



Certificación de Control de Calidad en la fabricación de Cajas Troqueladas

Quality Control Certification in the manufacture of Die-Cut Boxes

Dr. Ing. Luz Dávalos Zelada ¹, Egr. Daphne Odalis Oquendo Mendia.²

Resumen

La carrera de Ingeniería Industrial, con la finalidad de servir al empresariado departamental y nacional, cuenta con una Unidad de Servicios Técnicos y Tecnológicos. Esta Unidad ofrece una amplia gama de servicios que comprenden, entre otros, servicios de Control y Certificación de Calidad. Este artículo explica las actividades que se llevaron a cabo para certificar características de calidad en cajas troqueladas de cartón corrugado considerando especificaciones técnicas de: dimensiones, resistencia y capacidad de absorción; para la empresa de Cartones Bolivianos CARTONBOL. Un proceso de control y aún más de certificación, implica el trabajo con factores de proceso validados: materiales, talento humano, entorno de trabajo, métodos, equipos y máquinas. Bajo esta lógica se realizó: la definición y recogida de muestras, la organización de la información, la elaboración de gráficos de control, el análisis de capacidad de proceso, la prueba de normalidad, el análisis de muestreo de aceptación por variables, la determinación del riesgo de productor y consumidor y curvas de operación. A partir de cada una de las etapas de control estadístico realizado se concluye con la recomendación de aceptación o rechazo del lote analizado y la posterior certificación de las características analizadas.

Abstract

The Industrial Engineering program, aimed at serving both the local and national business sectors, features a Technical and Technological Services Unit. This Unit provides a wide range of services, including Quality Control and Certification services. This article details the activities undertaken to certify quality features in die-cut corrugated cardboard boxes, considering technical specifications such as dimensions, strength, and absorption capacity, for the company Cartones Bolivianos CARTONBOL. The process of control and certification involves working with validated process factors: materials, human resources, work environment, methods, equipment, and machinery. Following this logic, the following steps were carried out: defining and collecting samples, organizing information, creating control charts, analyzing process capability, conducting normality tests, analyzing acceptance sampling by variables, determining producer and consumer risks, and operational curves. Based on each stage of the statistical control conducted, a conclusion is drawn regarding the recommendation for acceptance or rejection of the analyzed batch, followed by the subsequent certification of the analyzed characteristics.

INFORMACIÓN DE ARTÍCULO:

Palabras clave:

Control de Calidad, Certificación, Cajas de Cartón

Keywords:

Quality Control, Certification, Cardboard Boxes

Citar como:

Dávalos, L., & Oquendo, D. (2023). Certificación de Control de Calidad en la fabricación de Cajas Troqueladas.

Revista de Ciencia y Tecnología en Ingeniería Industrial, 5(1), pág. – pág.

¹Docente - Carrera de Ingeniería Industrial Facultad Nacional de Ingeniería Universidad Técnica de Oruro ldzfn@gmail.com

²Asistente del Laboratorio de Control de Calidad y Productividad. Ingeniería Industrial. Facultad Nacional de Ingeniería. oquendo7daphne.f@gmail.com

1. Introducción

La Carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad Nacional de Ingeniería de la Universidad Técnica de Oruro, como unidad académica acreditada al MERCOSUR a través de su laboratorio de Control de Calidad y Productividad ofrece a la sociedad servicios de Control de Calidad, para Certificar mediante esta unidad Académica el cumplimiento de requisitos en los productos para fines de las partes interesadas. Todo ello utilizando materiales aprobados, personal competente, medio ambiente controlado, métodos normados, equipos de medición calibrados y máquinas validadas. Todo con el fin de verificar si el producto cumple o no con los requisitos especificados por el cliente. Las técnicas estadísticas comprenden la aplicación de muestreo aleatorio simple estratificado, riesgo del consumidor, riesgo del productor, construcción de gráficos de control por variables, análisis de capacidad de proceso, prueba de normalidad. El presente artículo presenta e xplica el proceso de certificación de las especificaciones técnicas de: dimensiones, resistencia y capacidad de absorción: de cajas troqueladas de cartón corrugado con código de producto 1248 Base - 1177 Tapa, de la Empresa Publica Productiva Cartones de Bolivia "CARTONBOL" para el Instituto Nacional de Estadística INE, de acuerdo a las siguientes especificaciones 076/23 y 077/23 de acuerdo al siguiente detalle:

- Dimensiones de la caja:

Base

2.1. LARGO	cm	44,5	+/- 0,3	Medidas Externas
2.2. ANCHO	cm	30,0	+/- 0,3	Medidas Externas
2.3. ALTO	cm	29,5	+/- 0,3	Medidas Externas
2.4. CALIBRE	mm	6,9	+/- 0,3	

Tapa

2.1. LARGO	cm	48,5	+/- 0,3	Medidas Externas
2.2. ANCHO	cm	31,8	+/- 0,3	Medidas Externas
2.3. ALTO	cm	30,5	+/- 0,3	Medidas Externas
2.4. CALIBRE	mm	6,9	+/- 0,3	

- Resistencias BCT y ECT:

La resistencia BCT (Box Compression Test) evalúa resistencia al apilamiento.

La resistencia ECT (Edge Crush Test) es la resistencia a la compresión del borde del cartón ondulado.

Base

1.2. ECT RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN VERTICAL	KN/m	7,20	(-0.3) Sin límite para el máximo
1.3. BCT RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA CAJA	kgf	450	(-20) Sin límite para el máximo

Tapa

1.2. ECT RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN VERTICAL	KN/m	7,20	(-0.3) Sin límite para el máximo
1.3. BCT RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA CAJA	kgf	463	(-20) Sin límite para el máximo

- **Análisis de absorción de agua:** La absorción de COBB (Cobb Test) es una medida específica de la capacidad de absorción de agua o líquidos por parte del cartón. Este método de prueba se utiliza para determinar cuánto líquido puede absorber una superficie determinada de cartón en un tiempo específico.

PROPIEDAD	UNID.	Tolerancia Mínima	Tolerancia Máxima
Absorcion COBB	g/m ²	20	45

2. Criterios de Referencia

Los criterios para determinar tamaños de muestra y las herramientas estadísticas más adecuadas fueron:

- **Clasificación de no conformidades:** La unidad de producto fue la "entidad" inspeccionada para determinar su clasificación como conforme o no conforme. Se considera como una no conformidad crítica aquella que es posible que resulte en condiciones de peligro para las personas que usan, mantienen o dependen del producto. Una no conformidad mayor es una no conformidad diferente a la crítica que es probable reduzca materialmente la funcionalidad del producto para su uso previsto. Una no conformidad menor es una no conformidad que no es mayor o crítica, ya que tampoco reduce la funcionalidad del producto sin embargo es una desviación de los estándares, por lo general implícitos.

- **Nivel de calidad aceptable (AQL):** EL AQL (Acceptable quality level) es el máximo porcentaje defectuoso promedio, que para propósitos de inspección es considerado satisfactorio. Los valores de los AQLs guardan estrecha relación con el tipo de no conformidad. El Instituto Boliviano de Normalización de la Calidad IBNORCA recomienda: para no conformidades críticas trabajar con AQLs menores a 1%. Para no conformidades mayores trabajar con AQLs entre 1% a 6%. Para no conformidades menores trabajar con porcentajes entre 6% a 10%.

- **Nivel de Inspección:** De acuerdo a la Norma MILSTD 414 existen 5 niveles de inspección I, II, III, IV y V, que se determina de acuerdo a una valoración cuali-cuantitativa de la dificultad de la inspección. Siendo el nivel I utilizado para ensayos destructivos y el nivel V para ensayos que precisan un mínimo de tiempo y recursos para su realización.

3. Condiciones de Análisis y Medición

- **Entorno de Laboratorio:** Bajo estipulaciones metrológicas las mediciones y pruebas se realizaron en

un ambiente controlado de acuerdo a lo estipulado en la Normativa NB/ISO 187, considerando:

- Temperatura en 23 +/- 2 °C.
- Humedad relativa del 50% ± 5%.
- Ausencia de polvo y de corrientes de aire.
- Eliminación de vibraciones.
- Ruidos por debajo 60 dB.
- Lámparas fluorescentes con difusor con una intensidad de 800 a 1000 lux.

- **Personal a cargo:** El personal a cargo de la toma de datos y el análisis estadístico realizado fueron, profesionales con grado de Doctorado, Maestría y Licenciatura. Contando con la educación, formación y experiencia necesaria de acuerdo a lo estipulado en la ISO 9001:2015, como se evidencia a través de respaldo documental.

- **Equipos de medición:** Los equipos de medición utilizados cuentan con fichas de equipos y certificados de calibración:

Control de dimensiones

- Cinta métrica, Marca TRUPER GRIPPER, Modelo FH 5m
- Longitud: 0-5m, Precisión +/- 0.1, División mínima 0,1
- Certificado de Calibración LP-CCD-0762-2021

Control de resistencia BCT

- Equipo de Compresión BCT, Marca HAIDA, Modelo HD-502, No de serie 9000514
- Fuerza: 0-2000 Kgf, Precisión +/- 0.001, División mínima 0,01 Kgf
- Velocidad de Compresión: 0,01 mm/min, Precisión +/- 2,5
- Certificado de Calibración LP-CCZ-0204-2023

Control de resistencia ECT

- Equipo de Medición de Resistencia a la Compresión, Marca HAIDA, Modelo HD-5BB, No de serie 9000516
- Fuerza de compresión: 0-200 Kgf, Precisión +/- 0.01, División mínima 0,01 Kgf
- Velocidad de Compresión: 6,5-15 mm/min
- Certificado de Calibración LP-CCZ-0203-2023
- Cortadora manual de probeta (Cizalla), Marca HAIDA.

Control de Absorción de Agua

- Balanza analítica, Marca RADWAG, Modelo PS 600. Precisión: 0.001g, Max 600 g, Min 0.02g, e 0.01g
- Certificado de Calibración LP-CCB-0988-2023
- Cronometro, Marca AnyTime, Modelo XL-010
- Certificado de Calibración LP-CCT-18-2021

- **Norma de referencia para muestreo:** La norma utilizada para el muestreo y aceptación de lotes fue la MIL-STD-414, Military Standard: Sampling procedures and tables for inspection by variables for percent defective. La selección de la muestra se realizó randómicamente, las unidades de producto fueron seleccionadas mediante un mecanismo de aleatorización (Formula de EXCEL “=aleatorio.entre(inferior ; superior)”) por subgrupos hasta completar la muestra total del lote.

- **Normas para los métodos de mediciones y pruebas:**

- Para dimensiones:

NB-45005:2012 - Envases y embalajes de papel y cartón - cajas de cartón corrugado - Requisitos

- Para BCT:

NB-45003:2014 - Envases y embalajes de cartón corrugado y compacto vacíos - Determinación de la resistencia a la compresión.

- Para ECT:

NB-45006:2012 - Envases y embalajes de papel y cartón - cajas de cartón corrugado - Determinación de la resistencia a la compresión vertical (prueba de la columna corta).

- Para Absorción de agua:

TAPPI T 441 - Water absorptiveness of sized (non-bibulous) paper, paperboard, and corrugated fiberboard (Cobb Test).

- **Normas para análisis estadístico:** La norma utilizada para el muestreo y aceptación de lotes fue la MIL-STD-414,

- Para la elaboración de gráficos de control: Se elaboraron gráficos de acuerdo a la norma ISO 7870-2 “Control charts - Part 2: Shewhart control charts”.

- Para análisis de capacidad de proceso: Se siguen los lineamientos de la norma ISO 21747:2006 “Statistical methods - Process performance and capability statistics for measured quality characteristics”.

- **Software para análisis estadístico:** El software utilizado fue: Minitab® 18.1 © 2017

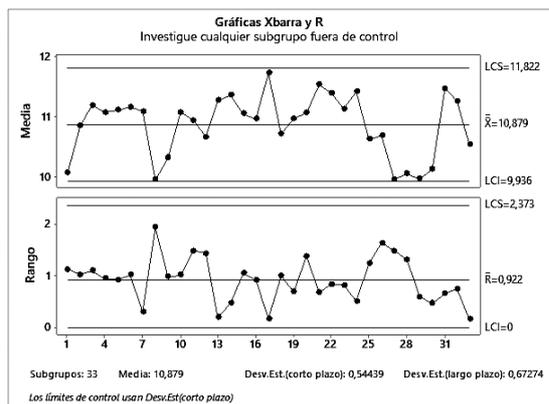
4. Tomas de Muestra, Mediciones y Pruebas

- **Tamaño de la muestra:** De acuerdo a la norma de muestreo se definió los AQLs en función de la criticidad de los defectos en los rangos de 2.80 a 4.39. El tamaño de lote se encuentra en un rango entre 8000 y 22000 unidades de producto y el nivel de inspección se define II debido a que las mediciones precisan de

tiempo de personal cualificado para su realización y equipos especializados. La rigurosidad de la inspección se considera Normal al tener información completa del proveedor, el tamaño de la muestra por norma es de 33 a 45 unidades de producto. Se realizaron mediciones de dimensiones: alto, largo y ancho; resistencias ECT y BCT y absorción de humedad. A continuación, se describe el procedimiento seguido para una sola de las dimensiones.

- Elaboración del gráfico X-R para la prueba de resistencia ECT de la Base de la Caja de Cartón Corrugado.

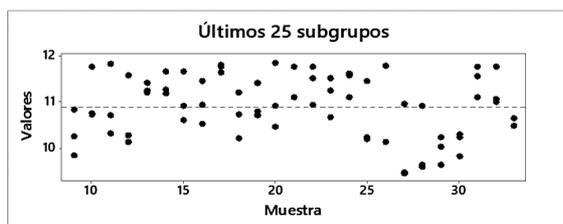
Figura 1. Gráfica X-R para prueba de resistencia ECT – Base



Fuente: Obtenido a partir de datos recolectados en proceso

El proceso se encuentra bajo control estadístico al no haber ningún punto fuera de los límites de variabilidad natural.

Figura 2. Gráfico de puntos para prueba de resistencia ECT - Base



Fuente: Obtenido a partir de datos recolectados en proceso

Cada punto en cada subgrupo es identificado individualmente, ayudando a entender que la dispersión entre subgrupos es mínima, de 9,50 a 11,85 (KN/m).

Figura 3. Estabilidad de la media del proceso



Fuente: Obtenido a partir de datos recolectados en proceso

La media del proceso es estable, siendo el informe del software el siguiente:

Figura 4. Tarjeta de Informe de Minitab para la prueba ECT – Base

Verificar	Estado	Descripción
Estabilidad	<input checked="" type="checkbox"/>	La media y la variación del proceso son estables. No hay subgrupos fuera de control en ninguna de las gráficas.
Cantidad de datos	<input checked="" type="checkbox"/>	Usted no necesita preocuparse por la precisión de sus límites de control porque los cálculos incluyen 80 o más puntos de datos.
Datos correlacionados	<input checked="" type="checkbox"/>	Si los datos están correlacionados, usted puede observar un número mayor de falsas alarmas. Dado que menos de 2% de los subgrupos están fuera de los límites de control en la gráfica Xbarra, la prueba de correlación no es necesaria.
Gráficas alternativas	<input type="checkbox"/>	Esta gráfica sirve para supervisar el control del proceso. Si su principal objetivo es explorar sus datos o comparar su proceso antes y después de un cambio, utilice las Gráficas de control disponibles en Análisis gráfico o las Gráficas de control de antes/después.

Fuente: Obtenido a partir de datos recolectados en proceso

La consistencia y fiabilidad de los datos a lo largo del proceso de certificación sugieren una estabilidad notable en las mediciones de resistencia de la Base del Cartón Corrugado. La amplia cantidad de datos recolectados respalda la validez de las conclusiones, ofreciendo una base robusta para tomar decisiones informadas.

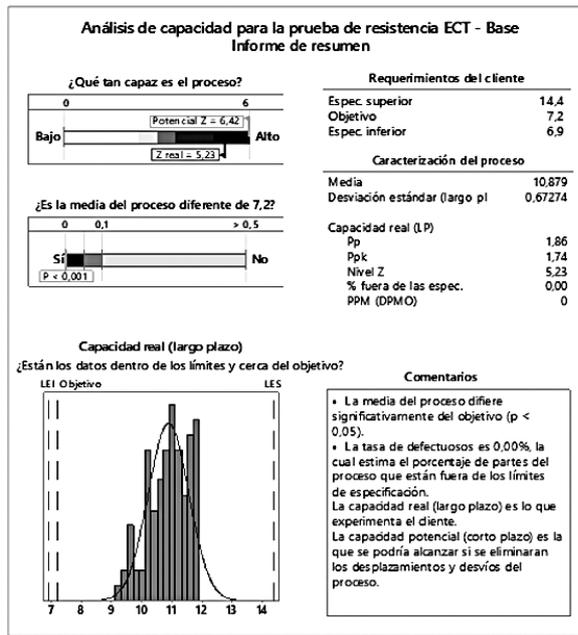
- Análisis de Capacidad para la prueba de resistencia ECT de la Base de la Caja de Cartón Corrugado.

Tabla 1. Especificaciones de resistencia para la prueba de resistencia ECT - Base

UNID.	ESPECIFICACIÓN.	TOLERANCIA	Min.	Máx.
KN/m	7,2	-0,3	6,9	Sin límite para el máximo *Se tomo en cuenta un max. de 14,4

Fuente: Hoja de Especificaciones 077/23, CARTONBOL

Figura 5. Análisis de Capacidad para la prueba de resistencia ECT - Base



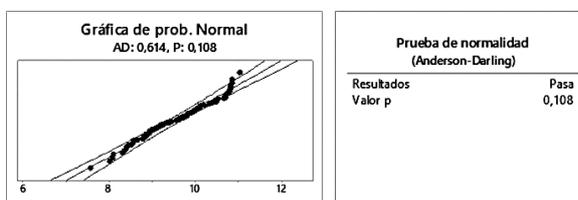
Fuente: Obtenido a partir de datos recolectados en proceso

Un potencial de $Z=6.42$ en comparación con un $Z_{real}=5.23$ indica un proceso altamente capaz. Esta diferencia considerable entre el potencial y el valor real sugiere que el proceso tiene un margen significativo para mejorar aún más su rendimiento.

Un Z_{real} de 5.23 ya indica que el proceso está funcionando dentro de límites aceptables y con un nivel de capacidad sólido. Sin embargo, el potencial de $Z=6.42$ revela un espacio adicional para optimizar y acercarse aún más a los límites superiores de capacidad del proceso. Esto es prometedor, ya que sugiere que existen oportunidades para aumentar la eficiencia, reducir la variabilidad y mejorar aún más la calidad del producto o servicio.

Por lo tanto, el proceso actualmente está demostrando una capacidad sólida, pero el potencial identificado indica la posibilidad de alcanzar niveles aún más altos de eficacia y calidad en el futuro cercano con mejoras adicionales en el proceso.

Figura 6. Gráfica de Normalidad para la prueba de resistencia ECT - Base

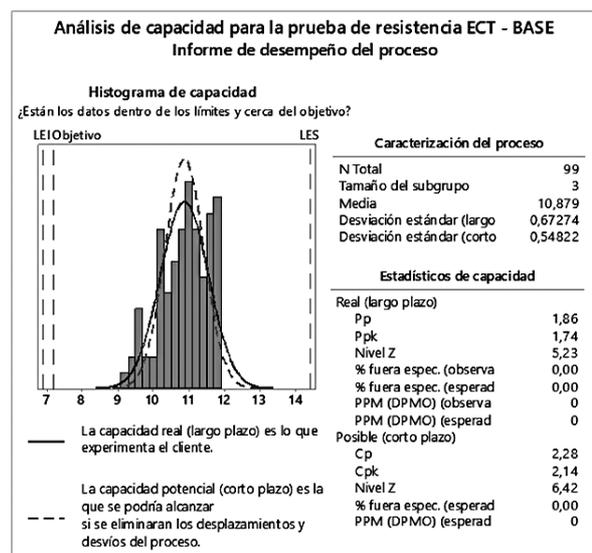


Fuente: Obtenido a partir de datos recolectados en proceso

Un valor de $p=0.108$ obtenido en la prueba de normalidad (Anderson-Darling) sugiere que los datos analizados pasan la prueba de normalidad a un nivel de significancia del 0.05. Esto indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que los datos provienen de una distribución normal.

En este caso, al pasar la prueba de normalidad, se puede confiar en que los datos siguen una distribución cercana a la normal. Esto proporciona una base sólida para aplicar métodos estadísticos que asumen normalidad en el análisis, lo que podría incluir técnicas de inferencia, modelado o predicción con un mayor grado de confianza en la validez de los resultados.

Figura 7. Informe de Desempeño del proceso ECT - Base



Fuente: Obtenido a partir de datos recolectados en proceso

En el análisis de capacidad a largo plazo, con un Pp de 1.86 y un Ppk de 1.74, indican que el proceso es capaz de mantenerse dentro de los límites de especificación, aunque puede mostrar cierta variación respecto al valor objetivo a lo largo del tiempo. Estos valores sugieren una consistencia y estabilidad razonable en el rendimiento del proceso a lo largo de un período extendido.

Por otro lado, en el análisis a corto plazo, con un Cp de 2.28 y un Cpk de 2.14 indican una capacidad aún mayor del proceso para mantenerse dentro de los límites de especificación y acercarse al valor objetivo en un período más corto. Estos valores sugieren una variación aún menor en comparación con los límites establecidos y con el valor objetivo en un marco temporal más limitado.

En general, tanto en el análisis a largo plazo como a corto plazo, los resultados son positivos y muestran que el proceso es capaz de producir dentro de los límites

especificados y cerca del valor objetivo. Aunque puede haber cierta variación a lo largo del tiempo, el proceso sigue siendo consistente y estable en su capacidad para cumplir con las especificaciones de calidad requeridas, ya sea en un período más amplio o en uno más corto.

Figura 8. Tarjeta de Informe de Análisis de capacidad para la prueba ECT - Base

Análisis de capacidad para la prueba de resistencia ECT - Base Tarjeta de informe		
Verificar	Estado	Descripción
Estabilidad	✓	La media y la variación del proceso son estables. No hay puntos fuera de control.
Número de subgrupos	i	Usted tiene 33 subgrupos. Para un análisis de capacidad, generalmente esto es suficiente para captar las diferentes fuentes de variación del proceso cuando los subgrupos se recolectan durante un período de tiempo suficientemente largo.
Normalidad	✓	Sus datos pasaron la prueba de normalidad. Mientras tenga suficientes datos, las estimaciones de la capacidad deberían ser razonablemente precisas.
Cantidad de datos	!	El número total de observaciones es menor que 100. Usted pudiera no contar con suficientes datos para obtener estimaciones razonablemente precisas de la capacidad. La precisión de las estimaciones disminuye a medida que se reduce el número de observaciones.

Fuente: Obtenido a partir de datos recolectados en proceso

La estabilidad en los datos sugiere consistencia y confiabilidad en las mediciones a lo largo del tiempo, lo que es fundamental para evaluar el desempeño y la calidad en cuanto a la prueba de resistencia ECT para la tapa del Cartón Corrugado.

La estabilidad, cantidad de datos y correlación positiva de los datos proporcionan una base sólida para respaldar la certificación de calidad del Cartón Corrugado, ofreciendo confianza en sus propiedades y su desempeño en aplicaciones específicas.

5. Resultados

Los resultados obtenidos se describen a continuación, para la prueba de resistencia ECT para la base de la caja de cartón. Muestreo de aceptación por variables de acuerdo a:

Límite de especificación inferior (LEI)	6,9
Límite de especificación superior (LES)	14,4
Tamaño del lote	9000
Nivel de calidad aceptable (AQL)	2%
Riesgo del productor(α)	0,05
Nivel de calidad rechazable (RQL o LTPD)	10
Riesgo del consumidor(β)	0,1
Tamaño de la muestra	33
Distancia crítica (valor k)	1,61972
Desviación estándar máxima (DEM)	1,93517

$Z.LEI = (\text{media} - \text{especificación inferior}) / \text{desviación estándar}$
 $Z.LES = (\text{especificación superior} - \text{media}) / \text{desviación estándar}$

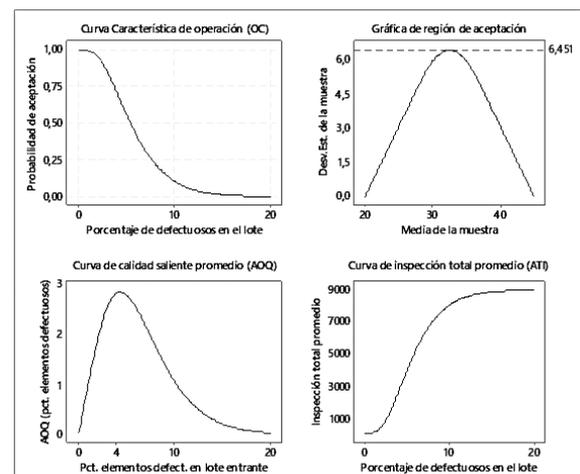
Aceptar el lote si la desviación estándar es $\leq MSD$, $Z.LEI \geq k$ y $Z.LES \geq k$; de lo contrario, rechazarlo.

% elementos defectuosos	Probabilidad de aceptación	Probabilidad de rechazo	AOQ	ATI
2	0,954	0,046	1,901	447,2
10	0,106	0,894	1,058	8047,9

Límite(s) de calidad saliente promedio (AOQL)

AOQL	En el porcentaje de defectuosos
2,846	4,353

Figura 9. Gráficas de Muestreo de aceptación por variables



Fuente: Obtenido a partir de datos recolectados en proceso

La Curva característica de operación (OC) ilustra como disminuye la probabilidad de aceptar el lote conforme aumenta el porcentaje de defectuosos que contiene el lote evaluado.

La gráfica de la región de aceptación muestra que la desviación estándar puede alcanzar un máximo valor de 6,451 cuando la media de la muestra coincide con el valor objetivo de la especificación. Conforme la media se aleja del valor objetivo, la desviación estándar debe ser menor para poder aceptar el lote.

El punto más alto de la curva de calidad saliente promedio (AOQ) indica que el mayor riesgo de admitir productos que no cumplan con las especificaciones se encuentra, si el lote contiene alrededor de 4% de defectuosos.

La curva de inspección total promedio (ATI) presenta el número de piezas que se deben inspeccionar de acuerdo a los defectos que contenga el lote, en caso de que se recurra a la inspección de rectificación.

Muestreo de aceptación por variables - Aceptar/Rechazar lote

Z.LEI	7,85001
Z.LES	6,94607
Distancia crítica (valor k)	1,61972
Desviación estándar máxima (DEM)	1,93517

Decisión: Aceptar lote.

6. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente: De acuerdo a los resultados obtenidos de las especificaciones de medidas (largo, ancho y alto) se concluye que el producto CAJA TROQUELADA (MATERIAL CENSAL) para base y tapa es conforme, respecto al documento de referencia Registro de Especificaciones Técnicas CB-ACC-RGT-023. Con base a los resultados obtenidos de las especificaciones de resistencia (ECT resistencia a la compresión vertical y BCT resistencia a la compresión de la caja) se concluye que el producto CAJA TROQUELADA (MATERIAL CENSAL) para base y tapa es conforme, respecto al documento de referencia Registro de Especificaciones Técnicas CB-ACC-RGT-023.

Con sustento a los resultados obtenidos de la absorción de agua se concluye que el producto CAJA TROQUELADA (MATERIAL CENSAL) para base y tapa es conforme, respecto al documento de referencia TAPPI T 441 – Water absorptiveness of sized (non-bibulous) paper, paperboard, and corrugated fiberboard (Cobb Test).

7. Recomendaciones

Hacer notar que cualquier análisis y valoración de requisitos de calidad debe pasar por la apreciación del uso previsto del producto.

Es fundamental la determinación del tamaño del lote tomando en cuenta las curvas de operación que reflejan el riesgo del comprador y riesgo del vendedor, y no únicamente criterios de producción.

8. Agradecimientos

Agradecimiento especial por su colaboración para llevar adelante la toma de datos a:

-M.sc. Ing. Jorge Iver Vicente Ycuña. Personal de Apoyo de Laboratorio de Control de Calidad y Productividad. Ingeniería Industrial. Facultad Nacional de Ingeniería.
- Ing. Kevin David Chambi Colque. Personal de Apoyo de Laboratorio de Control de Calidad y Productividad. Ingeniería Industrial. Facultad Nacional de Ingeniería.

9. Referencias

Besterfield, D. (2009). *Control de calidad* (8a. Ed.) Mexico: Pearson Educacion.
Dávalos, L. (2020). *Guía de Laboratorio de Control de la Calidad*. Andina Editores.

Gutierrez, H., & De La Vara, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México, D.F.:

McGraw Hill. Ingeniería e Instalaciones. (15 de Agosto de 2018).

INGELYT. Obtenido de INGELYT:
<http://ingelyt.com/blog/tipos-acero-en-la-industria-farmaceutica-pulidos-y-acabados/>

Instituto Boliviano de Normalización de la Calidad (2012) Envases y embalajes de papel y cartón - cajas de cartón corrugado – Requisitos (NB 45005).

Instituto Boliviano de Normalización de la Calidad (2014) Envases y embalajes de cartón corrugado y compacto vacíos. Determinación de la resistencia a la compresión (NB 45003)

Instituto Boliviano de Normalización de la Calidad (2012) Envases y embalajes de papel y cartón - cajas de cartón corrugado. Determinación de la resistencia a la compresión vertical (prueba de la columna corta) (NB 45006)

Instituto Boliviano de Normalización de la Calidad (2004) Papel, cartón y pastas celulósicas. Acondicionamiento de muestras (NB 45006)

Minitab. (12 de Mayo de 2022). *Soporte de Minitab*. Obtenido de Soporte de Minitab: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/supporting-topics/capability-metrics/z-bench-as-an-estimate-of-sigma-capability/>

Organización Internacional de Normalización. (2015). Requisitos de los Sistemas de Gestión de la Calidad (ISO 9001).

Organización Internacional de Normalización. (2015). Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario (ISO 9000).

Technical Association of the Pulp and Paper Industries (2010). Water absorptiveness of sized (non-bibulous) paper, paperboard, and corrugated fiberboard (Cobb Test) (T 441).

American Society for Testing and Materials. (2010). Terminología relacionada con la Calidad y Estadísticas (ASTM E456)

American Society for Testing and Materials. (2003). Prácticas para Uso de Proceso Orientado AOQL y planes de muestreo LTPD (ASTM E1994).

American Society for Testing and Materials. (2004). Prácticas para Proceso y Medida índices de capacidad (ASTM E2281).

American Society for Testing and Materials. (2010). Práctica para Muestreo una corriente de producto de variables indexadas por AQL (ASTM E2762).

Anexo

Tabla 2. Datos obtenidos de la resistencia ECT

Base de Cartón Corrugado - CARTONBOL

ECT (KN/m)					
N°MUESTRA	1	2	3	X media	R media
1	9,51	10,06	10,64	10,07	1,13
2	10,71	10,42	11,44	10,86	1,03
3	10,75	11,85	11,00	11,20	1,10
4	10,70	11,65	10,89	11,08	0,95
5	11,42	11,43	10,50	11,12	0,93
6	11,29	11,62	10,61	11,17	1,01
7	11,03	11,28	10,97	11,10	0,31
8	9,60	9,16	11,11	9,95	1,95
9	9,85	10,27	10,84	10,32	0,99
10	10,73	10,75	11,75	11,08	1,02
11	10,32	11,81	10,72	10,95	1,49
12	10,14	11,59	10,28	10,67	1,44
13	11,24	11,21	11,40	11,28	0,19
14	11,19	11,66	11,27	11,37	0,47
15	10,91	10,61	11,66	11,06	1,05
16	10,52	10,94	11,45	10,97	0,93
17	11,81	11,64	11,77	11,74	0,17
18	10,21	10,72	11,21	10,72	1,00
19	11,41	10,80	10,72	10,98	0,69
20	11,85	10,46	10,93	11,08	1,38
21	11,77	11,77	11,10	11,54	0,67
22	11,52	10,93	11,77	11,41	0,84
23	11,25	11,51	10,68	11,14	0,83
24	11,58	11,61	11,09	11,43	0,51
25	10,21	11,45	10,25	10,63	1,24
26	10,14	11,78	10,14	10,69	1,65
27	9,48	10,95	9,46	9,96	1,49
28	9,60	10,92	9,64	10,06	1,32
29	10,23	10,04	9,64	9,97	0,60
30	9,84	10,31	10,24	10,13	0,47
31	11,55	11,77	11,11	11,48	0,66
32	11,07	11,75	11,00	11,27	0,76
33	10,65	10,49	10,49	10,54	0,16
PROMEDIO				10,879	0,922

Fuente: Obtenido en la toma de datos en empresa CARTONBOL