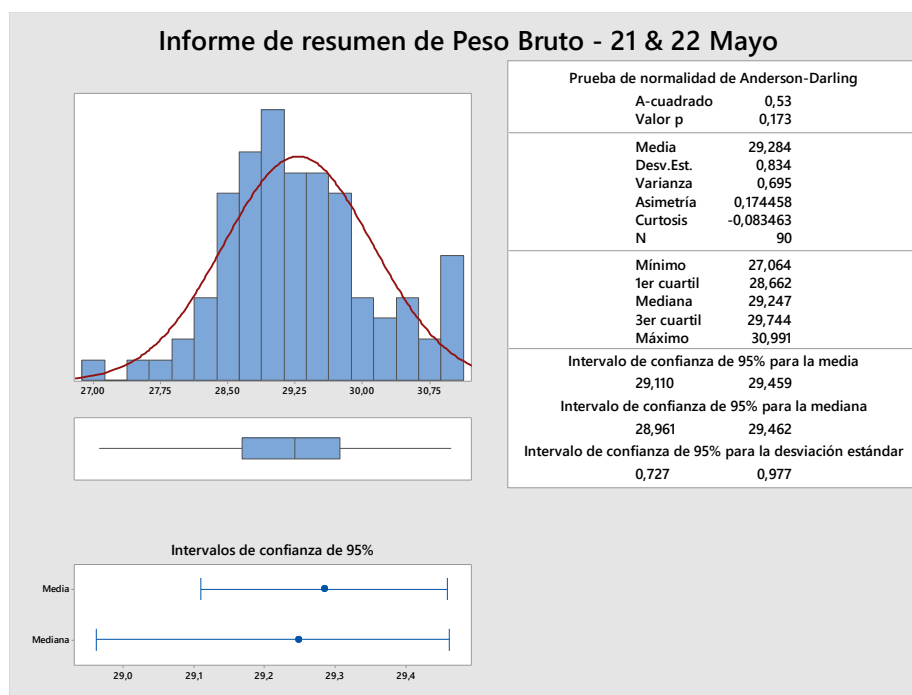
Posterior al llenado de empaques, las unidades de ambos tubos de llenado caen sobre una banda que las transporta a una mesa para realizar labores de post empaclado; esto vuelve imposible determinar de cuál de los tubos de llenado proviene cada empaque, por lo cual se plantea tomar las muestras en cada punto de llenado y determinar si los empaques llenados simultáneamente en sus pesos son estadísticamente iguales (Douglas C. Montgomery, 2003) y tienen relación entre ellos.

Si se cumplen estas condiciones, se realizará los muestreos para cualquier prueba en la mesa de empaque secundario. En caso contrario, los factores de operación del equipo deberán evaluarse por descarga y determinar una solución conjunta entre descargas. Estas pruebas de comparación entre tubos de llenado se denominarán de igualdad.

### 2.1.1.1. Prueba de igualdad

Dos objetivos se definirán para esta prueba; el primero, determinar si el peso bruto del tubo de llenado 1 es igual al peso bruto del tubo de llenado 2. Y el segundo es determinar si el peso de la tara de los tubos de llenado no difiere entre ellos.

Primero se estimará el tamaño de la muestra, para ello se tomó como base, las mediciones por hora del sistema de control de peso bruto que se realiza a lo largo del proceso productivo regular; se procedió con mediciones los días 21 y 22 de mayo del 2021, con los estadísticos descriptivos mostrados en la figura 2.1 se estimó el tamaño de la muestra a partir del parámetro de media normal y la desviación estándar de 0,834 y con un margen de error para los intervalos de confianza de 0,05; el resultado del tamaño de muestra es de 14 unidades como lo muestra la figura 2.2.



**Figura 2.1 Estadísticos descriptivos de peso bruto 21 & 22 mayo 2021.**

Fuente: Jorge Vega, 2021

## Tamaño de la muestra para estimación

### Método

Parámetro	Media
Distribución	Normal
Desviación estándar	0,834 (estimación)
Nivel de confianza	95%
Intervalo de confianza	Bilateral

### Resultados

Margen de error	Tamaño de la muestra
0,5	14

**Figura 2.22** Tamaño de muestra para estimación.

Fuente: Jorge Vega, 2021

Con el tamaño de muestra calculado, se procedió a realizar mediciones en 2 momentos del día y durante 2 días de la semana, generando así 4 réplicas, tomando muestras de ambos tubos de llenado por separado, los datos se muestran en el anexo B y fueron ejecutadas las pruebas entre 11 y 12 de junio del 2021.

Se procedió con los planteamientos de hipótesis (Douglas C. Montgomery, 2003):

a) Para los pesos Brutos.

$H_{0.1}$ : las medias de los pesos brutos de las descargas son iguales;

$\mu_1 - \mu_2 = 0$

$H_{1.1}$ : Las medias de los pesos brutos de las descargas no son iguales;  $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$ .

### Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
PESO BRUTO(g) 1	56	30,03	1,17	0,16
PESO BRUTO(g) 2	56	29,74	1,41	0,19

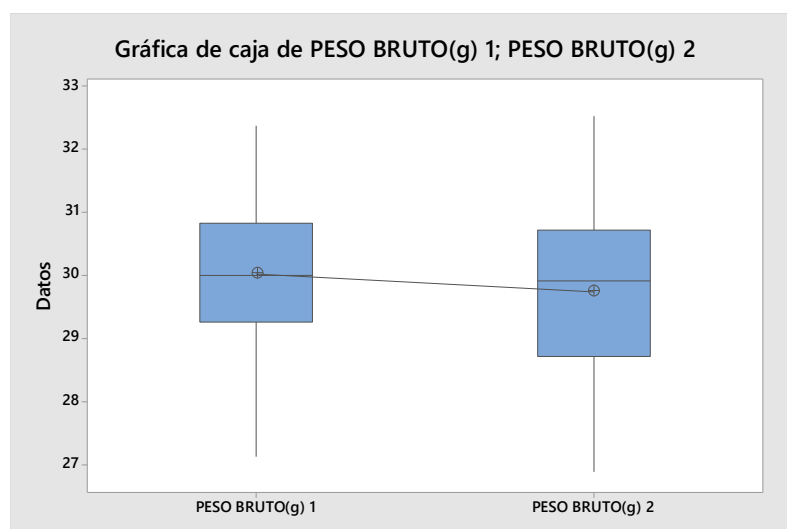
### Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna  $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
1,17	110	0,246

Con un valor  $p = 0,246$  no se rechaza  $H_{0.1}$  y con 95% de confianza los pesos brutos de las descargas tienen misma media, de una mejor manera se observa en el diagrama de cajas de las medias, de la figura 2.3.



**Figura 2.3 Gráfica de cajas, pesos brutos.**

Fuente: Jorge Vega, 2021

De igual manera, se procedió con un análisis y comparación de las varianzas, siendo:

### Método

$\sigma_1$ : desviación estándar de PESO BRUTO(g) 1

$\sigma_2$ : desviación estándar de PESO BRUTO(g) 2

Relación:  $\sigma_1/\sigma_2$

Los métodos de Bonett y Levene son válidos para cualquier distribución continua.

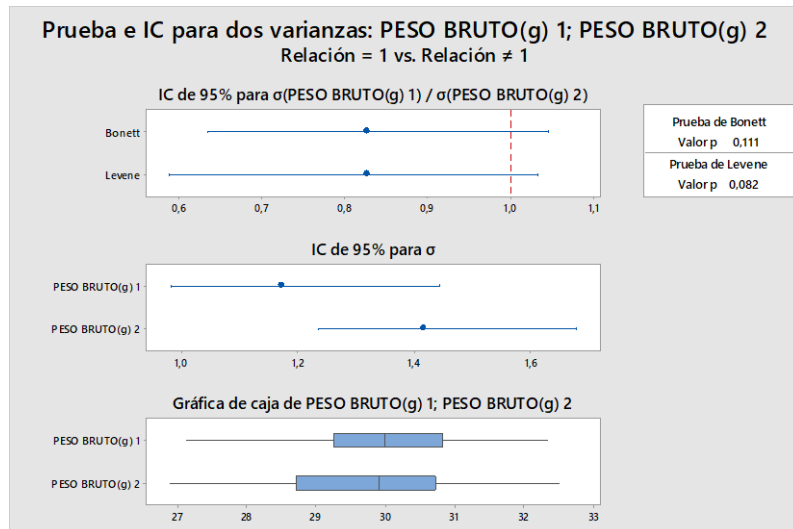
### Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \sigma_1 / \sigma_2 = 1$

Hipótesis alterna  $H_1: \sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$

Nivel de significancia  $\alpha = 0,05$

Método	Estadística de prueba	GL		Valor p
		GL1	GL2	
Bonett	2,53	1		0,111
Levene	3,07	1	110	0,082



**Figura 2.4 IC para 2 varianzas de pesos brutos.**

Fuente: Jorge Vega, 2021

Con un valor  $p = 0,111$  no se rechaza  $H_0$  y con 95% de confianza los pesos brutos de las descargas tienen misma varianza, el resumen de la prueba se observa en la figura 2.4.

a) Para las taras.

$H_{0,2}$ : Las medias de las taras de las dos descargas son iguales;

$\mu_1 - \mu_2 = 0$ .

$H_{1,2}$ : Las medias de las taras de las dos descargas no son iguales;  $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$ .

### Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
TARA 1 (g)	56	1,3570	0,0347	0,0046
TARA (g) 2	56	1,3507	0,0333	0,0044

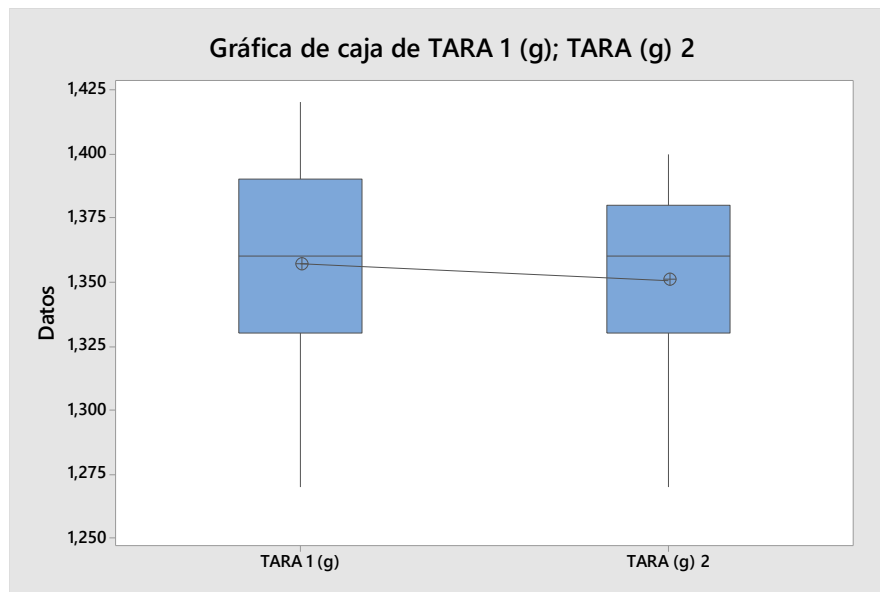
### Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna  $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
0,97	110	0,333

Con un valor  $p = 0,333$  no se rechaza  $H_{0,1}$  y con 95% de confianza los pesos de las taras de las descargas tienen misma media, de una mejor manera se puede observar en el diagrama de cajas de las medias, de la figura 2.5.



**Figura 2.5 Grafica de cajas, pesos taras.**  
Fuente: Jorge Vega, 2021

De igual manera se procedió con un análisis y comparación de las varianzas para las taras:

### Método

$\sigma_1$ : desviación estándar de TARA 1 (g)

$\sigma_2$ : desviación estándar de TARA (g) 2

Relación:  $\sigma_1/\sigma_2$

Los métodos de Bonett y Levene son válidos para cualquier distribución continua.

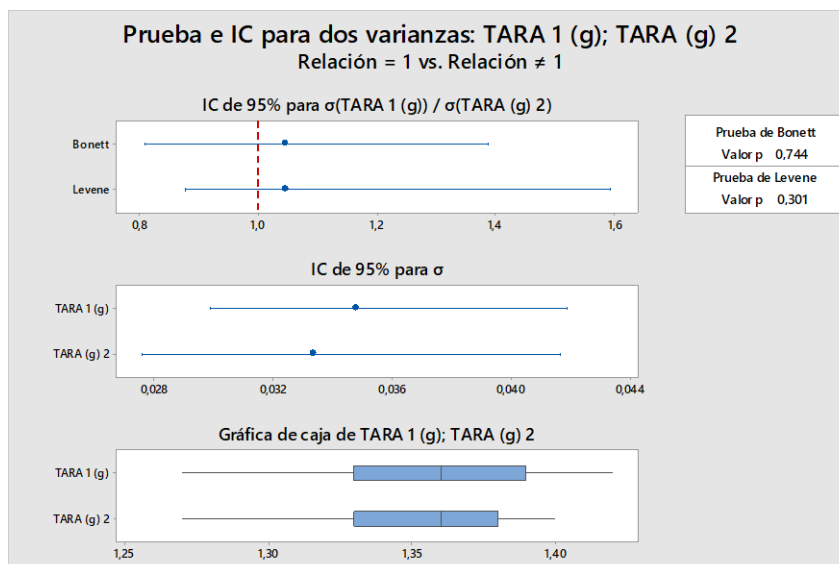
### Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \sigma_1 / \sigma_2 = 1$

Hipótesis alterna  $H_1: \sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$

Nivel de significancia  $\alpha = 0,05$

Método	Estadística de prueba	GL1	GL2	Valor p
Bonett	0,11	1		0,744
Levene	1,08	1	110	0,301



**Figura 2.6 IC para 2 varianzas de pesos de tara.**

Fuente: Jorge Vega, 2021

Con un valor  $p = 0,744$  no se rechaza  $H_0$  y con un 95% de confianza los pesos de las taras tienen misma varianza, el resumen de la prueba se observa en la figura 2.6. Con estos resultados se puede determinar:

- Los pesos brutos no difieren entre sus descargas con lo cual para futuros análisis se pueden tomar muestras en la mesa de post empaado.
- Las taras de los empaques generados por ambos tubos de descarga no difieren, para los cálculos posteriores se establece que el peso de la tara es 1,35 g.

Con los mismos datos se procederá a calcular peso neto a partir de la resta entre peso bruto y el valor obtenido de la experimentación de la tara, se determinará si el peso neto real es igual al peso neto calculado, los datos se encuentran en el anexo B.

$H_0$ : la media del peso neto real y la media del peso neto calculado son iguales;

$$\mu_1 - \mu_2 = 0$$

$H_1$ : Las medias de los pesos neto real y calculado no son iguales;

$$\mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

### Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Peso Neto real	56	28,67	1,18	0,16
Peso Neto estimado	56	28,68	1,17	0,16

### Prueba

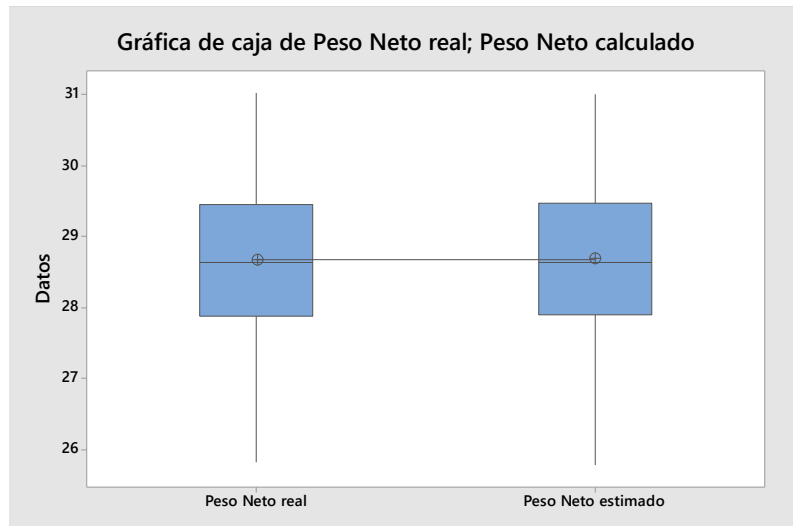
Hipótesis nula  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna  $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
-0,03	110	0,975

Con un valor  $p = 0,975$  no se rechaza  $H_0$  y con un 95% de confianza los pesos neto real y calculado tienen misma media, de una mejor manera se observa en el diagrama de cajas de las medias, de la figura 2.7.





**Figura 2.7 Gráfica de cajas: peso neto real y peso neto calculado.**

Fuente: Jorge Vega, 2021

Al comparar sus varianzas obtuvo un valor  $p=0,966$  y no se rechaza la hipótesis nula y con 95% de confianza se indica que las varianzas son iguales, el desarrollo del análisis en Minitab 18 ® y el resumen de la prueba se presenta en la figura 2.8.

## Método

$\sigma_1$ : desviación estándar de Peso Neto real

$\sigma_2$ : desviación estándar de Peso Neto estimado

Relación:  $\sigma_1/\sigma_2$

Los métodos de Bonett y Levene son válidos para cualquier distribución continua.

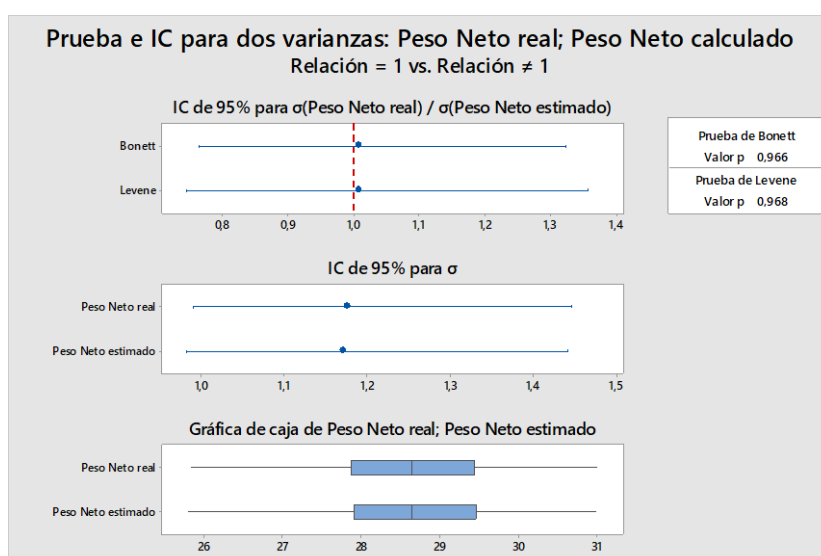
## Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \sigma_1 / \sigma_2 = 1$

Hipótesis alterna  $H_1: \sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$

Nivel de significancia  $\alpha = 0,05$

Método	Estadística de prueba			Valor p
	GL1	GL2		
Bonett	0,00	1		0,966
Levene	0,00	1	110	0,968



**Figura 2.8 IC para 2 varianzas de peso neto real y neto calculado.**

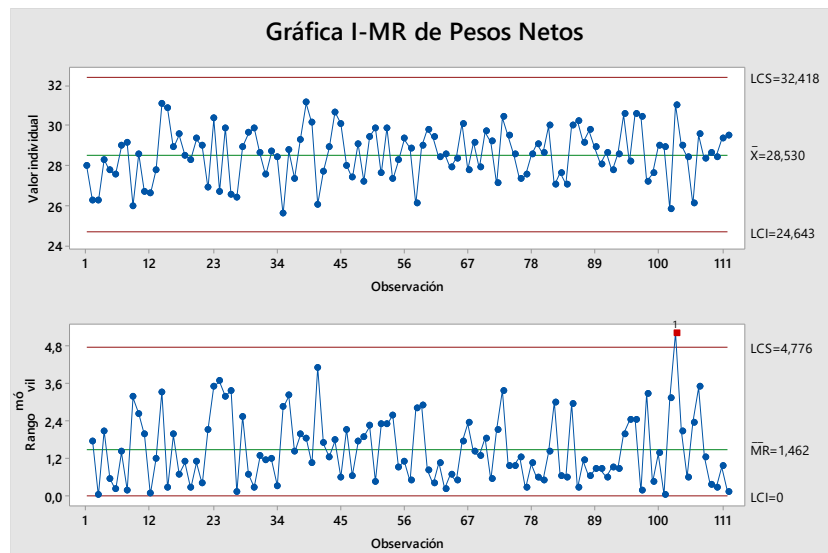
Fuente: Jorge Vega, 2021

Los análisis, demuestran que el peso neto calculado a partir del peso bruto será una respuesta veraz de lo que está sucediendo en el proceso, teniendo como valor de tara 1,35 g.

### 2.1.2. Análisis de capacidad.

Para la interrogante II, se realizará un análisis de capacidad para lo cual se utilizarán los datos que se encuentran en el anexo B. Para el análisis, se tendrán en cuenta parámetros exigidos en la norma RTE INEN 284; sin embargo, puesto que el tamaño muestral que demanda la norma es 125 unidades (Servicio Ecuatoriano de Normalización., 2015, 18 de septiembre), no podrá considerarse como una liberación o aprobación de lote.

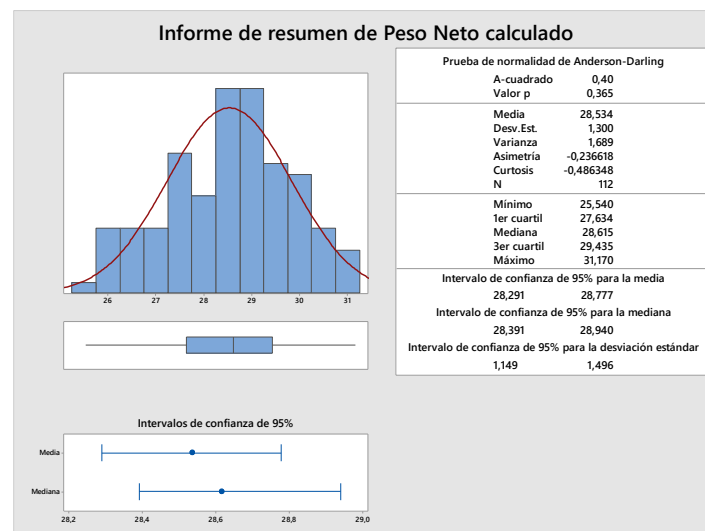
Para validar los datos, la figura 2.9, demuestran que los datos se encuentran en control estadístico.



**Figura 2.9 Grafica I-MR Peso neto.**

Fuente: Jorge Vega, 2021

De acuerdo con el informe de la figura 2.10, un valor  $p > 0,05$  en la prueba de normalidad, se determina que los datos presentan comportamiento normal con un grado de confiabilidad del 95%.



**Figura 2.10 Informe de resumen de peso neto calculado.**

Fuente: Jorge Vega, 2021

El análisis de capacidad de proceso sirve para comparar las variaciones frente a los límites de especificación, se tendrán las siguientes consideraciones para el análisis de capacidad:

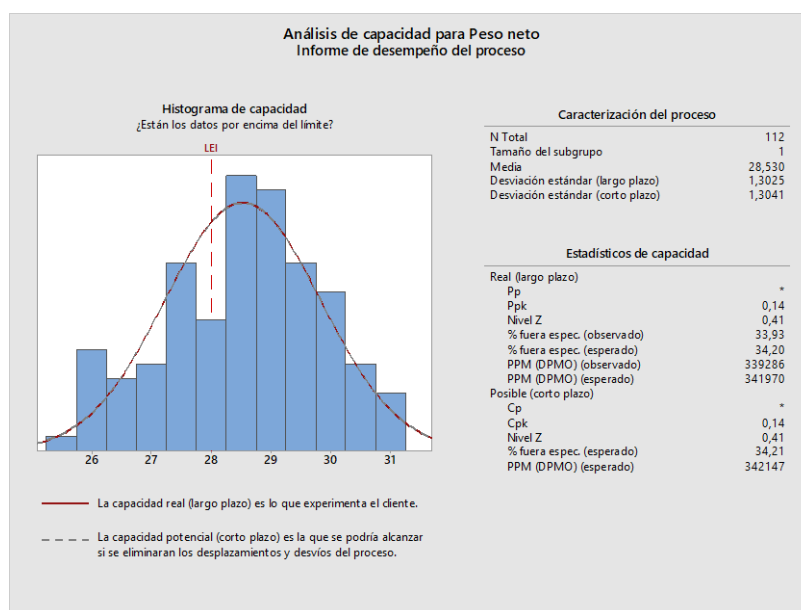
- I. Se usará los datos de pesos neto calculado.
- II. El límite inferior será 28 g ya que la media aritmética no puede ser inferior a dicho valor declarado.
- III. No se define Límite superior, sin embargo, control de costos recomienda que el peso no sea superior a 29,5 g.
- IV. Se definido arbitrariamente 28,5 g como objetivo de peso neto.

La figura 2.11 muestra los resultados de la prueba capacidad del peso neto, de la cual existen observaciones importantes; primero que el Cpk del proceso es de 0,14, se puede determinar que nuestro proceso “no es capaz” o de mantenerse dentro del límite de especificación mínimo para peso neto, que existen 34,21% de elementos fuera de especificación; y que el valor Z 0,41 de igual manera indica la baja capacidad del proceso.

Al aplicar a los resultados los criterios de liberación de la norma RTE INEN 284 literal 5.2.1, nos indicaría que el lote no puede ser liberado; el promedio del peso neto es de 28,53 g cumpliendo el criterio I, sin embargo, existen 39 unidades por debajo del peso neto declarado lo que impediría aprobar el lote; la tabla 1 nos muestra el resumen de los resultados.

#	Detalle	Criterio	Objetivo	Medicion	Cumplimiento
I	Media aritmética	$\geq$	28	28,53	SI
II	Criterio II [22,96 - 28,0]	$\leq$	7	39	NO
III	Criterio III ( $\leq$ 22,96)	=	0	0	SI

**Tabla 1 Unidades fuera de rango de peso neto calculado.**  
Fuente: Jorge Vega, 2021



**Figura 2.11 Análisis de capacidad peso neto calculado, Situación inicial.**  
Fuente: Jorge Vega, 2021

Como definición de problema, no cumplimiento de la norma RTE INEN 284, ya que se cumplen 2 de los 3 criterios, excesivo número de unidades con peso neto por debajo del peso neto declarado.

La prueba experimental se enfocará en buscar la mejor configuración de operación que permita cumplir la norma nacional, y disminuir la dispersión al reducir la cantidad de producto fuera de rango buscando un incremento del valor de Cpk. Adicional se espera cumplir el objetivo organizacional que la media aritmética se encuentre entre 28 y 29,5 g.

## 2.2. Selección de la variable respuesta.

La variable respuesta o Y seleccionada es peso neto calculado, que es el resultado de la resta entre peso bruto; dato obtenido durante la experimentación previa, menos el peso tara, que será una constante de 1,35 g.

Y = Peso neto calculado,

Peso neto Calculado = Peso bruto experimental – Tara.

Tara = 1,35 g.

Para la medición del peso bruto se utilizará la balanza marca Optima ® modelo OPH – T602, figura 2.12; la cual es una balanza de precisión que cumple con las características solicitadas por la norma RTE INEN 284 establecidos en el literal 6.4.3. se adjunta la información técnica del equipo en el anexo C.



**Figura 2.12 Equipo de medición Optima OPH – T602.**

Fuente: Jorge Vega, 2021

A partir de los datos de peso neto calculado obtenidos en las mediciones, se generarán subconjuntos de respuesta o nuevas Y's a partir de cálculos o estimaciones.

## 2.3. Selección de factores, niveles y rangos.

Es importante tener un gran conocimiento del proceso (Montgomery, 2004) para poder determinar los factores que afectan a la operación, para la cual se formó un equipo de expertos, con los siguientes integrantes:

Operador Líder: Pablo Medina.

Mecánico línea: Édison Rodríguez.

Líder Mantenimiento: Ángel Lliguin.

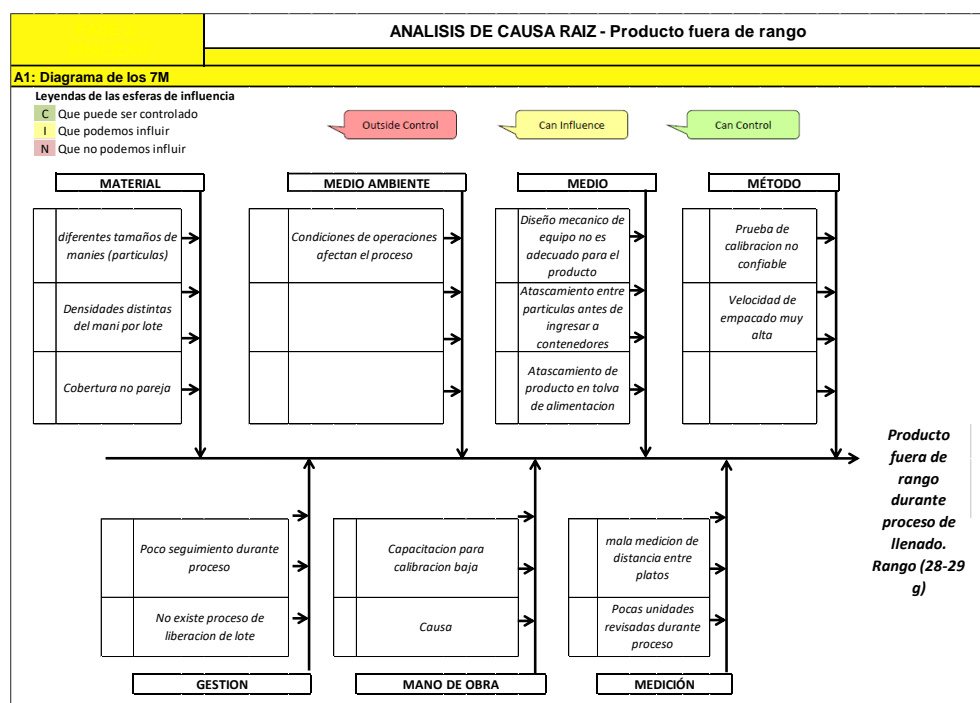
Jefe de calidad: Julio Cepeda.

Jefe de producción: Jorge Vega.

El grupo realizó el análisis del problema y se elaboró un diagrama de causa – efecto, figura 2.13; con la subsecuente votación ponderada, figura 2.14; para brindar priorización a las posibles causas de la variación del peso neto calculado. Estas causas generarán los factores para tener en cuenta durante la experimentación, por lo que tenemos los siguientes factores que afectarían al peso de los empaques:

- Nivel de tolva.
- % apertura de compuerta a tolva de alivio.
- Velocidad de llenado (empaques por minuto).
- Distancia de plato dosificador a base.
- Densidad de producto.

Como siguiente paso, se categoriza a los factores como controlables y no controlables, usando la notación propuesta de; Y: salida de proceso, X: factores controlables y Z: Factores no controlables; asignándose los niveles de operación para la prueba se muestran en la tabla 2.



**Figura 2.13 Diagrama causa efecto, producto fuera de rango.**

Fuente: Jorge Vega, 2021

A2: voto ponderado: selección de las causas más importantes										
Cada elector tiene un capital de 5 puntos que asigna a los casos sobre la base de la importancia de sus donaciones.										
Categoría de M	Causas	JV	JC	AL	ER	PM				Total
MATERIAL	diferentes tamaños de manies (partículas)									0
	Densidades distintas del mani por lote		1		1	1				3
	Cobertura no pareja									0
MEDIO AMBIENTE	Condiciones de operaciones afectan el proceso									0
										0
MEDIO	Diseño mecánico de equipo no es adecuado para el producto			1						1
	Atascamiento entre partículas antes de ingresar a contenedores	1		1		1				3
	Atascamiento de producto en tolva de alimentación									0
MÉTODO	Prueba de calibración no confiable			1	1					2
	Velocidad de empaqueo muy alta	1	1	1	1	1				5
GESTIÓN	Poco seguimiento durante proceso									0
	No existe proceso de liberación de lote	1	2			1				4
MANO DE OBRA	Capacitación para calibración baja									0
										0
MEDICIÓN	No medición de distancia entre platos	2	1	1	1	1				6
	Pocas unidades revisadas durante proceso				1					1
										0
		5	5	5	5	5	0	0	0	0

**Figura 2.14** Votación ponderada, análisis causa raíz.

Fuente: Jorge Vega, 2021

A partir de la ponderación, como lo muestra la figura 2.14, la densidad del producto se la considero un factor no controlable, ya que los procesos de generación de materia prima no poseen equipos densimétricos para garantizar calibres de partícula y el proceso de cobertura no garantiza que la cobertura de cada partícula sea la misma, la densidad será tomada en cuenta para la determinación de bloques para las pruebas. El factor nivel de tolva, se lo desestima para el experimento, puesto que el diseño mecánico transfiere material a la tolva de alivio que es la que alimenta los vasos dosificadores y la altura de la compuerta garantiza el nivel de producto disponible.

Factor	Unidad	Categoría	Niveles	
			Alto (1)	Bajo (-1)
Nivel de tolva.	%	Controlable	100	50
% apertura de compuerta a tolva de alivio.	%	Controlable	100	50
Velocidad de llenado (empaques por minuto).	empaques x min	Controlable	60	55
Distancia de plato dosificador a base.	cm	Controlable	2,7	2,5
Densidad de producto.	g/cc	No controlable	N/A	N/A

**Tabla 2** Resumen factores de proceso.

Fuente: Jorge Vega, 2021

Los factores por usarse durante la prueba y los niveles de operación se detallan en la tabla 2.

En el factor de apertura de la compuerta la influencia sobre el proceso radica en la altura de la cama de producto disponible para el llenado de los contenedores, para la velocidad de llenado se seleccionó para nivel superior 60 uni x min ya que es la velocidad de operación del equipo al 100% de capacidad y como nivel inferior 55 uni x min ya que velocidades inferiores generarán desabastecimiento en la mesa de empaqueo. Para la distancia del plato dosificador la distancia de 2,5 y 2,7 cm es comunes para el proceso sin embargo se determinará un punto exacto para realizar la medición.

- % apertura de compuerta a tolva de alivio –  $X_1$ .
- Velocidad de llenado (empaques por minuto) –  $X_2$ .
- Distancia de plato dosificador a base –  $X_3$ .
- Densidad de producto –  $Z_1$ .

#### **2.4. Selección del diseño experimental.**

Para la realización de este estudio, se utilizará como tamaño de muestra lo requerido por la normativa RTE INEN 284, ya que uno de los principales objetivos es garantizar la liberación del lote producido, los lotes de producción del producto de cobertura C1 de 28 g, son superiores a 5000 unidades por lo cual el tamaño de la muestra será de 125 unidades como lo indica la figura 1.11.

Se procederá con el cálculo del peso neto a partir del peso bruto medido menos la tara que es de 1,35 g, y se evaluarán las combinaciones que permitan:

- I. Que la media aritmética se encuentre entre 28 y 29 g.
- II. No más de 7 unidades con peso entre 28 g y 22,96 g.
- III. No existan unidades con peso inferior a 22,96 g.

El numeral I es un objetivo organizacional, la norma exige que el peso neto sea igual o mayor que el peso neto declarado que es de 28 g.

Se definirá una combinación de factores para proceso, superponiendo los resultados de los 3 criterios y se tomará la intersección como respuesta ideal.

Se han seleccionado 3 factores de procesos influyentes con 2 niveles de operación respectivamente por lo cual tendrá un diseño factorial  $2^3$ , por lo cual serán necesarios 8 pruebas para evaluar todas las combinaciones entre factores para cada corrida, en cada corrida se muestrearán 1000 empaques de producto terminado.

Se plantea realizar 2 corridas completas, evaluar los resultados para cada uno de los 3 criterios de análisis y encontrar un punto de equilibrio para la solución.

La aleatoriedad de la prueba se generará a través del software Minitab 18® y el diseño factorial completo lo muestra la tabla 3.

La formación del bloqueo o bloque de experimentación lo tomamos a partir del factor no controlable que es la densidad del producto, por lo tanto, una corrida completa con sus 8 pruebas se realizará con el producto generado por un batch de tostado, ya que todos los elementos tienen la misma humedad y provienen de un mismo proceso de selección y cobertura. El proceso de tostado genera 200 Kg de producto terminado al granel generando en promedio 6700 unidades empacadas.



OrdenEst	OrdenCorrida	PtCentral	Bloques	A	B	C
7	1	1	1	-1	1	1
3	2	1	1	-1	1	-1
9	3	1	1	-1	-1	-1
11	4	1	1	-1	1	-1
2	5	1	1	1	-1	-1
1	6	1	1	-1	-1	-1
14	7	1	1	1	-1	1
4	8	1	1	1	1	-1
15	9	1	1	-1	1	1
10	10	1	1	1	-1	-1
16	11	1	1	1	1	1
12	12	1	1	1	1	-1
13	13	1	1	-1	-1	1
8	14	1	1	1	1	1
6	15	1	1	1	-1	1
5	16	1	1	-1	-1	1

		Nivel		
		Uni	Alto (1)	Bajo (-1)
Distancia entre platos	A	cm	2,7	2,5
Unidades por minuto	B	emp/min	60	55
% Apertura compuerta	C	%	100	50

**Tabla 3** Diseño factorial completo 23, 2 réplicas.

Fuente: Jorge Vega, 2021

## CAPÍTULO 3

### 3. PRUEBAS EXPERIMENTALES

#### 3.1. Realización del experimento.

Para la ejecución de las pruebas y toma de muestra se definieron las siguientes instrucciones:

- La distancia entre platos se medirá en el sector del plato dosificador que tiene el prisionero de sujeción al eje, figura 3.1; cuando se encuentre en la posición de descarga.
- Se empezará proceso de llenado y no se tomará la muestra hasta después de 2 min de proceso, lo cual se tendrá la presunción que ya la combinación de los niveles está operando, ya que el minuto de proceso utiliza más de 3 Kg de producto con lo cual ya se renovó la materia prima en la tolva de alivio.
- Se tomarán las muestras en la mesa de empacado secundario.
- Al terminar el muestreo, se paraliza y se repite el paso a para evidenciar que no haya existido algún movimiento del plato.
- Las muestras se las llevarán al Laboratorio para realizar la medición y tabulación de la información.
- Si llegase a ocurrir algún inconveniente que impida tomar la muestra completa, se desecharán las unidades muestreadas y se repetirá el muestreo.



**Figura 3.1 Punto de medición para distancia entre platos.**

Fuente: Jorge Vega – Carlos Rendón. 2021

Con los datos obtenidos del peso neto calculado, se procedió a generar las nuevas Y's en base a lo planteado en la selección del diseño experimental, siendo:

Y1: Media aritmética de la muestra por combinación.

Y2: Cantidad de unidades con peso entre 28 y 22,96 g – deficiencia tolerable.

Y3: Cantidad de unidades con peso inferior a 22,96 g – Error T2.

El resumen de los resultados de las pruebas se muestra en la tabla 4 y el conglomerado de la información se encuentra en el anexo D.

OrdenEst	OrdenCorrida	PtCentral	Bloques	A	B	C	Y1	Y2	Y3
1	1	1	1	-1	-1	-1	29,09	29	0
2	2	1	1	1	-1	-1	31,61	1	0
3	3	1	1	-1	1	-1	28,70	32	1
4	4	1	1	1	1	-1	31,72	1	4
5	5	1	1	-1	-1	1	29,45	7	2
6	6	1	1	1	-1	1	31,84	0	0
7	7	1	1	-1	1	1	29,24	21	0
8	8	1	1	1	1	1	31,14	2	0
9	9	1	1	-1	-1	-1	29,20	22	0
10	10	1	1	1	-1	-1	30,45	7	0
11	11	1	1	-1	1	-1	29,14	20	1
12	12	1	1	1	1	-1	30,25	4	2
13	13	1	1	-1	-1	1	30,25	4	2
14	14	1	1	1	-1	1	30,48	7	0
15	15	1	1	-1	1	1	29,49	16	0
16	16	1	1	1	1	1	30,53	7	0

	Uni	Nivel		
		Alto (1)	Bajo (-1)	
Distancia entre platos	A	cm	2,7	2,5
Unidades por minuto	B	emp x min	60	55
% Apertura compuerta	C	%	100	50

Y1 = media Aritmética    Y2 = unidades en diferencia tolerable    Y3 = unidades en error T2

**Tabla 4 Resultados de corridas del diseño factorial completo 2<sup>3</sup>, 2 réplicas.**

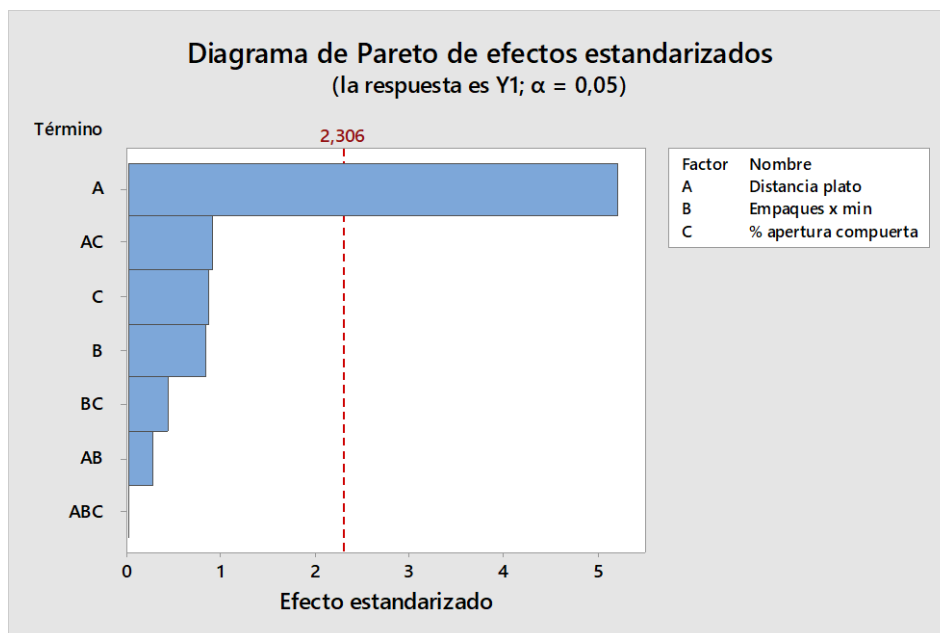
Fuente: Jorge Vega, 2021

### 3.2. Análisis estadístico de los datos

Se realizarán análisis del diseño factorial por cada una de las Y generadas, para la cual se usará la herramienta del software estadística Minitab 18®. Se determinará una solución tipo conjunto en la intersección de las respuestas obtenidas de los 3 análisis.

#### 3.2.1. Y1 - Media aritmética

Se ejecutó la opción analizar diseño factorial de Minitab 18®, el Pareto de los efectos, figura 3.2, estandarizados muestra que la variable A – “Distancia del plato” es el único factor que ejerce un efecto en la variable respuesta, también pudiéndose observar en el ANOVA realizado, figura 3.3, un valor p inferior a 0,05 para dicha interacción.



**Figura 3.2 Diagrama de efectos, Y1 media aritmética.**

Fuente: Jorge Vega, 2021

### Regresión factorial: Y1 vs. Distancia plato; Empaques x ... ra compuerta

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F
Modelo	7	12,3668	1,7667	4,23
Lineal	3	11,9200	3,9733	9,52
Distancia plato	1	11,3138	11,3138	27,10
Empaques x min	1	0,2891	0,2891	0,69
% apertura compuerta	1	0,3171	0,3171	0,76
Interacciones de 2 términos	3	0,4467	0,1489	0,36
Distancia plato*Empaques x min	1	0,0289	0,0289	0,07
Distancia plato*% apertura compuerta	1	0,3441	0,3441	0,82
Empaques x min*% apertura compuerta	1	0,0738	0,0738	0,18
Interacciones de 3 términos	1	0,0001	0,0001	0,00
Distancia plato*Empaques x min*% apertura compuerta	1	0,0001	0,0001	0,00
Error	8	3,3397	0,4175	
Total	15	15,7065		

Fuente	Valor p
Modelo	0,030
Lineal	0,005
Distancia plato	0,001
Empaques x min	0,429
% apertura compuerta	0,409
Interacciones de 2 términos	0,786
Distancia plato*Empaques x min	0,799
Distancia plato*% apertura compuerta	0,390
Empaques x min*% apertura compuerta	0,685
Interacciones de 3 términos	0,990
Distancia plato*Empaques x min*% apertura compuerta	0,990
Error	
Total	

**Figura 3.3 Análisis de varianza, ANOVA, Y1 media aritmética.**

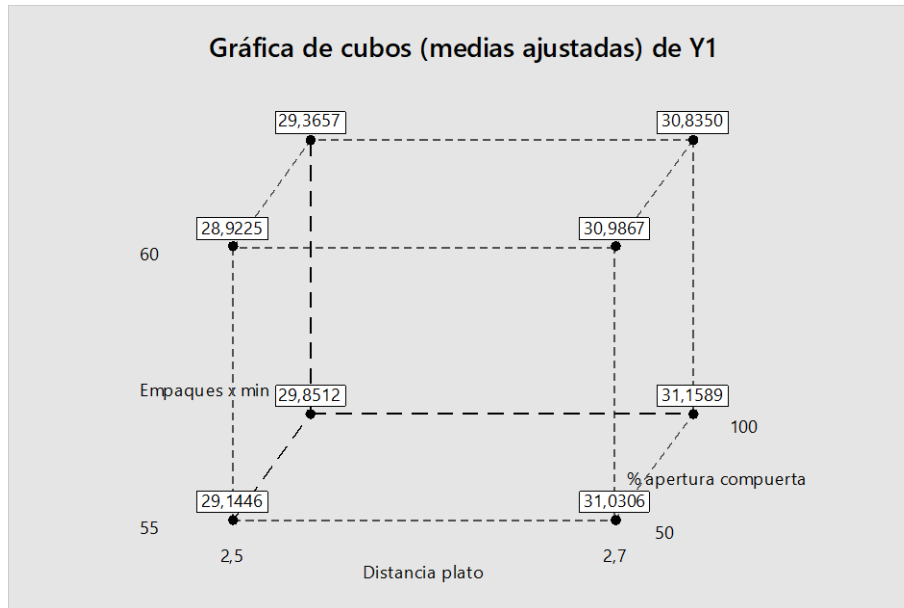
Fuente: Jorge Vega, 2021

El modelo de regresión generado por Minitab cuenta con R cuadrados por encima de 60% evidenciando que el modelo es robusto.

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,646114	78,74%	60,13%	14,95%

El objetivo de esta Y es que el valor se encuentre entre 28 y 29,5 g, sin embargo, es importante que nunca sea inferior a 28, ya que la norma brinda posibilidad de generar pocos valores defectuosos por debajo de 28 g. La gráfica de cubo de la figura 3.4 muestra las interacciones entre los diversos factores, mostrando la mejor respuesta entre distancia plato 2,5 cm y velocidad 60, siendo previsto también en la solución propuesta por Minitab 18®, figura 3.5.



**Figura 3.4 Gráfica cubos, Y1 media aritmética.**  
Fuente: Jorge Vega, 2021

### Predicción de respuesta múltiple

Variable	Valor de configuración
Distancia plato	2,5
Empaques x min	60
% apertura compuerta	50

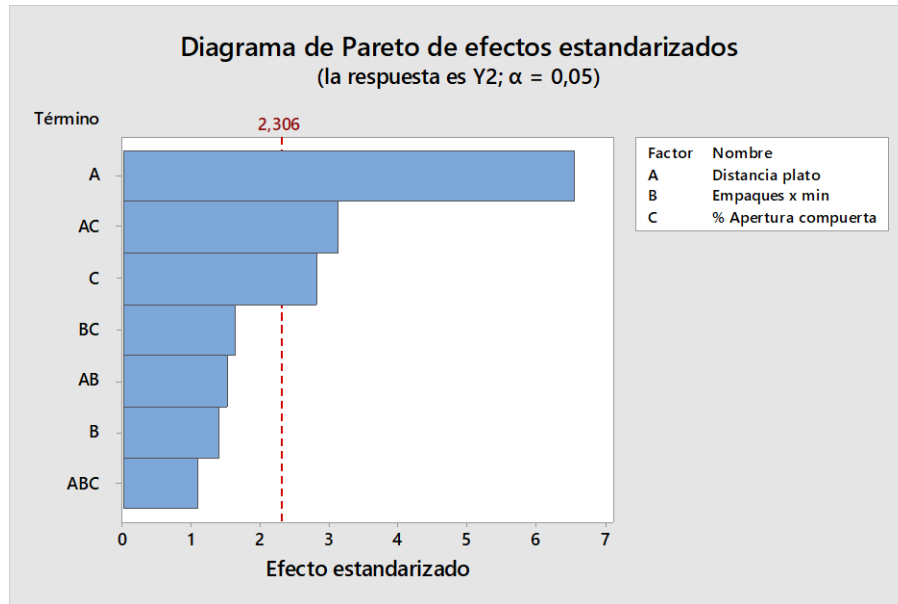
  

Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
Y1	28,923	0,457	(27,869; 29,976)	(27,098; 30,747)

**Figura 3.5 Predicción respuesta múltiple, Y1 media aritmética.**  
Fuente: Jorge Vega, 2021

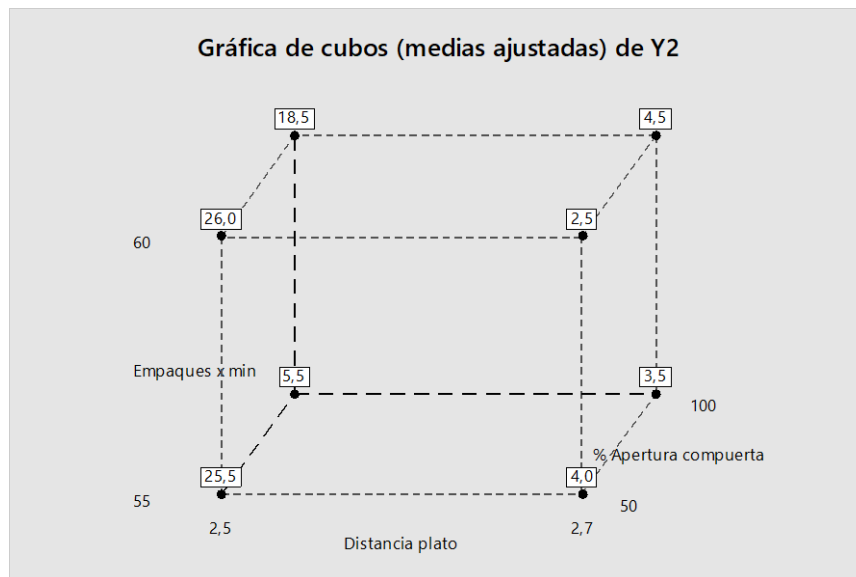
### 3.2.2. Y2: Cantidad de unidades con peso entre 28 y 22,96 g – deficiencia tolerable.

Para este análisis factorial se observó que los efectos más fuertes, figura 3.6; son generados por la distancia de plato, la apertura de la compuerta y la interacción entre ambas. Se lo confirmó con el análisis de varianza de la figura 3.8. Las interacciones entre los factores, figura 3.8, muestra 5 puntos del cubo donde la interacción es no más de 7 unidades defectuosas, que es lo requerido por la norma RTE INEN 284.



**Figura 3.6 Diagrama Pareto efectos estandarizados, Y2 defectos en deficiencias tolerables.**

Fuente: Jorge Vega, 2021



**Figura 3.7 Diagrama Cubo, Y2 defectos en deficiencias tolerables.**

Fuente: Jorge Vega, 2021

## Regresión factorial: Y2 vs. Distancia plato; Empaques x ... a compuerta

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F
Modelo	7	1482,00	211,71	9,79
Lineal	3	1141,50	380,50	17,60
Distancia plato	1	930,25	930,25	43,02
Empaques x min	1	42,25	42,25	1,95
% Apertura compuerta	1	169,00	169,00	7,82
Interacciones de 2 términos	3	315,50	105,17	4,86
Distancia plato*Empaques x min	1	49,00	49,00	2,27
Distancia plato*% Apertura compuerta	1	210,25	210,25	9,72
Empaques x min*% Apertura compuerta	1	56,25	56,25	2,60
Interacciones de 3 términos	1	25,00	25,00	1,16
Distancia plato*Empaques x min*% Apertura compuerta	1	25,00	25,00	1,16
Error	8	173,00	21,63	
Total	15	1655,00		

Fuente	Valor p
Modelo	0,002
Lineal	0,001
Distancia plato	0,000
Empaques x min	0,200
% Apertura compuerta	0,023
Interacciones de 2 términos	0,033
Distancia plato*Empaques x min	0,171
Distancia plato*% Apertura compuerta	0,014
Empaques x min*% Apertura compuerta	0,145
Interacciones de 3 términos	0,314
Distancia plato*Empaques x min*% Apertura compuerta	0,314
Error	
Total	

**Figura 3.8 Análisis de varianza, Y2 defectos en deficiencias tolerables.**

Fuente: Jorge Vega 2021

Usando la herramienta de graficas de contorno, figura 3.10, se podrían seleccionar diferentes combinaciones de valores intermedios para operar el equipo ya que la gráfica muestra zonas de las interacciones, la repuesta que ofrece Minitab 18 ® para la minimización de la cantidad de defectos se muestra en la figura 3.9.

### Predicción de respuesta múltiple

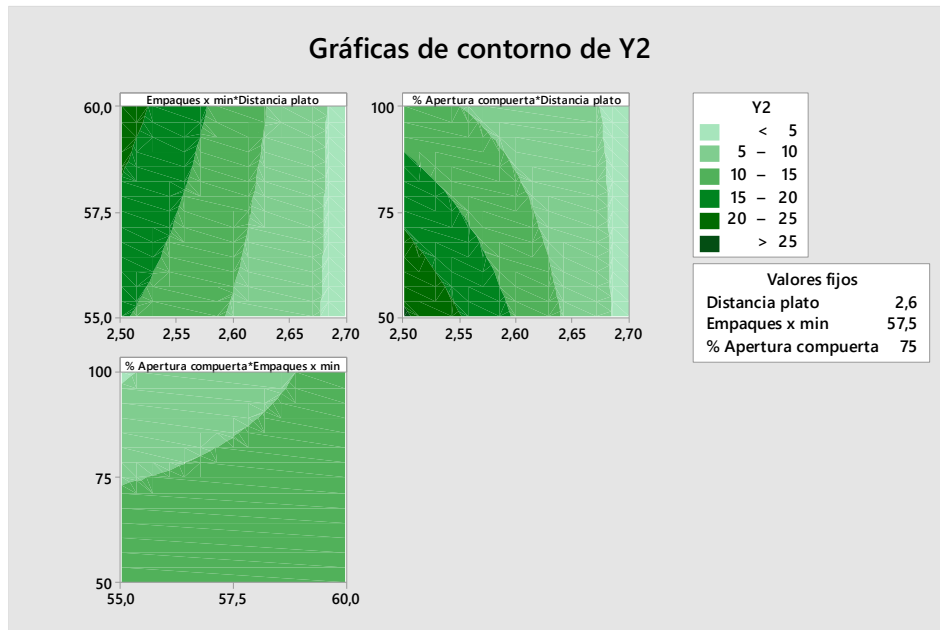
Variable	Valor de configuración
Distancia plato	2,7
Empaques x min	60
% Apertura compuerta	50

Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
Y2	2,50	3,29	(-5,08; 10,08)	(-10,63; 15,63)

**Figura 3.9 Predicción respuesta múltiple, Y2 defectos en deficiencias.**

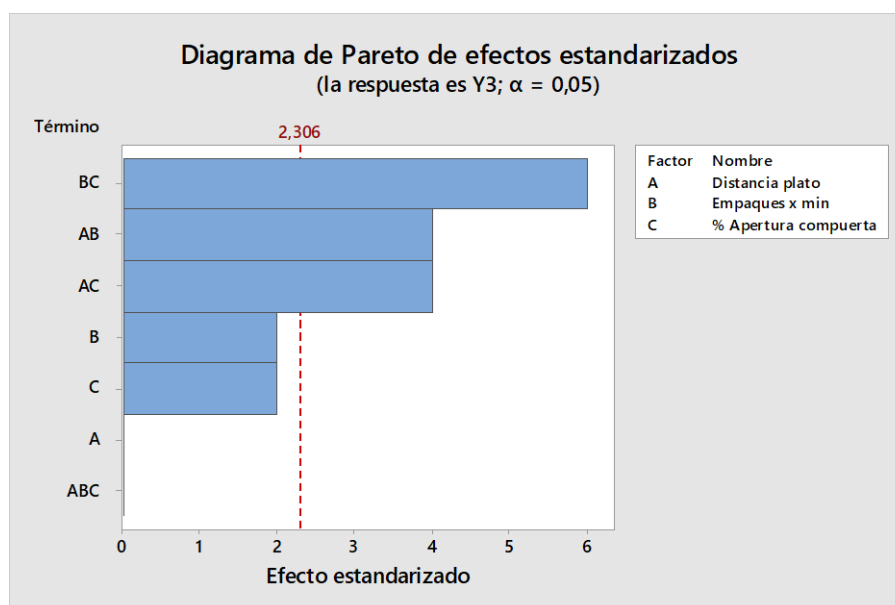
Fuente: Jorge Vega 2021



**Figura 3.10 Grafica de contorno, Y2 defectos en deficiencias tolerables.**  
Fuente: Jorge Vega 2021

### 3.2.3. Y3: Cantidad de unidades con peso inferior a 22,96 g – Error T2.

El análisis del diseño factorial para el error T2, muestra que los efectos más fuertes son entre las interacciones entre los 3 factores, figura 3.11, el análisis de varianza, de la figura 3.12, presenta los valores p inferiores a 0,05 en las interacciones confirmando la importancia del efecto.



**Figura 3.11 Diagrama de Pareto, Y3 unidades en error T2**  
Fuente: Jorge Vega 2021



## Regresión factorial: Y3 vs. Distancia plato; Empaques x ... a compuerta

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F
Modelo	7	19,0000	2,71429	10,86
Lineal	3	2,0000	0,66667	2,67
Distancia plato	1	0,0000	0,00000	0,00
Empaques x min	1	1,0000	1,00000	4,00
% Apertura compuerta	1	1,0000	1,00000	4,00
Interacciones de 2 términos	3	17,0000	5,66667	22,67
Distancia plato*Empaques x min	1	4,0000	4,00000	16,00
Distancia plato*% Apertura compuerta	1	4,0000	4,00000	16,00
Empaques x min*% Apertura compuerta	1	9,0000	9,00000	36,00
Interacciones de 3 términos	1	0,0000	0,00000	0,00
Distancia plato*Empaques x min*% Apertura compuerta	1	0,0000	0,00000	0,00
Error	8	2,0000	0,25000	
Total	15	21,0000		

Fuente	Valor p
Modelo	0,002
Lineal	0,119
Distancia plato	1,000
Empaques x min	0,081
% Apertura compuerta	0,081
Interacciones de 2 términos	0,000
Distancia plato*Empaques x min	0,004
Distancia plato*% Apertura compuerta	0,004
Empaques x min*% Apertura compuerta	0,000
Interacciones de 3 términos	1,000
Distancia plato*Empaques x min*% Apertura compuerta	1,000
Error	
Total	

**Figura 3.12 Análisis de varianza, Y3 unidades en error T2.**

Fuente: Jorge Vega 2021

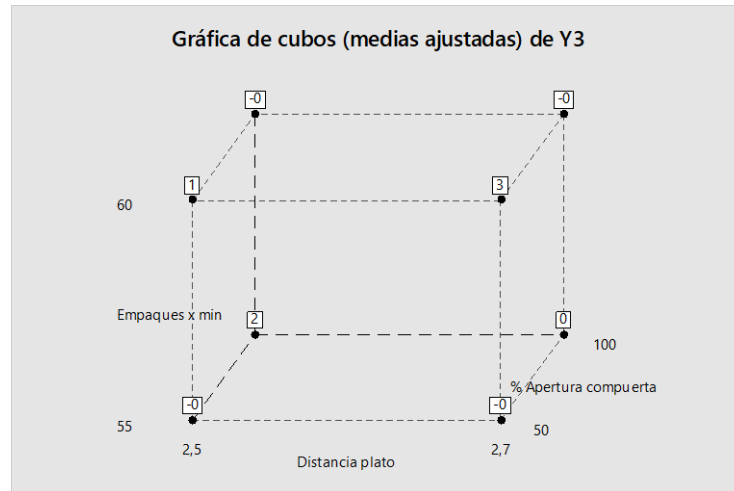
El modelo generado nos muestra que la ecuación de regresión es robusta en su resultado y que es muy predictiva, los valores de R cuadrado son superiores al 80% y su R cuadrado pred. está por encima de 60%

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,5	90,48%	82,14%	61,90%

La gráfica de cubos, figura 3.13, muestra las interacciones entre las variables que existen interacciones con tendencia a no existir errores T2. La respuesta que ofrece Minitab 18® para un objetivo de 0 errores T2 se muestra en la figura 3.14.

Como los mayores efectos se lograron con las interacciones entre los factores es importante usar como herramienta para determinación las gráficas de contorno, figura 3.15, generadas por Minitab 18®. Ya que existen regiones dentro de un espectro de niveles que ayudarían a no tener unidades con error T2.



**Figura 3.13 Gráfica de cubos, Y3 unidades en error T2.**  
Fuente: Jorge Vega 2021

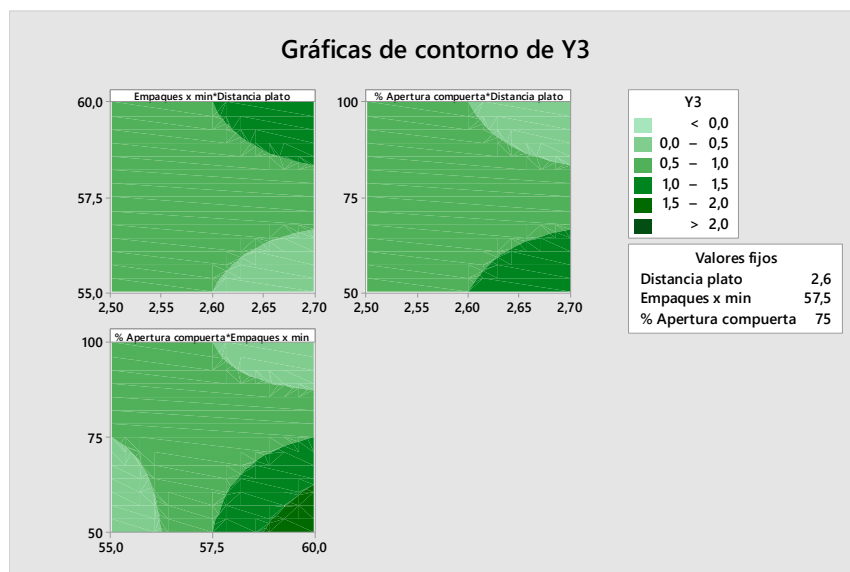
### Predicción de respuesta múltiple

Variable	Valor de configuración
Distancia plato	2,7
Empaques x min	58,75
% Apertura compuerta	100

Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
Y3	-0,000	0,280	(-0,645; 0,645)	(-1,321; 1,321)

**Figura 3.14 Predicción respuesta múltiple, Y3 unidades en error T2.**  
Fuente: Jorge Vega 2021



**Figura 3.15 Graficas de contorno, Y3 unidades en error T2.**  
Fuente: Jorge Vega 2021

### 3.3. Conclusiones experimentales.

La solución general es la intersección de las soluciones de cada de uno de los criterios analizados, la tabla 5 muestra el conjunto de soluciones brindadas por Minitab 18®, y usando las gráficas de contornos de Y2 y Y3 se propondrá realizar dos pruebas y proceder a realizar la liberación de lote usando la normativa RTE INEN 284 y buscando que la media aritmética este dentro del rango esperado por la administración de 28 a 29,5 g.

		Factores			Niveles
		A	B	C	
		(cm)	uni / min	%	
Media aritmetica	Y1	2,5	60	50	
Defectos deficiencia tolerable	Y2	2,7	60	50	
Cantidad errores T2	Y3	2,7	58,75	100	

**Tabla 5 Resumen de predicciones de respuesta múltiples Y1 – Y2 – Y3.**

Fuente: Jorge Vega 2021

Los parámetros para usarse se muestran en la tabla 6, se decidió colocar la distancia del plato en un valor intermedio como lo es 2,6 cm y al 50 % de compuerta abierta, para ambas mejoras se mantiene constantes estas variables, para la velocidad de proceso se definen 55 y 58 empaques por minuto, mientras más empaques por minuto se generen el costo de producción mejora.

		Factores		
		A	B	C
		(cm)	uni / min	%
Mejora A		2,6	55	50
Mejora B		2,6	58	50

**Tabla 6 Resumen de factores y nivel para prueba de mejoras.**

Fuente: Jorge Vega

### 3.4. Pruebas de Mejora.

Con las condiciones de prueba establecidas en el 3.1 realización del experimento, se realizaron las 2 pruebas para liberación de lote, los datos se encuentran en el anexo E; se procede con el análisis de media aritmética (I), defectos dentro de deficiencia tolerable (II) y cantidad de errores tipo 2 (III), teniendo como resultado que ambas pruebas con sus respectivas condiciones de trabajo aprueban la norma RTE INEN 284 como lo muestra la tabla 7, siendo la solución ideal la mejora B por aportar, por generar más unidades por minuto.

	Criterios			Lote Aprobado
	Media aritmetica	Deficiencia tolerable	Errores T2	
<i>especificacion</i>	$\geq 28$ g	max 7 uni	0 uni	
<b>Mejora A</b>	30,24	7	0	<b>SI</b>
<b>Mejora B</b>	29,91	7	0	<b>SI</b>

**Tabla 7 Resumen de resultados para mejoras A y B.**

Fuente: Jorge Vega 2021

Es importante evaluar similitudes de ambas soluciones, ya que por procesos de post empaçado que son de dificultad alta, se debe contar con la posibilidad de reducir la velocidad de producción y evitar aglomeraciones de producto en la mesa post empaque por momentos del turno. Se realizará el análisis de capacidad de los 2 nuevos procesos propuestos, lo cual requiere análisis de normalidad de cada prueba y si se encuentran en control estadísticos.

Se realizó una prueba de comparación de media y una prueba IC de varianzas, sobre los datos de mejora A y B, dando como resultado que sus medias y sus varianzas no difieren significativamente con un 95% de confianza al evidenciar su valor p superiores a 0,05 y no poder rechazar  $H_0$  ambos análisis, como lo muestra las figuras 3.16 y 3.17 para análisis de medias y varianzas respectivamente.

#### Prueba T e IC de dos muestras: Mejora A; Mejora B

##### Método

$\mu_1$ : media de Mejora A  
 $\mu_2$ : media de Mejora B  
 Diferencia:  $\mu_1 - \mu_2$

*Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.*

##### Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Mejora A	125	30,23	1,55	0,14
Mejora B	125	29,89	1,39	0,12

##### Estimación de la diferencia

Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia
0,342	1,472	(-0,025; 0,709)

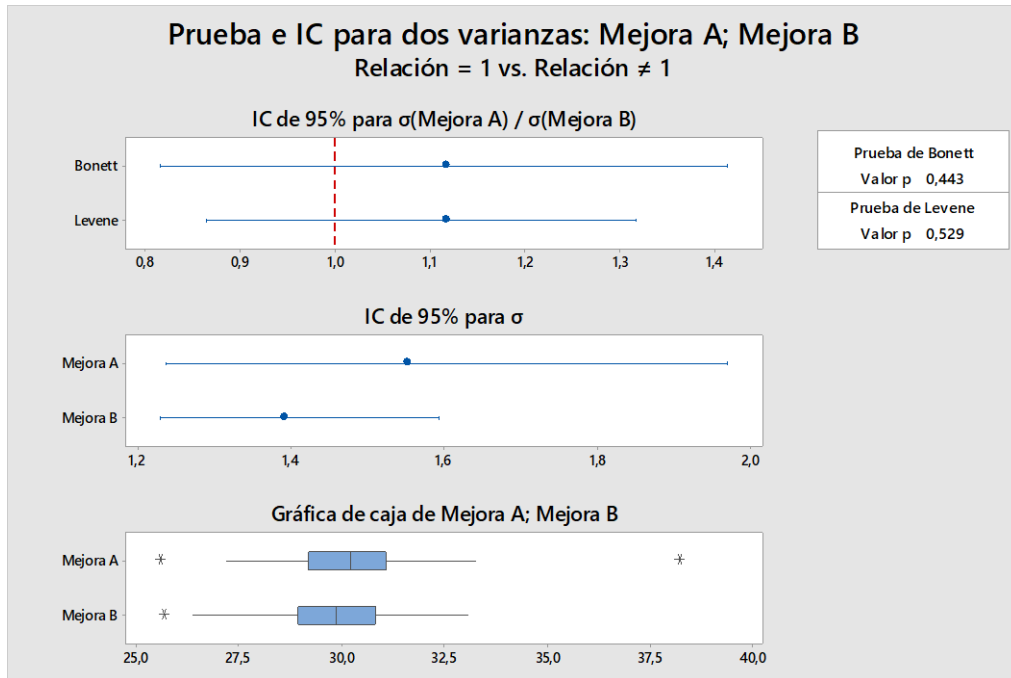
##### Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$   
 Hipótesis alterna  $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
1,84	248	0,067

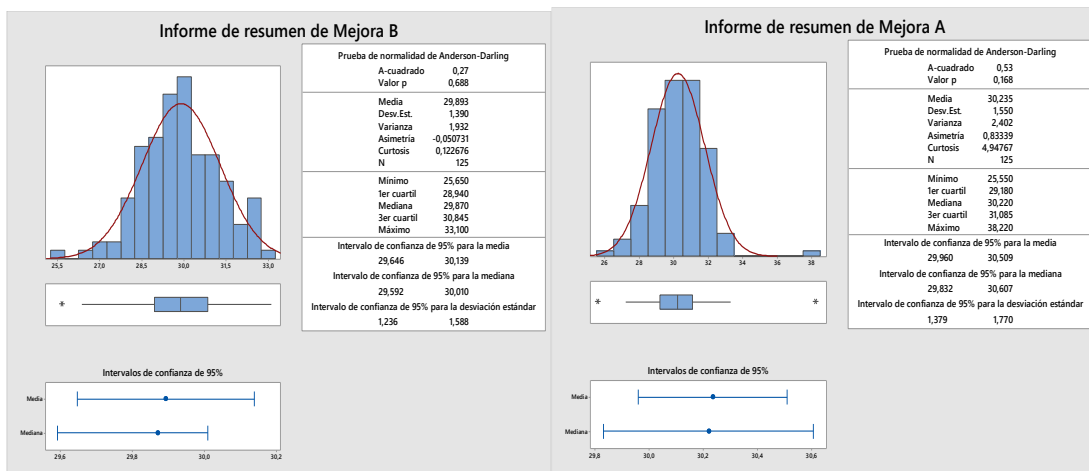
**Figura 3.16 Prueba T, Mejoras A y B.**

Fuente: Jorge Vega 2021

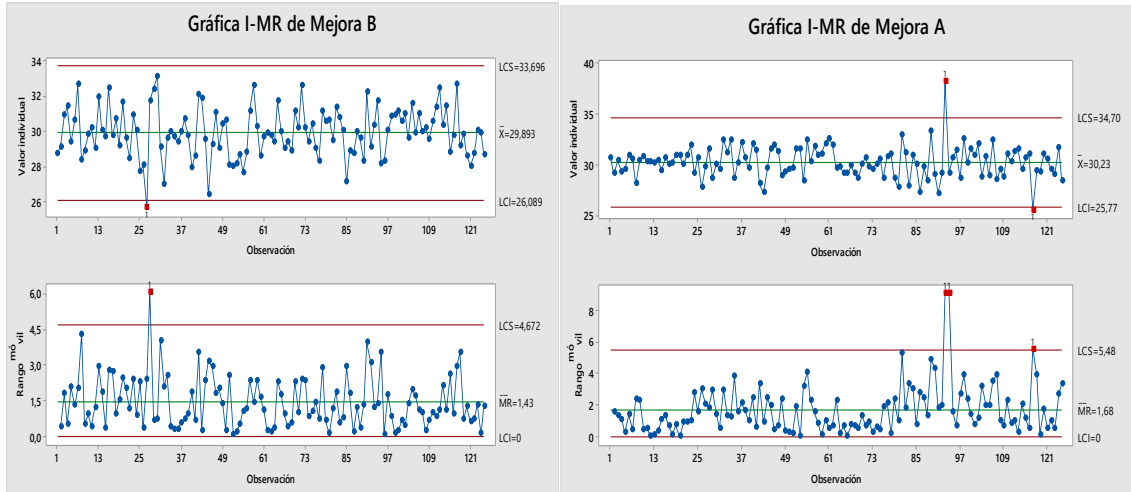


**Figura 3.17 Prueba IC para 2 varianzas, Mejoras A y B.**  
Fuente: Jorge Vega 2021

En la figura 3.18 se observan los informes de resumen de ambas pruebas con lo cual se puede afirmar que son normales, puestos que sus valores p para la prueba de normalidad son superiores a 0,05; además en la figura 3.19 se observa las gráficas de corridas respectivas para las 2 mejoras y muestran que ambas pruebas están dentro de control estadístico, con lo cual se procede con el análisis de capacidad.

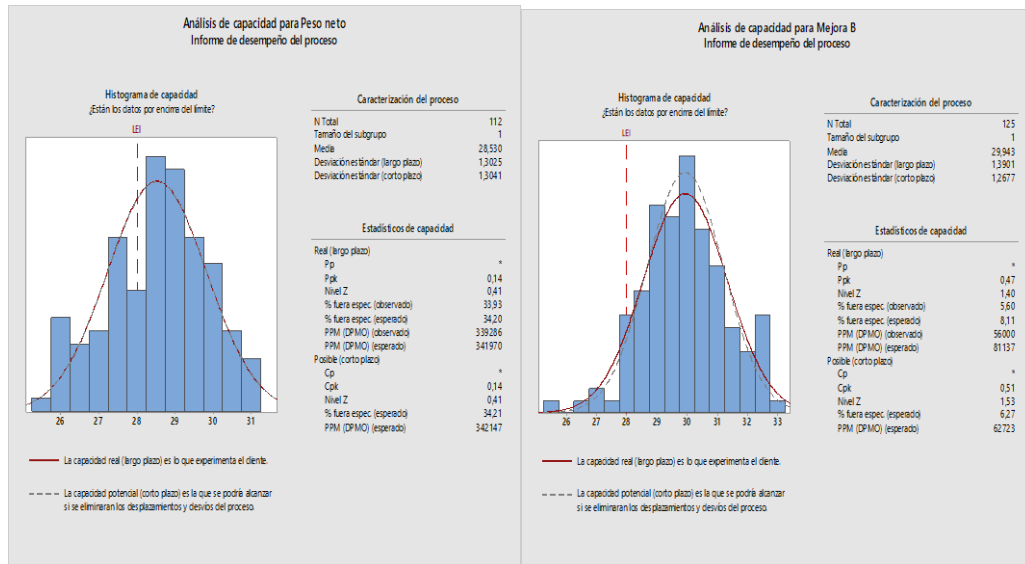


**Figura 3.18 Informes de resumen, Mejoras A y B.**  
Fuente: Jorge Vega 2021



**Figura 3.19 Graficas de corrida, Mejoras A y B.**  
Fuente: Jorge Vega 2021

La figura 3.20, muestra los análisis de capacidad del antes y el después, peso neto y mejora B respectivamente, el valor de Cpk de 0,51 de la mejora B comparado con el análisis de capacidad inicial, Cpk de 0,14; muestra una mejora en la capacidad del proceso para mantenerse por encima del límite inferior establecido; de igual manera se evidencia un incremento del valor z, de 0,41 del proceso anterior frente 1,40 para la B, la tasa de elementos esperados fuera de especificación o por debajo de 28 g paso de ser 34% en el proceso inicial a 6 % para el proceso.



**Figura 3.20 Análisis de capacidad, Peso neto & Mejora B.**  
Fuente: Jorge Vega 2021

## CAPÍTULO 4

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto brindó la oportunidad de probar la fortaleza del diseño experimental para evaluar un proceso y buscar condiciones que favorezcan mejoras o estandarización; en la tabla 7, se evidencia los resultados para la aprobación y liberación de dos lotes producidos en base a las normativas nacionales generando confianza a la compañía.

#### 4.1. Conclusiones.

1. Las combinaciones de factores propuestos de las soluciones del diseño experimental permitieron aprobar 2 lotes producidos en la línea 1 para el producto C1 de 28 g en base a la norma RTE INEN 284 “Cantidad de producto en pre envasados / pre empacados”; como lo muestra la tabla 7, peso neto igual o superior a 28 g, hasta 7 unidades con deficiencia tolerable, entre 28 y 22,96 g; y ninguna unidad con peso inferior a 22,96 g.
2. Los factores de proceso seleccionados para proceso son; velocidad 58 unidades por minuto, distancia del plato 2,6 y al 50 % de apertura de compuerta.
3. La tasa de defectos, pesos inferiores a 28 g paso de 34 % a 6 %.
4. No se pudo mantener el peso neto promedio dentro del rango de 28 a 29,5 g que solicitaba la administración de la compañía.
5. Se detectó informalidad en la calibración inicial de proceso como puntos de medición, herramienta necesaria para realizarla y otras variables de proceso.
6. El proceso de seguimiento del peso neto durante el proceso productivo no es capaz de detectar las variaciones del peso neto.
7. Se establece el proceso de calibración de peso bruto; queda definido, punto de medición para distancia entre platos, condiciones de operación del equipo, como la velocidad óptima de proceso de 58 empaques por minuto.
8. Se estableció como diseño experimental un diseño factorial  $2^3$ , teniendo como factores controlables; la distancia entre plato, la apertura de la compuerta y la velocidad de proceso (unidades por minuto).
9. Para lograr el objetivo de la administración de mantener el peso promedio del lote entre 28 y 29,5 g se incurriría en pesos bajos que atentan contra la normativa.
10. El factor que más peso o influencia sobre la variable respuesta peso neto es la distancia entre el plato dosificador y la base.

#### 4.2. Recomendaciones.

1. Se recomienda al departamento de gestión de calidad la implementación del proceso de liberación de lote usando la norma RTE INEN 284 “Cantidad de producto en pre envasados / pre empacados”.
2. Se recomienda realizar otro diseño experimental, teniendo como covariable a la densidad del producto para reducir defectos de peso.

3. Se recomienda el departamento de gestión de calidad revisar el ciclo y tamaño muestral (Servicio Ecuatoriano de Normalización., 2015, 18 de septiembre) para que se puedan detectar variaciones de peso durante el proceso.
4. Se recomienda al departamento de gestión de calidad, formalizar la capacitación a los operadores sobre la calibración de peso y factores de procesos.
5. Se recomienda el uso de otras tecnologías de llenado para este tipo de productos, como las maquinas llenadoras gravimétricas.



## Bibliografía

Douglas C. Montgomery, G. C. (2003). *Probabilidad y estadísticas aplicada a la ingeniería* . Mexico D.F.: Editorial Limusa .

Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y Analisis de experimentos*. Mexico DF: Limusa S.A.

Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2015, 18 de septiembre). *RTE INEN 284 "CANTIDAD DE PRODUCTO EN PREENVASADOS/PREEMPACADOS"*. Quito: Registro oficial Republica del Ecuador.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

Resumen Informacion sistema de control							
From	1/1/2021						
To	19/4/2021						
fecha	Tipo	Cantidad	Peso promedio	kg utilizados	Pesos Bajos	Verifico Proceso	
5/1/2021	C1	2256	30,9	69,7	SI	SI	
5/1/2021	C1	4746	30,89	146,6	SI	SI	
11/1/2021	C1	18432	28,05	517	SI	SI	
14/1/2021	C1	21912	28,45	623,5	SI	SI	
15/1/2021	C1	18912	30,5	576,85	SI	SI	
18/1/2021	C1	14916	30,5	454,95	SI	SI	
20/1/2021	C1	24936	30,8	768,05	SI	SI	
22/1/2021	C1	22272	29,45	655,95	SI	SI	
28/1/2021	C1	56100	30,8	1727,9	SI	SI	
30/1/2021	C1	25344	30,01	760,6	SI	SI	
2/2/2021	C1	14412	29,9	430,95	SI	SI	
5/2/2021	C1	42612	29,8	1269,8	SI	SI	
8/2/2021	C1	13560	30,4	412,21	SI	SI	
10/2/2021	C1	52728	29,82	1572,2	SI	SI	
20/2/2021	C1	33036	30,5	1007,6	SI	SI	
22/2/2021	C1	12672	30,4	385,25	SI	SI	
1/3/2021	C1	10176	28,01	285	SI	SI	
11/3/2021	C1	61008	30,4	1854,65	SI	SI	
18/3/2021	C1	23040	30,5	702,75	SI	SI	
19/3/2021	C1	2400	30,5	73,2	SI	SI	
23/3/2021	C1	24576	30,4	747,15	SI	SI	
26/3/2021	C1	4200	30,4	127,68	SI	SI	
31/3/2021	C1	47688	27,89	1327,15	SI	SI	
6/4/2021	C1	39120	29,4	1150,25	SI	SI	
13/4/2021	C1	680	27,94	19	SI	SI	

## ANEXO B

Fech	Replic	PESO BRUTO(g)	TARA I (g)	PESO NETO (g)	PESO BRUTO(g)	TARA (g)	PESO NETO (g)
11-jun	1	30,25	1,4	28,85	29,32	1,36	27,96
11-jun	1	27,44	1,37	26,07	27,6	1,38	26,22
11-jun	1	30,37	1,4	28,97	27,59	1,37	26,22
11-jun	1	31,13	1,35	29,78	29,64	1,37	28,27
11-jun	1	30,74	1,33	29,41	29,07	1,34	27,73
11-jun	1	29,76	1,39	28,37	28,93	1,38	27,55
11-jun	1	29,96	1,39	28,57	30,26	1,31	28,95
11-jun	1	29,25	1,36	27,89	30,45	1,34	29,11
11-jun	1	29,74	1,38	28,36	27,36	1,4	25,96
11-jun	1	31,47	1,4	30,07	29,93	1,35	28,58
11-jun	1	29,18	1,42	27,76	28,01	1,38	26,63
11-jun	1	30,52	1,38	29,14	27,94	1,36	26,58
11-jun	1	29,26	1,39	27,87	29,11	1,36	27,75
11-jun	1	31,07	1,38	29,69	32,39	1,32	31,07
11-jun	2	30,56	1,39	29,17	32,2	1,37	30,83
11-jun	2	28,47	1,4	27,07	30,27	1,38	28,89
11-jun	2	31,81	1,39	30,42	30,93	1,38	29,55
11-jun	2	30,83	1,37	29,46	29,88	1,39	28,49
11-jun	2	29,89	1,38	28,51	29,63	1,36	28,27
11-jun	2	28,66	1,38	27,28	30,73	1,39	29,34
11-jun	2	28,84	1,34	27,5	30,36	1,39	28,97
11-jun	2	29,87	1,34	28,53	28,18	1,32	26,86
11-jun	2	30,39	1,31	29,08	31,67	1,32	30,35
11-jun	2	29,97	1,36	28,61	28,03	1,35	26,68
11-jun	2	31,33	1,34	29,99	31,21	1,36	29,85
11-jun	2	28,4	1,39	27,01	27,83	1,33	26,5
11-jun	2	29,03	1,4	27,63	27,69	1,28	26,41
11-jun	2	28,46	1,4	27,06	30,32	1,38	28,94
12-jun	3	31,31	1,31	30	30,95	1,35	29,6
12-jun	3	31,54	1,3	30,24	31,17	1,31	29,86
12-jun	3	30,5	1,36	29,14	29,94	1,34	28,6
12-jun	3	31,08	1,34	29,74	28,8	1,3	27,5
12-jun	3	30,29	1,39	28,9	30,02	1,36	28,66
12-jun	3	29,33	1,27	28,06	29,75	1,38	28,37
12-jun	3	29,96	1,33	28,63	26,89	1,34	25,55
12-jun	3	29,05	1,33	27,72	30,15	1,4	28,75
12-jun	3	29,97	1,39	28,58	28,73	1,38	27,35
12-jun	3	31,83	1,28	30,55	30,67	1,37	29,3
12-jun	3	29,47	1,32	28,15	32,52	1,38	31,14
12-jun	3	31,92	1,34	30,58	31,49	1,37	30,12
12-jun	3	31,76	1,32	30,44	27,29	1,27	26,02
12-jun	3	28,52	1,34	27,18	28,998	1,32	27,678
12-jun	4	28,98	1,38	27,6	30,29	1,39	28,9
12-jun	4	30,29	1,34	28,95	32	1,34	30,66
12-jun	4	30,31	1,38	28,93	31,4	1,32	30,08
12-jun	4	27,13	1,31	25,82	29,34	1,36	27,98
12-jun	4	32,36	1,33	31,03	28,71	1,35	27,36
12-jun	4	30,28	1,3	28,98	30,41	1,33	29,08
12-jun	4	29,73	1,32	28,41	28,56	1,36	27,2
12-jun	4	27,4	1,33	26,07	30,69	1,27	29,42
12-jun	4	30,9	1,36	29,54	31,22	1,36	29,86
12-jun	4	29,66	1,35	28,31	28,97	1,37	27,6
12-jun	4	30,02	1,37	28,65	31,16	1,29	29,87
12-jun	4	29,81	1,39	28,42	28,67	1,36	27,31
12-jun	4	30,67	1,33	29,34	29,59	1,37	28,22
12-jun	4	30,8	1,35	29,45	30,59	1,28	29,31

# ANEXO C

## OPH-T PRECISION BALANCES



ROUND PAN  
0.01 g READABILITY



SQUARE PAN  
0.1 g READABILITY

### FEATURES

- Large, high contrast LCD screen
- Comes with an AC adapter; rechargeable battery (optional)
- Splash-proof keyboard and display
- Anti-static stainless steel weighing pan
- Automated zero tracking and full range tare
- Calibration with reference weights
- Parts counting, percent weighing and dynamic weighing
- Multiple weighing units: g, ct, lb, oz, oz t, N, dwt, GN (grain), ILT

### SPECIFICATIONS

**READABILITY:** 0.01g, 0.1g  
**REPEATABILITY:** ±0.02g, ±0.2g  
**LINEARITY:** ±0.02g, 0.2g  
**STABILIZATION TIME:**  
 5 seconds (typically)  
**SENSITIVITY:** 2ppm / (10 --30)  
**POWER (AC ADAPTER):**  
 Input 100V-240VAC, 50HZ/60HZ  
 Output 5VDC-9VDC/800mA  
**BAUD OPTIONS:**  
 300/600/2400/4800/9600  
**AMBIENT TEMPERATURE:**  
 40°F - 110°F  
**KEYPAD:** 5 keys, splash-proof  
**WARRANTY:**  
 1 year limited warranty

PART#	CAPACITY	DIMENSIONS	PAN SIZE	SHIP WT.
<b>ROUND PAN</b>				
OPH-T202	200 g x 0.01 g	10" L x 7" W x 3" H	ø5"	4 lbs
OPH-T302	300 g x 0.01 g	10" L x 7" W x 3" H	ø5"	4 lbs
OPH-T502	500 g x 0.01 g	10" L x 7" W x 3" H	ø5"	4 lbs
OPH-T802	800 g x 0.01 g	10" L x 7" W x 3" H	ø5"	4 lbs
<b>SQUARE PAN</b>				
OPH-T2001	2,000 g x 0.1 g	10" L x 7" W x 3" H	6.3" x 5.7"	4 lbs
OPH-T3001	3,000 g x 0.1 g	10" L x 7" W x 3" H	6.3" x 5.7"	4 lbs
OPH-T5001	5,000 g x 0.1 g	10" L x 7" W x 3" H	6.3" x 5.7"	4 lbs
OPH-T8001	8,000 g x 0.1 g	10" L x 7" W x 3" H	6.3" x 5.7"	4 lbs

## ANEXO D

Criterios aprobación norma RTE ININ 284																
Criterio 1	29,09	31,61	28,70	31,72	29,45	31,96	29,25	31,14	29,20	30,45	29,14	30,25	30,25	30,48	29,49	30,53
Criterio 2	29	1	32	1	7	0	21	2	22	7	20	4	4	7	16	7
Criterio 3	0	0	1	4	2	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0
# muestra	3	7	5	6	8	4	1	2	11	15	13	14	16	12	9	10
1	30,22	32,92	25,64	31,68	29,8	32,1	27,93	32,44	29,89	29,71	28,74	28,83	28,83	30,93	29,15	30,27
2	29,82	29,17	29,85	34,08	31,94	32,95	28,4	33,76	28,93	30,12	28,21	30,95	30,95	29,63	30,48	32,57
3	30,45	33,19	30,1	31,09	30,46	31,84	26,92	30,17	28,98	28,77	29,02	29,03	29,03	30,89	32,2	30,9
4	28,69	32,38	28,18	32,29	29,08	32,73	31,16	31,45	28,43	32,4	28,37	32,35	32,35	32,48	29,07	29,29
5	29,66	33,86	30,47	30,66	31,01	32,83	30,16	32,04	28,2	32,2	29,39	31,06	31,06	32,82	30,93	34,11
6	29,75	32,47	29,42	30,8	28,37	31,51	28,16	32,48	28,52	31,23	27,56	31,84	31,84	26,51	30,61	31,6
7	30,72	32,23	29,85	34,96	29,48	32,3	30,94	28,39	28,37	29,05	28,97	29,85	29,85	31,43	27,36	30,57
8	29,76	32,85	29,24	31,51	28,99	32,27	28,98	30,32	31,3	28,77	27,85	33	33	30,94	29,83	29,32
9	31,88	30,7	30,71	29,1	29,33	31,84	28,37	31,32	30,93	30,28	29,89	29,2	29,2	29,61	30,96	29,6
10	29,02	33,03	29,71	31,41	31,17	34,31	28,45	28,94	29,85	27,64	28,72	30,27	30,27	29,14	31,81	33,59
11	28,94	32,04	26,22	33,21	28	31,56	31,82	29,81	29,23	30,74	31,33	29,6	29,6	28,89	29,34	31,33
12	26,72	31,1	29,79	30,12	29,04	32,62	27,53	24,67	28,89	31,33	30,8	30,12	30,12	28,87	29,77	30,75
13	30,56	29,68	29,42	33,32	30,15	32,44	30,18	32,5	31,56	31,45	30,33	30,12	30,12	31,05	30,08	28,55
14	32,08	34,76	26,31	31,06	31,25	31,54	29,87	29,65	28,25	30,38	30,9	30,34	30,34	32,55	28,01	30,87
15	27,98	32	28,84	31,28	29,75	34,8	30,2	28,33	32,09	31,22	30,18	33,06	33,06	30,13	27,14	29,91
16	29,51	33,5	28,6	32,53	30,14	33,62	25,69	32,97	29,29	30,97	30,23	31,15	31,15	33,5	30,36	29,58
17	28,31	32,05	28,42	30,69	30,6	31,62	28,74	30,07	26,72	31,57	28,3	30,45	30,45	32,02	30,97	31,42
18	31,04	31,95	27,87	30,98	30,08	32,6	30,2	30,65	29,18	29,75	29,8	30,88	30,88	31,82	29,1	30,41
19	28,65	31,51	29,54	31,68	30,17	32,87	27,37	32,29	28,58	30,33	27,81	28,94	28,94	31,16	28,75	30,44
20	26,89	33,7	26,4	32	32,27	28,64	28,44	30,52	30,13	30,7	30,61	29,89	29,89	31,18	29,96	30,48
21	28,59	31,71	27,05	30,12	30,45	32,47	29,87	32,54	30,09	31,04	29,37	32,16	32,16	31,47	29,19	32,72
22	28,14	35,73	26,71	31,25	29,28	30,53	28,35	30,43	30,28	31,24	29,96	30,92	30,92	30,05	30,23	31,48
23	25,66	31,98	28,77	17,06	28,37	32,83	28,69	31,41	27,66	30,21	27,78	30,15	30,15	31,65	27,15	33,56
24	26,56	34,6	29,45	34,2	28,42	32,46	28,88	29,62	29,03	30,06	28,05	29,47	29,47	31,87	31,17	32,26
25	26,55	30,75	30,47	33,53	29,03	31,75	30,35	29,62	30,26	30,26	29,46	29,67	29,67	31,88	28,67	30,03
26	29,99	31,97	31,22	31,22	27,06	31,54	25,79	34,71	30,12	30,41	29,45	31,58	31,58	30,68	28,35	27,83

27	30,95	32,99	28,47	32,03	26,84	33,96	28,65	30,41	30,79	30,38	27,94	31,32	31,32	31,66	29,97	32,23
28	30,38	32,82	26,45	30,41	31,93	31,98	28,33	33,06	30,26	27,79	28,54	30,77	30,77	29,3	30,9	30
29	29,21	29,06	29,39	32,04	28,07	29,92	31,93	31,55	28,46	31	28,5	28,77	28,77	29,03	29,71	31,04
30	29,37	30,88	26,93	31,4	29,35	33,41	31,19	32,87	28,29	29,08	28,25	31,86	31,86	31,76	27,97	31,28
31	30	34	28,51	35,2	27,69	30,94	29,63	32,25	29,16	30,54	28,05	30,97	30,97	29,88	31,06	30,53
32	27,83	31,31	28,05	29,96	30,47	30,51	28,68	32,24	28,58	32,84	28,9	29,79	29,79	31,01	28,75	29,48
33	29,59	31,33	29,5	31,11	30,39	33,14	28,93	32,5	29,79	29,79	28,67	29,64	29,64	32,97	29,13	31,85
34	27,79	31,87	28,84	34,24	29,58	32,09	27,29	28,96	29,72	29,5	29,58	28,27	28,27	30,79	30,47	34,12
35	28,19	31,79	28,24	31,07	28,25	32,19	29,2	30,07	28,05	30,77	29,16	29,54	29,54	31,34	26,73	29,91
36	26,88	32,49	27,26	30,67	28,2	33,5	28,15	31,5	30,1	28,49	27,84	28,5	28,5	31,06	31,44	30,24
37	28,78	32,1	30,1	36,63	29,24	30,92	29,48	32,66	27,18	30,32	30,36	30,53	30,53	30,12	25,45	29,12
38	28,09	32,51	29,5	31,06	29,09	32,99	28	32,49	27,48	31,14	27,53	31,71	31,71	29,57	30,73	33,35
39	27,59	31,84	28,74	32,73	28,14	30,46	30,18	34,27	27,78	25,88	29,08	30,6	30,6	32,19	31,01	27,91
40	29,07	29,99	29,34	31,18	30,8	32,28	30,73	28,67	28,17	29,92	27,17	31,27	31,27	31,07	28,84	27,88
41	28,49	29,74	29,98	32,24	30,61	31,58	32,28	33,57	30,01	26,94	25,66	31,31	31,31	30,09	31,09	30,34
42	30,47	31,52	27,42	29,37	29,03	33,48	28,29	29,98	29,58	32,04	28,83	33,57	33,57	30,47	27,67	28,96
43	26,63	32,72	27,86	33,2	31,18	34,63	30,23	31,51	30,62	32,45	29,2	30,4	30,4	32,5	30,79	30,34
44	29,44	30,42	27,17	33,18	15,46	32,5	25,69	30,47	28,71	38,23	29,37	27,77	27,77	32,44	28,23	29,25
45	28,97	31,35	28,46	32,76	29,62	28,81	29,67	29,49	28,54	30,43	26,88	29,37	29,37	29,98	31,18	32,14
46	29,19	32,11	29,88	28,8	31,75	32,18	29,45	30,7	28,61	29,59	28,38	29,01	29,01	30	29,74	28,97
47	27	31,91	29,54	35,17	28,74	30,93	30,23	34,26	30,51	29,73	30,01	31,81	31,81	32,08	33,32	30,27
48	27,28	30,17	28,89	34,55	30,57	31,75	24,14	31,91	30,62	28,51	29,11	32,76	32,76	29,72	30,82	28,66
49	29,33	33,73	27,71	30,83	32,05	31,9	27,24	31,84	25,94	30,21	30,5	32,33	32,33	30,9	26,16	30,62
50	28,17	31,53	29,79	33,27	28,97	29,65	29,23	30,5	30,31	30,78	28,64	16,41	16,41	32,8	28,24	30,22
51	27,96	32,2	28,72	33,96	28,36	32,54	31,42	28,68	28,69	33,39	29,72	31,43	31,43	31,72	27,05	29,29
52	30,85	31,87	28,64	49,14	28	32,68	28,43	30,04	29,54	30,36	29,66	29,26	29,26	31,08	29,02	30,05
53	29,19	31,97	27,01	30,49	32,07	31,25	30,09	30,31	27,97	30,72	27,54	31,66	31,66	29,12	29,91	30,29
54	29,36	31,56	30,67	33,71	30,98	31,87	31,07	30,54	29,91	29,74	29,78	32,54	32,54	29,3	28,68	30,5
55	29,41	30,53	28,62	32,85	28,66	29,56	28,66	29,67	29,33	29,29	30,94	30,92	30,92	30,86	30,99	31,53
56	30,36	33,59	29,14	34,01	29,14	30,73	30,63	29,28	28,51	28	30,45	31,03	31,03	30,85	28,17	29,07
57	28,16	31,74	29,58	31,73	28,13	31,57	31,49	32,01	28,18	29,1	28,83	16,91	16,91	29,53	30,29	29,87
58	25,29	31,55	26,43	32,37	38,64	30,74	28,85	29,06	30,45	31,95	30,25	31,15	31,15	32,65	29,41	31,71
59	26,85	31,9	29,18	29,64	29,13	30,55	28,51	29,03	29,82	30	30,31	31,87	31,87	29,63	29,57	31,75

60	26,75	33,49	27,93	29,64	31,12	29,99	29,96	31,22	29,04	31,92	25,14	33,28	33,28	28,99	28,61	29,79
61	29,84	32,81	29,09	31,45	26,89	30,6	38,42	31,21	31,1	31,44	28,86	30,69	30,69	29,66	30,1	30,19
62	26,52	29,86	29,07	32,27	28,91	29,5	30,31	31,62	30,93	31,21	26,45	28,43	28,43	31,12	28,77	30,81
63	29,13	33,19	27,49	32,51	30,37	31,91	23,02	31,47	28,83	30,14	30,37	30,91	30,91	27,73	31,41	28,02
64	28,45	30,31	28,45	35,51	30,8	33,03	29,92	31,54	30,52	27,57	29,18	30,37	30,37	28,43	30,04	32,83
65	31,49	30,92	28,07	30,77	30,34	32,04	31,4	33,97	30,13	29,05	26,22	30,56	30,56	31,84	27,72	31,87
66	31,24	30,09	29,73	33,21	28,39	31,78	27,96	33,18	29,46	33,33	33,04	31,73	31,73	29,46	29,84	30,14
67	31,13	32,34	17,43	32,32	28,8	32,49	30,62	30,13	28,91	29,51	29,47	30,25	30,25	29,72	29,17	27,2
68	27,89	32,65	30,17	31,55	29,86	32,92	28,21	29,77	29,35	29,56	30,34	27,35	27,35	26,56	28,52	30,11
69	26,31	31,61	30,37	32,99	28,05	32,63	30	32,52	30,09	32,27	31,09	30,5	30,5	29,52	30,64	32,77
70	29,67	31,6	27,1	33,55	28,46	34,54	30,05	31,06	32,57	28,59	30,13	30,37	30,37	29,5	29,35	32,53
71	29,63	30,89	28,63	31,37	30,11	32,56	28,31	29,61	30,88	33,09	28,92	29,75	29,75	31,9	28,22	31,61
72	29,96	33,42	29,38	32,34	29,5	33,36	29,3	31,53	29,87	29,84	28,55	28,06	28,06	31	28,72	30,31
73	28,04	31,99	28,82	34,85	31,53	30,77	28,9	30,69	27,56	29,64	28,77	31,04	31,04	29,79	28,98	28,75
74	27,81	30,83	29,98	31,73	30,11	32,23	28,47	31,08	28,66	29,21	30,48	31,45	31,45	30,7	26,89	28,45
75	31,85	29,99	30,39	27,87	28,9	33,68	27,46	30,23	26,53	26,8	32,52	28,57	28,57	29,5	30,08	29,81
76	29,58	32,54	30,41	32,01	30,07	31,77	28,67	33,83	30,75	30,93	29,02	29,44	29,44	31,52	30,59	30,98
77	28,86	32,19	29,54	30,57	30,2	31,33	30,44	27	28,64	30,69	27,94	28,81	28,81	32,64	31,24	31,33
78	27,69	32,57	28,43	28,86	29,85	31	31,26	31,41	26,48	30,03	27,89	28,8	28,8	29,83	30,17	29,09
79	30,64	30,59	30,23	34,02	29,99	29,23	29,41	32,74	29,72	29,89	14,32	29,83	29,83	28,47	31,28	30,48
80	30,47	30,01	28,45	34,21	30,31	29,65	25,94	32,6	28,64	31,61	28,1	31,31	31,31	29,24	29,1	28,39
81	30,76	31,77	28,42	33,19	29,88	31,1	29,78	31,6	30,15	30,77	30,12	28,58	28,58	29,59	28,95	32,78
82	29,42	32,56	38,99	33,9	30,65	31,24	29,1	31,44	28,22	27,24	31	31,9	31,9	29,99	29,82	29,37
83	30,8	29,94	28,59	32,8	28,25	31,96	30,41	29,56	27,9	28,06	29,07	37,32	37,32	32,04	29,83	32,04
84	30,46	30,96	28,91	28,38	30,42	33,7	29,53	29,53	29,12	30,09	28,89	31,68	31,68	30,48	30,64	33,25
85	28,78	28,6	30,42	32,44	28,9	30,25	29,2	32,85	27,94	31,04	28,96	31,62	31,62	31,57	30,25	29,27
86	28,79	30,46	29,22	32,27	31,13	32,1	30,32	31,71	29,29	34,65	29,99	31,48	31,48	28,46	31,19	28,71
87	27,82	32,1	28,81	29,03	30,81	34,49	30,64	32,02	27,64	31,01	27,82	32,13	32,13	29,3	29,48	29,57
88	28,45	31,5	27,47	33,16	30,25	32,55	26,37	32,5	29,68	31,78	31,2	31,43	31,43	31,48	29,05	31,42
89	28,98	29,63	27,81	33,8	31,75	31,76	31,5	30	27,8	29,9	38,57	30,54	30,54	28,77	29,52	29,97
90	29,42	30,71	29,39	20,44	30,57	31,84	28,71	30,19	30,24	32,7	29,79	31,54	31,54	28,47	28,79	33,14
91	31,15	31,73	30,59	32,45	30,43	33,99	27,73	30,85	26,37	28,92	29,7	31,16	31,16	30,95	28,89	30,33
92	27,03	28,65	30,44	31,53	31,39	31,77	28,14	31,22	28,27	29,55	30,66	28,73	28,73	29,89	30,53	30,18



93	28,47	31,3	30,74	32,36	29,39	33,9	29,05	32	28,09	32,93	31,03	28,55	28,55	31,25	28,58	28,95
94	31,8	27,74	27,81	30,03	27,43	31,68	26,58	31,86	26,77	28,78	31,82	28,01	28,01	34,27	28,42	27,9
95	27,52	30,68	27,63	32,26	27,96	30,99	29,23	28,48	27,47	29,89	28,63	27,88	27,88	29,95	29,86	27,22
96	29,85	32,33	29,71	32,8	28	31,84	27,39	32,88	30,79	29,75	28,08	29,57	29,57	30,16	29,04	31,95
97	29,93	32,2	25,86	30,36	30,12	33,9	27,77	31,83	28,16	29,06	29,67	31,06	31,06	26,77	27,81	28,96
98	27,06	31,54	26,89	32,47	30,6	31,85	31,19	30,38	32,62	28,87	31,48	30,9	30,9	30,95	28,57	32,48
99	28,97	29,96	28,23	31,03	28,33	33,75	30,14	33,09	29,22	30,06	29,22	28,49	28,49	30,63	28,85	30,85
100	29,6	30,25	29,03	34,74	29,55	32,91	30,31	31,14	28,13	29,11	28,58	30,79	30,79	29,88	28,13	31,52
101	29,76	32,61	27,56	22,84	28,7	34,48	29,37	32,62	29,29	31,04	25,97	25,29	25,29	30,45	28,91	31,58
102	28,2	30,4	26,91	28,74	30	31,47	29,68	28,56	28,77	31,23	28,41	29,44	29,44	31,82	30,62	30,75
103	27,92	30,05	25,3	31,58	28,82	31,86	31,2	30,21	29,26	31,26	31,05	31,32	31,32	29,8	29,94	27,22
104	30,63	31,81	29,73	30,12	30,16	29,67	30,37	31,17	29,21	29,19	29,4	29,76	29,76	31,41	30,45	28,99
105	29,27	28,58	27,17	33,67	23,35	32,01	29,1	33,76	27,64	31,47	29,18	29,9	29,9	31,21	30,63	30,39
106	29,5	30,11	28,75	31,1	29,02	43,25	32,06	32,44	30,62	33,31	29,11	28,37	28,37	28,85	29,47	31,49
107	29,44	33,86	28,76	35,47	28,37	28,6	30,48	32,5	29,42	30,65	28,04	29,13	29,13	30,25	28,27	30,54
108	27,44	34,9	31,04	32,74	28,41	31,44	29,42	32,04	31,08	31,83	29,33	28,85	28,85	30,18	29,86	28,99
109	29,54	31,8	28,18	30,93	30,12	32,78	26,48	29,81	29,21	31,51	28,2	30,16	30,16	26,84	27,55	31,5
110	31,71	31,25	30,34	32	28,99	30	32,08	31	28,98	30,51	30,09	29,87	29,87	30,98	27,56	31,93
111	31,04	29,85	27,42	29,18	31,08	31,68	29,91	31,74	30,55	31,54	29,11	28,14	28,14	32,12	30,4	31,7
112	29,46	32,31	29,75	32,98	29,86	31,28	31,22	32,74	30,85	30,7	28,04	31,96	31,96	31,29	32,23	30,78
113	29,97	33,55	28,46	14,47	29,97	31,77	28,39	32,02	27,91	28,79	30,25	29,67	29,67	28,45	31,36	30,73
114	29,42	32,79	28,71	34,02	29,75	31,19	28,2	32,61	29,11	31,3	29,29	30,28	30,28	30,95	27,86	31,47
115	29,1	32,87	29,08	33,21	18,89	33,69	28,45	30,36	29,01	31,07	29,55	30,04	30,04	31	28,01	29,6
116	30,03	30,98	29,19	31,52	28,92	29,05	28,57	33,24	29,02	30,44	27,39	32,89	32,89	27,7	30,58	29,52
117	28,59	28,08	29,11	30,02	29,94	30,63	24,86	31,59	30,95	30,79	28,63	32,73	32,73	27,73	31,86	31,52
118	30,03	33,15	24,66	31,88	28,85	28,57	29,4	29,62	27,85	31,73	31,66	28,06	28,06	30,53	28,32	31,81
119	27,28	29,22	29,17	31,17	30,74	32,02	29,62	31,68	27,25	34,68	28,92	31,32	31,32	31,51	27,56	30,67
120	28,62	30,66	28,28	33,66	29,01	31,66	31,35	28,63	29,68	30,44	30,35	32,35	32,35	31,05	30,57	32,64
121	29,86	33,58	30,35	31,53	28,1	31,86	29,06	31,11	29,31	31,26	26,68	31,45	31,45	29,3	28,73	31,39
122	31,42	32,03	29,47	30,1	31,44	31,45	29,33	31,55	30,28	29,9	32,16	31,86	31,86	28,83	29,07	28,71
123	28,76	32,26	26,78	33,45	28,83	31,69	29,7	29,48	32,08	29,77	28,64	31,43	31,43	29,32	29,7	30,72
124	29,33	29,09	28,71	33,24	29,99	31,75	29,17	31,03	26,65	29,74	28,09	31,27	31,27	33,48	28,71	29,52
125	29,46	28,32	28,41	29,91	29,01	30,84	30,65	30,57	29,18	30,77	29,63	30,95	30,95	31,95	29,87	29,99

## ANEXO E

Criterio 1	30,28	29,94
Criterio 2	7	7
Criterio 3	0	0

### Criterios aprobación norma RTE ININ 284

#	55- Mejora A	58-Mejora A	#2	55- Mejora A	58-Mejora B	#5	55- Mejora A	58-Mejora B	#	55- Mejora A	58-Mejora B1	#1	55- Mejora A1	58-Mejora B1
1	30,7	28,78	26	27,78	28,11	51	29,73	28,12	76	28,76	29,05	101	30,92	30,56
2	29,17	29,17	27	29,85	25,7	52	31,61	28,05	77	30,9	28,33	102	32,06	31
3	30,46	30,95	28	31,65	31,76	53	31,6	28,22	78	31,05	31,21	103	28,86	29,64
4	29,36	31,46	29	28,75	32,43	54	28,45	28,74	79	28,73	30,57	104	30,85	31,58
5	29,62	29,4	30	30,12	33,15	55	32,53	27,69	80	27,77	30,67	105	28,93	29,92
6	31	30,68	31	29,58	29,14	56	30,29	28,85	81	33,01	29,51	106	32,44	31,01
7	30,56	32,68	32	32,54	27,07	57	31,83	31,19	82	31,24	31,37	107	28,54	30,01
8	28,18	28,41	33	31,26	29,63	58	31,03	32,62	83	27,93	30,82	108	29,53	30,23
9	30,46	28,93	34	32,45	30,01	59	31,13	30,27	84	30,92	30,05	109	28,84	29,58
10	30,89	29,85	35	28,67	29,72	60	32,15	28,63	85	30,14	27,15	110	31,11	30,57
11	30,35	30,25	36	30,19	29,43	61	32,67	29,72	86	27,36	28,92	111	30,3	31,4
12	30,33	29,05	37	32,29	30	62	31,99	29,97	87	29,83	28,77	112	31,3	32,48
13	30,21	31,97	38	30,66	30,73	63	29,68	29,79	88	28,5	29,99	113	31,55	30,35
14	30,52	30,1	39	29,68	29,8	64	29,88	29,44	89	33,33	29,64	114	29,55	31,46
15	29,48	29,74	40	32,1	27,98	65	29,24	31,73	90	29,03	28,32	115	30,66	28,87
16	30,78	32,5	41	31,5	28,65	66	29,2	29,98	91	27,24	32,26	116	31,14	29,78
17	30,15	29,79	42	28,14	32,14	67	29,91	29,06	92	29,2	29,17	117	25,6	32,71
18	30,26	30,72	43	27,26	31,89	68	29,22	29,45	93	38,27	30,38	118	29,47	29,18
19	30,98	29,22	44	29,69	29,56	69	28,72	28,91	94	29,22	31,76	119	29,35	29,89
20	30,97	31,67	45	31,61	26,42	70	30,07	31,19	95	30,76	28,23	120	31,05	28,65
21	30,08	29,68	46	32,03	29,32	71	30,75	30,2	96	31,44	28,32	121	30,56	28,06
22	30,97	28,52	47	31,38	31,09	72	29,81	32,6	97	28,76	30,06	122	29,57	28,75
23	31,92	30,93	48	28,99	29,09	73	29,54	30,26	98	32,65	30,86	123	29,1	30,06
24	29,16	30,05	49	29,31	30,43	74	30,15	29,45	99	30,27	30,99	124	31,77	29,96
25	30,75	27,79	50	29,58	30,68	75	30,61	30,47	100	31,66	31,2	125	28,41	28,7