

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
MENCIÓN EN PLANEAMIENTO Y GESTIÓN
EMPRESARIAL



Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ingeniería Industrial con mención en Planeamiento y Gestión Empresarial

Implementación del Control Estadístico de la Calidad, para mejorar el proceso de producción de vidrios templados en la empresa Corporación Furukawa

Autor: Bach. Robert Ulises Soto Bejarano

Asesor: Mg. Carlos Saíto Silva

LIMA - PERÚ

2018

Dedicatoria

A Dios, por darme su bendición en la consecución de la tesis por abrazarme con su sabiduría y su inmenso amor.

Por su cariño, inocente, puro, sincero y su comprensión, dedico esta tesis a mí Robert, Miriam, Mayumi. Seres muy valiosos que marcaron mi vida en este mundo.

A mis padres, Pelagia y Diomedes por sus consejos y sabios ejemplos de vida que perdurarán en mi mente y corazón.

A mis hermanos, Roxana, Carmen y Walter por su apoyo incondicional en el caminar de mi existencia.

AGRADECIMIENTOS

Profundamente Agradecido:

Con Dios por permitirme desarrollar una experiencia nueva en la vida profesional.

Con el Ing. Carlos Saíto por su apoyo, constante e incondicional en el asesoramiento para el desarrollo de mi tesis.

RESUMEN

El desarrollo de esta tesis parte desde la situación actual en que se encuentra la empresa del rubro de vidrios templados de manera particular en el área de producción de la línea industrial, donde se propone implementar el control estadístico del proceso mediante el uso de cartas de control para atributos (gráfica P) y cartas de control para variables (gráficas \bar{x} - R), siendo estas herramientas que permitirá monitorear el estado en que se encuentra el proceso, partiendo de allí a realizar los análisis e identificación de causas que afecta el proceso las misma que tienen un impacto directo en la calidad del vidrio templado así mismo en la productividad y el nivel de servicio al cliente. Mediante la propuesta planteada en la tesis lo que se busca es fomentar el uso, entendimiento y la necesidad de gestionar los procesos de la organización con las herramientas del control estadístico de proceso puesto que ello permite conocer en profundidad un determinado proceso y las causas que generan dificultades durante la actividad productiva en el cumplimiento de las especificaciones técnicas de un determinado producto. El monitoreo del proceso a través de las cartas de control, es de gran utilidad para gestionar en la mejora de la calidad tanto del producto como del proceso, siendo esta un herramienta visual de mucha ayuda para los que somos supervisores, jefes, operarios entre otros interesados a quienes nos permite tener una idea clara y oportuna de la situación de nuestros procesos y de la calidad de productos que se logran producir para nuestros clientes. Es decir permite tomar decisiones mucho más acertadas con información concreta y real.

El análisis se basa en el desarrollo de la determinación de las variables de control siendo estas los productos defectuosos, variabilidad de la longitud de flecha y la variación en la longitud de los vidrios. Donde luego de la implementación del control estadístico de proceso, los resultados indican que el proceso tiene un mejor desempeño donde se logró reducir los productos no conformes, la variabilidad de la longitud de flecha y la variación en longitud de los vidrios, las mismas que se ven reflejas en las cartas de control presentadas, el indicador de productividad, nivel de satisfacción del cliente y en los resultados de los índices de capacidad de proceso.

Palabras clave: Control Estadístico de Proceso, Cartas de Control y Capacidad de Proceso.

ABSTRACT

The development of this thesis starts from the present situation in which the company of the temperate glasses sector is located in a particular way in the area of production of the industrial line, where it is proposed to implement the statistical control of the process through the use of control charts for attributes (graph P) and control charts for variables (graphs $(\bar{x} - R)$), being these tools that will allow to monitor the state in which the process is, starting from there to carry out the analysis and identification of causes that affects the same process that have a direct impact on the quality of tempered glass as well on productivity and the level of customer service. Through the proposal put forward in the thesis what is sought is to promote the use, understanding and need to manage the processes of the organization with the tools of statistical process control since this allows to know in depth a certain process and the causes that generate difficulties during the productive activity in the fulfillment of the technical specifications of a certain product. The monitoring of the process through the control charts, is very useful to manage in the improvement of the quality of both the product and the process, being this a visual tool of much help for those who are supervisors, bosses, operators among others interested parties who allow us to have a clear and timely idea of the situation of our processes and the quality of products that are produced for our customers. That is, it allows you to make much better decisions with concrete and real information.

The analysis is based on the development of the determination of the control variables being these defective products, variability of the length of arrow and the variation in the length of the glasses. Where, after the implementation of the statistical control of the process, the results indicate that the process has a better performance where it is possible to reduce the nonconforming products, the variability of the length of the arrow and the variation in length of the glasses, the same ones that are reflected in the control charts presented, the productivity indicator, the level of customer satisfaction and in the results of the indices of process capacity.

Key words: Statistical Process Control, Control Charts and Process Capability

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	7
1.1 Introducción.....	7
1.2 Formulación del problema y justificación del estudio.....	9
1.3 Antecedentes relacionados con el tema	15
1.4 Objetivos generales y específicos.....	21
1.5 Limitaciones del estudio	22
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	23
2.1 Bases teóricas relacionadas con el tema	23
2.2 Definición de términos usados	59
2.3 Hipótesis	62
2.4 Relación entre Variables.....	63
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	64
3.1 Diseño de investigación.....	64
3.2 Población y muestra.....	70
3.3 Técnicas e instrumentos.....	71
3.4 Recolección de datos	73
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	77
4.1 Resultados.....	77
4.2 Análisis de resultados	113
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	151
Conclusiones.....	151
Recomendaciones	160
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	162
ANEXO	165

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Introducción

En las industrias de vidrios templados resulta fundamental la calidad, cuanto al cumplimiento con las exigencias de las normas técnicas internacionales donde están estipuladas las especificaciones respecto al vidrio templado para los productos industriales como son vidrios para tapas de cocinas, refrigeradoras entre otras. Por lo que es de vital necesidad la aplicación del control estadístico de proceso, cuando se trata de entender y conocer el desempeño de los procesos durante el procesamiento.

Así mismo su implementación partió determinando las variables críticas de control que son determinantes en la calidad del producto. Siendo estas variables productos no conformes, longitud de flecha y longitud de los vidrios, las cuales son monitoreadas a lo largo del tiempo cuyos resultados permiten evitar, prevenir que el proceso entregue vidrios fuera de tolerancia.

El desarrollo de la tesis se inicia con el primer capítulo, en este punto se describe la situación problemática de la organización referente a la calidad de los vidrios, se establecen los objetivos de investigación en que se embarca la tesis; por otro lado se da a conocer la importancia del estudio y las limitaciones en que está sujeto el desarrollo de la presente investigación.

En el capítulo dos abordamos las revisiones de los antecedentes de estudios similares al tema de esta tesis, así mismo la base teórica que son necesarios en la implementación; además se presenta un glosario de términos de igual forma se plantea las hipótesis de investigación.

Respecto al capítulo tres se aborda temas concernientes a la metodología de la investigación, donde se parte planteando el diseño de la investigación, detallando lo referente a la población, donde también determinamos el tamaño de la muestra, por

último se explican las técnicas y herramientas de medición que se utilizaron en el levantamiento de la información para su procesamiento y análisis de los datos obtenidos en planta las misma que servirán para demostrar la hipótesis y llegar a las conclusiones del trabajo encaminado en esta tesis.

El capítulo cuatro, es donde se realiza la presentación de los resultados alcanzados respecto al estudio y sus respectivos análisis de cada uno de los objetivos planteados en nuestra línea de investigación, en consecuencia se ha probado las hipótesis del estudio las mismas que corroboran que el control estadístico de la calidad con sus respectivas cartas de control, es una herramienta útil que ayuda en el monitoreo, análisis y la mejora de la calidad durante el procesamiento de los vidrios referente a las variables de control.

Finalizamos registrando las conclusiones y recomendaciones, en este apartado a manera de conclusión referimos lo necesario, útil y práctico que son las cartas de control en el momento de querer monitorear el proceso a lo largo del tiempo las misma que permiten tomar decisiones acertadas en la búsqueda de la mejora continua para estabilizar los procesos y contar con resultados favorables frente a una especificación. Es decir medir para mejorar.

Se sugiere su implementación del control estadístico de proceso en empresas de diferentes rubros que los permitirán diagnosticar y conocer mejor el proceso.

1.2 Formulación del problema y justificación del estudio

La presente investigación basa su estudio en la empresa Corporación Furukawa la cual se dedica al procesamiento de vidrios templados para la arquitectura y para la línea blanca, siendo este último donde se centra el análisis de la investigación. Teniendo como mercado principal a clientes industriales de la ciudad de Lima, llámese empresas que fabrican cocinas, refrigeradoras, congeladoras, etc.

Tanto para el mercado nacional como para la exportación (Países como: Colombia, Ecuador, Venezuela, Bolivia, Panamá, Guatemala, El Salvador y Honduras). Sus principales competidores en vidrio templado para la línea blanca son empresas extranjeras (Fairis de Ecuador)

Actualmente se tiene atrasos en el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial de la empresa Corporación Furukawa, debido a diversos factores, entre ellos la demora excesiva (entre 3 a 5 días), de la fecha de término de la producción planificada, esto es desde que la orden de producción baja a planta hasta que es entregado al área de almacén para su despacho, es así que la empresa maneja plazos de entrega muy largo (30 días) cada orden de compra colocada.

Así mismo también se ve afectado por los continuos reclamos y rechazos por incumplimiento de las características de resistencia al choque mecánico de los vidrios templados para cocinas y refrigeradoras exigidas por la norma respecto a artefactos domésticos. En la actualidad la empresa no tiene implementado el ensayo de resistencia al choque mecánico.

Además el incremento de los niveles de productos no conformes y las reposiciones, siendo los principales defectos que afectan la característica de apariencia de los vidrios templados ya como productos terminados, entre ellos tenemos las ralladuras, quiñaduras, partes sin pulir, rotos en horno entre otros.

De la misma manera los defectos que afectan la funcionalidad cuando estos son ensamblados en los productos del cliente, siendo el más crítico los radios y/o

curvatura de los vidrios templados (Longitud de flecha) y la longitud de los vidrios, cuya medida no cumplen con las especificaciones técnicas exigidas por los clientes.

Las deficiencias descritas anteriormente son el resultado de un proceso de producción que se viene operando sin procedimientos y controles de calidad establecidos y/o estandarizados, generando situaciones de incertidumbre, desconfianza en cuanto a la calidad de los productos.

Así mismo por desconocimiento de las técnicas de control de calidad que han sido probados y se vienen utilizando en empresa que son referentes en el mundo.

La falta de inversión por parte de la empresa en capacitar a su personal tanto operativo como administrativos en el uso y aplicación de las técnicas de control de calidad, o simplemente existe un área de control de calidad sin la atención necesaria en cuanto a las herramientas y recursos que el personal requiere para el desarrollo sus labores diarias en la organización.

Tabla

01:

Tipos de defectos en vidrios templados

Tipos de Defectos - Vidrios Templados			
2014			
Tipo defecto	Cantidad (Unid)	% Defectos	% Acumulado
Rayados	5205	25%	25%
Curvatura	3856	18%	43%
Quiñado	2863	14%	57%
Mal pulido	2494	12%	69%
Rotos en Horno	1955	9%	78%
Sobado	722	3%	82%
Planimetría	648	3%	85%
Logo Defectuoso	520	2%	87%
Manchas de Agua	468	2%	90%
Sin logo	425	2%	92%
Ojos	421	2%	94%
Rotos	413	2%	96%
Manchas	274	1%	97%
Caida del Molde	254	1%	98%
Fallas de Horno	244	1%	99%
Puntos Negros	111	1%	100%
Total	20873	100%	

Fuente: Empresa Corporación Furukawa

Elaboración propia.

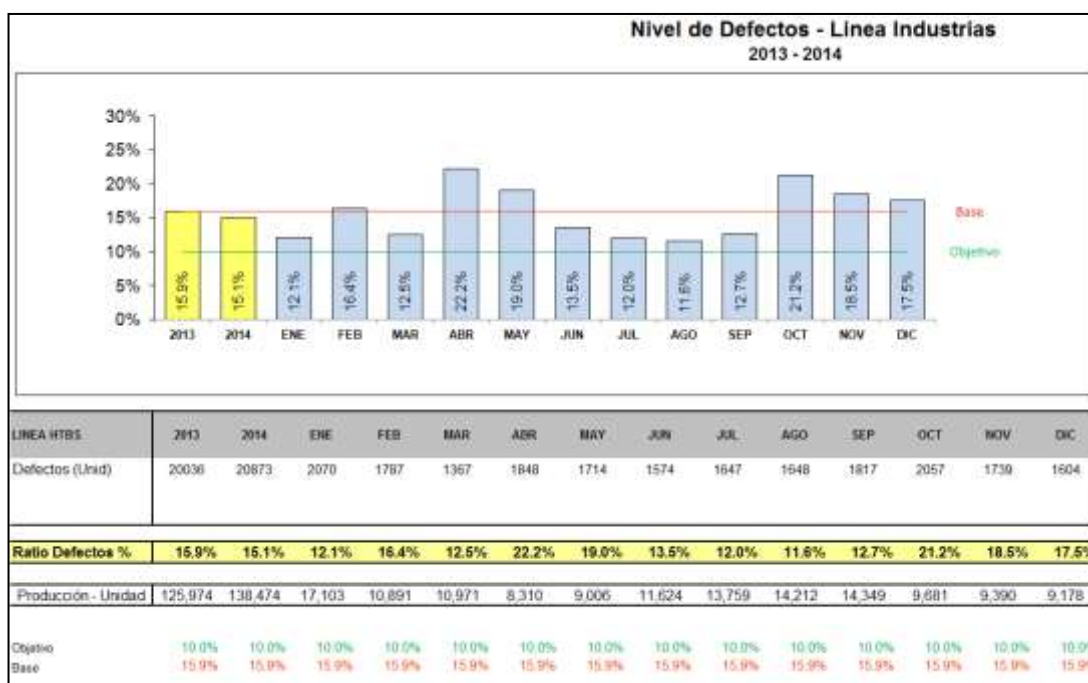
En la Tabla 01 se resaltan los defectos críticos que afectan el proceso de producción de los vidrios templados para cocinas y refrigeradoras.

En la Tabla 02, se observa los niveles de defecto que se originaron en el proceso de producción de los vidrios templados durante el 2014.

Tabla

02:

Niveles de defectos en vidrios templados



Fuente: Empresa Corporación Furukawa
Elaboración propia.

De persistir el problema se verá afectada la satisfacción de los clientes, llevando a reducir los ingresos por ventas, las cuales impactaran en la rentabilidad de la empresa, conllevando a que se cancelen contratos celebrados con la empresa, pérdida de credibilidad e imagen de la organización.

Todo esto hará que los clientes principales dejen de comprar a la organización.

Para evitar que se materialice el escenario descrito, se debe detectar, reducir y eliminar factores que inciden de manera directa en el proceso de producción que afectan la calidad de los productos.

Se debe además optimizar y estandarizar el proceso de producción de la línea industrial, ajustándose a las necesidades propias del proceso que permitan alcanzar productos con un alto grado de confiabilidad en cumplimiento a los patrones exigidas por el cliente y estipulados en las normas técnicas de vidrios de seguridad. Sin embargo la deficiencia en la gestión de la producción origina los problemas que se describen a continuación.

Problema General

¿De qué manera la Aplicación del Control Estadístico de la Calidad, mejorará el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial de la empresa Corporación Furukawa?

Problemas Específicos

- a. ¿De qué manera la aplicación del control estadístico de la calidad, mejorará el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial, a través de la reducción de los niveles de productos no conformes de la empresa Corporación Furukawa?
- b. ¿De qué manera la aplicación del control estadístico de la calidad mejorará el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial, a través de la reducción de la variación en la longitud de la flecha de los vidrios templados de la empresa corporación Furukawa?
- c. ¿De qué manera la aplicación del control estadístico de la calidad mejorará el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial, a través de la reducción de la variabilidad en la longitud de los vidrios templados de la empresa corporación Furukawa?

Justificación del estudio

La importancia de la presente investigación se base en la necesidad de buscar alternativas de mejora en la gestión del proceso de producción, ya que se vienen teniendo, deficiencia en la transformación de vidrios templados de la línea industrial, trayendo como consecuencia altos niveles de productos no conformes, incumplimiento de los estándares exigidos por el cliente y establecidos en la norma técnica de vidrio de seguridad para electrodomésticos.

Por tal motivo se hace necesario implementar la propuesta del control estadístico de la calidad en los procesos de producción de vidrios templados (cocinas, refrigeradoras) de la línea industrial, en consecuencia se alcanzará identificar, reducir y/o eliminar las diferentes causas que afectan el cumplimiento de las características o especificaciones técnicas requeridas por los clientes, por ende asegurar la producción en cantidad, calidad y tiempo de los productos terminados.

Así mismo, se deberá lograr un flujo continuo de la producción, conseguir procesos estables, controlados, estandarizados y confiables que garantizan la calidad del producto. Para lograr el cumplimiento de entregas en cantidad, calidad y tiempo.

El aporte del trabajo ayudará a los dueños del proceso y a los colaboradores tanto operativos como administrativos de la línea industrial a una toma de decisiones con criterios mucho más eficientes frente a situaciones que se presente en el proceso de manera oportuna y certera. Además que permitirá contar con información en tiempo real en cada proceso concerniente a los defectos y los avances de la producción en la línea.

Para la empresa Corporación Furukawa, la satisfacción del cliente es lo primero, de tal forma que la presente investigación aportará para que la organización alcance la credibilidad, confianza y garantía de calidad, apoyados en la calidad de sus procesos para obtener productos de alto grado de confiabilidad, dando este diferencial una buena imagen frente a sus clientes y su entorno.

El cumplimiento de lo anterior permitirá beneficiar a los clientes finales, ya que sus productos tendrán garantía de calidad y una atención oportuna asegurando el cumplimiento de los plazos de entregas y las especificaciones técnicas exigidas.

Como se puede visualizar en el Figura N°1 y Figura N°2 mencionadas anteriormente cuyos resultados justifican la necesidad de llevar a cabo el trabajo de investigación propuesto.

Tendrá una justificación práctica, porque se aplicará en la planta de producción de vidrios templados para electrodomésticos (cocinas, refrigeradores, exhibidoras).

Delimitación del problema

Delimitación espacial. El estudio tiene un ámbito de desarrollo en el rubro de vidrios templados para la línea industrial (cocinas, refrigeradoras, hornos, etc.). Siendo el distrito de Santa Anita del departamento de lima, en la cual está ubicada la planta de producción de la empresa corporación Furukawa, de manera específica en el proceso de producción de la línea blanca, es donde se realiza la investigación respecto a la implementación del control estadístico de la calidad.

Delimitación Temporal.

El interés del estudio tiene un horizonte de tiempo durante los periodos del año 2014 – 2015, en la cual se desarrollara la implementación del control estadístico de la calidad, para su posterior análisis de la información levantada en los periodos mencionados.

1.3 Antecedentes relacionados con el tema

Parrales Risso, Verni; Tamayo Vargas, Juan Carlos. (2012). Diseño de un modelo de gestión estratégico para el mejoramiento de la productividad y calidad aplicado a una planta procesadora de alimentos balanceados. (Tesis inédita de Maestría). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil – Ecuador.

En esta investigación se describen los conceptos del control estadístico de calidad, enfocándose de manera específica en las cartas de control para variables en donde el autor aplica estos conocimientos buscando demostrar la utilidad de dichos conceptos para lo cual enfoca su investigación en analizar los datos de las diferentes características críticas que afectan en un determinado proceso siendo estas variables como la humedad, peso, temperatura, logrando demostrar que el proceso se encuentra fuera de control estadístico y descentrado para ello desarrolla prueba de normalidad, uso de las gráficas de control para variables X-R mediante el uso de software Minitab.

Llegando a la conclusión que el control estadístico de la calidad permite evaluar la capacidad del proceso productivo, así mismo entender la variabilidad de cada operación del proceso y coadyuva a la toma de decisiones respecto a las desviaciones detectadas.

Por otra parte recomienda determinar de manera exhaustiva un estudio de todas las variables del proceso productivo con la finalidad de plantear el cumplimiento de las especificaciones.

Como conclusión diré que el autor solo se limitó a demostrar que el proceso está fuera de control estadístico; pero no plantea soluciones para poder mejorar el proceso, por otro lado también no indica los procedimientos a seguir para analizar los gráficos de control entre ellos podemos citar como el tamaño de la muestra, las pautas, las fórmulas para los cálculos de los límites de control, etc.

Rivera García, Diego. (2011). Cartas de control para datos funcionales. (Tesis inédita de Maestría). Centro de Investigación en Matemáticas, A.C. Guanajuato – México.

El autor ha mencionado a lo largo de este trabajo, que el monitoreo de un proceso de producción permite detectar cuando un proceso se ha salido de control, esto es, identificar en qué punto del proceso las condiciones con las que se trabaja han sufrido cambios provocando anomalías en la producción. Una vez detectadas las señales de fuera de control es posible corregirlas para mantener el proceso bajo control.

Las herramientas tradicionales para el monitoreo de procesos han sido las cartas de control univariadas y multivariadas. Estas cartas son de gran utilidad cuando la característica de calidad se expresa por medio de una o más variables. Por tanto es necesaria la implementación de una herramienta que permita el monitoreo del proceso bajo este esquema.

El análisis del control estadístico de datos, este tipo de análisis ofrece una gran variedad de herramientas para el análisis de grandes conjuntos de datos y por tanto se ha convertido en una valiosa herramienta de análisis que las empresas deberían utilizar.

Silvia Joeques. (2016). Herramientas de monitoreo y control estadístico de atributos en procesos de alta calidad. (Tesis Doctoral en Ciencias de la Ingeniería). Universidad Nacional de Córdoba – Argentina.

El Control Estadístico de Procesos (CEP) sigue desempeñando un rol fundamental en el esfuerzo hacia el mejoramiento continuo. Controlar y/o asegurar la conformidad del producto con las especificaciones en niveles cercanos a cero defectos, requiere de una reevaluación de ciertos procedimientos estadísticos tales como los gráficos de control.

Los gráficos de control constituyen una herramienta de monitoreo de procesos ampliamente utilizada especialmente en la industria. Ellos permiten detectar

desviaciones significativas de las características del proceso debidas a causas asignables. Es común recomendar que cuando se observa una señal de fuera de control, el proceso sea detenido y se investigue esta causa.

A manera de conclusión queda claro que con la aplicación del control estadístico de procesos se logra tener el dominio en la toma de decisiones, de los procesos de diferentes situaciones, sabremos cuando hacer correcciones al mismo, empleando gráficas de control y así también nos daremos cuenta, cuando una causa asignable está afectando el proceso, lo que permitirá que rápidamente se tomen acciones correctivas. Se pudo comprobar que las gráficas de control muestran en todo momento el estado de salud del proceso.

El control estadístico de proceso, sigue siendo una eficaz metodología para asegurar la calidad. Es decir que el estudio realizado por el autor, se comprobó que aplicando la metodología del control estadístico de proceso, se garantiza la producción de en cuanto a calidad y productividad de cada proceso cumpliendo con las de especificaciones técnicas.

Martínez Hinojosa, María Lorena. (2008). Control y mejora del proceso de impresión de litografía en una imprenta. (Tesis Maestría en Administración de la producción).Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador.

El autor concluye haciendo énfasis en que las gráficas de control es de mucha utilidad ya que en su investigación le permitió demostrar que los procesos de producción no se encontraban bajo la influencia de causas especiales, dicha aseveración no fueron tomados en cuenta en estudios anteriores ya que se pensaba que la influencia del operador durante las corridas de la maquina provocaban una variación significativa y que se tenía conceptualizada que eran las clavijas de la máquina.

Sin embargo dicha afirmación se rectificó al clasificar los valores de la densidad de la tinta en subgrupos racionales por corridas y por lo tanto el operador no influye como causa especial dentro del proceso de impresión.

Así mismo concluye que el análisis de capacidad de los procesos, demostrando claramente que a pesar que los valores de los cuatro colores se encontraban bajo control estadístico; estos no son capaces de cumplir con las especificaciones lo que se convierte en impresiones defectuosas. Logrando detectar que a mayor densidad de la pintura, la capacidad del proceso disminuye, también se demostró que la falta de capacidad del proceso se debe a una mala formulación de la solución fuerte.

El autor en su investigación logra demostrar que el control estadístico de la calidad es una herramienta que ayuda muchísimo en el trabajo diario en los procesos de producción permitiendo que el operador de máquina, supervisores tomen decisiones con mayor criterio frente a una serie de situaciones dándoles una visión clara de lo que viene ocurriendo.

Así mismo el análisis de las gráficas de control sirve para identificar causas que originan los diversos defectos propios del proceso, también sirven como guía para el desarrollo de las labores y para dar pie a muchas otras investigaciones.

Mendoza Tenorio, Gustavo. (2008). Propuesta de aplicación de técnicas estadísticas para la mejora en el desempeño de los procesos de la terminal de almacenamiento y distribución satélite sur de la gerencia comercial Valle de México. (Tesis Maestría en Calidad). Universidad La Salle – México.

Con la aplicación del control estadístico del proceso, aseguramos una reducción de aquella variabilidad existente en el proceso, además de poder observar el comportamiento y variabilidad de dicho proceso.

Si la terminal tiene un compromiso y cultura para el uso y buen desarrollo del control estadístico del proceso, se tendrá la capacidad de identificar aquellos cambios e irregularidades que provoquen un producto o servicio con tendencia a estar fuera de especificación.

Al analizar la capacidad del proceso, se está preparado para cumplir con los requisitos especificados por el cliente o clientes. Y esto da como resultado la mejora del proceso en cuanto a su eficacia y hasta lograr la eficiencia.

También este estudio proporciona los elementos para recopilar datos y aun indica la importancia de analizar la información capturada por el proceso. Así como poder validar o verificar la aceptabilidad de los dispositivos de medición, a fin de asegurar la confianza en los datos capturados.

Aguirre Alvarado, Ana María. (2010). Aplicación de metodología seis sigma para mejorar la capacidad de proceso de la variable nivelación vertical en la aplicación de pintura (fondos) de una ensambladora de Vehículos. (Tesis Maestría en Ingeniería Industrial). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá – Colombia.

Se concluye la investigación habiendo logrado mejorar el indicador de capacidad de proceso de la variable definida como nivelación vertical del fondo aplicado en la ensambladora. Alcanzando el resultado de un Cpk de 0.52 a 0.94 aplicando el ciclo DMAIC de la metodología Seis Sigma. Proponiendo cambios para cada una de las entradas vitales del proceso. De la misma manera se logró reducir la desviación estándar de 0.59 a 0.37 lo que evidencia una reducción significativa en la variación del proceso.

A manera de conclusión, en la investigación se abordan temas de control estadístico de proceso que también son el camino de inicio para llegar a la metodología seis sigma, por lo tanto queda demostrado que los procesos visto desde una visión o pensamiento estadístico se útil para lograr reducir la variabilidad y alcanzar desviaciones muy pequeñas que ayudan a tener un proceso mucho más estable y capaz de cumplir con las especificaciones requeridas por el cliente y ser competitivos frente a la competencia.

Lobo Mezquita, Lúgia. (2012). Mejoras en los procesos productivos de una fábrica de calzados con el uso de las herramientas de la calidad de la escuela japonesa. (Tesis Maestría en Calidad Industrial). Universidad Nacional de San Martín – Buenos Aires Argentina.

El autor, a lo largo de su trabajo de investigación toma como referencia las herramientas de la calidad, con la cual llego a mejorar y/o reducir los índices de rechazo y logro incrementar la capacidad en la producción, de la misma manera alcanza la reducción de los índices de ausentismo que en un principio no eran

favorables dichos ratios, esto explica la importancia y la necesidad de comprender, conocer y aplicar los conceptos de calidad por medio de las mediciones de las características de calidad, a partir de la cual surgen oportunidades de mejora en los procesos que permite alcanzar un mejor desempeño en cuanto a la calidad y la toma de decisiones tiende a ser oportuna, certera y tener mejor criterio para evaluar una determinada anomalía que afecta el normal desarrollo del proceso productivo.

Por otra parte menciona que la capacitación al personal es una labor delicada y de mucha paciencia, pero es vital para dar inicio a cualquier implementación en las empresas, esto tiene su explicación en que cada persona es diferente en actitud y pensamiento frente a una situación, por ello concluye diciendo que fue una labor muy intensivo para lograr el entendimiento y aplicación de las herramientas como las filosofía de las 5s, kanban, kaisen y la motivación.

A manera de conclusión respecto a la investigación, el autor logró cumplir sus objetivos de implementación del sistema de gestión de la calidad buscando identificar y monitorear causas que afecta sus procesos mediante el uso de herramientas sugeridas por los pioneros de la calidad, las misma que permiten entender mejor una problemática para abordar mejor los proyectos que nos permite dar soluciones oportuna y con mayor criterio frente a cualquier dificultad. Así mismo la capacitación del personal es clave para lograr éxito en los proyectos de investigación.

1.4 Objetivos generales y específicos

Objetivo general

Aplicar el Control Estadístico de Calidad, para mejorar la producción de vidrios templados de la línea Industrial en la empresa Corporación Furukawa.

Objetivos específicos

- a. Mejorar el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial de la empresa Corporación Furukawa, a través de la reducción de los niveles de productos no conformes, aplicando cartas de control para atributos del control estadística de calidad.
- b. Mejorar el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial de la empresa Corporación Furukawa, a través de la reducción de los niveles de variación en la longitud de la flecha de los vidrios curvos, aplicando cartas de control para variables del control estadístico de calidad.
- c. Mejorar el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial de la empresa Corporación Furukawa, a través de la reducción de los niveles de variabilidad en la longitud de los vidrios, aplicando cartas de control para variables del control estadístico de calidad.

1.5 Limitaciones del estudio

El presente estudio se realizará en la empresa Corporación Furukawa, específicamente se centra en la línea industrial de vidrios templados para cocinas, refrigeradores, exhibidoras. Es decir en la planta de producción ubicada en el distrito de Santa Anita.

La investigación estará enmarcada a desarrollarse en los años 2014 y 2015, de igual manera el levantamiento de información será en los años mencionados, puesto que no se cuenta con información confiable y detallada de los años anteriores.

La disposición de la maquina será de tan solo 45 minutos diarios aprovechando las horas improductivas por refrigerios para realizar las pruebas de templado debido a que dicho proceso es un cuello de botella en la fábrica. Así mismo la materia prima que se utiliza son vidrios crudos que tienen algún defecto, las cuales se tienen que acumular a veces varios días para completar cargas y procesar en el horno de templado.

Las Horas de Capacitación del personal operativo, para el levantamiento de información serán una limitante, debido a que se realizaran en un lapso de tiempo como máximo igual a 15 a 20 minutos semanales aprobadas por la gerencia de producción con el afán de no perjudicar con los avances de la producción.

La calibración de la maquinas que requieren de técnicos especialista del exterior del país será una limitante, ya que contratarlos implica costos altos y tiempos muy prolongados para atender a la máquina. La empresa tiene por política que fallas muy delicadas o complejas lo solucionan los mismo proveedores de las maquinas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Bases teóricas relacionadas con el tema

Para comprender las técnicas del control estadístico de la calidad partiremos con el estudio de los fundamentos más necesarios de la estadística, que describimos a continuación.

Estadística: La ciencia que trata de la recolección, tabulación, análisis, interpretación y presentación de datos cuantitativos. Cuenta con dos fases la estadística descriptiva y la inductiva.

La estadística descriptiva o deductiva, se utiliza para describir y analizar un determinado sujeto y/o grupo.

La estadística inductiva, su análisis parte de contar con una cantidad limitada de datos conocida como muestra, siendo esta representativa de una población en estudio, sin embargo no se puede afirmar la certidumbre de manera absoluta por lo que se maneja el concepto de probabilidad.

La recolección de datos: Los datos que se recolectan pueden ser por observación directa o indirecta en caso de la observación indirecta se pueden obtener los datos mediante preguntas escritas o verbales. Para los fines de analizar la calidad se reúnen datos a partir de la observación directa. Clasificándose en variables o atributos,

La variables, son características de la calidad que se pueden medir (longitud, temperatura, peso, etc.). Los atributos, son características de la calidad como conformes o no conformes, que responde a la pregunta “pasa o no pasa”. (Besterfield, 2009, págs. 118,119).

Las medidas de tendencia central:

Entre las medidas de tendencia central que utiliza la estadística y que es de gran utilidad en el desarrollo del control de calidad se define de la siguiente manera.

Es el valor numérico, que describe la posición central de los datos o la forma en que los datos tienden a acumularse al centro. Estos se clasifican en: promedio, mediana y la moda.

El promedio, es la suma de las observaciones divididas entre la cantidad de observaciones realizadas. Teniendo tres técnicas para realizar los cálculos, entre estos son: datos no agrupados, datos agrupados y promedio ponderados.

Datos no agrupados: Esta técnica es para datos que no están organizados, se define por la fórmula:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Datos agrupados: Técnica que se utilizan para datos que se han ordenado en una distribución de frecuencia, cuya fórmula está definida:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i X_i}{n}$$

Promedio ponderado: Técnica que utiliza varios promedios con diferentes frecuencias, Cuya fórmula está determinada:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i X_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

(Besterfield, 2009, págs. 136 -138)

El promedio es una medida central necesaria para determinar la media del proceso y a partir de ello permite el cálculo de los límites de control para ser luego

graficados en las cartas de control estadístico de la calidad. Partiendo de la base de datos de los resultados obtenidos cada día en la planta de producción.

Las medidas de dispersión:

Estas medidas también son aplicables en el control estadístico de calidad mediante el cual entender la dispersión de la data o resultados de las variables en estudio de un determinado proceso. Que según el autor se define como sigue.

Describen la forma en que los datos se extienden o dispersan a cada lado del valor central, las medidas de dispersión que se utilizan en el desarrollo del control estadístico de la calidad son el rango, la desviación estándar y la varianza.

A continuación conceptualizamos dos medidas de dispersión que son necesarios para analizar los resultados de las variables críticas definidas para su respectivo control diario mediante lo cual permitirá entender el proceso y sus variaciones respecto a la calidad de los productos.

Rango (recorrido o intervalo), es la diferencia entre los valores observados; es decir es la diferencia entre el valor mayor y el valor menor de los datos obtenidos, es utilizado en la gráfica de control de media y rango, es valiosa para datos muy pequeñas; sin embargo a medida que aumenta la cantidad de observaciones la exactitud del rango bajo, debido a que es fácil que hayan valores muy bajos o muy altos, “por lo tanto se sugiere limitar el uso de esta medida de dispersión a un máximo de 10 observaciones”. Se expresa con la fórmula:

$$\mathcal{R} = \mathcal{X}_h - \mathcal{X}_i$$

Desviación Estándar, es un valor numérico que permite medir la tendencia con mayor precisión de la dispersión de los datos. “Implica que a menor desviación mejor será la calidad”, es decir se debe utilizar

cuando en las observaciones hay datos con valores extremos muy altos o bajos. Se define la fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

(Besterfield, 2009, págs. 143,148)

Población y Muestra:

Los estudios estadísticos están enfocados a conocer y/o tomar decisiones acerca de una población o universo. A partir de una determinada muestra.

Población, es la colección completa de las mediciones. Es decir pueden estar formados por la totalidad de individuos, objetos o medidas de interés de un determinado estudio.

Las poblaciones se clasifican en finitas o infinitas. Si es finita y pequeña es posible medir todos los individuos para tener un conocimiento “exacto” de las características (parámetros) de esa población. En cambio, si la población es infinita o grande es imposible e incosteable medir a todos los individuos, en este caso es preciso sacar una muestra representativa de dicha población. (Gutiérrez Pulido, 2013, pág. 64)

Desde otro punto de vista se conceptualiza a la población como:

La población, queda definida de forma diferente dependiendo del caso en particular, puede ser la población de una hora de producción, de una producción anual, 5000 piezas, los clientes de una empresa, etc. de las cuales se quiere saber si estos están cumpliendo las características de calidad requerida. (Besterfield, 2009, pág. 152)

Entonces la población es el conjunto de todos los individuos en estudio que pueden tener la misma probabilidad a ser elegidos para ser parte de la muestra representativa, en caso que la población es finita la muestra es el total de las

mismas, entendiéndose también que la población depende de un caso en particular. Es decir del contexto que se quiere analizar ó estudiar.

Muestra, representan a la población de manera que se toman muestras, cuando es imposible de medir el total de la población cuando es muy costoso observar el 100% de los datos, cuando las pruebas son destructivas, son muy peligrosas, etc. “Se ha demostrado que la inspección al 100% manual no es exacto como muestrear”. (Gutiérrez Pulido, 2013, pág. 64).

Control Estadístico de la Calidad

El control estadístico de la calidad, un concepto muy manejado en las industrias de Japón gracias a la difusión y aplicación del Dr. Deming en la mejora de la calidad en los procesos productivos.

Puede definirse como el conjunto de actividades de control de la calidad que utilizan técnicas estadísticas, como se sabe que los primeros conceptos fundamentales del control estadístico de la calidad fueron expuestos por W.E. Shewhart en 1924 y quedando establecida una buena parte de la terminología en 1930 por Shewhart en 1930 que hasta hoy en día es habitual utilizarlos.

Las técnicas de la estadística fueron utilizadas por el Dr. Shewhart hace varios años entendiendo que los resultados de los procesos de producción tenían variaciones que no se comportan de una misma forma. Es decir que no siempre grafican una curva de distribución normal.

Shewhart creó la base para el gráfico de control y el concepto del control estadístico durante experimentos diseñados cuidadosamente. El Dr. Shewhart se basaba en teorías matemáticas y estadísticas puras, descubre que los datos derivados de procesos físicos raramente producen una "curva de distribución normal" (una distribución gaussiana, también llamada "curva en campana"). Descubrió que las variaciones en los datos

de producción no se comportan siempre de la misma manera que en la naturaleza.

El Dr. Shewhart concluyó que mientras cada proceso muestra una variación, algunos procesos muestran variaciones controladas naturales dentro del proceso (causas comunes de variación), mientras otros muestran variaciones descontroladas que no están siempre presentes en el proceso (causa asignable).

En el intento de encontrar sistemas más económicos para controlar la calidad, se desarrolló el Control Estadístico de la Calidad. En este método se aplican conceptos estadísticos para analizar y controlar la calidad en los procesos de transformación permitiendo examinar un número reducido de piezas en una *muestra significativa de un lote*, en lugar de tener que inspeccionar el total de la producción.

Shewhart hace énfasis en la medición de la calidad y ofrece un concepto pragmático de la misma al indicar que “la medida de la calidad es cuantitativa y puede tomar diversos valores, dicho en otras palabras, la calidad sin importar cuál sea su medición y definición, siempre será una variable”, este concepto está orientado al control estadístico de la calidad.

La primera definición de proceso en estado de control (Shewhart 1931): Diremos que un fenómeno está controlado cuando, a través de la experiencia anterior, se puede predecir que por lo menos los resultados caerán dentro de los límites, es decir podemos establecer aproximadamente la probabilidad de que el fenómeno observado caiga dentro de los límites dados.

Shewhart entendía la calidad como un problema de variación que puede ser controlado y prevenido mediante la eliminación a tiempo de las causas que lo provocaban, de tal forma que la producción pudiese cumplir con la tolerancia de especificación de su diseño. Para lograr este

objetivo ideó las gráficas de control, que es un tema que será explicado posteriormente.

La aproximación clásica del control estadístico de la calidad se basa en una distinción fundamental que contempla dos niveles de variabilidad:

- Variabilidad controlada, se dice que está en estado de control, cuando la variabilidad era consecuencia de la actuación de unas causas y no son fáciles de detectar o identificar (causas aleatoria).
- Variabilidad no controlada, se debe a otro tipo de causas, cuyas actuación es esporádica (causas asignables).

El Dr. Shewhart llega a la conclusión que la calidad es un problema de variación, pero que esa variabilidad pueden ser controlada o no controlada a lo que llamo causas aleatorias que son propios del proceso y variación no controlada definió como causas asignables que hacen su aparición de manera esporádica por.

Deming que trabajo con Shewhart, reformula los conceptos de *causas aleatoria* y *causa asignable*, insistiendo en la delimitación de responsabilidades en la actuación frente a las causas de variabilidad, aplica sus análisis a los procesos en general considerando las causas de Shewhart a los que define como *causas comunes* y *causas especiales*.

Para Deming define a las causas comunes que son parte del sistema o consecuencias de la gestión, es decir es responsabilidad de los gestores. Por el contrario las causas especiales no son parte del sistema sino que es el resultado de la actuación de agentes que se tiene que identificar y combatir, es decir es responsabilidad de los trabajadores o de los encargados del proceso y las gráficas de control son las herramientas para detectarlos o identificarlos.

Deming profundiza las ideas de Shewhart llevándolos al campo de la gestión en todas las actividades que se desarrolla el ser humano, en otras palabras llevándolo más allá del proceso de producción propiamente dicha.

(Griful Ponsati, 2010, págs. 50,51,52).

Primeras Ideas sobre los Gráficos de Control:

Las primeras graficas de control fueron diseñadas e introducidas por el Dr. Walter Shewhart en el año de 1930, permaneciendo a través del tiempo hasta nuestros días, siendo una herramienta muy útil en el control de calidad que ayuda en el monitoreo de los procesos.

Las gráficas de control es la herramienta básica del control estadístico de la calidad. Su empleo permite comparar los datos de un indicador de un determinado proceso con unos límites fijados a partir de los estudios de la variabilidad del proceso o de requisitos previamente establecidos. En una gráfica de control se representa los valores, calculado a partir de las observaciones recogidas del proceso a lo largo de un periodo de tiempo.

En las gráficas de control, los puntos representan los valores del estadístico correspondiente las cuales son unidas por una línea quebrada, del mismo modo se grafican tres líneas horizontales que permiten la interpretación de los resultados plasmadas en la gráfica. La línea central: Es la línea central asociada al valor medio del estadístico utilizado.

Los límites de control: son las líneas superior e inferior, situados en ambos lados de la línea central de manera equidistantes de la línea central.

Los límites de Control:

Son valores que se grafican en forma horizontal a través del tiempo, donde marcan la pauta en la prevención de la anomalías que pueden estar ocurriendo en el proceso y que a partir ello podemos entender e identificar las causas que generan variabilidad y poder direccionar a la mejora continua.

Los límites de control son valores con los se comparan los estadísticos, cuyo seguimiento se realiza en la gráfica de control. Dicha comparación puede tener dos fines distintos como describimos a continuación:

Un primer fin es proporcionar un criterio de advertencia para intervenir en un proceso o en los procesos, para corregir el funcionamiento de los mismos.

Por tal motivo se deben de definir o establecer de antemano los límites de control, de forma que se van monitoreando cada punto de la gráfica y visualizando en qué posición se encuentran respecto a los límites establecidos o prefijados.

Es decir los límites prefijados se establecen a partir de los datos anteriores sean de estudios previos o de otras gráficas, entender que no solo es el resultado de un análisis; sino que representa un compromiso entre la variabilidad observada en el proceso y los requisitos establecidos.

El segundo fin que tiene las gráficas de control sirve para juzgar si el proceso está en estado de control estadístico, en este caso los límites se calculan a partir de los propios datos observados. Entonces se habla de límites calculados.

¿Se puede usar un gráfica prefijada como instructivo de trabajo?, si porque permite tomar decisiones de cuando intervenir en el proceso; pero cuando el proceso haya alcanzado el estado de control estadístico luego de un estudio previo.

Bajo estas condiciones un punto fuera de los límites implicará intervenir para identificar la causa de la aparición de ese punto, realizar ajustes en el proceso y/o interrumpir el proceso.

Según lo establecido en los procedimientos de trabajo, así mismo para intervenir el proceso es necesario que al ser establecido los límites de control se debe tener en cuenta la variabilidad natural del proceso.

Mientras que las gráficas de control con límites calculados, son una herramienta del análisis de procesos y normalmente se construye con el fin de analizar el comportamiento del proceso, ver cuál es su variabilidad. Su objetivo es verificar el estado de control estadístico y la capacidad del proceso.

Pautas en una gráfica de control:

Las pautas son patrones de comportamiento del proceso que nos permite comprender las tendencias que se grafican que nos conlleva a tener las posibles causas que están contribuyendo en la estabilidad del proceso.

Además que se verifican los puntos de los límites de control, es necesario examinar si aparecen ciertas pautas en los gráficos de control, sea cual fuera la pauta que podamos visualizar en la gráfica será un síntoma de la actuación de una causa que nos interesa identificar. Las tendencias, comportamiento cíclico y las ráfagas.

Una pauta de tendencia en un proceso, será cuando una serie de puntos interrumpidos de la gráfica se muestra de manera ascendente o descendente.

Una pauta de comportamiento cíclico de un proceso, se da cuando se va repitiendo a intervalos de tiempos más o menos regulares.

Así mismo también no solo los puntos que estén fuera de los límites son indicadores que hay un comportamiento irregular en el proceso, sino que también se deben de analizar los puntos que se encuentran dentro de los límites para ello el autor, plantea alternativas de evaluación partiendo del manual clásico de Western Electric, utilizados en las industrias de los estados Unidos como reglas de Western Electric y las reglas que se basan en la división de las mitades superior e inferior de la banda de las gráficas de control en tres zonas conocidas como “A, B, C” delimitadas

por líneas horizontales a distancias 3σ , 2σ y 1σ a partir de la línea central.

Figura 01: (Griful Ponsati, 2010, págs. 97 - 100)

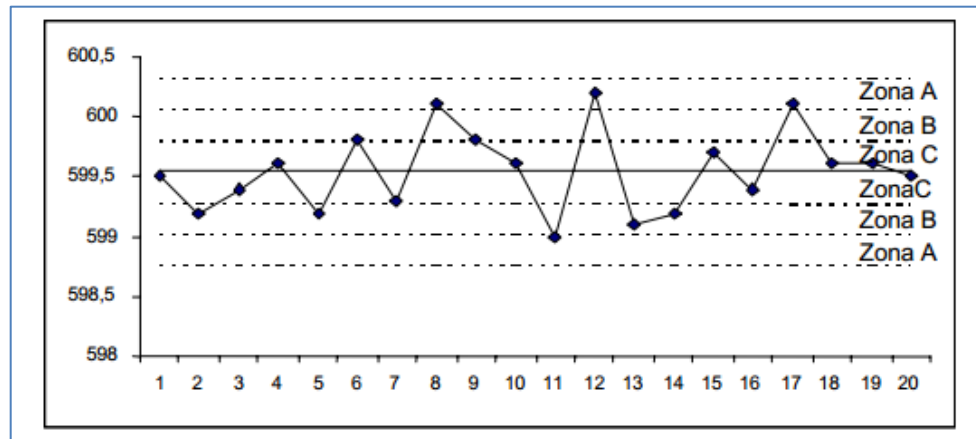


Figura 01: Reglas de la división de las zonas en las gráficas de control

Fuente: Gestión de la calidad Eulalia Griful Ponsati, Miguel Canela 2da edición - 2010

Las reglas de Western Electric. Los procesos que están fuera de control estadístico, se manifiestan bajo las siguientes condiciones:

- Cuando un punto cae lejos de la línea de 3σ , es decir fuera de la zona A
- Dos de tres puntos consecutivos caen lejos de 2σ , es decir en la zona A
- Cuatro de cinco puntos consecutivos caen lejos de la línea 1σ , es decir zona B
- Ocho puntos consecutivos caen en la misma mitad del gráfico, es decir en la zona C

Las pautas también se describen desde el análisis hecho en otras organizaciones, todos con el objetivo en común de entender el comportamiento de sus procesos y que estas tendencias marquen las pautas para tomar decisiones respecto a mejorar el proceso y que tenga un impacto directo en la calidad de los productos.

Otras reglas similares a la de Western Electric han sido adoptadas por distintas organizaciones como son:

Las reglas de Ford con aplicación hacia sus proveedores y dentro de la organización para ellos un proceso fuera de control estadístico es cuando:

- Los puntos que se encuentran fuera de las líneas de 3sigma.
- Una tendencia de 7 o más puntos, es decir puntos consecutivos.
- 2/3 de los puntos de la gráfica caen en la zona C

Las reglas de SAS (instituto fabricante de software estadístico), quienes interpretan que el proceso no se encuentran en estado de control estadístico cuando:

- Nueve o más puntos consecutivos en la zona C
- Una tendencia de 6 o más puntos en la gráfica de control
- Catorce o más puntos alternados encima y debajo de la línea central
- Dos puntos de tres seguidos en la zona A
- Cuatro de cinco puntos seguidos en la zona C
- Ocho puntos seguidos fuera de la zona C

La regla de AFNOR, es una organización francesa de normalización quienes recomiendan las siguientes pautas:

- Dos de tres puntos seguidos entre los límites de control y los de vigilancia,(Zona B)
- Una tendencia de nueve puntos o mas
- Una racha de 9 o más puntos.

(Griful Ponsati, 2010, págs. 103,104)

Capacidad de un Proceso:

Mediante el análisis de la capacidad de proceso, se tiene la certeza de que si el proceso es capaz de lograr el cumplimiento de las especificaciones técnicas que requiere un determinado producto, siendo un indicativo que permite conocer las desviaciones del proceso.

El objetivo del estudio de capacidad es verificar que un proceso es capaz respecto a un cierto requisito que se refiere a un indicador. A partir de las gráficas de control que son una herramienta sencilla y útil para el

seguimiento de la variabilidad del proceso a lo largo del tiempo, por lo tanto para analizar la capacidad de un determinado proceso, este debe hallarse en un estado de control estadístico, así mismo el análisis de capacidad ofrece frecuentemente la reducción de la variabilidad, como consecuencia de la identificación de algunos factores que pueden eliminarse.

Es decir que las pautas que rigen la variabilidad deben ser conocidas y permanecer estables. Sin embargo un proceso bajo control estadístico puede no ser capaz, respecto a las especificaciones o requerimientos de un cliente y podría ser capaz de ajustarse para exigencias de otros usuarios. También puede ocurrir que el proceso cumpla habitualmente con las especificaciones, sin estar bajo control estadístico.

(Griful Ponsati, 2010, pág. 105)

También se definir la capacidad de proceso de la siguiente manera.

La capacidad del proceso se refiere a la uniformidad del mismo. Es definida de manera estandarizada por el valor de 6σ , asumiendo una distribución de probabilidad Normal. La razón esencial del análisis de la capacidad de proceso es definir la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones dadas. Su análisis nos permite:

- Predecir la variabilidad a la que el proceso se exhibirá.
- Elegir procesos y equipos que se ajusten mejor a las especificaciones.
- Planear la interrelación de los procesos secuenciales.
- Proveer una base cuantificada para programas de reajuste y mantenimiento.
- Evaluar teorías acerca de las causas de los defectos existentes.

En la concepción de Western Electric el análisis de capacidad de proceso es una fase del control estadístico de la calidad, en la cual se realiza el seguimiento de un determinado proceso mediante gráficas de control

buscando o intentando eliminar las causas asignables para llevar el proceso al estado de control estadístico obtenidos en el estudio de capacidad, se utilizan gráficos de control con límites fijos para el control de la producción por los operarios.

Capacidad y Tolerancia del Proceso, La capacidad del proceso es igual a 6σ y a la diferencia entre las especificaciones se llama tolerancia, para establecer tolerancias es necesario tener en cuenta la capacidad del proceso y no llegar a tener situaciones indeseables. Por tal motivo se pueden presentar tres casos: (Besterfield, 2009, pág. 220)

A continuación la capacidad de proceso se puede manifestar o presentarse en tres situaciones diferentes como se muestran a continuación.

Caso I: En esta situación la capacidad del proceso (6σ) es menor que la tolerancia, es el más conveniente. (Figura 02)

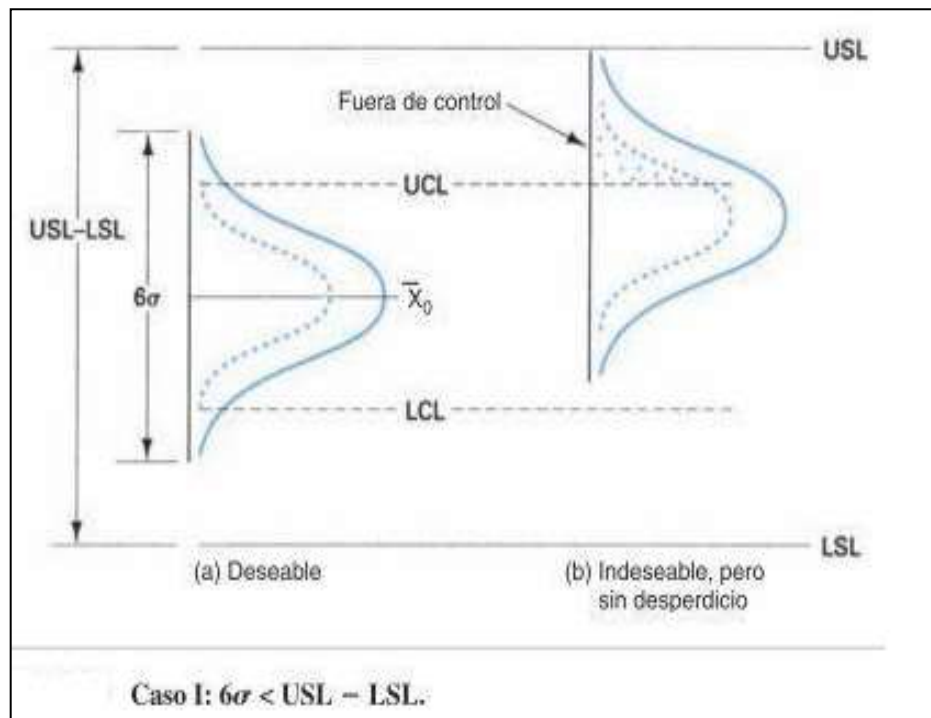


Figura 02: Caso I, capacidad de proceso $6\sigma < LCS - LCI$

Fuente: Control de calidad Besterfield, octava edición – 2009

Caso II: En esta situación es donde la capacidad del proceso (6σ) es igual a la tolerancia. (Figura 03)

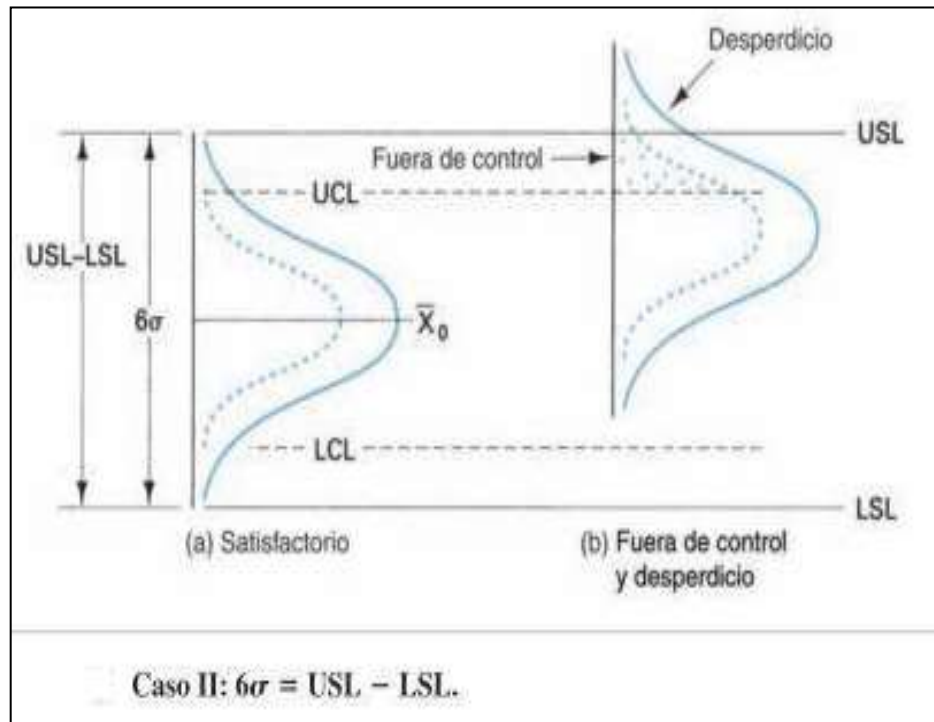


Figura 03: Caso II, capacidad de proceso $6\sigma = LCS - LCI$

Fuente: Control de calidad Besterfield, octava edición – 2009

Caso III: En este caso la capacidad del proceso es mayor que la tolerancia, en la cual se presenta una situación indeseable. (Figura 04)

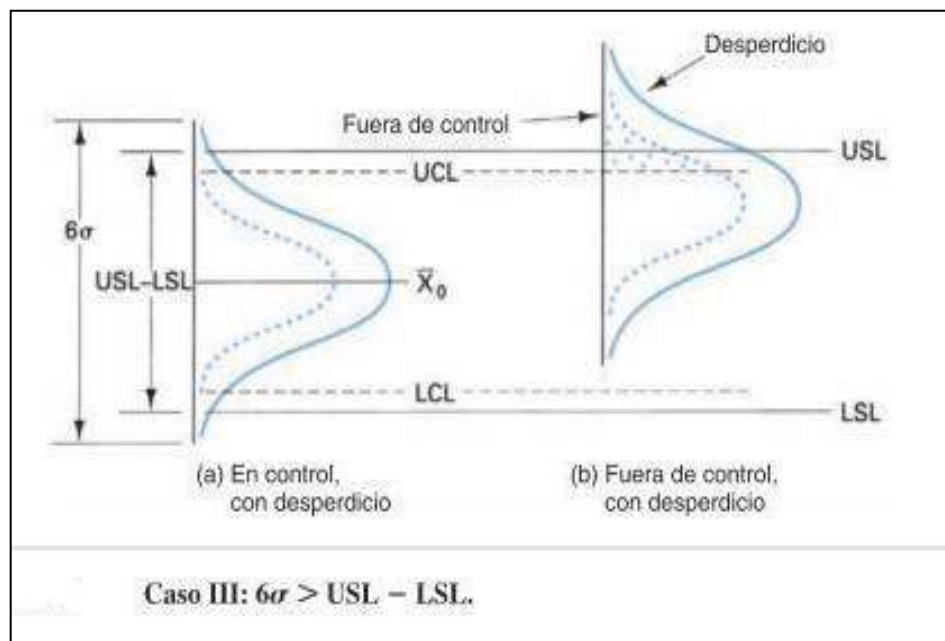


Figura 04: Caso III, capacidad de proceso $6\sigma > LCS - LCI$

Fuente: Control de calidad Besterfield, octava edición – 2009

Índices de Capacidad (Cp):

El índice de capacidad potencial del proceso (Cp), Cuyo resultado indica que el proceso es considerado potencialmente capaz de cumplir con las especificaciones, para lo cual la variación real (6σ) siempre debe ser menor que la variación tolerada (USL – LSL) donde sigma representa la desviación estándar, mientras que USL y LSL son especificaciones superior e inferior de la característica de calidad. De esto las organizaciones consideran que un índice de capacidad igual a 1.33 es una norma facta y siendo deseables valores mayores de 2.0. (Ver Tabla 03)

También se conceptualiza que cuanto mayor sea el índice de capacidad, la calidad es mejor. Se define de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{(USL - LSL)}{6\sigma}$$

Donde:

C_p = índice de capacidad

USL – LSL = especificación superior – especificación inferior o tolerancia

6σ = capacidad del proceso

Los resultados del índice de capacidad en comparación a los casos se interpretan de la siguiente manera:

$C_p > 1.00$ entonces se trata de caso I, es decir el proceso es deseable

$C_p = 1.00$ entonces se trata de caso II,

$C_p < 1.00$ entonces se trata de caso III, es decir el proceso es indeseable.

(Besterfield, 2009, págs. 221,222)

Interpretación de valores del índice Cp.

Valores del C_p y su interpretación.		
VALOR DEL ÍNDICE C_p	CLASE O CATEGORÍA DEL PROCESO	DECISIÓN (SI EL PROCESO ESTÁ CENTRADO)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$C_p > 1.33$	1	Adecuado.
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Fuente y elaboración: Control estadístico de la calidad y seis sigma Humberto Gutiérrez Pulido 3ra edición – 2013

Índice de Capacidad Real del Proceso (Cpk):

Es considerado como un ajuste del índice Cp para tomar en cuenta el centrado del proceso.

- El índice Cpk siempre será menor o igual que el índice Cp, cuando son muy próximos eso indica que la medida del proceso está muy cerca al punto medio de las especificaciones.
- Si el valor del índice Cpk es muy pequeño en comparación al Cp, significa que la medida del proceso está alejado del centro de las especificaciones.
- Cuando el valor de Cpk es mayor que 1.25 en un proceso ya existente se considera que el proceso tiene capacidad satisfactoria.
- Si el valor Cpk es igual a cero o negativo indica que la media del proceso está fuera de las especificaciones. En términos generales indican una capacidad no satisfactoria.

El índice de capacidad real del proceso, se define de la siguiente manera:

$$C_{pk} = \frac{\text{Min}\{(USL - \bar{x}) \text{ o } (\bar{x} - LSL)\}}{3\sigma}$$

Los resultados de los índices Cp y Cpk indican las siguientes condiciones:

- El valor de Cp no cambian cuando cambia el centro del proceso.
- Cp < 1.00 indica que el proceso no es capaz
- El proceso está centrado, cuando Cp = Cpk
- El índice Cpk siempre será igual o menor a Cp
- Un valor de Cpk = 1.00, es una norma o estándar de facto. Indica que el proceso está alcanzando las especificaciones de manera satisfactoria.
- Un valor de Cpk < 1.00. Indica que el proceso no está alcanzando las especificaciones de manera satisfactoria.
- Cpk = 0 indica que el promedio es igual a uno de los límites de las especificaciones
- Cpk negativo indica que el promedio está fuera de las especificaciones.

(Besterfield, 2009, págs. 229,230)

Gráficas de Control

Las gráficas de control son representaciones graficas de los valores de una característica resultado de un proceso, que permite identificar la aparición de las causas especiales en el mismo.

Un gráfico de control es una herramienta de gestión basada en métodos estadísticos utilizada para evaluar la estabilidad de un proceso. De acuerdo con Roth (1990) “es un gráfico que contiene una línea central, un límite de control superior y un límite de control inferior. La línea central representa el promedio del proceso. Los límites superior e inferior representan los extremos de aceptabilidad en torno al mencionado promedio. En el eje horizontal se representa el tiempo en el que fueron obtenidas las muestras y en el eje vertical se representan los valores de esas muestras”.

Las cartas o gráficas de control, permiten obtener un mejor conocimiento del comportamiento del proceso a través del tiempo, ya que en ellas se transcriben tanto la tendencia central del proceso, como la amplitud de su desviación, (variabilidad). Una gráfica de control permite discernir entre los dos tipos de variación que pueden presentarse en un proceso como son:

- Variación debido a causas comunes o inherentes:
Es la variabilidad natural en cualquier proceso de producción, no importa que tan bien planeado esté.
- Variación debido a causas especiales o atribuibles,
Estas son causadas por máquinas, errores de operadores o materiales defectuosos, mal mantenimiento, longevidad del equipo y otros. Esta variabilidad es muy grande en relación con la variabilidad natural.

Utilización y funcionamiento de los gráficos de control

Los gráficos de control sirven para monitorear las características de productos como también la marcha de procesos rutinarios o repetitivos. De acuerdo con Roth (1990) el rol e importancia de las gráficas de control en varias actividades relacionadas con procesos son señaladas a continuación:

- a) *En el Control de Proceso:* las gráficas de control de variables se usan para detectar cambios en el centro del proceso o variabilidad del proceso y desencadenar acciones correctivas, además de mantener o restaurar la estabilidad en el proceso.
- b) *En el Análisis de Capacidad del Proceso:* si el proceso es estable, la información de las gráficas de control deberá ser utilizada subsecuentemente para estimar la capacidad del proceso.
- c) *En el Análisis del Sistema de Medición:* en la incorporación de límites de control que reflejan la variabilidad inherente del sistema de medición, la gráfica de control muestra además que el sistema de medición es capaz de detectar la variabilidad del proceso o producto de interés. Las gráficas de control pueden ser usadas también para vigilar las mediciones del mismo proceso.
- d) *En el Análisis de Causa y Efecto:* correlación entre eventos del proceso y patrones de la gráfica de control pueden ayudar a inferir las causas asignables y un efectivo plan de acción.

- e) *En la Mejora Continúa*: las gráficas de control se usan para vigilar y ayudar a identificar causas de la variación del proceso; además ayudan a reducir las causas de variación.

Diferentes clases de gráficos de control

- a) Los gráficos de control pueden dividirse en dos grupos de acuerdo con el tipo de medición: gráficos de control de variables que miden aspectos cuantitativos de una determinada característica y muestran los resultados a través del tiempo.
- b) Gráficos de control de atributos que miden si un producto de un determinado proceso o sistema cumple un criterio establecido. El primer tipo de gráfico se utiliza para monitorear variables. El segundo en los casos en que se quieren monitorear características de calidad que representan atributos del producto. Los gráficos de control por atributos muestran datos sobre el rendimiento que cumplen o no un determinado criterio más que datos cuantitativos como es el caso de los gráficos de control por variables. Ambos tipos de gráficos son similares en cuanto a su estructura, lo que varía es el tipo de datos representados y desde luego su interpretación. En los gráficos de variables las medidas pueden adoptar un intervalo continuo de valores. En los gráficos de control por atributos las medidas no son continuas.

Dentro de los gráficos de control de variables encontramos:

- 1) Gráfica X: es un gráfico en donde se representa la media de la muestra para monitorear el valor medio de una variable.
- 2) Gráfica R: grafica rangos de la muestra ya que desea monitorear los cambios de una variable.
- 3) Gráfica S: grafica los desvíos estándar de las muestras para monitorear los cambios de una variable.
- 4) Gráfica S2: Grafica la varianza de una muestra para monitorear los cambios de una variable.

Dentro de los gráficos de control por atributos encontramos:

- 1) Gráfica C: Grafica el número de productos defectuosos. En este tipo de gráficos se asume que los defectos del atributo de calidad evaluado son inusuales y los límites de control se construyeron a partir de la distribución de Poisson (distribución de eventos inusuales).

- 2) Gráfica U: En este tipo de gráficos se muestra la tasa de elementos defectuosos, que está dada por el número de elementos defectuosos dividida por la cantidad de elementos inspeccionados. Este tipo de gráfico no requiere un número constante de unidades y las muestras pueden ser de distinto tamaño.
- 3) Gráfica Np: Como en el gráfico tipo C, aquí se grafica el número de elementos defectuosos, pero los límites de control no se basan en la distribución de elementos inusuales, sino en la distribución binomial. De modo que en este tipo de gráficos la aparición de elementos defectuosos no es inusual.
- 4) Gráfica P: aquí se grafican porcentajes de elementos defectuosos como en los gráficos U. Los límites de control no se basan en la distribución de Poisson sino en la distribución binomial. De modo, que al igual que en los gráficos U, este tipo de gráfico se aplica en situaciones donde la ocurrencia de elementos defectuosos no es inusual.

Una de las ventajas de los gráficos de control de atributos es que son fáciles de entender, incluso para aquellos que no están consustanciados con la temática de la calidad, brindando mayor evidencia persuasiva en los problemas de calidad. La gran ventaja de los gráficos de control de variables radica en su mayor sensibilidad, de modo que nos alertan sobre problemas de calidad antes que los de atributos. Montgomery (2005) llama a este tipo de gráficos indicadores guía de problemas, ya que produce un llamado de atención antes del aumento de la cantidad de productos rechazados.

Aplicaciones en diferentes disciplinas

A partir del desarrollo liderado por Walter Shewhart, cada vez más un número creciente de actividades y disciplinas han ido incorporando la utilización de estos gráficos en el control estadístico de procesos. Se inició, como ya se mencionó en el área industrial y tecnológica tratando de monitorear la calidad de los productos de su manufacturación.

La utilización de este tipo de gráficos en el control estadístico de procesos se ha aplicado exitosamente en una gran cantidad de disciplinas. Aquí a modo de ejemplo se mencionaran las siguientes:

- Mejora de la calidad en grandes sistemas de bases de datos: de acuerdo con Pierchala y Surti (2009) se aplicaron gráficos de control en forma satisfactoria en dos bases de datos de la National Highway Traffic Safety Administration para mejorar y asegurar la calidad en la preparación de los datos que debían cargarse en las bases de datos mencionadas. Se utilizaron gráficos de control P, en los que se representó el tiempo (en meses) por atributos. La utilización de los gráficos de control permitió detectar la existencia de variaciones importantes en los datos seleccionados y además identificar posibles mejoras en la preparación de los mismos.
- También se han cita aplicaciones de gráficos de control para monitorear el proceso de producción de alimentos. St-Pierre (1997) desarrolló una metodología sencilla para evaluar el costo de la implementación de gráficos de control aplicado a la producción de alimentos.
- Dentro de las ciencias de la salud hay un importante número de trabajos y aplicaciones. Se han utilizado gráficos de control en programas de control en laboratorios de microbiología de los alimentos, para el control de riesgos de infección, para el monitoreo de aspectos epidemiológicos en salud pública, para el control estadístico de procesos en el monitoreo de genomas virales, para el monitoreo del número de casos de infecciones adquiridas dentro de los hospitales, para el control interno de calidad en química clínica, etc.
- En este mismo ámbito un trabajo de Suzuki, Kirihara y Ootaki (2001) desarrollaron la implementación en el campo de la medicina de un sistema de mejoramiento continuo a través de actividades de equipo. Utilizando gráficos de control se han analizado la ocurrencia de la tasa de incidentes. Un incidente se define como un evento que tiene una causa asignable y que implica un riesgo. En este caso se aplicaron gráficos de control C para monitorear el cuidado médico analizando incidentes diarios.
- Por su parte Roth, examina el uso de gráficos de control para analizar y evaluar los procesos contables. Presenta distintos casos en los que se utilizan gráficos de control: en la realización de auditorías internas siguiendo a partir de los referidos gráficos distintos procesos contables a lo largo del año, también destaca su utilidad para que una organización mejore su posición financiera y para el monitoreo de la administración de distintos gastos. A pesar de que St-Pierre afirma que los gráficos de control pueden ser aplicados en cualquier tipo

de procesos todavía aquellos no se han implementado en forma generalizada en la bibliotecología, disciplina en la cual los controles estadísticos de procesos son muy importantes.

Cartas de Control Para variables

Se les llama así a las cartas de control para la tendencia central y variabilidad de una característica de la calidad medible y cuantificable en una escala de medición continua. Para el control del valor promedio del proceso, se suele utilizar la carta X - R. La variabilidad del proceso se puede monitorear a través de una carta de control \bar{X} -S (desviación del proceso), que intuitivamente son los que requieren un instrumento de medición (peso, volumen, voltaje, longitud, temperatura, humedad, etc.)

Limitaciones de las Gráficas de Control para Variables.

Las gráficas de control para variables son métodos excelente para controlar la calidad para entonces mejorara; sin embargo tienen limitaciones.

- ✓ Una limitación obvia es que no se pueden usar para características de calidad que sean atributos.
- ✓ Otra limitación es el hecho de que hay muchas variables en una unidad manufacturada. Como para cada característica se necesita un grafica X y R, se necesitarían 1000 gráficas. Es claro que eso sería muy costoso e impráctico.

Las Cartas \bar{X} - R y \bar{X} -S: Se Considera como buena alternativa estas cartas en algunas de las siguientes situaciones:

- Se inicia un nuevo proceso; o se va a desarrollar un nuevo producto con un proceso ya existente.
- En procesos con mal desempeño con respecto a especificaciones.
- Actualmente se mide la variable, pero se conoce poco acerca de la misma.
- Se quieren definir o redefinir especificaciones para una característica de calidad.
- Ya se han usado cartas de atributos, pero el proceso es muy inestable y/o su capacidad sigue siendo mala. En ese caso es mejor una carta para variables

continuas, ya que éstas aportan más información acerca del desempeño del proceso.

- Se pretende reducir la cantidad de inspección.
- Procesos en los que hay desgastes o desajustes naturales, y que es necesario compensarlos de manera apropiada.
- Tiene que demostrarse continuamente (a clientes o la gerencia) que el proceso es estable y capaz.

Cartas de Control \bar{X} – R:

Consiste en dos gráficos, el de promedios, para controlar la medida de tendencia central de la variable evaluada, y el de rangos, para medir la dispersión de los datos.

Los límites de control se calculan de la siguiente manera:

- Para cada subgrupo se calcula la media (\bar{X}) y el rango (la diferencia entre el máximo y el mínimo valor observado).
- Se determina el promedio del promedio ($\bar{\bar{X}}$) y el promedio de los rangos.
- Utilizando la convención de fijar los límites de control a tres veces la desviación estándar del valor central. Las formulas están citadas en la sección técnicas para elaborar graficas de control.

Al examinar la variabilidad que se presentan en los datos obtenidos se debe distinguir entre los datos que pertenecen al mismo subgrupo y los de subgrupos distintos por lo tanto la formación de subgrupos no puede hacerse de forma arbitraria, sino que debe satisfacer unas reglas como se describe a continuación.

- Todas las observaciones de un mismo subgrupo tienen que ser obtenidos en las mismas condiciones.
- Un subgrupo no debe de contener datos de lotes distintos ni de diferente naturaleza.
- Se pueden aceptar que las observaciones son estadísticamente independientes.

Cartas de Control \bar{X} –S:

La desviación estándar de la muestra puede ser monitoreada con la gráfica en lugar de la gráfica de rangos para la medición de la dispersión del proceso. En dichos

casos, se calcula la desviación estándar de cada muestra, se obtiene el promedio de las desviaciones estándar y se calculan los límites con las siguientes fórmulas:

$$LCS_s = B_4\bar{s}$$

$$LCI_s = B_3\bar{s}$$

(Gutiérrez Pulido, 2013, págs. 238,239)

Técnicas para elaborar Gráficas de Control para Variables

Para establecer un par de gráficas de control para el promedio (X) y el rango (R), es preferible apegarse a un promedio establecido. A continuación se presenta los pasos de este procedimiento:

a) Seleccionar la característica de calidad

La característica que se escoja para elaborar una gráfica (X y R) debe ser una característica de la calidad que se puede medir y expresar en números. Son adecuadas las características de calidad que se pueden expresar en términos de las siete unidades básicas: longitud, masa, tiempo, corriente eléctrica, temperatura, cantidad de sustancia o intensidad luminosa; también cualquiera de las unidades derivadas como potencia, velocidad, fuerza, energía, densidad y presión.

Normalmente se debe atender primero las características de calidad que afectan al desempeño del producto o servicio. Pueden ser una función de las materias primas, los componentes, sub ensambles o partes terminadas. En otras palabras, se da gran prioridad a la selección de aquellas características que estén dando problemas en temas de producción y/o costos.

Una oportunidad excelente para ahorrar se selecciona una frecuencia donde los costos de mermas y reprocesamiento son altos.

En cualquier planta manufacturera hay una gran cantidad de variables que forman un producto. Por ello, es imposible elaborar graficas \bar{x} y R de todas ellas, y se requiere una selección prudente entre ellas. Como se puede considerar que todas las variables son atributos, también se puede usar una gráfica de control de atributos para lograr una mejora en la calidad.

b) Escoger el subgrupo racional.

Un subgrupo racional es uno en el que la variación dentro del mismo solo se debe a causas fortuitas. Esta variación dentro de un subgrupo se usa para determinar los límites de control. La variación entre los subgrupos se usa para evaluar la estabilidad a largo plazo.

Hay dos esquemas para seleccionar las muestras de subgrupos:

1. Consiste en conformar el subgrupo con productos hechos en un instante de tiempo tan pequeño como sea posible. Así, un subgrupo lo constituyen cierta cantidad de piezas producidas de manera consecutiva o seleccionadas de artículos producidos bajo las mismas circunstancias; el siguiente subgrupo se selecciona de manera similar después de que pasa cierto tiempo (media hora, una hora o más, dependiendo de la frecuencia que se crea conveniente). A este esquema se le llama método de instante en el tiempo.
2. El segundo esquema es seleccionar un producto o servicio obtenido durante cierto tiempo, para que sea representativo de todo el producto o servicio. Puede entenderse que cuando un supervisor visita una vez cada hora el proceso, se selecciona la muestra de subgrupo así mismo en su siguiente visita, selecciona el subgrupo del producto producido desde la última visita hacia adelante y así sucesivamente. A este esquema se llama método de lapso de tiempo.

El método de instante en el tiempo se usa con más frecuencia porque suministra la referencia del tiempo para determinar causas asignables. También permite tener una medida más sensible de los cambios en el promedio del proceso.

Como todas las variaciones son cercanas entre sí, la variación se deberá con más probabilidad, a causas fortuitas, por lo que cumple los criterios de subgrupo racional.

La ventaja del método de lapso de tiempo es que permite obtener mejores resultados generales por lo que los informes de calidad presentaran una imagen más fiel de esta.

Independientemente del esquema con que se obtenga el subgrupo, los lotes de donde se toman los subgrupos deben ser homogéneos. Es decir homogéneo quiere decir que las piezas del lote sean tan parecidos como sea posible; la misma máquina, el mismo operador, misma cavidad del molde, etc. Igualmente debe ser un lote homogéneo una cantidad fija de material. Como la que produce una herramienta hasta que se gasta y se cambia o se afila. También los lotes homogéneos se pueden designar por intervalos de tiempos iguales, porque esta técnica es fácil de organizar y administrar.

Independientemente de cómo se definan los lotes, los elementos en cualquier subgrupo deben haberse realizado esencialmente, bajo las mismas condiciones. Las decisiones sobre el tamaño de muestra o del subgrupo requieren cierta cantidad de juicio empírico; sin embargo algunos lineamientos prácticos son los siguientes:

- ✓ Al aumentar el tamaño de subgrupo, los límites de control se acercan al valor central, lo cual hace que el control sea más sensible a pequeñas variaciones en el promedio del proceso.
- ✓ A medida que aumenta el tamaño del subgrupo, aumenta el costo de inspección por subgrupo.
- ✓ Cuando se usan pruebas de destrucción y cuando los elementos son costosos, es necesario que el tamaño del subgrupo sea de 2 a 3, porque reducirá al mínimo la destrucción de productos y servicios costosos.

- ✓ Por la facilidad de cómputo un tamaño de muestra de 5 es bastante común en la industria.
- ✓ Desde un punto de vista estadístico, una distribución de promedio de subgrupo, \bar{X} es casi normal para subgrupos de 4 o más, aun cuando las muestras se tomen de una población normal.
- ✓ Cuando el tamaño del subgrupo es mayor que 10, se debe de utilizar la gráfica S en lugar de la gráfica R para controlar la disposición.

No hay una regla para determinar la frecuencia de toma de subgrupos, pero debe ser la suficiente para detectar cambios del proceso.

Las incomodidades de la distribución de la fábrica y el costo de tomar subgrupos, debe balancearse con el valor de los datos obtenidos. Lo mejor es muestrear con bastante frecuencia al principio y reducir la frecuencia cuando lo permitan los datos.

Una valiosa ayuda para tener idea de la cantidad de muestreo necesario es usar la Tabla 04, obtenida de la norma ANSI/ASQ Z1.9-1993.

Tabla

04:

Tamaño de muestra

Tamaños de muestra	
TAMAÑO DE LOTE	TAMAÑO DE MUESTRA
91-150	10
151-280	15
281-400	20
401-500	25
501-1,200	35
1,201-3,200	50
3,201-10,000	75
10,001-35,000	100
35,001-150,000	150

Fuente: ANSI/ASQ Z1.9—1993, Normal Inspection, Level II.

Fuente y elaboración: Control de calidad Besterfield, octava edición – 2009

También se podría usar la regla de pre control para frecuencia de control. Se basa en la frecuencia con que se ajusta el proceso.

Es decir si el proceso se ajusta a cada hora, el muestreo se debe hacer cada 10 minutos y si se ajusta cada dos horas, entonces el muestreo debe ser cada 20 minutos y así sucesivamente.

c) Recolectar los Datos.

Es necesario un mínimo de 25 subgrupos de datos. Menos subgrupos no permiten tener una cantidad suficiente de datos para calcular con exactitud la línea central.

d) Determinar Línea Central y Límites de Control Tentativos.

Las líneas centrales para las gráficas X y R se obtienen con las formulas

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{x}_i}{g} \quad \text{y} \quad \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^g R_i}{g}$$

Los límites tentativos de control para las gráficas se establecen en +/- 3 desviaciones estándar del valor central, como se indican en la siguiente formula.

$$\begin{aligned} LCS_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}} + 3\sigma_{\bar{x}} , & LCS_R &= \bar{R} + 3\sigma_R \\ LCI_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}} - 3\sigma_{\bar{x}} , & LCI_R &= \bar{R} - 3\sigma_R \\ LCS_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} , & LCS_R &= D_4\bar{R} \\ LCI_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} , & LCI_R &= D_3\bar{R} \end{aligned}$$

En donde

LCS = límite superior de control

LCI = límite inferior de control

A_2, D_3, D_4 = Constantes

e) Establecer la Línea Central y los Límites de Control Revisado.

El primer paso es mostrar los datos preliminares en la gráfica, junto con los límites de control y las líneas centrales. El siguiente paso es adoptar valores estándar para líneas centrales, o dicho de otra forma más correcta de la mejor

estimación de los valores estándar, con los datos disponibles. Es decir si en un análisis de los datos preliminares resulta que hay un buen control se podrá considerar entonces que \bar{X} y R son representativos del proceso y se convierte en los valores estándar \bar{X} y R .

Se puede describir que un buen control es el que no tiene puntos fuera de control, no tiene corridas largas en alguno de los lados de la línea central y no tienen pautas anómalas de variación. La mayoría de los procesos no están bajo control cuando se analizan por primera vez. Es decir hay puntos fuera de control.

Cartas de Control Para Atributos

Son Gráficos de Control basados en la observación de la presencia o ausencia de una determinada característica, o de cualquier tipo de defecto en el producto, servicio o proceso en estudio. Las gráficas de control de atributos, por otro lado, pueden utilizarse en situaciones donde sólo se desea contar el número de no conformidades, tanto en unidades o en la muestra.

Existen dos tipos: el análisis del número de unidades no conformes y el de número de conformidades. Para el primero existen los gráficos p y np , basados en la distribución binomial; mientras que para el segundo existen los gráficos c y u , basados en la distribución Poisson. A continuación se describe cada uno.

(Besterfield, 2009, págs. 188 - 195)

Las Cartas p , np , c y u . (Humberto Gutierrez Pulido, tercera edición, 2013). Se considera como alternativa estas cartas en algunas de las siguientes situaciones:

- La variable candidata es de atributos y no se tiene información acerca de su estabilidad y capacidad.
- El proceso consiste en operaciones complejas de ensamble y la calidad del producto se mide en términos de la ocurrencia de defectos, o con criterios del tipo pasa o no pasa.
- Es necesario que el proceso sea estable y capaz pero no se pueden obtener mediciones de tipo continuo.

- Se requiere tener información sobre la evolución del desempeño global del proceso. (Gutiérrez Pulido, 2013, pág. 239)

Gráfico de control para fracción no conforme (p)

La variable controlada es el porcentaje o fracción de no conformes en la muestra con respecto a los requerimientos de la calidad (en atributos). Asumiendo un proceso constante, el número de unidades se basa en una distribución binomial. Los límites se calculan de la siguiente manera:

$$LCS = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$LC = \bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n}$$

$$LCI = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Dónde:

\bar{p} = línea central o promedio de las proporciones de no conformidades

n = número inspeccionado en un subgrupo

Gráfico de control para unidades no conforme (np)

La variable controlada es el número de unidades no conformes. Dado que p es la fracción del número de no conformidades sobre el tamaño de muestra, np es justamente esta cantidad de no conformidades. En este caso, los límites se calculan de la siguiente manera:

$$LCS = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$\text{Línea central} = n\bar{p}$$

$$LCI = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

Los procedimientos generales que se aplican a las gráficas de control para variables también se aplican a la gráfica “p”.

1. Seleccionar la o las características de calidad. Se puede establecer una gráfica p para controlar la proporción de no conformes de una sola característica de la calidad, un grupo de características, una parte, un producto completo, varios

productos. Eso establece una jerarquía de utilización de modo que cualquier inspección aplicable a una sola característica de la calidad también suministra datos para otras gráficas p , que representan grupos mayores de características, partes o productos. Así mismo se puede establecer para controlar el desempeño de un operador, centro de trabajo, departamento, turno, planta o corporación. Al usar la gráfica de esta manera se puede hacer comparaciones entre unidades semejantes.

2. Determinar el tamaño del subgrupo y métodos. El tamaño del subgrupo es una función de la proporción de no conforme. Para seleccionar el tamaño se requiere algunas observaciones preliminares para formarse una idea aproximadamente de la proporción de no conformes y un juicio del número promedio de unidades no conformes. Se sugiere un número mínimo de 50% como punto de partido. La inspección puede ser por auditoria o en línea.

Un método preciso para determinar el tamaño de muestra consiste en aplicar la formula. (Ver Tabla 05)

$$n = p(1 - p) \left(\frac{Z_{\alpha/2}}{E} \right)^2$$

Tabla

05:

Límite de confianza

$Z_{\alpha/2}$	LÍMITE DE CONFIANZA
1.036	70%
1.282	80%
1.645	90%
1.96	95%
2.575	99%
3.00	99.73%

Fuente y elaboración: Control de calidad Besterfield, octava edición – 2009

3. Calcular la línea central y los límites de control tentativos. Se utiliza la siguiente formula

$$LCS = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

$$LCI = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

4. Establecer la línea central y los límites de control revisados. Para determinar los límites de control 3 desviaciones revisados debe determinarse el valor estándar o de referencia para la proporción “*P_o*” de no conformes. Si en un análisis de la gráfica se ve que hay un buen control (proceso es estable), entonces se puede considerar que “*P*” es representativo de ese proceso. Sin embargo la mayoría de los procesos industriales no están en control de calidad cuando se analiza por primera vez.
5. Estandarizar la toma de datos. Definir con precisión y claridad: la manera en que se van a tomar los datos y asegurarse de que los instrumentos de medición y prueba sean adecuados, que los criterios para los inspectores estén bien definidos, que los formatos de recolección de datos sean sencillos y entendibles, y que el lugar de donde se tomarán los datos es el mejor.

Esto es primordial, ya que en ocasiones las señales de fuera de control se deben a variaciones en los criterios de inspección o a problemas con los instrumentos de medición y prueba. (Besterfield, 2009, págs. 319 - 321)

Tabla 06:

Consideraciones en la selección de las cartas de control para variables

Elementos para la selección de una carta de control para variables			
CARTA	PROPÓSITO	USO	TAMAÑO DE SUBGRUPO, n
De medias \bar{X}	Analiza las medias de subgrupos como una forma de detectar cambios en el promedio del proceso. Aunque la carta está inspirada en la distribución normal, funciona bien para otras funciones debido al teorema central del límite.	Procesos masivos (de mediano a alto volumen), donde en un corto tiempo se producen varios artículos y/o mediciones.	$n > 3$ A medida que n crece la carta detecta incluso pequeños cambios en el proceso. Por ello, generalmente un tamaño de n menor que 10 es suficiente para detectar cambios moderados y grandes, que son los de mayor interés en la práctica.
Rangos (R)	Analiza los rangos de los subgrupos como una estrategia para detectar cambios en la amplitud de la variación del proceso. La falta de normalidad afecta un poco a la carta.	Se usa conjuntamente con la carta \bar{X} cuando $n < 11$. Por lo tanto, se aplica al mismo tipo de proceso que tal carta.	$3 < n < 11$ A medida que n crece es capaz de detectar cambios más pequeños en la amplitud de la dispersión del proceso.
Desviación estándar (S)	Analiza la desviación estándar que se calcula a cada subgrupo, como una estrategia para detectar cambios en la amplitud de la variación del proceso. La falta de normalidad afecta un poco a la carta.	Se usa conjuntamente con la carta \bar{X} cuando $n > 10$. Por lo tanto, se aplica al mismo tipo de proceso que tal carta.	$n > 10$ Dado el tamaño de subgrupo recomendado. Usarla sólo cuando se quieran detectar incluso pequeños cambios en la dispersión del proceso y se esté dispuesto a atender estos cambios.

Fuente: Control estadístico de la calidad y seis sigma Humberto Gutiérrez Pulido 3ra edición – 2013.

Tabla 07:

Consideraciones en la selección de las cartas de control de atributo

Elementos para la selección de una carta de control de atributos			
CARTA	PROPÓSITO	USO	TAMAÑO DE SUBGRUPO, n
Proporción de defectuosos (p)	Analizar la proporción de artículos defectuosos por subgrupo (unidades rechazadas/ unidades inspeccionadas). Se supone una distribución binomial.	Por lo general es utilizada para reportar resultados en puntos de inspección, donde una o más características de calidad son evaluadas, y en función de esto el artículo es aceptado o rechazado.	El valor de n puede ser constante o variable, pero suficientemente grande para tener una alta probabilidad de que en cada subgrupo se detecte por lo menos una pieza defectuosa. Esto se logra tomando a n tal que $n > 9 \left[\frac{1 - \bar{p}}{\bar{p}} \right]$
Número de defectuosos (np)	Monitorea el número de unidades defectuosas por subgrupo (número de artículos rechazados por cada muestra inspeccionada). Se supone una distribución binomial.	Se aplica en la misma situación que la carta p , pero con el tamaño de subgrupo constante. Es más fácil graficar los puntos en la carta al estar trabajando con números enteros.	El valor de n debe ser constante y en cuanto a su tamaño se aplican los mismos criterios que en la carta p .

Fuente: Control estadístico de la calidad y seis sigma Humberto Gutiérrez Pulido 3ra edición - 2013

Una carta de control es útil en la medida que atienda una necesidad percibida por los responsables del proceso y, desde luego, dependerá de qué tan bien se implemente y se utilice. Por ello, en esta sección veremos algunas actividades a desarrollar para una mejor implantación y operación de cualquiera de las cartas que hemos visto tanto en las cartas por variables y/o por atributos. (Ver Tabla 06 y 07)

Pensar en el subagrupamiento. Cada punto en una carta representa a un subgrupo o muestra de artículos. La selección de los elementos que constituirán cada subgrupo debe ser de manera que si están presentes causas especiales, éstas aparezcan como diferencias entre subgrupos, y no como diferencias entre los elementos que forman el subgrupo. En otras palabras, se debe buscar que el subgrupo sea lo más homogéneo posible.

Por ejemplo, si en un proceso se utilizan varias máquinas, sería mejor tomar un subgrupo de cada máquina en lugar de formarlo con elementos de varias de ellas, porque las diferencias entre máquinas podría ser una causa especial de variación. Entendiendo ésta como que los elementos del subgrupo se hayan fabricado bajo las circunstancias más parecidas posibles, que provengan de la misma línea, lote, área, oficina, máquina, operador o material.

Estandarizar la toma de datos. Definir con precisión y claridad: la manera en que se van a tomar los datos y asegurarse de que los instrumentos de medición y prueba sean adecuados, que los criterios para los inspectores estén bien definidos, que los formatos de recolección de datos sean sencillos y entendibles, y que el lugar de donde se tomarán los datos es el mejor. Esto es primordial, ya que en ocasiones las señales de fuera de control se deben a variaciones en los criterios de inspección o a problemas con los instrumentos de medición y prueba.

En caso de que en el estudio inicial aparezcan pocos puntos fuera de los límites de control, se procede a investigar la situación especial que causó que los puntos se salieran de los límites. Una vez que se identifica la causa y se toman las contramedidas adecuadas, esos puntos se excluyen y se recalculan los límites de control a usar en el futuro, que necesariamente serán más estrechos.

Si no se encuentra la causa que provocó que los puntos se salieran de los límites situación más probable en un estudio inicial es preferible retener los puntos y trabajar a futuro con los límites calculados desde el inicio, aunque también se podría optar por eliminar los puntos y recalcular los límites.

Por otra parte, si en el estudio inicial muchos puntos se salen de los límites de control no es apropiado excluirllos, por lo que investigar las causas en cada uno de ellos resultará impráctico y será un trabajo poco productivo. En estos casos se debe revisar si la forma en que se calcularon los límites es la correcta y en general es preciso seguir la estrategia de mejora en un determinando proceso.

En cualquiera de los casos anteriores, una vez que se tienen límites de control definitivos para usarse en el futuro, éstos no se deben cambiar hasta que la realidad del proceso sea otra, podría ser cuando haya reducido su variabilidad de manera significativa o mejorado el centrado del proceso.

Analizar los resultados. Asegurarse de que la carta se interpreta correctamente, que se utiliza para detectar causas especiales de variación, que ayuda a fundamentar acciones de mejora, entre otras. Es importante definir quién va interpretar la carta y los pasos a seguir cuando se detecte una causa especial de variación, sea un cambio de nivel, una tendencia, etcétera.

Asegurarse de su efectividad. Se debe tener cuidado de que el llenado de los puntos en la carta de control no se convierta en una rutina más, en la que no se toma ningún tipo de acción. Es indispensable revisar periódicamente si la carta cumple con el propósito para el que se implementó, si se usa e interpreta en forma correcta y si la problemática se ha reducido.

Tomar acciones para que la carta no se use de forma mecánica, sino que sea un instrumento vivo, útil y que recibe atención. Para ello, También se puede cambiar su propósito de acuerdo con los resultados obtenidos, si ya se logró que el proceso sea estable y capaz, entonces ahora el propósito de la carta debe ser preventivo para que la mejoras logradas sean irreversibles. (Gutiérrez Pulido, 2013, págs. 242 - 244).

2.2 Definición de términos usados

- ✓ **Atributo.-** Una característica de la calidad que se clasifica como conforme o no conforme con las especificaciones.
- ✓ **Variable.-** Una característica de la calidad que se puede medir, como el peso longitud, volumen, etc.
- ✓ **Calidad.-** El cumplimiento o rebase de las expectativas del consumidor; satisfacción del consumidor.
- ✓ **Causa Aleatoria.-** Una causa de variación de pequeña magnitud, difícil de identificar, también se llama causa común.
- ✓ **Causa Asignable.-** Una causa de variación cuya magnitud es grande y fácil de identificar; también se llama causa especial.
- ✓ **Gráfica de Control.-** Un registro gráfico de la variación de la calidad de determinada características durante un tiempo específico.
- ✓ **Límites de Control.-** Los límites en una gráfica de control, que se usan para evaluar las variaciones de calidad de un subgrupo a otro no se debe confundir con los límites de las especificaciones.
- ✓ **Vidrio.-** es un material amorfo y homogéneo, duro y frágil a temperatura ambiente, en general translúcida o transparente, constituido principalmente por sílice y óxidos metálicos. Instituto Ecuatoriano de Normalización – Norma Técnica NTE INEN 2 266:2009
- ✓ **Vidrio Templado.-** consiste en un lámina monolítica de vidrio sometida a un tratamiento térmico o químico que le confiere una mayor resistencia a esfuerzos externos y cambios térmicos. No puede cortarse o perforarse después de tratado.

En caso de rotura, la pieza entera se rompe completamente en innumerables pedazos granula. Instituto Ecuatoriano de Normalización – Norma Técnica NTE INEN 2 266:2009

- ✓ **Vidrio de seguridad.-** es aquel vidrio que ha sido procesado o combinado con otros materiales, de tal manera que, si se rompe, sea mínima la probabilidad de causar heridas o cortaduras. Instituto Ecuatoriano de Normalización – Norma Técnica NTE INEN 2 266:2009

- ✓ **Despostilladura:** Fragmento o astilla que por accidente se separa del borde o canto de una cosa. Instituto Ecuatoriano de Normalización – Norma Técnica NTE INEN 2 266:2009

- ✓ **Fisura:** Grieta que se produce en un objeto. Instituto Ecuatoriano de Normalización – Norma Técnica NTE INEN 2 266:2009

- ✓ **Traslucidez:** Dicho de un cuerpo que deja pasar la luz, pero que no deja ver nítidamente los objetos. Instituto Ecuatoriano de Normalización – Norma Técnica NTE INEN 2 266:2009

- ✓ **Porosidad:** Que tiene poros. Instituto Ecuatoriano de Normalización – Norma Técnica NTE INEN 2 266:2009

- ✓ **Torsión:** Deformación presentada en vidrios curvos cuando una de las cuatro esquinas del vidrio no se asienta sobre una superficie plana. Instituto Ecuatoriano de Normalización – Norma Técnica NTE INEN 2 266:2009

- ✓ **Pandeo:** Onda no deseada en la superficie del vidrio. Instituto Ecuatoriano de Normalización – Norma Técnica NTE INEN 2 266:2009

- ✓ **Raya:** Una incisión en la superficie del vidrio. Instituto Ecuatoriano de Normalización – Norma Técnica NTE INEN 2 266:2009

- ✓ **Serigrafía:** Recubrimiento de pintura según un diseño en una de las caras del vidrio. Instituto Ecuatoriano de Normalización – Norma Técnica NTE INEN 2 266:2009
- ✓ **Procesar:** Someter a un proceso de transformación física, química o biológica.
- ✓ **Proceso:** conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados. Instituto Ecuatoriano de Normalización – Norma Técnica NTE INEN 2 266:2009
- ✓ **Requisito:** necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.
- ✓ **Conformidad:** cumplimiento de un requisito. Instituto Ecuatoriano de Normalización – Norma Técnica NTE INEN 2 266:2009
- ✓ **No conformidad:** La desviación de una característica de la calidad respecto a su valor pretendido, con una severidad suficiente para hacer que un producto o servicio no cumpla las especificaciones.
- ✓ **Defecto:** incumplimiento de un requisito asociado a un uso previsto o especificado. Instituto Ecuatoriano de Normalización – Norma Técnica NTE INEN 2 266:2009
- ✓ **Reproceso:** acción tomada sobre un producto no conforme para que cumpla con los requisitos. Instituto Ecuatoriano de Normalización – Norma Técnica NTE INEN 2 266:2009

2.3 Hipótesis

Hipótesis general

Si se implementa el Control Estadístico de Calidad, entonces se mejora el proceso de producción y la calidad de vidrios templados de la línea Industrial en la empresa Corporación Furukawa.

Hipótesis específicas

- a. Si se implementa el control estadístico de calidad, entonces se reduce los niveles de productos no conformes en la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa.
- b. Si se implementa el control estadístico de calidad, entonces se reduce los niveles de variación en la longitud de la flecha de los vidrios curvos en la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa.
- c. Si se implementa el control estadístico de calidad, entonces se reduce los niveles de variabilidad en la longitud de los vidrios en la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa.

2.4 Relación entre Variables

A continuación, se presente la variable independiente y dependiente de la investigación (Ver Tabla 08):

Tabla 08:
Variables Independiente y Dependiente:

Variable Independiente	Variable Dependiente
Control Estadístico de la Calidad	Mejora la Producción de Vidrios Templados
	Específico (a): Se reduce los niveles de productos no conformes en la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa
	Específico (b): Se reduce la variación de la longitud en la flecha de los vidrios curvos en la línea Industrial empresa Corporación Furukawa
	Específico (c): Se reduce la variabilidad de la longitud de los vidrios en la línea Industrial empresa Corporación Furukawa

Fuente y elaboración: Propia

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de investigación

✓ Tipo y nivel de investigación

La presente investigación corresponde al enfoque cuantitativo de tipo aplicativo, de nivel causal - correlacional, Debido a que se trata de verificar, evaluar en un determinado periodo la influencia de la variable control estadístico de la calidad respecto a la producción y servicio al cliente.

Hernández y otros (2006, pág. 5) con respecto al enfoque cuantitativo plantea que se “usa la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías”

La investigación aplicada. Si el problema surge directamente de la práctica social y genera resultados que pueden aplicarse (son aplicables y tienen aplicación en el ámbito donde se realizan) la investigación se considera aplicada.

Es obvio, que la aplicación no tiene forzosamente que ser directa en la producción o en los servicios, pero sus resultados se consideran de utilidad para aplicaciones prácticas.

En el ámbito de la medicina clínica, las investigaciones aplicadas pueden contribuir a generar recomendaciones sobre normas de tratamiento, de métodos para diagnóstico o de medidas de prevención secundaria. (Jiménez Panaque, 1998, pág. 14)

Carrasco (2005, pág. 43); con relación de investigación aplicada indica, “Se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad”.

La investigación correlacional tiene como propósito mostrar o examinar la relación entre variables o resultados de variables. Uno de los puntos importantes respecto a la investigación correlacional es examinar relaciones entre variables o sus resultados,

A manera de ejemplo las investigaciones orientadas a medir el impacto de un nuevo modelo administrativo en la actitud de los directivos empresariales. (Bernal Torres, 2010, pág. 114)

La investigación causal en la que el investigador se plantea como objetivos estudiar el porqué de las cosas, los hechos, los fenómenos o las situaciones, se denominan explicativas. En la investigación explicativa se analizan causas y efectos de la relación entre variables.

A manera de ejemplo las investigaciones orientadas a conocer las principales causas que llevan a la quiebra a las pequeñas y medianas empresas (Bernal Torres, 2010, pág. 115)

✓ **Diseño de investigación**

Para responder a las preguntas de investigación, lograr con los objetivos del estudio así mismo someter las hipótesis formuladas a pruebas, para lo cual se desarrolló el diseño de investigación cuasi experimental en su variante **Diseño de un grupo con medición antes y después**, donde no es posible asignar a los sujetos al azar al grupo que recibirá el tratamiento.

Este diseño consiste en aplicar a un grupo una prueba previa al estímulo o tratamiento experimental, para luego administrar el estímulo y luego realizar la medición. (Hernández Sampieri, 2010, pág. 173).

La aplicación del estímulo denominado control estadístico de la calidad que refleja la variable independiente, para luego analizar los efectos que ocasionan en la variable dependiente. En la presente investigación se utilizó un grupo de análisis a la cual se calculó los indicadores en el pre test y los indicadores de post test luego de administrar un estímulo.

Dicho de otra manera consiste en tomar mediciones antes y después de la implementación del método. El diseño se diagrama así:

G O1 X O2

Donde:

- G = grupo de análisis
- O1 = Mediciones pre test
- O2 = Mediciones pos test
- X = Tratamiento ó estímulo

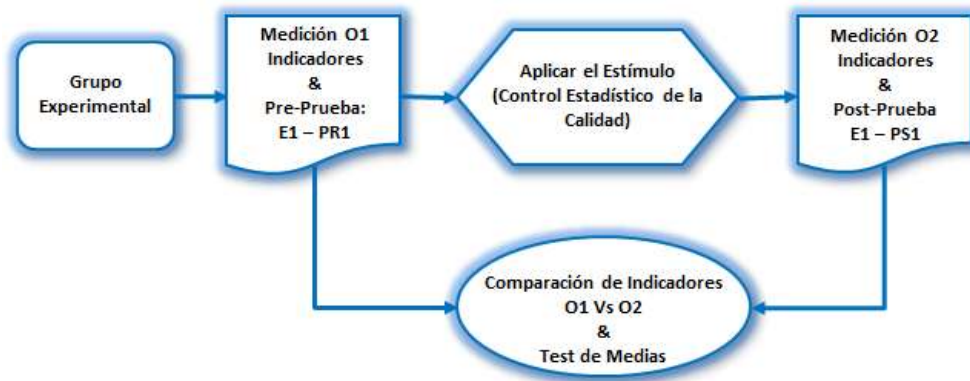
El número de mediciones está sujeto a las necesidades específicas de la investigación que realizamos.

En las Figuras 05, 06 y 07 se puede observar esquemáticamente el diseño de experimento de cada una de las Hipótesis.

Objetivo Especifico	Hipótesis Especifico (a)	Variable Dependiente	Dimensiones
<i>Mejorar el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial de la empresa Corporación Furukawa, a través de la reducción de los niveles de productos no conformes, aplicando el control estadística de la calidad.</i>	<i>Si se implementa el control estadístico de calidad, entonces se reduce los niveles de productos no conformes en la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa.</i>	<i>Se reduce los niveles de productos no conformes</i>	<i>Niveles de productos no conformes por atributos</i>

Diseño Cuasi experimental - N° 01

G O1 X O2



Validar Hipótesis Específica (a)

E1,	Experimento	N° 01
PR,	Pre Prueba	N° 01
PS,	Post Prueba	N° 01
O1,	Medición	N° 01
O2,	Medición	N° 02

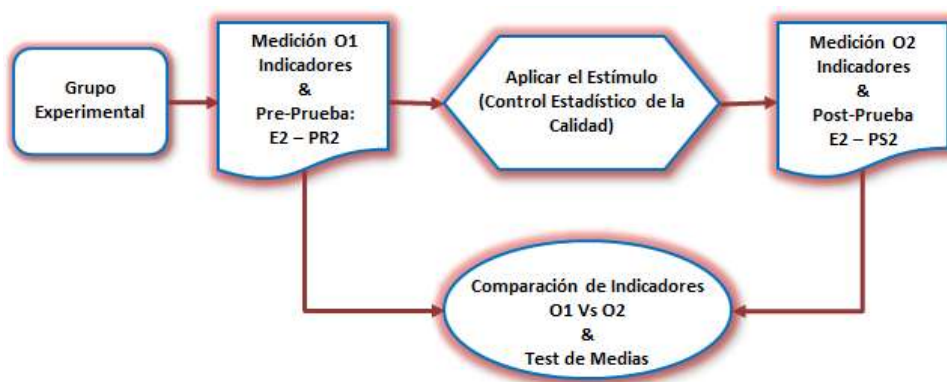
Figura 05: Diseño cuasi experimental N° 01

Fuente y Elaboración: Propia

Objetivo Especifico	Hipótesis Especifico (b)	Variable Dependiente	Dimensiones
Mejorar el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial de la empresa Corporación Furukawa, a través de la reducción de la variación en la longitud de la flecha de los vidrios curvos, aplicando el control estadístico de calidad.	Si se implementa el control estadístico de calidad, entonces se reduce los niveles de variación en la longitud de la flecha de los vidrios curvos en la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa.	Se reduce la variación de la longitud en la flecha de los vidrios templados	Capacidad potencial del proceso

Diseño Cuasi experimental - N° 02

G O1 X O2



Validar Hipótesis Especifica (b)

E2, Experimento N° 02
 PR, Pre Prueba N° 02
 PS, Post Prueba N° 02
 O1, Medición N° 01
 O2, Medición N° 02

Figura 06: Diseño cuasi experimental N°2

Fuente y Elaboración: Propia

Objetivo Especifico	Hipótesis Especifico (c)	Variable Dependiente	Dimensiones
Mejorar el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial de la empresa Corporación Furukawa, a través de la reducción de la variabilidad en la longitud de los vidrios, aplicando el control estadístico de calidad.	Si se implementa el control estadístico de calidad, entonces se reduce la variabilidad en la longitud de los vidrios en la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa.	Se reduce la variación de la longitud en los vidrios	Capacidad potencial del proceso

Diseño Cuasi experimental - N° 03

G O1 X O2



Validar Hipótesis Especifica (c)

- E3, Experimento N°3
- PR, Pre Prueba N°3
- PS, Post Prueba N°3
- O1, Medición N°1
- O2, Medición N°2

Figura 07: Diseño cuasi experimental N°3

Fuente y Elaboración: Propia

3.2 Población y muestra

Población

La población de estudios para la presente investigación, está comprendido por todo los lotes de producción semanal y mensual de los vidrios templados en los meses de Julio - Diciembre 2014 y Enero – Junio 2015, para la línea industrial en la empresa corporación Furukawa.

Muestra

Para validar las hipótesis, evaluar y/o analizar los resultados del experimento se determinó que cuyas muestras son probabilísticas dado que todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra,

Es decir el tamaño de muestra está constituido por 197 vidrios que son recolectados de manera diaria para el análisis del control de calidad para atributos (Objetivo “a”) y una muestra de 25 vidrios diariamente para la evaluación del control de calidad para variables (Objetivo “b” y “c”).

El cálculo de la muestras para el objetivo “a”, está determinado por la siguiente fórmula y la tabla de nivel de confianza: $p = 84.9\%$, $q = 15.1\%$, Error 5%, nivel de confianza = 95% y $z_{\alpha/2} = 1.96$.

$$n = p(1 - p) \left(\frac{z_{\alpha/2}}{E} \right)^2$$

$$n = 0.849(0.151) \left(\frac{1.96}{0.05} \right)^2 = 197$$

El tamaño de la muestras para el objetivo “b” y “c”, está determinado según el tamaño de lote de la Tabla 09, según la producción promedia de la línea industrial equivalente entre 401 a 500 unidades diarias, entonces la muestra queda constituida por 25 unidades diarias. Ver Tabla 09.

Tabla 09

Tamaño de muestra

Tamaños de muestra	
TAMAÑO DE LOTE	TAMAÑO DE MUESTRA
91-150	10
151-280	15
281-400	20
401-500	25
501-1,200	35
1,201-3,200	50
3,201-10,000	75
10,001-35,000	100
35,001-150,000	150

Fuente: ANSI/ASQ Z1.9—1993, Normal Inspection, Level II.

Fuente y elaboración: Control de calidad Besterfield, octava edición – 2009

3.3 Técnicas e instrumentos

a. Técnicas e instrumentos

✓ Técnicas

El levantamiento de información para los experimentos (experimento N° 01, experimento N° 02 y experimento N° 03) fueron de fuentes primarias, puesto que han sido obtenidos directamente de los experimentos diseñados, así mismo siendo estos datos recogidos por Observación Directa, que consiste en utilizar formatos o formularios en las cuales se registraron los datos de planta tanto de las mediciones de pre prueba y post prueba.

Observación. Consistirá en el registro sistemático válido y confiable Villegas (2005; pág.152), es el proceso de abstracción que realiza el investigador respecto de un hecho, objeto o fenómeno de estudio con el

objeto de determinar sus características, elementos desarrollo, relaciones y contradicciones que se dan a su interior. La observación constituye una de las técnicas más importantes porque nos permite encontrar problemas, caracterizarlos, describirlos, explicarlos y encararlos.

✓ Instrumentos

Las mediciones o datos recogidos se realizó mediante el uso de instrumentos mecánicos siendo entre estos como:

- Fluxómetro:
- Vernier digital:
- Formatos físicos de uso en planta

Procedimientos

Una vez definido los tamaños de muestras tanto para el control estadístico de calidad para atributos y para variables se empleo el siguiente procedimiento.

- **Control estadístico de la calidad para Atributos: Objetivo “a”**
 - a) En el proceso de producción se tomaron 25 muestras cada hora para el control de calidad por atributos equivalentes a 197 muestras diarias.
 - b) La muestras seleccionadas de manera aleatoria fueron inspeccionadas de manera visual la estética del acabado de los vidrios.(ralladuras, quiñaduras y rotas y mal pulidos)
 - c) Los resultados de cada inspección de planta, son registrados a lo largo del día en un formato físico definido como “E1”
- **Control estadístico de la calidad para Variables: Objetivo “b”, “c”**
 - a. En planta se tomaron 5 muestras cada 75 minutos, equivalentes a 25 muestras diarias.

- b. Las muestras seleccionadas de manera aleatoria fueron inspeccionadas con los instrumentos de medición definidos. La variable de control de los vidrios. (longitud y flecha de los vidrios)
- c. Los resultados de cada inspección de planta, son registrados a lo largo del día en un formato físico definido como “E2” para el objetivo “b” y “E3” para el objetivo “c”.

3.4 Recolección de datos

Experimento N° 01: Validar hipótesis específica (a)

Con los resultados obtenidos a partir de los datos de la pre prueba y la post prueba, se procedió a realizar la prueba de hipótesis mediante la test de **Wilcoxon**, que consiste en evaluar si en los resultados hay diferencia de manera significativa respecto a sus medias.

- a) Se realizó la prueba de hipótesis para evaluar si la implementación de control estadístico de la calidad, logro reducir los niveles de productos no Conformes. Para lo cual se procesaron los resultados de la pre-prueba del grupo experimental.

Se realizó la prueba de hipótesis para evaluar si la implementación de control estadístico de la calidad, logro reducir los niveles de productos no Conformes. Para lo cual se procesaron los resultados de la post-prueba del grupo experimental.

- b) Se hizo una prueba que valide la *hipótesis específica (a)*, propuesta en la presente tesis, para evaluar si la implementación de control estadístico de la calidad, logro reducir los niveles de productos no conformes. Para lo cual se procesaron los resultados de la pre-prueba y post- prueba del grupo experimental.

Experimento N° 02: Validar hipótesis específica (b)

Con los resultados obtenidos, se procedió a realizar la prueba de hipótesis mediante la test de Wilcoxon.

- a) Se realizó la prueba de hipótesis para evaluar si la implementación de control estadístico de la calidad, logró reducir la variabilidad de la longitud de la flecha de los vidrios curvos. Para lo cual se procesaron los resultados de la pre-prueba del grupo experimental.
- b) Se realizó la prueba de hipótesis para evaluar si la implementación de control estadístico de la calidad, logró reducir la variabilidad de la longitud de la flecha de los vidrios curvos. Para lo cual se procesaron los resultados de la post-prueba del grupo experimental.
- c) Se hizo una prueba que valide la *hipótesis específica (b)*, propuesta en la presente tesis, para evaluar si la implementación de control estadístico de la calidad, logró reducir la variabilidad de la longitud de la flecha de los vidrios curvos. Para lo cual se procesaron los resultados de la pre-prueba y post-prueba del grupo experimental.

Experimento N° 03: Validar hipótesis específica (c)

Con los resultados obtenidos, se procedió a realizar la prueba de hipótesis mediante la test de Wilcoxon.

- a) Se realizó la prueba de hipótesis para evaluar si la implementación de control estadístico de la calidad, logró reducir la variabilidad de la longitud de los vidrios. Para lo cual se procesaron los resultados de la pre-prueba del grupo experimental.
- b) Se realizó la prueba de hipótesis para evaluar si la implementación de control estadístico de la calidad, logró reducir la variabilidad de la longitud

de los vidrios. Para lo cual se procesaron los resultados de la post-prueba del grupo experimental.

- c) Se hizo una prueba que valide la *hipótesis específica (c)*, propuesta en la presente tesis, para evaluar si la implementación de control estadístico de la calidad, logró reducir la variabilidad de la longitud de los vidrios. Para lo cual se procesaron los resultados de la pre-prueba y post-prueba del grupo experimental.

El análisis de Datos se basara en los resultados diarios que se obtendrán según el método empleado respecto al control de calidad por atributos, por variables, en la línea industrial.

Las técnicas de procedimiento de análisis de datos utilizaron herramientas:

- ✓ Registros de control de calidad por variables (plantilla Excel)
- ✓ Registros de control de calidad atributos. (plantilla Excel)
- ✓ Registros de Productividad de la línea Industrial (Platilla Excel)
- ✓ Registros de satisfacción del cliente (Platilla Excel)

En la siguiente Tabla 10, se describe las variables dependientes respecto al indicador, escala de medición, estadísticos descriptivos y análisis inferencial.

Tabla 10:
Matriz de Análisis de datos

Variable	Indicador	Escala de medición	Estadísticos descriptivos	Análisis inferencial
Control Estadístico de la Calidad	Producción vidrios templados entre horas hombre Ordenes entregadas a tiempo entre total de ordenes vendidas.	Porcentaje	-	-

Se reduce los niveles de productos no conformes	Productos conformes atributos producción	no por entre	Numérico (Escala)	Media Desviación estándar	Prueba de Normal (Kolmogorov-Smirnova) Prueba no paramétrica (Wilcoxon)
Se reduce la variación de la longitud en la flecha de los vidrios templados	Capacidad del proceso	potencial	Numérico (Escala)	Media Desviación estándar	Prueba de Normal (Kolmogorov-Smirnova) Prueba no paramétrica (Wilcoxon)
Se reduce la variación de la longitud en los vidrios templados	Capacidad del proceso	potencial	Numérico (Escala)	Media Desviación estándar	Prueba de Normal (Kolmogorov-Smirnova) Prueba no paramétrica (Wilcoxon)

Fuente y elaboración: Propia

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Resultados

Generalidades

Los objetivos planteados en el trabajo de investigación tuvieron su base de mejora en la Implementación del control de calidad en proceso y en la aplicación de las cartas de control por variable y atributos, en la línea industrial para vidrio templado, lo cual implicó capacitar a un grupo de inspectores de calidad en temas relacionados al recojo de datos y llenado de formatos en planta de manera similar al manejo e interpretación de las gráficas de los límites de control, por otra parte también se capacitó en la toma de decisión frente a una no conformidad dependiendo de las tolerancias especificadas por los clientes.

Los inspectores de calidad tienen la responsabilidad de la inspección y monitoreo de la calidad en el proceso de producción, quienes deben informar en primera instancia al supervisor de producción para corregir el proceso y a otra instancia en caso que la no conformidad sea muy crítica o requiera la aprobación de una jefatura superior.

Así mismo los inspectores de calidad tienen la autoridad de aprobar para que un determinado proceso inicie su producción en cada cambio de modelo o calibración de máquina, a tal acción se denominó arranque de producción.

Por otro lado se establecieron lineamientos en el uso de instrumentos de medición (Flexómetros, vernier, etc.) en los procesos que el operador de maquina requiere para monitorear su trabajo. Las misma que tienen que estar calibradas por un proveedor externo.

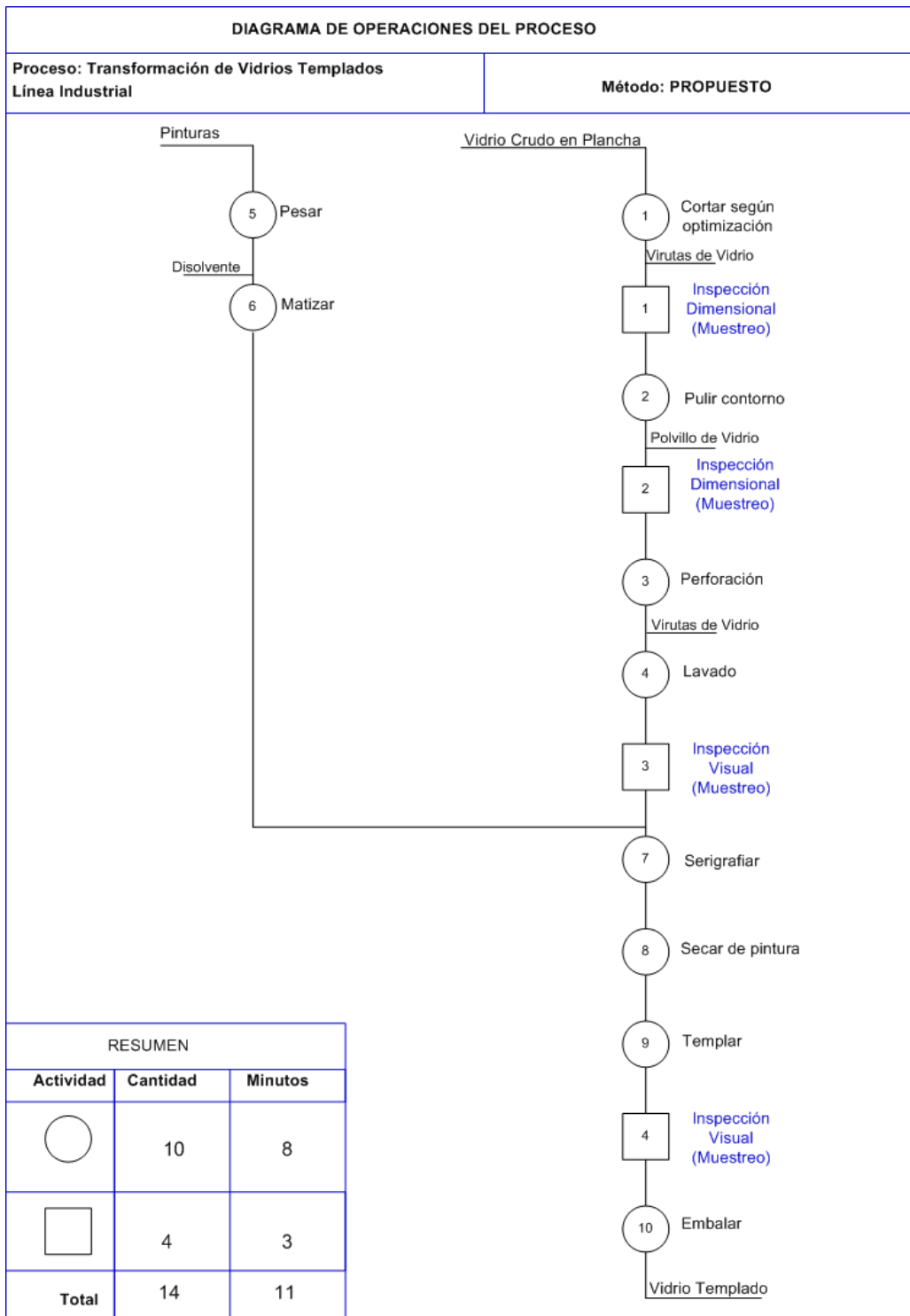


Figura 08: Diagrama de operaciones de proceso “Método Propuesto”

Fuente y Elaboración: Propia

El encargado de maquina juntamente con el supervisor de producción son responsables de la calibración y el buen manejo de las maquinas, informando oportunamente cualquier falla que puede convertirse en una causa potencial para generar productos no conformes. Así mismo quedo determinado los puntos de control de calidad siendo estos: área de corte, pulido, lavado y templado el control por variables (Dimensional) y control de calidad por atributos (Visual), Figura 08 y 09

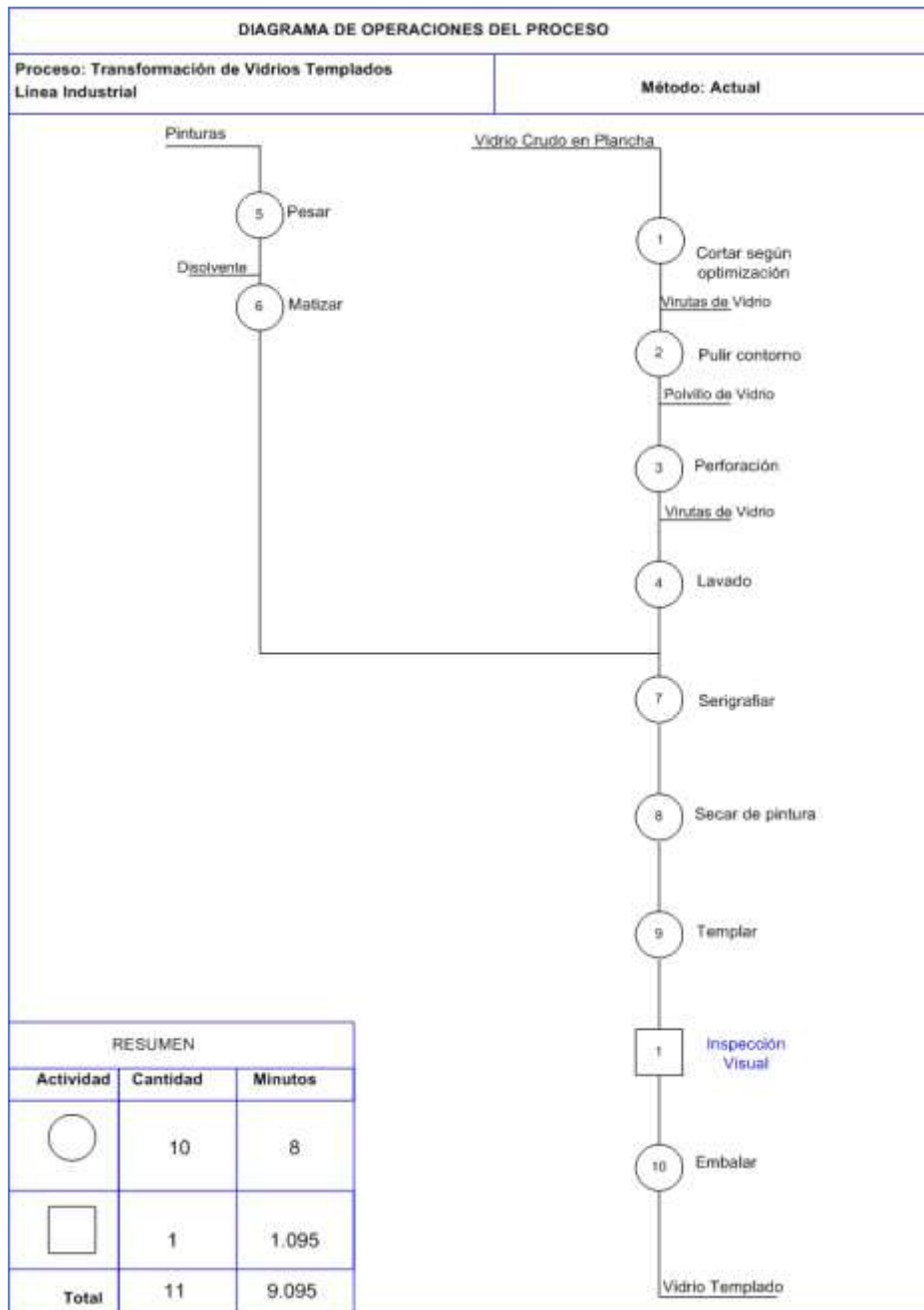


Figura 09: Diagrama de operaciones de proceso “Método Actual”

Fuente y Elaboración: Propia

PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE VIDRIOS TEMPLADOS

El proceso de producción de la línea industrial se describe a continuación con la finalidad de entender cada etapa del proceso de transformación de los vidrios templados para electrodomésticos.

1° Almacén de Vidrios:

La materia prima es importada de varios países tales como China, EE.UU, Brasil, Chile, México etc. llega en grandes contenedores hasta la bodega de la planta para luego abastecer a producción según requerimiento. Ver Figura 10.



Figura 10: Imagen de almacenaje de vidrios.

Fuente y Elaboración: Propia

2° Proceso de Corte de Vidrios:

El proceso de corte es automatizado y comienza cargando los vidrios de varios espesores en los caballetes, luego el brazo robot según lo programado pone la plancha de manera automático, el material es optimizado según tamaño de las planchas de vidrios antes de realizar el corte de los vidrios. Ver Figura 11.



Figura 11: Imagen de máquina de corte automática

Fuente y Elaboración: Propia

3° Proceso de Pulido:

El proceso de Pulido consiste en dar el acabado al bordes de los vidrios según requisitos definidos por el cliente, siendo el tipo de pulido plano, redondo y trapecio, etc. En donde también se define la longitud final de los vidrios. Ver Figura 12.



Figura 12: Imagen de máquina de pulido automática

Fuente y Elaboración: Propia

4° Proceso de Lavado y Secado:

El lavado de los vidrios se realiza con lavadoras automática que utiliza agua tratada en el proceso de osmosis y a una temperatura promedio de 55°C, continuando el proceso de secado mediante rodillos en movimiento continuo. Ver Figura 13.



Figura 13: Imagen de máquina de lavado automática

Fuente y Elaboración: Propia

5° Proceso de Serigrafía:

El proceso de serigrafía permite crear diferentes diseños para áreas de visión y no visión utilizando formas y colores. Las formas pueden ser líneas, fondo, degradé, franjas; puntos, huecos, cuadrados.

Los productos serigrafiados ayudan a controlar la transmisión de luz y la ganancia de calor solar reduciendo el coeficiente de sombra. Se produce aplicando pinturas vítreas que soportan más de 700°C durante el proceso de templado de los vidrios, vidrio mediante técnicas serigráficas. Ver Figura 14.



Figura 14: Imagen de tapa de vidrio serigrafiado

Fuente y Elaboración: Propia

6° Proceso de Secado de Serigrafía

Proceso de secado de los vidrios serigrafiados, se realizan a una temperatura de 30°C de manera homogénea en los hornos de secado automático. Quedando listo para el proceso de temple.

7° Proceso de Templado

El vidrio Templado, se produce mediante el calentamiento uniforme de un vidrio hasta alcanzar aproximadamente 700 °C, luego un enfriamiento rápido mediante aire generado por compresoras de alta presión.

Este proceso le confiere al vidrio una resistencia mecánica y térmica de entre 3 y 5 veces más alta que el vidrio normal o crudo.

Se lo considera de seguridad debido a que en caso de rotura, se producen fragmentos menores a 10 milímetros exigidas por las normas internacionales de calidad, siendo pequeños fragmentos redondeados no cortantes a diferencia a los vidrios crudos que se rompen en forma de cuchillas siendo muy peligrosos al romperse debido a un impacto. Ver Figura 15.



Figura 15: Imagen del horno templado

Fuente y Elaboración: Propia

8° Control de Calidad

Es una actividad propuesta en la presente investigación, consiste en realizar la inspección visual en el control de calidad por atributos y una inspección dimensional en el control de calidad por variables, tomando muestras de manera aleatoria en el proceso de producción en cada punto de control definido. Se propuso el siguiente diagrama de flujo. Ver Figura 16.

En donde se detalla dos interrogantes para tomar la decisión frente a la calidad y el cumplimiento de los requisitos exigidos por el cliente para un determinado producto. **¿Cumple tolerancia?** para el Control por variables y la interrogante de **¿Pasa o no pasa?** para el Control por atributos. Así mismo hay una tercera interrogante sobre un producto observado **¿Se reprocesa?** Lo cual nos conlleva a tomar la decisión, si se reprocesa o rechaza.

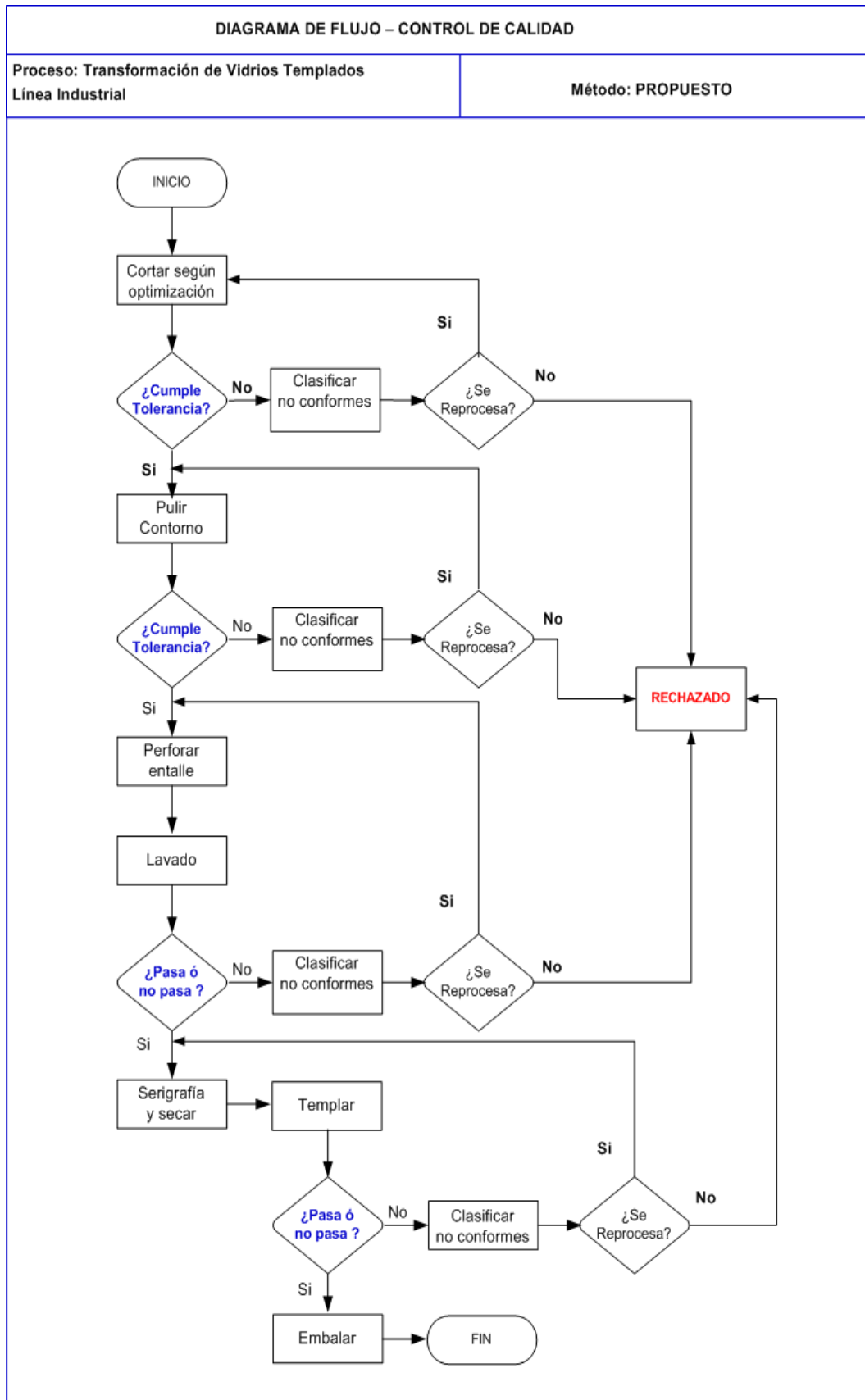


Figura 16: Diagrama de flujo propuesto

Fuente y Elaboración: Propia

Aplicación de Cartas de Control por Atributos “Gráfica P”, en el Control de Calidad del proceso de producción. Objetivo Especifico (a)

Esquemáticamente en la Figura 17, se muestra el diseño del experimento N° 01

Objetivo Especifico	Hipótesis Especifico (a)	Variable Dependiente	Dimensiones
<i>Mejorar el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial de la empresa Corporación Furukawa, a través de la reducción de los niveles de productos no conformes, aplicando el control estadística de la calidad.</i>	<i>Si se implementa el control estadístico de calidad, entonces se reduce los niveles de productos no conformes en la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa.</i>	<i>Se reduce los niveles de productos no conformes</i>	<i>Niveles de productos no conformes por atributos</i>

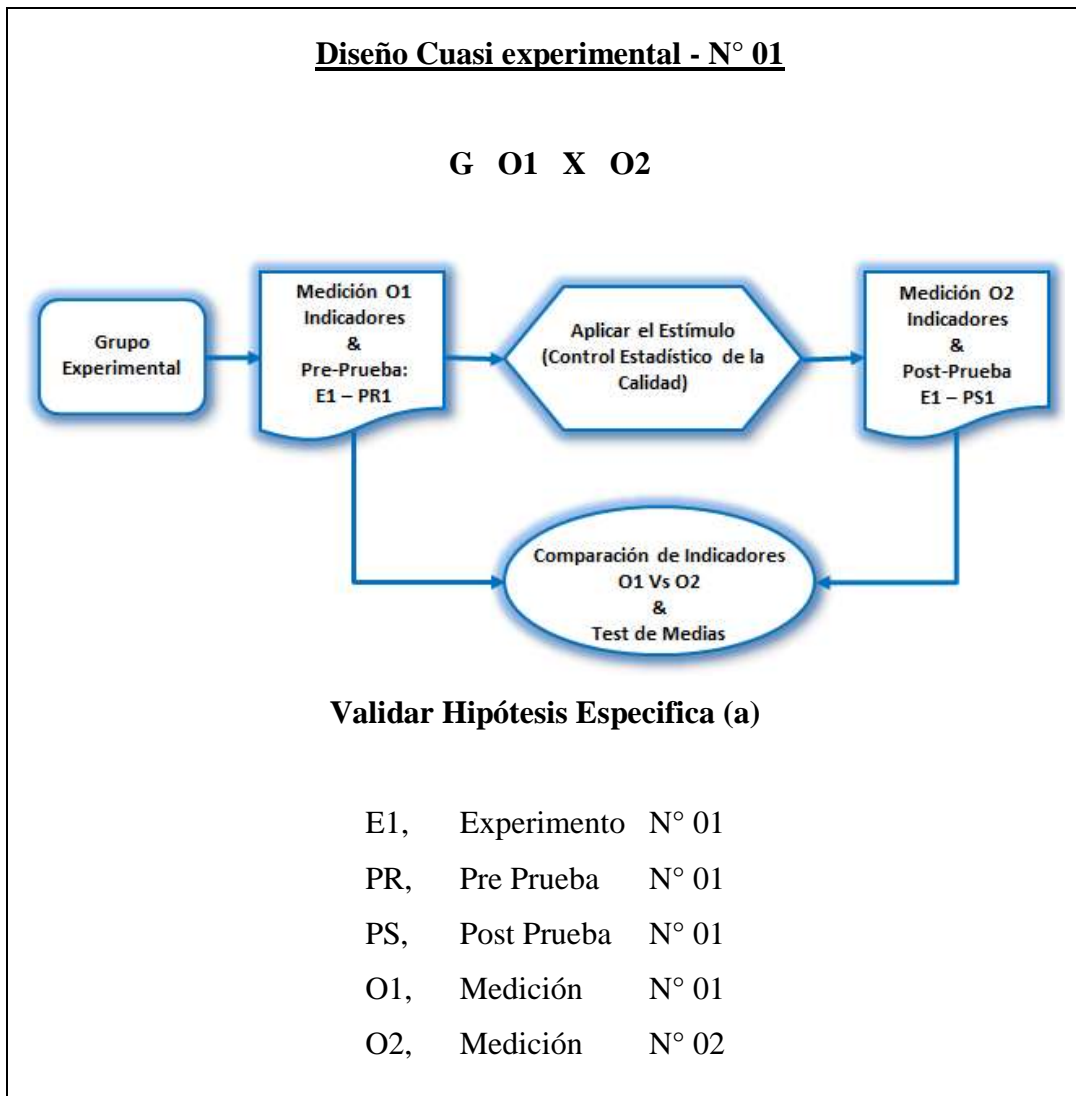


Figura 17: Diseño cuasi experimental N° 01

Fuente y Elaboración: Propia

Se realizó capacitación referente a los diferentes tipos de defectos que se generan en cada proceso que son característicos o típicos en una determinada actividad, siendo vital conocer para realizar el control de calidad por atributos y poder identificar oportunamente la fuente que causa el defecto. En caso de las **causas especiales** se planteó documentar el tipo de defecto, y a la par analizar el proceso para identificar la causa raíz para luego plantear la acción correctiva conjuntamente con un plan de acción, luego de haber implementado la solución se verificaron continuamente el proceso asegurando que el defecto no vuelva a ocurrir.

Por último se documenta haciendo referencia a la causa raíz, tipo de defecto y la solución implementada que a posterior sirva de referencia para dar solución a los

problemas de calidad. Una vez capacitado a los inspectores de control de calidad y al personal encargado de máquina se planteó realizar **un piloto en el área de corte** respecto a la inspección de calidad por atributos de los vidrios en la cual se revisaron y se registraron en planta así mismo procesar la data de manera digital en las plantillas del Excel en donde se verificaron los defectos como son rayado, quiñaduras, etc.

Una vez terminado el piloto se implementaron progresivamente área por área el control de calidad en proceso de todos los puntos de control definidas como se mencionan a continuación. Se establecieron puntos de control de calidad en proceso, quedando definidos cuatro puntos de control como son: corte, pulido, lavado y templado las cuales fueron consideradas como puntos críticos debido a que son procesos donde el manipuleo de cristales se lleva acabo de manera manual, así mismo al analizar los defectos se llegó a la conclusión de que el manipuleo de vidrios es una de las principales causa raíz para generar productos no conformes por concepto de ralladura, quiñadura, etc. Para lo cual se realizaron inspección visual para definir si un producto pasa o no pasa como describimos a continuación.

Inspección Visual:

Consiste en la inspección de calidad por atributos para identificar los vidrios con ralladuras, quiñaduras, entre otros, dicha inspección se realizan a una distancia de 600mm que es equivalente a la distancia de los brazos extendidos hacia al frente o colocados en un dispositivo. Ver figura 18



Figura 18: Imagen de inspección de vidrios

Fuente y Elaboración: Propia

Por lo tanto se determinó implementar la inspección de control de calidad por atributos en los puntos de control descritos anteriormente, por el personal asignado como inspector de calidad quien realiza el seguimiento y monitoreo del proceso mediante la toma de datos con una frecuencia de 60 minutos y 197 muestra diarias calculada con la siguiente formula y la Tabla 11, nivel de confianza.

$$n = p(1 - p)\left(\frac{Z_{\alpha/2}}{E}\right)^2$$

Proporción de defectos 2014 = 15.1%
 Nivel de confianza = 95%
 Error = 5%
 $Z_{\alpha/2}$ = 1.96

Tabla 11: Limite de confianza

$Z_{\alpha/2}$	LÍMITE DE CONFIANZA
1.036	70%
1.282	80%
1.645	90%
1.96	95%
2.575	99%
3.00	99.73%

Fuente y elaboración: Control de calidad Besterfield, octava edición – 2009

Para luego ser llenados en una base de datos que alimenta a una plantilla de Excel predeterminada para realizar los cálculos de la **gráfica de control “P”**, cuyo resultado salta a la vista si el proceso se está alejando demasiado de sus límites de control, permitiendo tomar acciones correctivas en el momento oportuno para corregir causas asignable del proceso.

A continuación se pueden apreciar la plantilla de Excel (Ver Tabla 12) para realizar cálculos de los límites de control, en la cual se observan la columna de tamaño de muestra diario igual a 197 vidrios a ser inspeccionada y la columna de atributos se

mencionan los defectos encontrados en los vidrios inspeccionado (rayados, quiñados, mal pulidos y rotos en horno) siendo estos parte del análisis de la tesis, y el total de no conformes encontrados durante la inspección diaria , la proporción y los límites inferior, superior y central son calculados con las siguientes formulas propias de la carta de control de proporciones (P).

Tabla

12:

Plantilla de cálculo de los límites de control para atributos.

Control estadístico de calidad					2014														Total		Carta de Control "P" - Proporción		
Sub Grupo	Fecha	Nombre	Día	Muestra	Quiñados	Rayados	Curvatura	Mal Pulido	Rotos en Horno	Sobados	Planimetría	Logo Defectuoso	Manchas de Agua	Sin logo	Ojos	Rotos	Manchas	Puntos Negros	No conformes	Proporción	Límite Inferior	Línea Central	Límite Superior
1	05-feb	Carlos	Miércoles	197	0	2	28	0	0	0	0	0	0	0	0	2	12	0	44	22.7%	9.0%	17.1%	25.1%
2	06-feb	Carlos	Jueves	197	9	14	11	8	5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	49	24.9%	9.0%	17.1%	25.1%
3	07-feb	Carlos	Viernes	197	0	0	13	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	7.1%	9.0%	17.1%	25.1%
4	10-feb	Carlos	Lunes	197	3	9	24	0	5	1	0	10	0	0	0	0	0	21	73	37.1%	9.0%	17.1%	25.1%
5	11-feb	Carlos	Martes	197	5	10	0	0	0	1	0	0	0	8	0	0	0	0	24	12.2%	9.0%	17.1%	25.1%
6	12-feb	Carlos	Miércoles	197	7	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	7.6%	9.0%	17.1%	25.1%
7	13-feb	Carlos	Jueves	197	10	0	9	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	25	12.7%	9.0%	17.1%	25.1%
8	14-feb	Carlos	Viernes	197	1	0	0	6	0	6	0	2	0	7	0	0	0	21	43	21.8%	9.0%	17.1%	25.1%
9	17-feb	Carlos	Lunes	197	20	9	11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	41	20.8%	9.0%	17.1%	25.1%
10	18-feb	Carlos	Martes	197	14	10	0	0	0	3	0	5	0	0	0	0	0	0	32	16.7%	9.0%	17.1%	25.1%
11	19-feb	Carlos	Miércoles	197	3	0	9	0	0	0	0	7	0	0	0	0	22	0	41	20.8%	9.0%	17.1%	25.1%
12	20-feb	Carlos	Jueves	197	0	4	32	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	18.8%	9.0%	17.1%	25.1%
13	21-feb	Carlos	Viernes	197	23	8	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	35	17.8%	9.0%	17.1%	25.1%
14	24-feb	Carlos	Lunes	197	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	7.6%	9.0%	17.1%	25.1%
15	25-feb	Carlos	Martes	197	21	16	2	0	0	0	0	3	14	0	0	1	0	0	57	28.9%	9.0%	17.1%	25.1%
16	26-feb	Carlos	Miércoles	197	43	4	0	0	0	0	0	2	0	8	0	0	0	0	57	28.9%	9.0%	17.1%	25.1%
17	27-feb	Carlos	Jueves	197	1	37	10	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	52	26.4%	9.0%	17.1%	25.1%
18	28-feb	Carlos	Viernes	197	12	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	17.8%	9.0%	17.1%	25.1%
19	03-mar	Carlos	Lunes	197	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	10.7%	9.0%	17.1%	25.1%
20	04-mar	Carlos	Martes	197	18	29	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	51	25.9%	9.0%	17.1%	25.1%
21	05-mar	Carlos	Miércoles	197	16	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	12.2%	9.0%	17.1%	25.1%
22	06-mar	Carlos	Jueves	197	2	11	0	0	0	0	0	3	12	0	0	0	0	0	28	14.2%	9.0%	17.1%	25.1%
23	07-mar	Carlos	Viernes	197	20	8	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	20.3%	9.0%	17.1%	25.1%
24	10-mar	Carlos	Lunes	197	12	6	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	21	10.7%	9.0%	17.1%	25.1%
25	11-mar	Carlos	Martes	197	2	3	14	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	22	11.2%	9.0%	17.1%	25.1%
26	12-mar	Carlos	Miércoles	197	32	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	22.3%	9.0%	17.1%	25.1%
27	13-mar	Carlos	Jueves	197	0	24	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	27.4%	9.0%	17.1%	25.1%
28	14-mar	Carlos	Viernes	197	0	4	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	16.8%	9.0%	17.1%	25.1%
29	17-mar	Carlos	Lunes	197	35	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	36	18.3%	9.0%	17.1%	25.1%

Fuente: Corporación Furukawa

Elaboración: propia

$$LCS = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$LC = \bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n}$$

$$LCI = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Dónde:

\bar{p} = línea central o promedio de las proporciones de no conformidades

n = número inspeccionado en un subgrupo

Con los límites calculados en la plantilla Excel se puede representar en las llamadas graficas de control “P” (Ver Figura 19). Donde se aprecia la variabilidad de los resultados de los productos no conformes en un horizonte de tiempo mensual, permitiendo analizar e identificar oportunidades de mejora en el proceso de templado para reducir los niveles de productos defectuosos respecto a los vidrios rayados, quiñados, mal pulidos y rotos en horno.

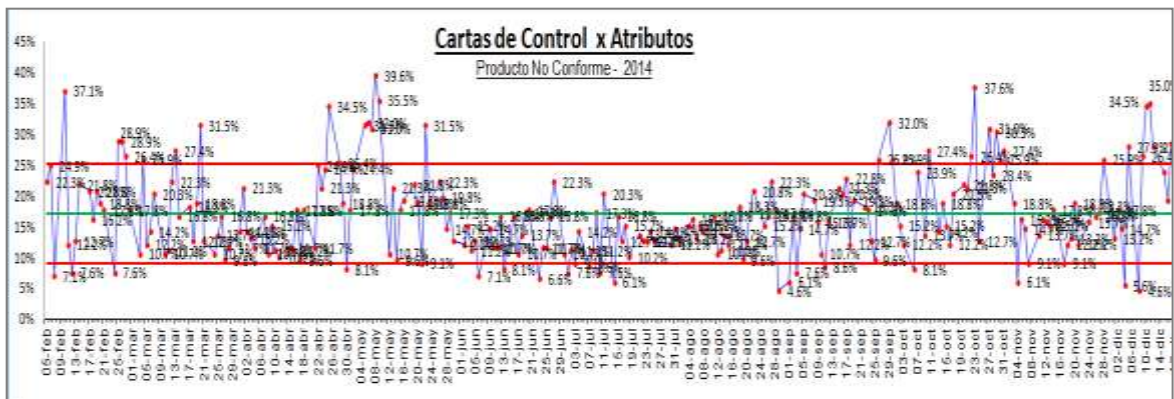


Figura 19: Gráfica de control “P”

Fuente: Corporación Furukawa

Elaboración: propia

Análisis e identificación de causas vidrios templados – Objetivo Específico (a)

En base a los resultados obtenidos del control de calidad por atributos del proceso de transformación de vidrios templados de la línea industrial nos condujo a realizar el análisis de la causa raíz que generan los defectos que representa alrededor 80% de los productos no conformes que la organización viene afrontando.

Para lo cual se utilizó la herramienta de calidad el diagrama de Ishikawa (Causa – Efecto), en donde se contempla las causas potenciales que originan la ralladura, quiñado, mal pulido y roturas de vidrios. Ver figura 20

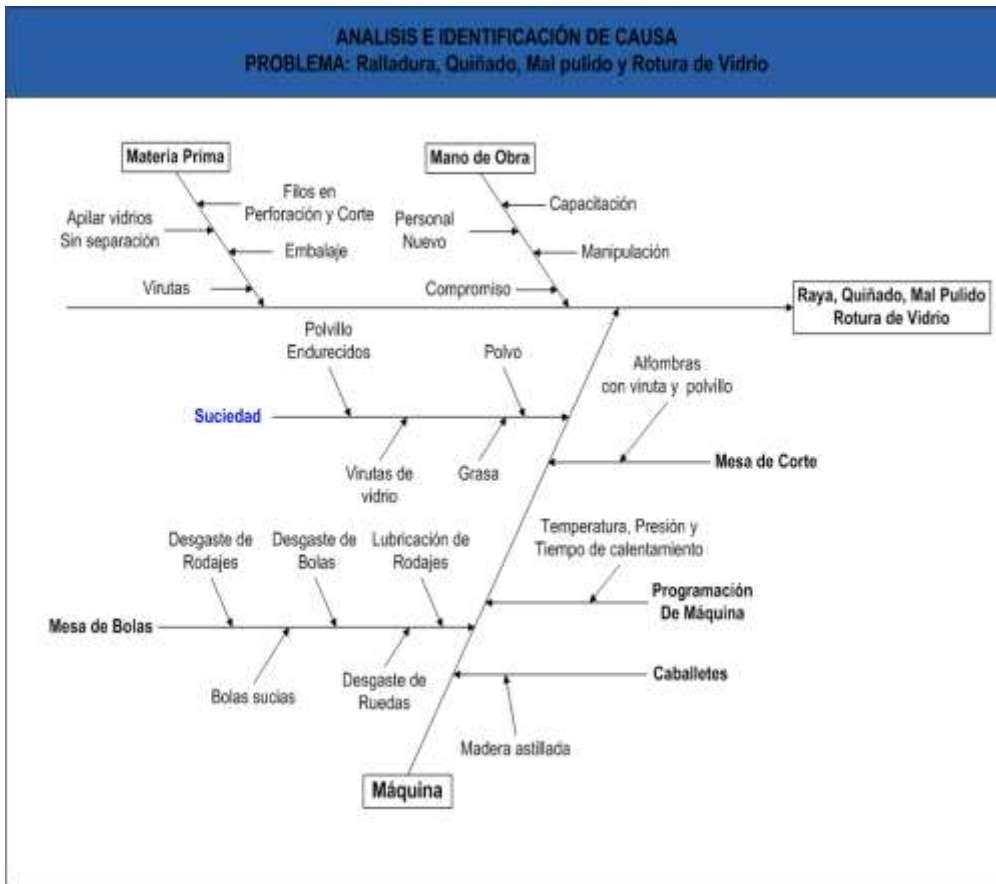


Figura 20: Diagrama de Ishikawa

Fuente: Corporación Furukawa

Elaboración: propia

Partiendo de las causas potenciales indicadas en el diagrama de Ishikawa se identificaron que la causa raíz que contribuye a generar vidrios no conformes (Ver Figura 21) se centran en los factores tales como: Mano de Obra y Máquina.



Figura 21: Imagen de vidrios defectuosos

Fuente: Corporación Furukawa

Elaboración: propia

Mano de Obra: Al analizar este factor se logró evidenciar que en el proceso de transformación de vidrios desde el área de corte hasta la sección de lavado se

contaba que el 20% del personal tenían menos de tres meses en la empresa y de ellos al ingresar al puesto solo se le daba inducción general de toda la planta sin tener previa capacitación propia de manera específica en el manipuleo y transporte de los vidrios, entendiéndose como manipuleo la carga y descarga de los vidrios en los coches de transporte.

Siendo la mano de obra una de las causas raíz de la ralladura y quiñadura de los vidrios se implementó un procedimiento de capacitación de todo personal nuevo, cuya capacitación consistía en una exposición teórica con temas de tipos de vidrios y cuidados que se debe tener con la manipulación de los mismos, videos con hechos reales de cargar y descargar de vidrios en los coches de transporte.

Así mismo también una capacitación practica que consistía en aplicar el método correcto para cargar y descargar el vidrio en los coches de transporte y como se deben de manipular para colocar los vidrios en las máquinas para su transformación

Máquina: La falta de limpieza a mayor detalle de las maquinas también era la causa raíz de las ralladuras, quiñaduras debido que se encontraron polvillo de vidrio impregnado y endurecido en las zonas menos visibles, el exceso de grasa en la lubricación de los rodajes en la cual se pegaba el polvillo, suciedad y las virutas de los vidrios, los desgastes de los rodajes, ruedas, garruchas y la lubricación de los mismos.

Para dar solución se propuso un procedimiento de limpieza en cada área del proceso de producción para las maquinas, para dar cumplimiento al procedimiento se debe inspeccionar sus puesto de trabajo y la limpieza de las máquinas.

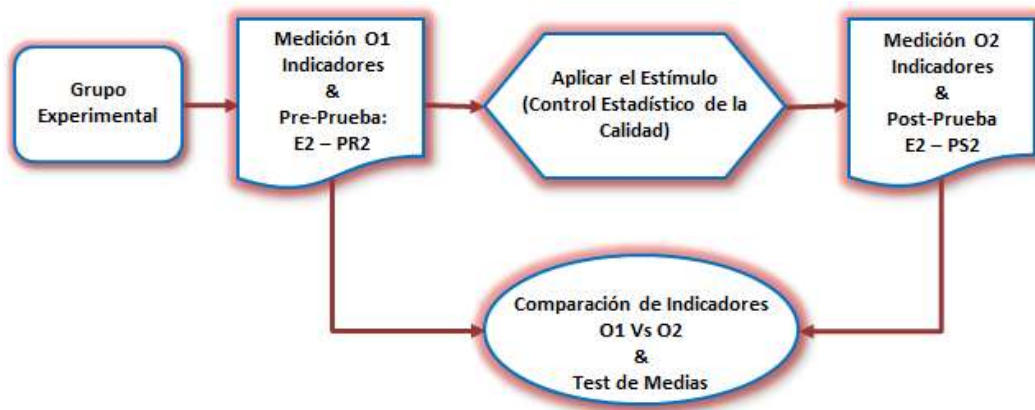
Aplicación de Cartas de Control por Variables “Gráfica X-R”, en el control de Calidad del proceso de Templado de Vidrios. Objetivo Específico (b)

Esquemáticamente en la Figura 22, se muestra el diseño del experimento N° 02

Objetivo Especifico	Hipótesis Especifico (b)	Variable Dependiente	Dimensiones
Mejorar el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial de la empresa Corporación Furukawa, a través de la reducción de la variación en la longitud de la flecha de los vidrios curvos, aplicando el control estadístico de calidad.	Si se implementa el control estadístico de calidad, entonces se reduce los niveles de variación en la longitud de la flecha de los vidrios curvos en la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa.	Se reduce la variación de la longitud en la flecha de los vidrios templados	Capacidad del potencial del proceso

Diseño Cuasi experimental - N° 02

G O1 X O2



Validar Hipótesis Especifica (b)

E2, Experimento N° 02

PR, Pre Prueba N° 02

PS,	Post Prueba	N° 02
O1,	Medición	N° 01
O2,	Medición	N° 02

Figura 22: Diseño cuasi experimental N° 02

Fuente y Elaboración: Propia

Se realizó capacitación referente a los diferentes tipos de defectos que se generan en cada proceso que son característicos o típicos en una determinada actividad, siendo vital conocer para realizar el control de calidad por variables y poder identificar oportunamente la fuente que causa el defecto.

En caso de las **causas aleatoria** se planteó documentar el tipo de defecto, y a la par analizar el proceso para identificar la causa raíz para luego plantear la acción correctiva conjuntamente con un plan de acción, luego de haber implementado la solución se verificaron continuamente el proceso asegurando que el defecto no vuelva a ocurrir.

Por último se documenta haciendo referencia a la causa raíz, tipo de defecto y la solución implementada que a posterior sirva de referencia para dar solución a los problemas de calidad.

Una vez capacitado a los inspectores de control de calidad y al personal encargado de máquina se planteó realizar **un piloto en el área de Templado** respecto a la inspección de calidad por variables de los vidrios en la cual se revisaron y se registraron en planta así mismo se procesaron la data de manera digital en las plantillas del Excel en donde se verificaron los defectos como son longitud de flecha, radio de curvatura, etc.

Una vez terminado el piloto se implementaron progresivamente área por área el control de calidad en proceso de todos los puntos de control definidas como se mencionan a continuación.

Se establecieron puntos de control de calidad en proceso, quedando definido el punto de control que recae en el proceso de Templado (Calentamiento y enfriamiento brusco de los vidrios) debido a que en dicho proceso los vidrios adoptan la curvatura, es decir se define la longitud de flecha siendo por lo tanto la principal causa para generar productos no conformes por concepto de fuera de medida en la flecha de los vidrios, etc.

Inspección Dimensional: Consiste en el control de calidad por variables en la cual se realizan las mediciones de longitud, longitud de flecha, pandeo, posición de perforación. El control y análisis se centra en la medición de la variable crítica definida como longitud de flecha en los vidrios. (Ver Figuras 23 y 24)

Instrumental: mesa de granito calibrado, calibrador digital, flexómetro.

La medición de la longitud de flecha se realiza colocando el vidrio curvo sobre la mesa de grafito, luego se marca el punto centro y por consiguiente medir la longitud de flecha. Registrar el resultado.



Figura 23: Imagen de inspección de calidad

Fuente y elaboración: Propia



Figura 24: Imagen de inspección de calidad – Longitud de flecha

Fuente y elaboración: Propia

Se implementó el control de calidad por variables en dicho punto de control, por lo que personal asignado como el inspector de calidad es quien realiza el seguimiento y monitoreo del proceso mediante la toma de datos de planta con una frecuencia de 75 minutos y una muestra igual a 25 vidrios diarias a inspeccionar, puesto que el proceso produce entre 401 a 500 unidades diarias. Ver Tabla 13.

Tabla 13:

Tamaño de muestra

Tamaños de muestra	
TAMAÑO DE LOTE	TAMAÑO DE MUESTRA
91-150	10
151-280	15
281-400	20
401-500	25
501-1,200	35
1,201-3,200	50
3,201-10,000	75
10,001-35,000	100
35,001-150,000	150

Fuente: ANS/ASQ Z1.9—1993, Normal Inspection, Level II.

Fuente y elaboración: Control de calidad Besterfield, octava edición - 2009

La información tomada de planta es llenado en una base de datos que alimenta a una plantilla de Excel predeterminada para realizar los cálculos de la gráfica de control “ $\bar{X} - R$ ”, cuyo resultado permite visualizar los límites de control, permitiendo tomar acciones en el momento oportuno para corregir causas asignable del proceso o investigar las causas aleatoria.

Las medias muestrales de la plantilla Excel son de las muestras tomadas de la planta, para nuestro análisis se toman 5 lecturas cada vez que se visita el proceso de producción de la línea industrial hasta completar las 25 muestras requeridas.

Para realizar los cálculos de los límites de control de medias y rangos para ello se utilizaron las fórmulas de las cartas de control por variables, queda definida las siguientes formulas y los valores de las constantes de los factores críticos de las cartas de control. Ver Tabla 14:

$$LCS_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{X}} , LCS_R = \bar{R} + 3\sigma_R$$

$$LCI_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{X}} , LCI_R = \bar{R} - 3\sigma_R$$

$$LCS_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} , LCS_R = D_4\bar{R}$$

$$LCI_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} , LCI_R = D_3\bar{R}$$

En donde

LCS = límite superior de control

LCI = límite inferior de control

A_2, D_3, D_4 = Constantes

Tabla

14:

Factores críticos de las cartas de control

TABLA Factores críticos de las gráficas o cartas de control					
n	Gráfica para medias	Gráfica para rangos			
	Factor para el límite de control $A_2 = 3/(d_2\sqrt{n})$	Factor para la recta central d_2	Factores de los límites de control $D_3 = 1-3(d_3/d_2)$ $D_4 = 1+3(d_3/d_2)$ d_3		
2	1,881	1,128	-1,267=0	3,267	0,8525
3	1,023	1,693	-0,574=0	2,574	0,8884
4	0,729	2,059	-0,282=0	2,282	0,8798
5	0,577	2,326	-0,114=0	2,114	0,8641
6	0,483	2,534	-0,004=0	2,004	0,8480
7	0,419	2,704	0,076	1,924	0,8330
8	0,373	2,847	0,136	1,864	0,8200
9	0,337	2,970	0,184	1,816	0,8080
10	0,308	3,078	0,223	1,777	0,7970
11	0,285	3,173	0,256	1,744	0,7870
12	0,266	3,258	0,284	1,716	0,7780
13	0,249	3,336	0,308	1,692	0,7700
14	0,235	3,407	0,329	1,671	0,7620
15	0,223	3,472	0,348	1,652	0,7550
16	0,212	3,532	0,364	1,636	0,7490
17	0,203	3,588	0,379	1,621	0,7430
18	0,194	3,640	0,392	1,608	0,7380
19	0,187	3,689	0,404	1,596	0,7330
20	0,180	3,735	0,414	1,586	0,7290
21	0,173	3,778	0,425	1,575	0,7240
22	0,167	3,819	0,434	1,566	0,7200
23	0,162	3,858	0,443	1,557	0,7160
24	0,157	3,895	0,452	1,548	0,7120
25	0,153	3,931	0,459	1,541	0,7090

Fuente y elaboración: Control de calidad Besterfield, octava edición – 2009

A continuación se pueden se observa la plantilla Excel para el cálculo de los límites de control para medias y rangos respecto a la variable en análisis. (Ver Tabla 15)

Tabla

15:

Plantilla Excel de los límites de control para variables – Longitud de flecha

Control estadístico de calidad					2014		Mediciones de Planta					Límites de Control de Medias			Límites de Control de Rangos					
Año	Operador	Inspector Calidad	Fecha	Día	Tipo	LIE	LSE	1°	2°	3°	4°	5°	X	UCo	LCo	LSCo	R	UCR	LCR	LSCR
2014	Paredes	Mueñas	01-jul	Martes	Incoloro	20.50	21.50	19.12	20.21	19.71	20.11	19.72	19.8	19.83	20.58	21.33	1.2	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	01-jul	Martes	Incoloro	20.50	21.50	22.27	19.43	20.81	22.35	21.98	21.4	19.83	20.58	21.33	2.9	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	01-jul	Martes	Incoloro	20.50	21.50	20.16	19.25	19.81	19.00	19.32	19.5	19.83	20.58	21.33	1.2	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	01-jul	Martes	Incoloro	20.50	21.50	20.00	19.57	19.64	20.33	19.69	19.8	19.83	20.58	21.33	0.8	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	01-jul	Martes	Incoloro	20.50	21.50	19.26	19.34	19.43	20.33	20.49	19.8	19.83	20.58	21.33	1.2	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	02-jul	Miércoles	Incoloro	20.50	21.50	19.71	20.23	19.66	19.69	19.86	19.8	19.83	20.58	21.33	0.6	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	02-jul	Miércoles	Incoloro	20.50	21.50	20.45	20.75	20.69	20.87	21.32	20.8	19.83	20.58	21.33	0.9	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	02-jul	Miércoles	Incoloro	20.50	21.50	20.35	20.42	20.13	20.09	20.17	20.2	19.83	20.58	21.33	0.3	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	02-jul	Miércoles	Incoloro	20.50	21.50	21.53	21.86	20.18	21.37	20.46	21.1	19.83	20.58	21.33	1.7	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	02-jul	Miércoles	Incoloro	20.50	21.50	19.06	20.18	19.45	19.17	20.15	19.6	19.83	20.58	21.33	1.1	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	03-jul	Jueves	Incoloro	20.50	21.50	20.27	20.28	19.44	19.55	20.26	20.0	19.83	20.58	21.33	0.8	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	03-jul	Jueves	Incoloro	20.50	21.50	20.28	20.10	20.55	19.72	20.34	20.2	19.83	20.58	21.33	0.8	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	03-jul	Jueves	Incoloro	20.50	21.50	19.75	20.48	20.37	20.58	19.11	20.1	19.83	20.58	21.33	1.5	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	03-jul	Jueves	Incoloro	20.50	21.50	20.05	20.12	20.58	20.05	20.84	20.3	19.83	20.58	21.33	0.8	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	03-jul	Jueves	Incoloro	20.50	21.50	21.71	21.95	21.97	19.15	21.89	21.3	19.83	20.58	21.33	2.8	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	04-jul	Viernes	Incoloro	20.50	21.50	21.80	21.92	21.78	21.82	21.83	21.8	19.83	20.58	21.33	0.1	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	04-jul	Viernes	Incoloro	20.50	21.50	20.56	21.77	21.90	20.80	19.43	20.9	19.83	20.58	21.33	2.5	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	04-jul	Viernes	Incoloro	20.50	21.50	19.60	20.10	20.21	19.85	21.60	20.3	19.83	20.58	21.33	2.0	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	04-jul	Viernes	Incoloro	20.50	21.50	20.21	20.10	19.60	20.70	20.49	20.2	19.83	20.58	21.33	1.1	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	04-jul	Viernes	Incoloro	20.50	21.50	20.83	20.18	20.51	20.14	20.34	20.4	19.83	20.58	21.33	0.7	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	07-jul	Lunes	Incoloro	20.50	21.50	19.93	20.20	20.53	19.50	20.08	20.0	19.83	20.58	21.33	1.0	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	07-jul	Lunes	Incoloro	20.50	21.50	19.91	22.00	21.96	21.41	22.02	21.5	19.83	20.58	21.33	2.1	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	07-jul	Lunes	Incoloro	20.50	21.50	21.39	20.41	20.69	19.45	21.35	20.7	19.83	20.58	21.33	1.9	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	07-jul	Lunes	Incoloro	20.50	21.50	21.59	21.44	21.57	21.33	21.28	21.4	19.83	20.58	21.33	0.3	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	07-jul	Lunes	Incoloro	20.50	21.50	20.99	21.48	20.64	20.40	21.47	21.0	19.83	20.58	21.33	1.1	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	08-jul	Martes	Incoloro	20.50	21.50	20.36	20.45	19.45	20.37	19.66	20.1	19.83	20.58	21.33	1.0	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	08-jul	Martes	Incoloro	20.50	21.50	20.45	20.68	19.85	20.77	20.38	20.4	19.83	20.58	21.33	0.9	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	08-jul	Martes	Incoloro	20.50	21.50	20.32	21.10	21.88	19.90	22.45	21.1	19.83	20.58	21.33	2.6	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	08-jul	Martes	Incoloro	20.50	21.50	20.80	21.59	20.97	20.34	20.35	20.8	19.83	20.58	21.33	1.3	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	08-jul	Martes	Incoloro	20.50	21.50	20.92	19.61	21.75	20.80	21.65	20.9	19.83	20.58	21.33	2.1	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	09-jul	Miércoles	Incoloro	20.50	21.50	20.55	19.87	20.65	20.76	20.35	20.4	19.83	20.58	21.33	0.9	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	09-jul	Miércoles	Incoloro	20.50	21.50	20.35	20.92	21.95	20.55	19.88	20.7	19.83	20.58	21.33	2.1	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	09-jul	Miércoles	Incoloro	20.50	21.50	20.45	20.81	20.85	20.79	19.65	20.5	19.83	20.58	21.33	1.2	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	09-jul	Miércoles	Incoloro	20.50	21.50	20.70	19.35	19.75	19.77	20.58	20.0	19.83	20.58	21.33	1.4	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	09-jul	Miércoles	Incoloro	20.50	21.50	20.68	21.65	20.42	20.24	19.55	20.5	19.83	20.58	21.33	2.1	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	10-jul	Jueves	Incoloro	20.50	21.50	20.43	21.22	22.00	19.65	19.28	20.5	19.83	20.58	21.33	2.7	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	10-jul	Jueves	Incoloro	20.50	21.50	20.87	20.20	20.18	20.55	20.04	20.4	19.83	20.58	21.33	0.8	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	10-jul	Jueves	Incoloro	20.50	21.50	20.55	19.35	19.75	20.38	20.24	20.1	19.83	20.58	21.33	1.2	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	10-jul	Jueves	Incoloro	20.50	21.50	19.60	19.71	20.35	19.77	20.09	19.9	19.83	20.58	21.33	0.8	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	10-jul	Jueves	Incoloro	20.50	21.50	20.48	19.64	20.38	20.60	20.27	20.3	19.83	20.58	21.33	1.0	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	11-jul	Viernes	Incoloro	20.50	21.50	19.68	20.88	20.19	20.58	20.72	20.4	19.83	20.58	21.33	1.2	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	11-jul	Viernes	Incoloro	20.50	21.50	19.86	20.18	20.95	19.80	20.36	20.2	19.83	20.58	21.33	1.2	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	11-jul	Viernes	Incoloro	20.50	21.50	19.36	20.15	19.74	20.23	19.52	19.8	19.83	20.58	21.33	0.9	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	11-jul	Viernes	Incoloro	20.50	21.50	20.42	20.36	20.75	20.20	20.30	20.4	19.83	20.58	21.33	0.6	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	11-jul	Viernes	Incoloro	20.50	21.50	21.21	19.62	21.85	21.65	20.85	21.0	19.83	20.58	21.33	2.2	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	14-jul	Lunes	Incoloro	20.50	21.50	19.83	20.56	20.40	20.58	20.48	20.4	19.83	20.58	21.33	0.8	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	14-jul	Lunes	Incoloro	20.50	21.50	20.45	20.86	20.58	20.45	19.96	20.5	19.83	20.58	21.33	0.9	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	14-jul	Lunes	Incoloro	20.50	21.50	20.34	20.45	19.85	20.20	19.88	20.1	19.83	20.58	21.33	0.6	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	14-jul	Lunes	Incoloro	20.50	21.50	19.85	20.25	19.23	20.31	20.00	19.9	19.83	20.58	21.33	1.1	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	14-jul	Lunes	Incoloro	20.50	21.50	19.75	20.80	22.08	20.56	20.06	20.7	19.83	20.58	21.33	2.3	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	15-jul	Martes	Incoloro	20.50	21.50	20.08	21.65	20.09	22.66	21.00	21.1	19.83	20.58	21.33	2.6	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	15-jul	Martes	Incoloro	20.50	21.50	19.97	20.95	20.45	20.12	19.44	20.2	19.83	20.58	21.33	1.5	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	15-jul	Martes	Incoloro	20.50	21.50	20.00	21.55	21.66	20.35	20.65	20.8	19.83	20.58	21.33	1.7	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	15-jul	Martes	Incoloro	20.50	21.50	20.35	20.00	21.44	20.11	19.67	20.3	19.83	20.58	21.33	1.8	0.0	1.3	2.8
2014	Paredes	Mueñas	15-jul	Martes	Incoloro	20.50	21.50	20.65	19.58	19.75	20.35	20.04	20.1	19.83	20.58	21.33	1.1	0.0	1.3	2.8

Fuente: Corporación Furukawa

Elaboración: propia

Los límites calculados en la plantilla Excel se representan ó grafican de manera horizontal, la media y el rango son graficados mediante puntos las cuales muestran la variación en las llamadas gráficas de control de medias.

Donde se aprecia la variabilidad de los resultados de la media en un horizonte de tiempo mensual, permitiendo analizar y identificar oportunidades de mejora en el

proceso de templado para reducir las variaciones de las mediciones de la longitud de flecha en los vidrios curvos. Ver figura 25.

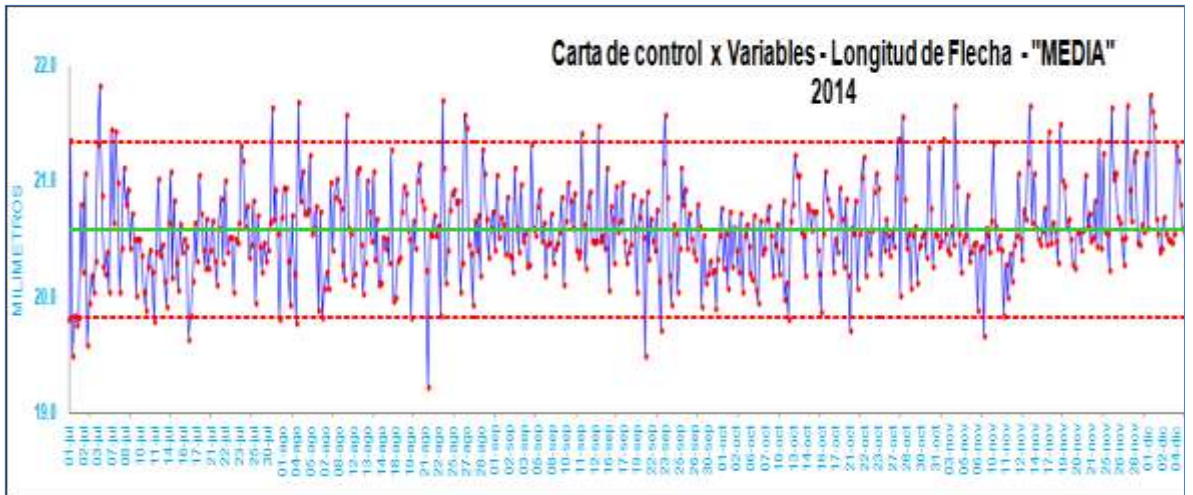


Figura 25: Gráfica de control de media (\bar{X})

Fuente: Corporación Furukawa

Elaboración: propia

Así mismo con los límites calculados en la plantilla Excel respecto al rango de los datos cuyo rango son calculados entre la diferencia de los valores mínimos y máximos de las mediciones de la longitud de flecha y son representados en las llamadas graficas de control de rango. Ver figura 26.

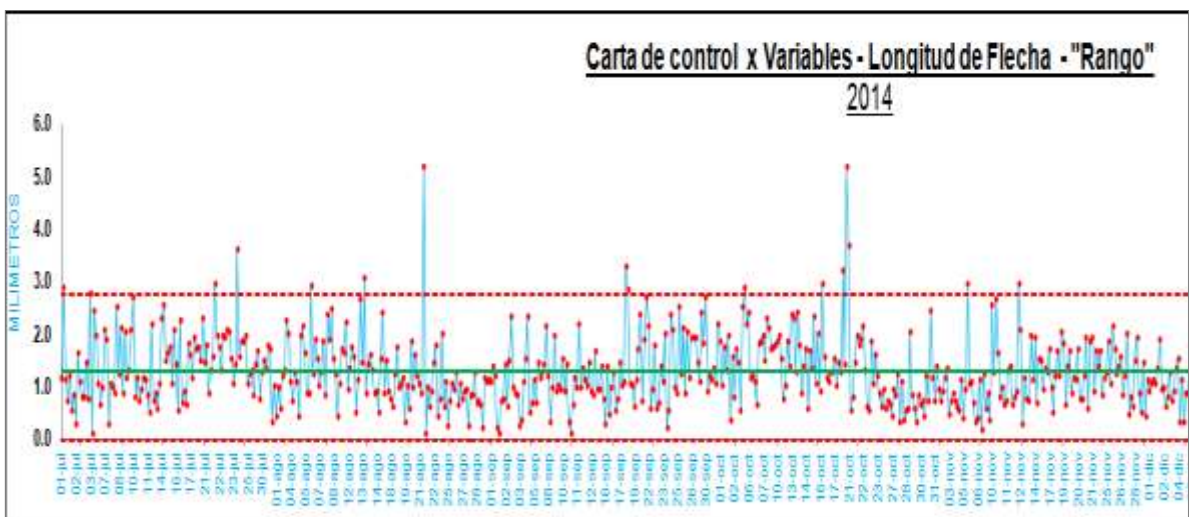


Figura 26: Gráfica de control de rango (R)

Fuente: Corporación Furukawa

Elaboración: propia

Análisis e identificación de causas vidrios templados – Objetivo específico (b)

En base a los resultados obtenidos del control de calidad por variables del proceso de transformación de vidrios templados de la línea industrial nos condujo a realizar el análisis de la causa raíz que generan los defectos que representa alrededor 80% de los productos no conformes que la organización viene afrontando.

Para lo cual se utilizó la herramienta de calidad diagrama de Ishikawa (Causa – Efecto), en donde se contempla las causas potenciales de la variación respecto la variable crítica definida como longitud flecha de los vidrio. Ver Figura 27.

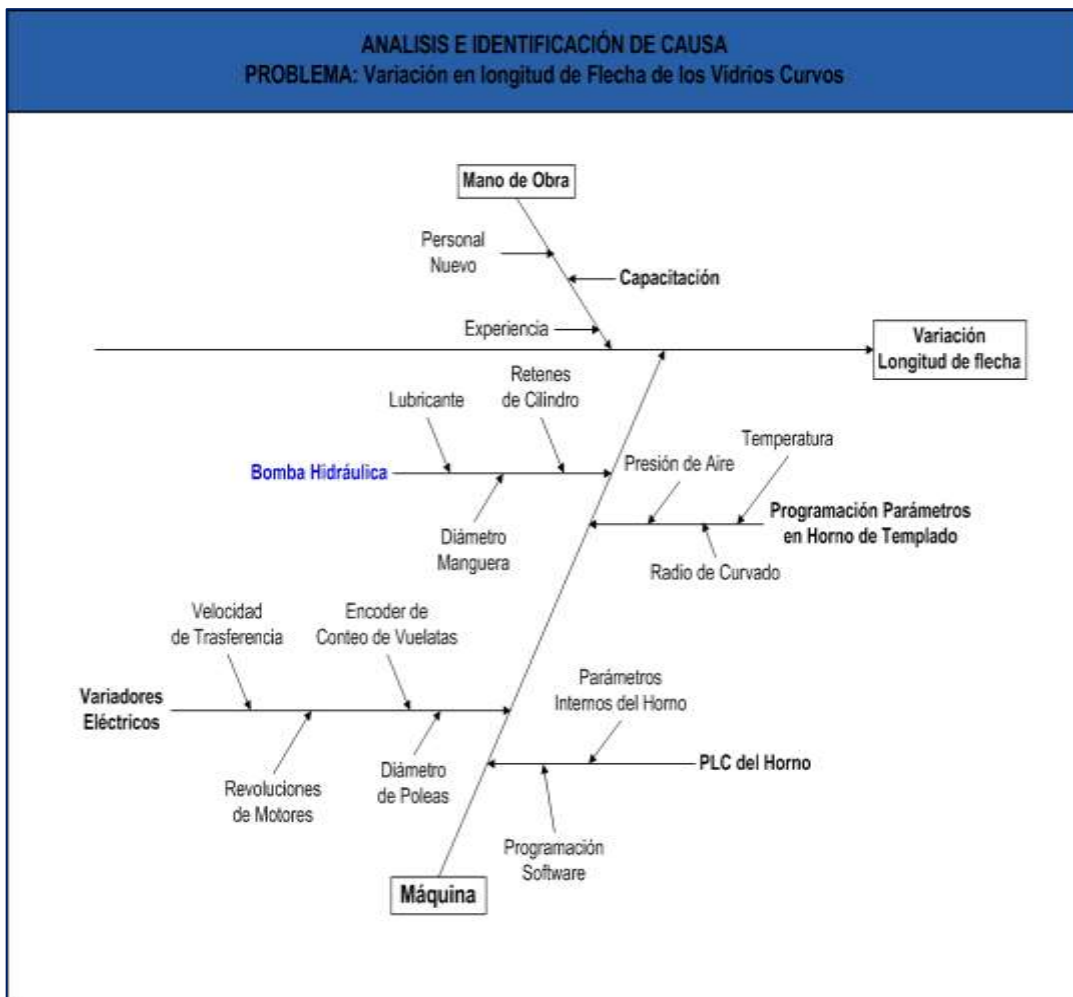


Figura 27: Diagrama de Ishikawa – Longitud de flecha del vidrio

Fuente: Corporación Furukawa

Elaboración: propia

Habiendo determinado las causas potenciales en el diagrama de Ishikawa, se logró identificar la causa raíz que generan vidrios las cuales radica el factor Máquina.

Máquina: Se dio inicio la identificación de la causa raíz con la revisión, análisis de los componentes directos que pueden afectar los resultados de la longitud de flecha en el vidrio templado y curvo, siendo revisados los parámetros de procesamiento como son la temperatura, presión y tiempo del proceso de templado, los parámetros del PLC de la máquina, los variadores y la bomba hidráulica.

Hallándose la causa raíz principal que tenía incidencia directa en la longitud del vidrio es el funcionamiento de la bomba hidráulica, En la cual se detectó tres situaciones fuera de control describiendo a continuación.

La viscosidad del aceite de lubricación se encontraba fuera de lo recomendado, los desgastes de las empaquetaduras o retenes por donde fugaba el aceite y permitía la pérdida de fuerza en los pistones que no permitían la acción correcta, de igual manera la diferencia de diámetro de las mangueras de inyección que por el tiempo de uso y la exposición al calor se dilataron esto causaba la pérdida de fuerza durante el flujo constante del lubricante.

Para dar solución se propuso un procedimiento de revisión y mantenimiento de la bomba hidráulica y sus respectivas componentes.

Así mismo la vida útil del aceite lubricante para que mantenga el grado de viscosidad recomendado que permite el funcionamiento y lubricación adecuada de la bomba hidráulica y así mismo la revisión establecida permitirá la detección oportuna de los desgastes, fallas ó alguna otra anomalía que se presente durante el proceso de producción que tendrán un impacto directo en la calidad de los vidrios templados en el caso específico de la longitud de flecha.

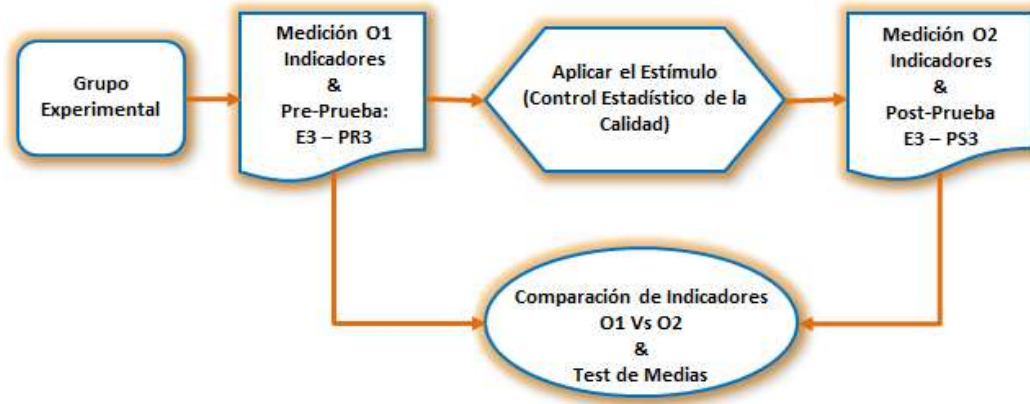
Aplicación de Cartas de Control por Variables “X-R”, en el control de calidad del proceso de corte de vidrios. Objetivo Específico (c)

Esquemáticamente en la Figura 28, se muestra el diseño del experimento N° 03

Objetivo Específico	Hipótesis Específico (c)	Variable Dependiente	Dimensiones
<p><i>Mejorar el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial de la empresa Corporación Furukawa, a través de la reducción de la variabilidad en la longitud de los vidrios, aplicando el control estadístico de calidad.</i></p>	<p><i>Si se implementa el control estadístico de calidad, entonces se reduce la variabilidad en la longitud de los vidrios en la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa.</i></p>	<p><i>Se reduce la variación de la longitud en los vidrios</i></p>	<p><i>Capacidad potencial del proceso</i></p>

Diseño Cuasi experimental - N° 03

G O1 X O2



Validar Hipótesis Específica (c)

E3,	Experimento	N°3
PR,	Pre Prueba	N°3
PS,	Post Prueba	N°3
O1,	Medición	N°1
O2,	Medición	N°2

Figura 28: Diseño cuasi experimental N° 03

Fuente y Elaboración: Propia

Se realizó capacitación referente a los diferentes tipos de defectos que se generan en cada proceso que son característicos o típicos en una determinada actividad, siendo vital conocer para realizar el control de calidad por variables y poder identificar oportunamente la fuente que causa productos no conformes.

En caso de las **causas aleatoria** se planteó documentar el tipo de defecto, y a la par analizar el proceso para identificar la causa raíz para luego plantear la acción correctiva conjuntamente con un plan de acción, luego de haber implementado la solución se verificaron continuamente el proceso asegurando que el defecto no vuelva a ocurrir.

Por último se documenta haciendo referencia a la causa raíz, tipo de defecto y la solución implementada que a posterior sirva de referencia para dar solución a los problemas de calidad.

Una vez capacitado a los inspectores de control de calidad y al personal encargado de máquina se planteó realizar **un piloto en el área de Pulido** respecto a la inspección de calidad por variables de los vidrios en la cual se revisaron y se registraron en planta así mismo se procesaron la data de manera digital en las plantillas del Excel en donde se realizaron las mediciones respecto a la variable en estudio que fue definido como longitud del vidrios luego del pulido.

Una vez terminado el piloto se implementaron definitivamente el control de calidad en dicho proceso.

Se definió las tolerancias de longitud como vidrio pulido en cumplimiento de los requerimientos exigidos por el cliente, siendo por lo tanto un punto de control vital para mantener bajo control las longitudes del vidrio como producto terminado.

Inspección Dimensional: Consiste en el control de calidad por variables en la cual se realizan las mediciones de longitud, altura de flecha, pandeo, posición de perforación. En este caso direccionamos el análisis respecto a la longitud del vidrio.

Instrumental: Flexómetros.

La medición de la longitud se realiza luego del proceso de pulido ubicando el vidrio sobre una mesa, luego se procede a medir con el flexómetro la longitud del vidrio cuyos resultados son registrados. Ver Figura 29.



Figura 29: Imagen de medición de longitud de vidrio

Fuente y elaboración: Propia

Se implementó el control de calidad por variables en dicho punto de control, el personal asignado como inspector de calidad es quien realiza el seguimiento y monitoreo del proceso mediante la toma de datos de planta con una frecuencia de 75 minutos y una muestra igual a 25 vidrios diarias a inspeccionar, puesto que el proceso produce en un intervalo de 401 a 500 unidades diarias. (Ver Tabla 16)

Tabla

16:

Tamaño de muestra

Tamaños de muestra	
TAMAÑO DE LOTE	TAMAÑO DE MUESTRA
91-150	10
151-280	15
281-400	20
401-500	25
501-1,200	35
1,201-3,200	50
3,201-10,000	75
10,001-35,000	100
35,001-150,000	150

Fuente: ANS/ASQ Z1.9—1993, Normal Inspection, Level II.

Fuente y elaboración: Control de calidad Besterfield, octava edición - 2009

La información tomada de planta es llenado en una base de datos que alimenta a una plantilla de Excel predeterminada para realizar los cálculos de los límites de control de las **gráfica de control “ \bar{X} - R”**, cuyo resultado permite visualizar los

límites de control, permitiendo tomar acciones en el momento oportuno para corregir causas asignable del proceso o investigar las causas aleatoria.

Las medias muestrales de la plantilla Excel son las muestras tomadas de la planta, para nuestro análisis se toman 5 lecturas cada vez que se visita el proceso de producción de la línea industrial hasta completar las 25 muestras requeridas diariamente.

Para realizar los cálculos de los límites de control de medias y rangos se utilizó las fórmulas de las cartas de control por variables, queda definida las siguientes formulas y las constantes valores de los factores críticos de las cartas de control. (Tabla 10):

$$LCS_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{X}} , LCS_R = \bar{R} + 3\sigma_R$$

$$LCI_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{X}} , LCI_R = \bar{R} - 3\sigma_R$$

$$LCS_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} , LCS_R = D_4\bar{R}$$

$$LCI_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} , LCI_R = D_3\bar{R}$$

En donde

LCS = límite superior de control

LCI = límite inferior de control

A_2, D_3, D_4 = Constantes

A continuación se observa la plantilla de Excel para los cálculos de los límites de control para medias y rangos. (Ver Tabla 17)

Tabla 17:

Plantilla Excel de los límites de control para variables – Longitud de vidrio

Control estadístico de calidad 2014							Mediciones de Planta					Límites de Control de Medias			Límites de Control de Rangos					
Año	Operador	Inspector Calidad	Fecha	Día	Tipo	UE	LSE	1°	2°	3°	4°	5°	X̄	UICx	LCx	LSCx	R	UICR	LCR	LSCR
2014	Rodríguez	Muedas	01-jul	Martes	Incoloro	489	491	489	485	491	490	488	488.6	486.77	489.35	491.92	6.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	01-jul	Martes	Incoloro	489	491	487	488	492	486	488	488.2	486.77	489.35	491.92	6.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	01-jul	Martes	Incoloro	489	491	492	491	493	491	492	491.8	486.77	489.35	491.92	2.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	01-jul	Martes	Incoloro	489	491	491	491	489	488	487	489.2	486.77	489.35	491.92	4.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	01-jul	Martes	Incoloro	489	491	490	489	492	489	490	490.0	486.77	489.35	491.92	3.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	02-jul	Miércoles	Incoloro	489	491	487	488	491	490	486	488.4	486.77	489.35	491.92	5.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	02-jul	Miércoles	Incoloro	489	491	489	488	490	491	487	489.0	486.77	489.35	491.92	4.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	02-jul	Miércoles	Incoloro	489	491	488	487	492	491	489	489.4	486.77	489.35	491.92	5.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	02-jul	Miércoles	Incoloro	489	491	487	486	488	489	488	487.6	486.77	489.35	491.92	3.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	02-jul	Miércoles	Incoloro	489	491	488	490	489	488	489	488.8	486.77	489.35	491.92	2.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	03-jul	Jueves	Incoloro	489	491	492	490	488	487	486	488.6	486.77	489.35	491.92	6.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	03-jul	Jueves	Incoloro	489	491	490	489	492	487	492	490.0	486.77	489.35	491.92	5.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	03-jul	Jueves	Incoloro	489	491	488	491	490	491	489	489.8	486.77	489.35	491.92	3.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	03-jul	Jueves	Incoloro	489	491	491	492	490	492	487	490.4	486.77	489.35	491.92	5.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	03-jul	Jueves	Incoloro	489	491	489	491	492	491	492	491.0	486.77	489.35	491.92	3.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	04-jul	Viernes	Incoloro	489	491	487	489	488	490	492	489.2	486.77	489.35	491.92	5.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	04-jul	Viernes	Incoloro	489	491	488	487	491	490	487	488.6	486.77	489.35	491.92	4.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	04-jul	Viernes	Incoloro	489	491	489	491	488	490	492	490.0	486.77	489.35	491.92	4.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	04-jul	Viernes	Incoloro	489	491	493	491	492	491	493	492.0	486.77	489.35	491.92	2.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	04-jul	Viernes	Incoloro	489	491	488	487	490	486	492	488.6	486.77	489.35	491.92	6.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	07-jul	Lunes	Incoloro	489	491	487	490	489	487	488	488.2	486.77	489.35	491.92	3.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	07-jul	Lunes	Incoloro	489	491	488	490	487	488	489	488.4	486.77	489.35	491.92	3.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	07-jul	Lunes	Incoloro	489	491	487	488	489	489	490	488.6	486.77	489.35	491.92	3.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	07-jul	Lunes	Incoloro	489	491	492	491	489	490	488	490.0	486.77	489.35	491.92	4.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	07-jul	Lunes	Incoloro	489	491	491	490	489	490	491	490.2	486.77	489.35	491.92	2.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	08-jul	Martes	Incoloro	489	491	487	489	489	489	490	488.8	486.77	489.35	491.92	3.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	08-jul	Martes	Incoloro	489	491	488	487	489	490	488	488.4	486.77	489.35	491.92	3.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	08-jul	Martes	Incoloro	489	491	488	490	489	487	488	489.0	486.77	489.35	491.92	3.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	08-jul	Martes	Incoloro	489	491	487	488	488	489	488	488.0	486.77	489.35	491.92	2.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	09-jul	Miércoles	Incoloro	489	491	492	493	490	491	492	491.6	486.77	489.35	491.92	3.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	09-jul	Miércoles	Incoloro	489	491	493	491	489	491	487	490.2	486.77	489.35	491.92	6.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	09-jul	Miércoles	Incoloro	489	491	489	488	492	490	493	490.4	486.77	489.35	491.92	5.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	09-jul	Miércoles	Incoloro	489	491	487	489	491	488	487	488.4	486.77	489.35	491.92	4.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	09-jul	Miércoles	Incoloro	489	491	488	488	489	488	490	488.6	486.77	489.35	491.92	2.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	10-jul	Jueves	Incoloro	489	491	491	493	492	490	491	491.4	486.77	489.35	491.92	3.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	10-jul	Jueves	Incoloro	489	491	493	493	491	492	490	491.8	486.77	489.35	491.92	3.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	10-jul	Jueves	Incoloro	489	491	492	491	488	492	488	490.2	486.77	489.35	491.92	4.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	10-jul	Jueves	Incoloro	489	491	490	489	492	488	492	490.2	486.77	489.35	491.92	4.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	10-jul	Jueves	Incoloro	489	491	491	490	489	491	490	490.2	486.77	489.35	491.92	2.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	11-jul	Viernes	Incoloro	489	491	492	491	490	491	490	490.8	486.77	489.35	491.92	2.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	11-jul	Viernes	Incoloro	489	491	491	492	489	488	488	489.6	486.77	489.35	491.92	4.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	11-jul	Viernes	Incoloro	489	491	490	488	487	491	490	489.2	486.77	489.35	491.92	4.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	11-jul	Viernes	Incoloro	489	491	489	491	491	490	488	489.8	486.77	489.35	491.92	3.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	11-jul	Viernes	Incoloro	489	491	490	487	488	489	487	488.2	486.77	489.35	491.92	3.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	14-jul	Lunes	Incoloro	489	491	489	488	489	490	488	488.8	486.77	489.35	491.92	2.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	14-jul	Lunes	Incoloro	489	491	491	490	493	490	492	491.2	486.77	489.35	491.92	3.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	14-jul	Lunes	Incoloro	489	491	493	490	489	492	489	490.6	486.77	489.35	491.92	4.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	14-jul	Lunes	Incoloro	489	491	490	491	490	490	491	490.4	486.77	489.35	491.92	1.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	14-jul	Lunes	Incoloro	489	491	491	489	487	493	493	490.6	486.77	489.35	491.92	6.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	15-jul	Martes	Incoloro	489	491	492	491	491	490	492	491.2	486.77	489.35	491.92	2.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	15-jul	Martes	Incoloro	489	491	486	487	488	490	485	487.2	486.77	489.35	491.92	5.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	15-jul	Martes	Incoloro	489	491	485	488	491	490	486	488.0	486.77	489.35	491.92	6.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	15-jul	Martes	Incoloro	489	491	492	490	487	487	488	488.8	486.77	489.35	491.92	5.0	0.0	4.5	9.4
2014	Rodríguez	Muedas	15-jul	Martes	Incoloro	489	491	491	490	489	488	489	489.4	486.77	489.35	491.92	3.0	0.0	4.5	9.4

Fuente: Corporación Furukawa

Elaboración: propia

Con los límites calculados en la plantilla Excel se puede representar en las llamadas graficas de control de medias, ver Figura 30. Donde se aprecia la variabilidad de los resultados en un horizonte de tiempo mensual, permitiendo analizar y generar oportunidades de mejora en el proceso de templado para reducir la variabilidad en las mediciones de la longitud de los vidrios pulidos.

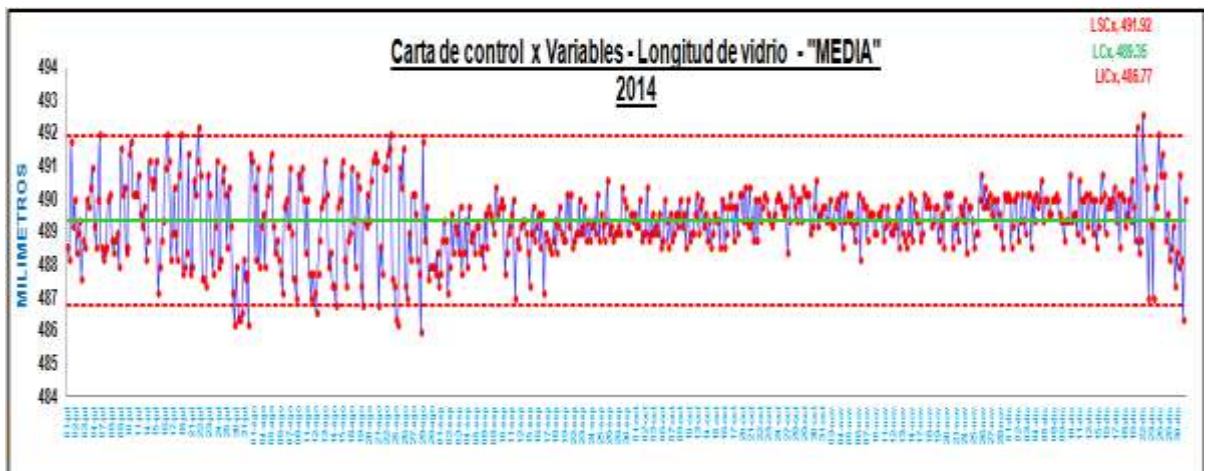


Figura 30: Gráfica de control de media (\bar{X})

Fuente: Corporación Furukawa

Elaboración: propia

Así mismo con los límites calculados en la plantilla Excel respecto al rango de los datos cuyo rango son calculados entre la diferencia de los valores mínimos y máximos de las mediciones de la longitud de los vidrios pulidos y son representan en las llamadas graficas de control de rango. Ver Figura 31.

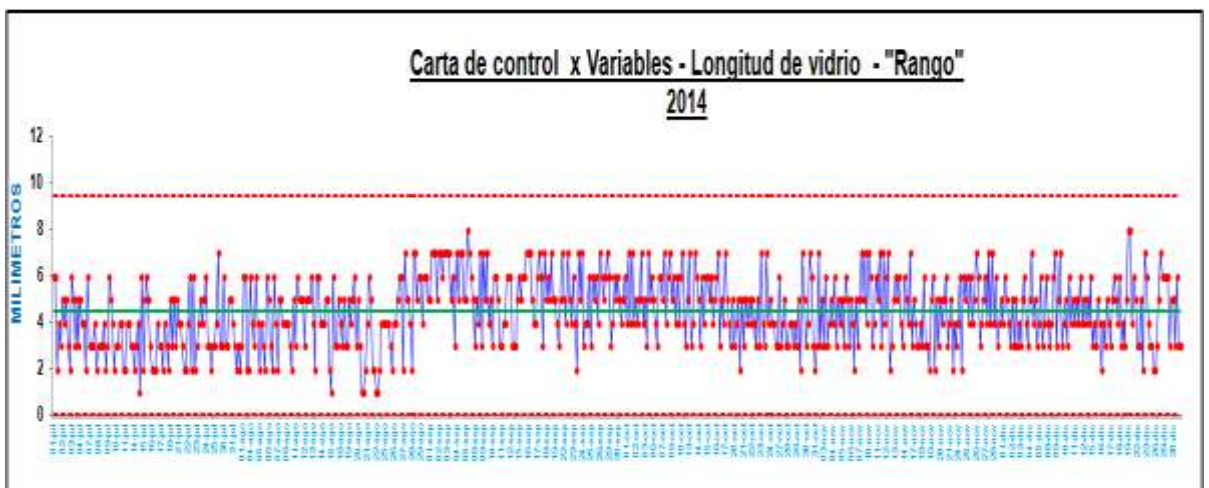


Figura 31: Gráfica de control de rango (R)

Fuente: Corporación Furukawa

Elaboración: propia

Análisis e identificación de causas vidrios templados – Objetivo (c)

En base a los resultados obtenidos del control de calidad por variables del proceso de transformación de vidrios templados de la línea industrial nos condujo a realizar el análisis de la causa raíz que generan los defectos que representa alrededor 80% de los productos no conformes que la organización viene afrontando. Para lo cual se utilizó la herramienta de calidad diagrama de Ishikawa (Causa – Efecto), en donde se contempla las causas potenciales de la variación de la longitud de los vidrio. Ver figura 32.

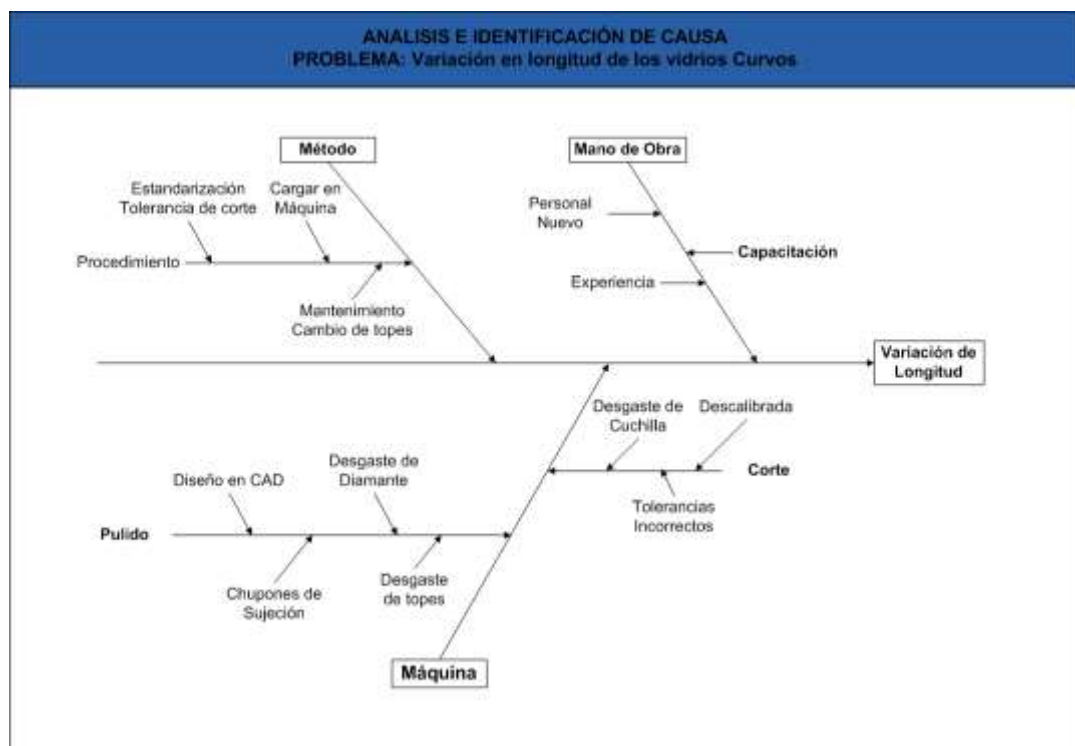


Figura 32: Gráfica de control de rango (R)

Fuente y elaboración: Propia

La causa raíz de los vidrios no conformes por fuera de medida respecto a la longitud del vidrio, las cuales tienen su causa en el factor Máquina.

Máquina: Se dio inicio la identificación de la causa raíz con la revisión, análisis de los repuestos ó accesorios directos que pueden afectar los resultados durante el proceso de pulido a la variable designada como longitud de vidrio, partiendo la revisión.

Hallándose la causa raíz principal que tenía incidencia directa en la longitud del vidrio es el desgaste en los topes, desgaste del diamante (piedra de pulido) y chupones de sujeción.

En la cual se detectó las situaciones mencionadas que están fuera de control describiendo a continuación. Topes con desgastes son accesorios que sirve para mantener estable al vidrio y dar inicio a la posición donde parte la maquina el proceso de pulido.

El desgaste de los topes se da por los cortes que provocan el filo del vidrio antes del pulido, haciendo que al ser colocado el vidrio tomen un ángulo diferente a lo programado.

Así mismo el desgaste prematuro de los diamantes por acercarse demasiado al vidrio mediante el cual generan presiones muy altas durante el pulido ó desgaste que se le da a los vidrios, bajo estas condiciones generan vidrios no conforme por fuera de medida en la longitud, los desgastes en los jebes de los chupones de sujeción, las cuales succionan el vidrio para mantenerlos fijos en una posición a través de presión de aire.

Los jebes en mal estado por donde fugaba el aire inyectado permitía la pérdida de fuerza de succión en los chupones que no permitían la acción correcta, esto causaba la pérdida de fuerza de agarre a los vidrios durante el pulido.

Para dar solución se propuso un procedimiento de revisión y cambios oportunos de los topes, chupones y la presión del diamante que forman parte de un posicionamiento correcto del vidrio para el proceso de pulido.

La revisión establecida permitirá la detección oportuna de los desgastes, fallas ó alguna otra anomalía durante el proceso de producción que tendrá un impacto directo en la calidad de los vidrios pulidos en el caso específico de la longitud del vidrio.

4.2 Análisis de resultados

A continuación se dan a conocer y/o se presentan los resultados de la presente investigación, los cuáles son el esfuerzo de un proceso que se dio inició con la captura o levantamiento de información antes de experimento pre test y luego del experimento pos test, mediante los instrumentos de medición como son: flexómetro, vernier así mismo formatos para registros de control por atributos y variables, para luego graficar las cartas de control estadístico de la calidad tanto para atributos como para variables cuyo datos que fue procesada y analizada tomando en cuenta la estadística inferencial para poder validar las hipótesis en base a las pruebas estadísticas.

➤ **Resultados Pre Test – Pos Test: Evaluar el primer objetivo específico (a)**

Para un mayor entendimiento nuevamente y de forma esquemáticamente en la Figura 33, se muestra el diseño del experimento N° 01.

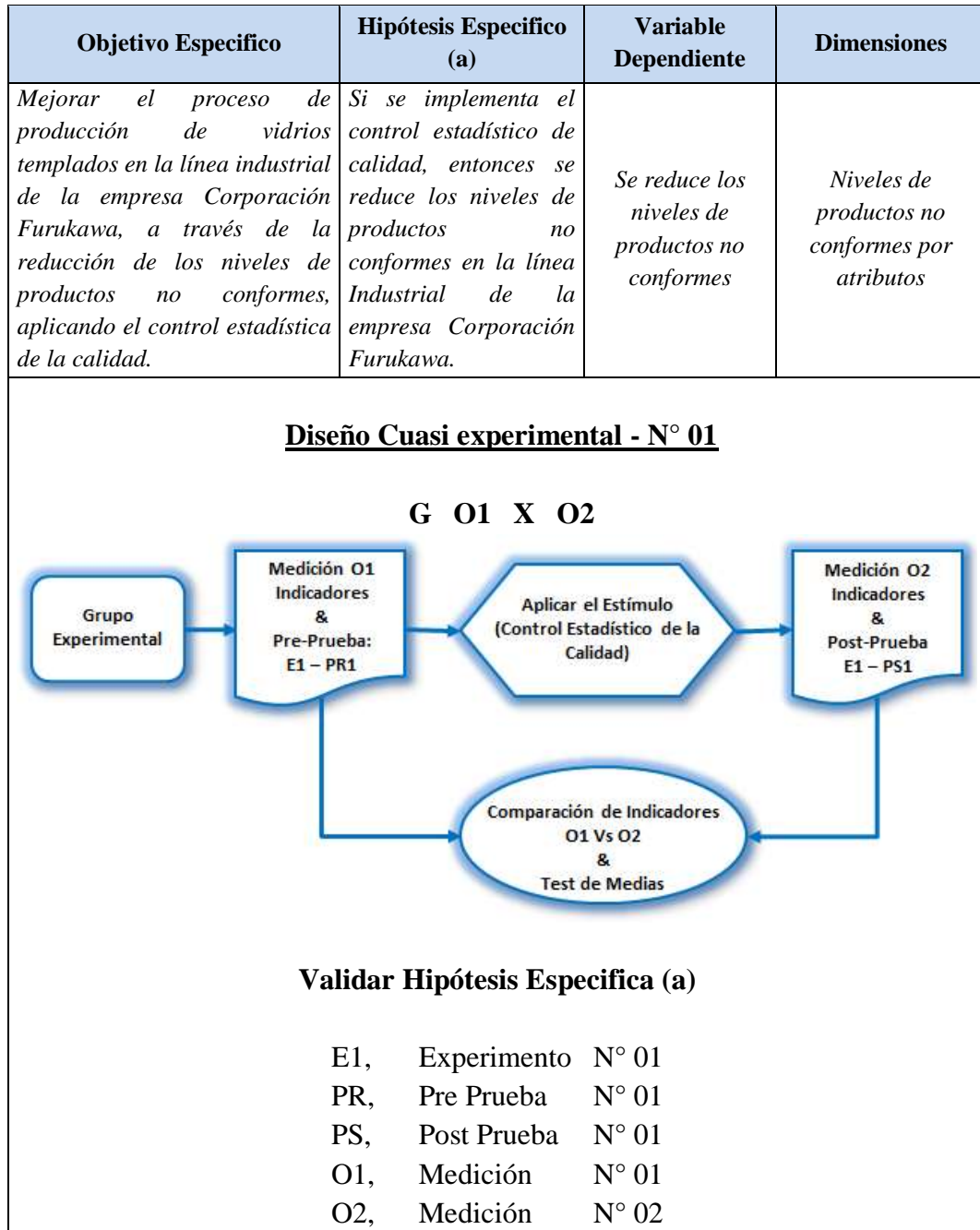


Figura 33: Diseño cuasi experimental N° 01

Fuente y elaboración propia

Comparación de Indicadores de pretest - postest – Objetivo específico (a)

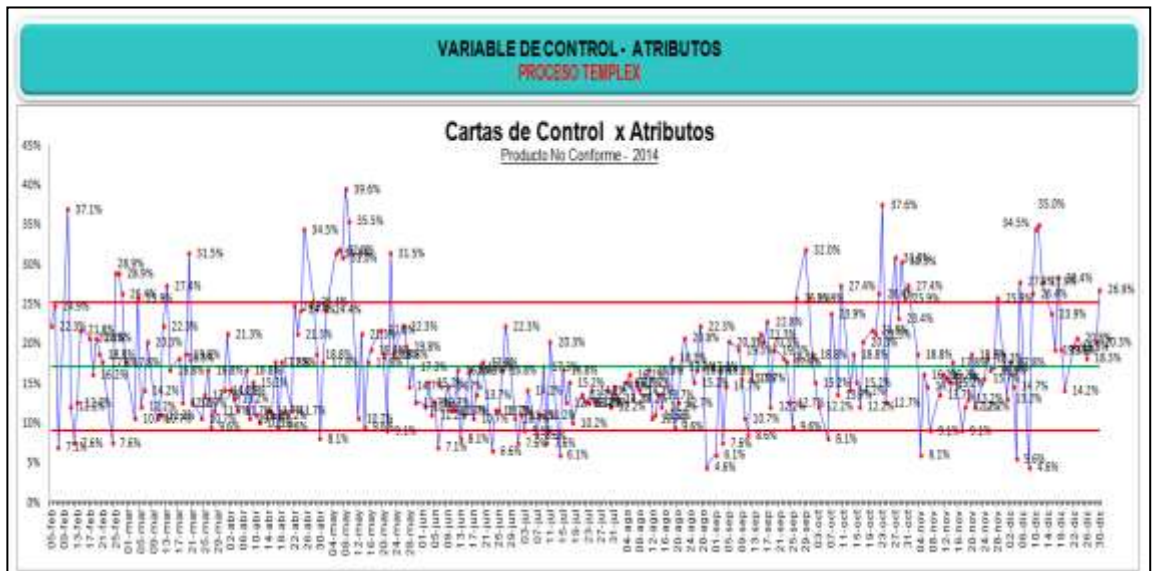


Figura 34: Carta de control por atributo Pre test - 2014

Fuente: Corporación Furukawa

Elaboración: propia

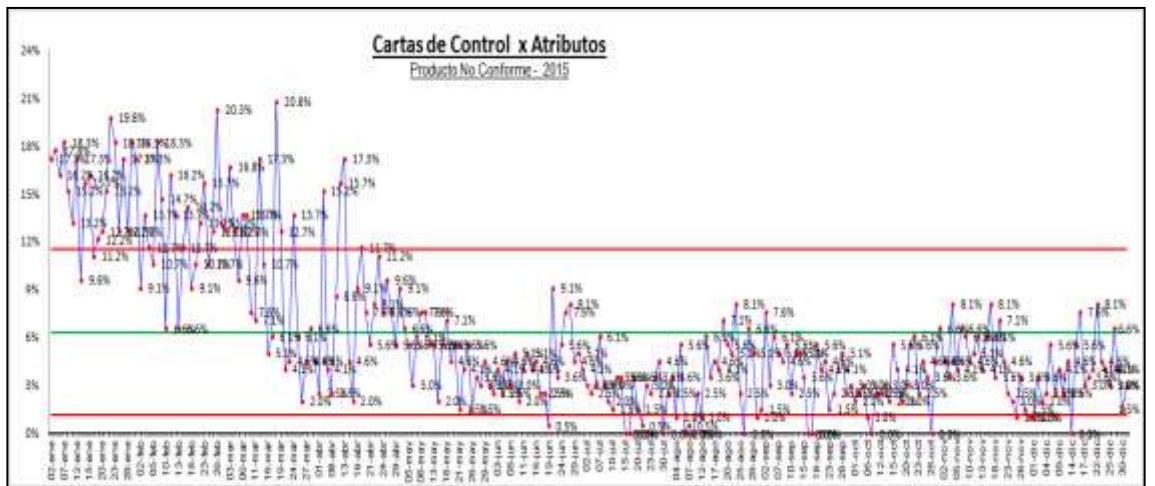


Figura 35: Carta de control por atributo Pos test - 2015

Fuente: Corporación Furukawa

Elaboración: propia

Antes de ejecutar el experimento N° 01, se levantó información Pre test N° 01 por tipo de defectos en el proceso de producción de vidrios de la línea industrial respecto a las característica de calidad determinadas como vidrios rayados, quñados, mal pulidos y roto en horno, etc. de igual manera se tomó información

luego de aplicar el experimento, para tales casos se muestran los resultados en las cartas de control por atributos presentadas en las Figuras 34 y 35.

Los límites de control alcanzados o calculados mediante la data de la aplicación del estímulo quedan definidos de la siguiente manera.

- ✓ Límite inferior igual a 9%
- ✓ Límite central igual a 17.1%
- ✓ Límite superior igual a 25.1%

El límite central nos muestra resultado con índices alto respecto a los productos no conformes, que se generan durante el proceso de producción, también se refleja que el proceso no se encuentra bajo control, puesto que hay puntos en la gráfica que alcanzan salir de los límites de control siendo una señal que hay causas asignables que afectan el proceso dando como resultados productos defectuosos

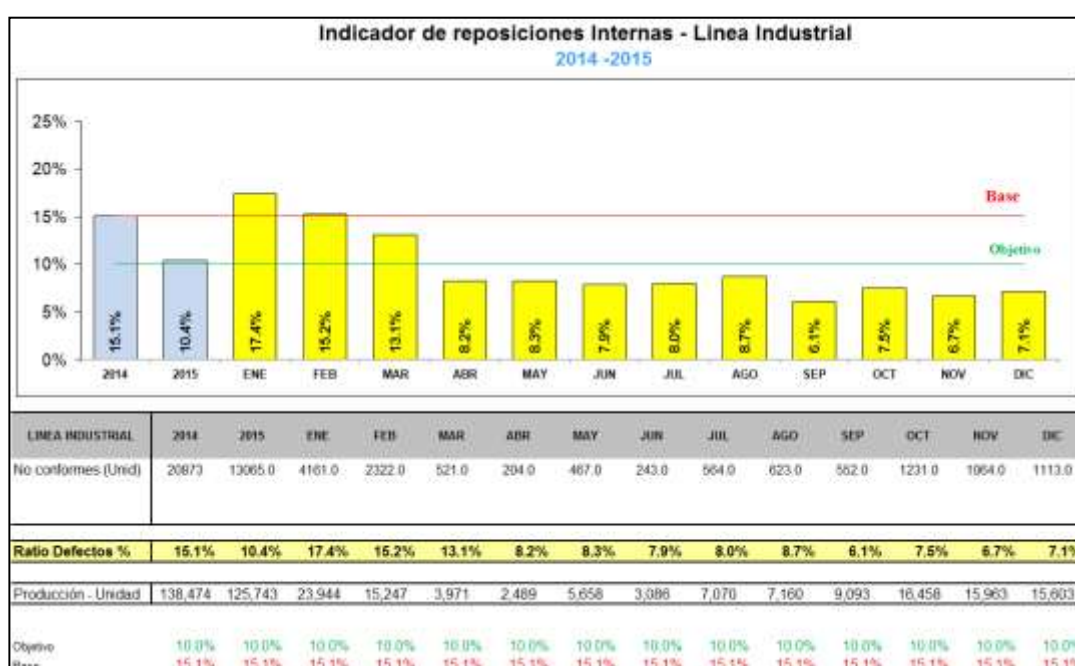
Los límites de control respecto a la información luego de la aplicación del estímulo (control estadístico de calidad mediante carta “P”), cuyos resultados queda determinado por:

- ✓ Límite inferior igual a 1.1%
- ✓ Límite central igual a 6.3%
- ✓ Límite superior igual a 11.5%

El límite central nos muestra resultado con un índices menor respecto a los productos no conformes en comparación a los resultados del pre test o antes de la aplicación del estímulo, también se refleja en la carta de control que el proceso no se encuentra bajo control, puesto que hay puntos en la gráfica que alcanzan salir de los límites de control sin embargo la tendencia de salida de los puntos se da por el límite inferior y que esto es favorable puesto que los índices de productos no conformes van disminuyendo siendo una señal que aún podemos seguir mejorando y eliminando causas asignables que afectan el proceso.

Los primeros días de la implementación del control estadístico de calidad, aún se observan que los resultados mantenían altos niveles de productos no conformes alcanzando índices por encima del 10% en cada día aproximadamente entre los meses de enero a marzo del 2015, para luego tener una marcada disminución en productos defectuosos por debajo del 10%, durante la producción entre los meses de abril hasta diciembre. Como se observan los resultados en la Tabla 18 correspondiente a la carta de control por atributos.

Tabla 18:
Indicador de reposiciones Internas 2014 - 2015



Fuente: Corporación Furukawa

Elaboración: propia

El indicador a medir el objetivo específico (a) se definió como niveles de productos no conformes, la misma que se calcula con el números de productos no conformes dividido con las unidades producidas mensualmente. Conllevando a un resultado anual, lo que se observa en la tabla 18 que por conveniencia de la organización se denominó indicador de reposiciones internas – línea industrial.

Los niveles de productos no conformes en el periodo 2014 definida como etapa del estudio pre test, donde las unidades de productos no conformes fueron 20873 vidrios que no cumplían las exigencia de calidad del producto frente a una

producción anual de 138474 vidrios, que como producto final se denominan tapas de horno, contra tapas y tapas de hornilla superior de las cocinas domésticas, refrigeradoras, etc.

En base a estos datos se calcula el ratio o indicador nivel de productos no conformes siendo igual a 15.1% como se aprecia en la tabla 18 de la columna correspondiente al año 2014.

En base al índice alcanzado en dicho año se plantea la meta de reducir los niveles de productos no conformes, como encargo por parte e interés de la organización nos alinean a lograr alcanzar un índice de productos no conformes equivalente al 10% de la producción para el año 2015.

Estableciendo como base los resultados del 2014 como se contempla en la tabla 18 y como meta a alcanzar durante el año 2015, determinado como meta igual al 10%.

Los niveles de productos no conformes en el periodo 2015 definida como etapa del estudio pos test, donde las unidades de productos no conformes fueron 13065 vidrios que no cumplían las exigencia de calidad del producto o las especificaciones técnicas requeridas por los cliente, frente a una producción anual de 125743 vidrios, que como producto final se denominan tapas de horno, contra tapas y tapas de hornilla superior de las cocinas domésticas, refrigeradoras, etc.

En base a estos datos se calcula el indicador nivel de productos no conformes siendo igual al 10.4% como se aprecia en la tabla 18 de la columna correspondiente al año 2015.

Así mismo en dicho indicador se aprecia los resultados a lo largo de los meses de enero a diciembre donde la tendencia es a disminuir de los índices de productos no conformes, luego que se aplicó el experimento o estímulo denominado control estadístico de calidad mediante la carta de control de proporciones, una herramienta que permitió monitorear el proceso a lo largo de los días y durante la producción.

Los resultados alcanzados a lo largo del año 2015 son favorables puesto que en los nueve últimos meses de dicho año muestran resultados con índice por debajo del 10% y con tendencia a seguir disminuyendo los niveles de productos no conformes, siendo un indicativo que los vidrios van alcanzando cumplir las especificaciones de calidad.

En comparación a los resultados correspondiente al 2014 el proceso ha tenido un mejor desempeño respecto al cumplimiento de las especificaciones de calidad de los productos durante el proceso de producción diario.

➤ **Resultados Pre Test – Post test: Evaluar el segundo objetivo específico (b)**

Para un mayor entendimiento nuevamente y de forma esquemáticamente en la Figura 36, se muestra el diseño del experimento N° 02.

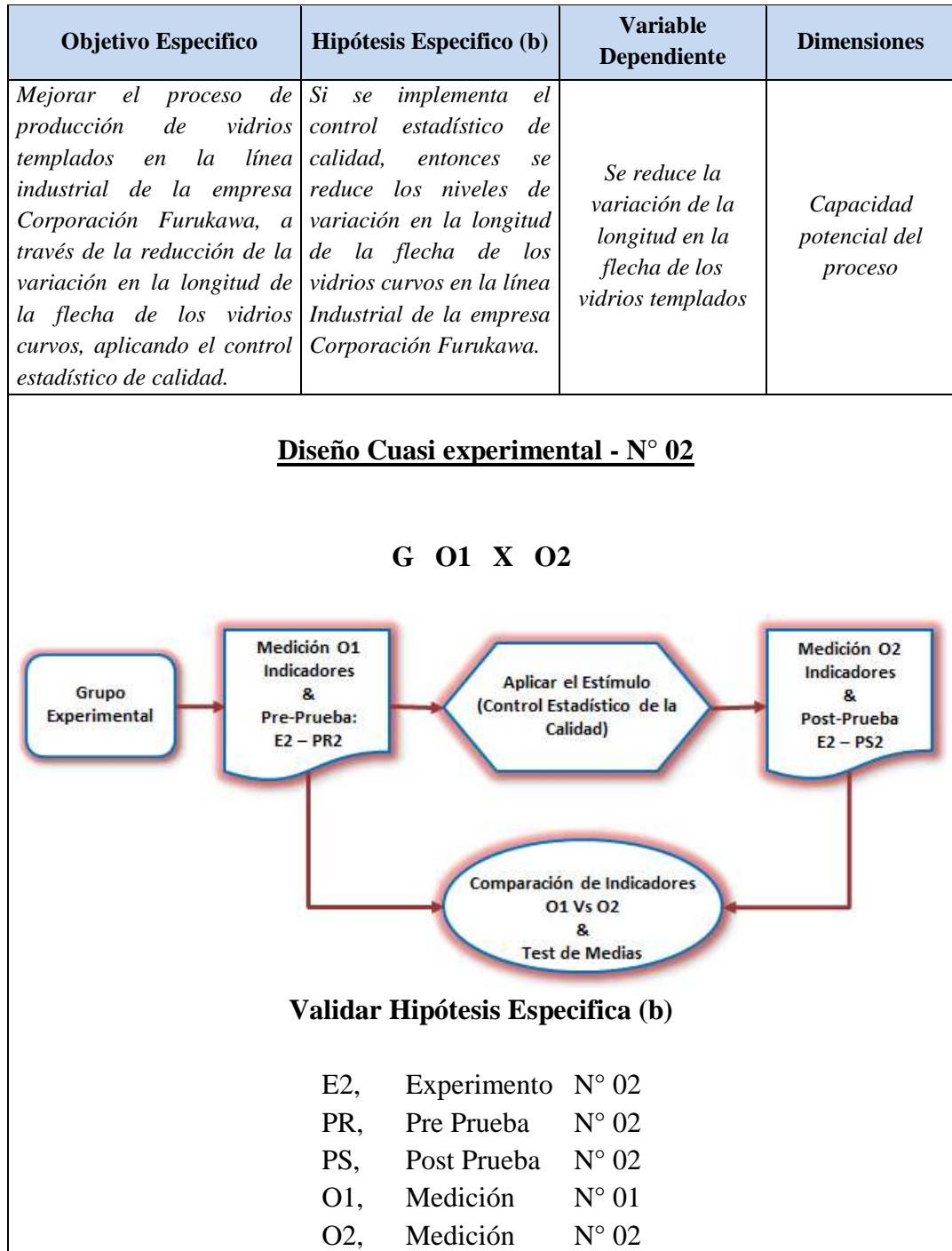


Figura 36: Diseño cuasi experimental N° 02

Fuente y elaboración propia

Comparación de Indicadores de pretest - postest – Objetivo específico (b)

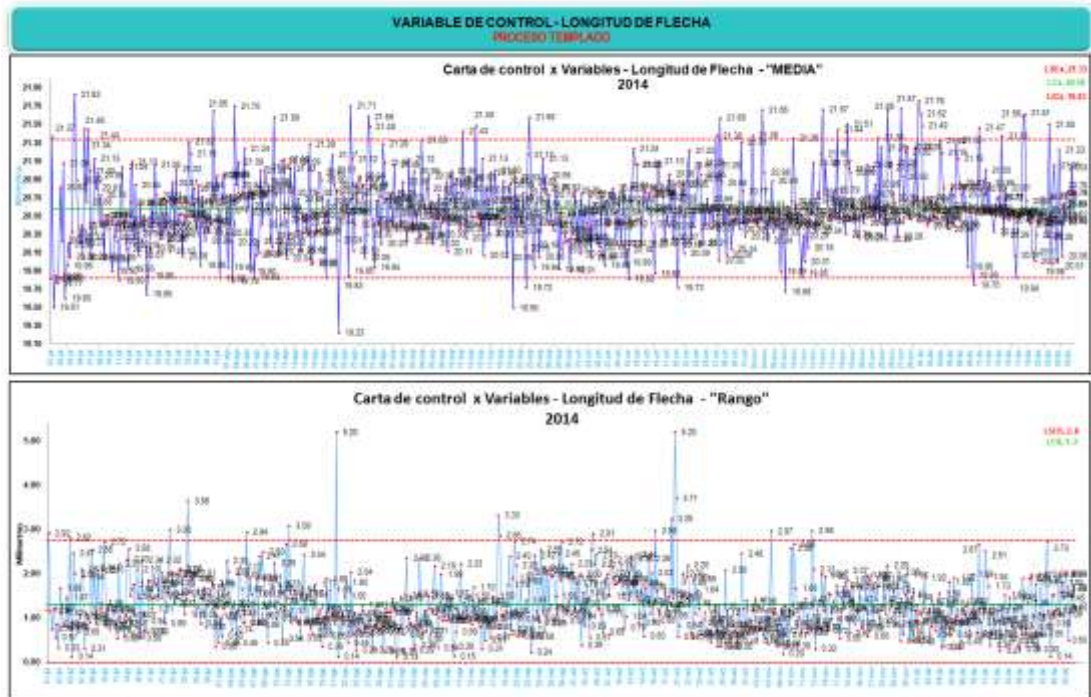


Figura 37: Carta de control por variables " $\bar{X} - R$ " Pre test - 2014

Fuente: Corporación Furukawa

Elaboración: propia

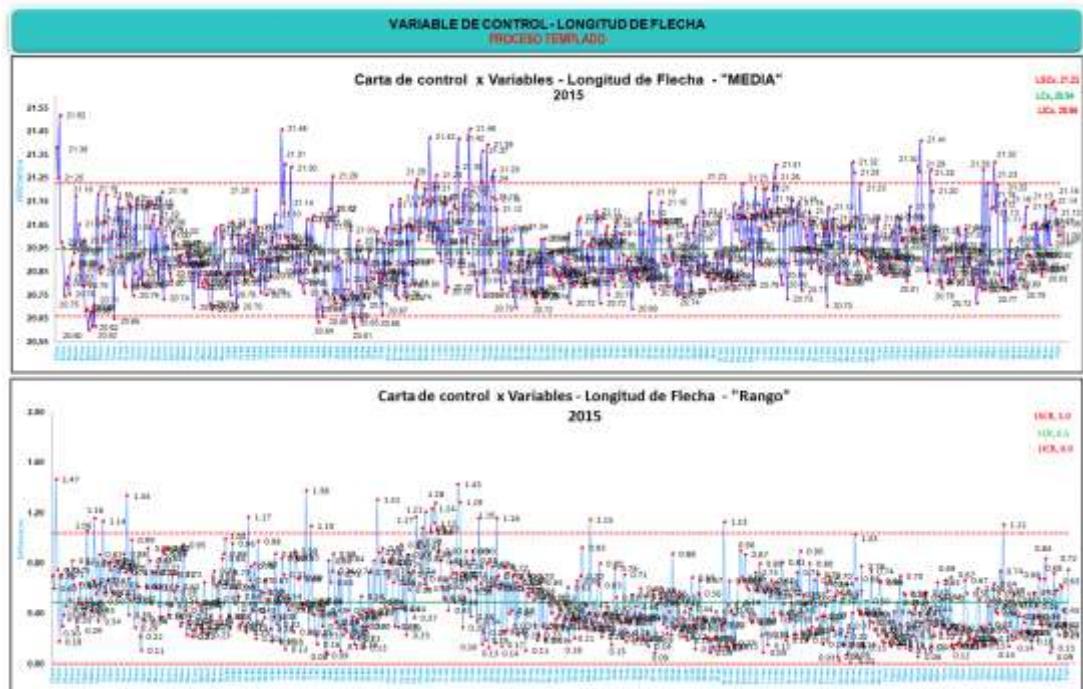


Figura 38: Carta de control por variables " $\bar{X} - R$ " - Post test - 2015

Fuente: Corporación Furukawa

Elaboración: propia

Previo a la ejecución del experimento N° 02, se llevó a cabo el levantamiento de la información pre test N° 02 en el proceso de producción de vidrios de la línea industrial respecto a la variable de control en análisis denominada como “longitud de flecha” en los vidrios templados, de manera similar se tomó información luego de aplicar el experimento la cual corresponde al estudio de postest N° 02, para tales casos se muestran los resultados en las cartas de control por variables presentadas en las Figuras 37 y 38.

Los límites de control de las cartas de control $\bar{X} - R$, alcanzadas o calculadas mediante la información correspondiente al estudio de pretest, es decir antes de la aplicación del estímulo.

Carta de control de media (\bar{x}): Sus límites se define de la siguiente manera.

- ✓ Límite inferior igual a 19.83 mm
- ✓ Límite central igual a 20.58 mm
- ✓ Límite superior igual a 21.33 mm

Carta de control de rango (R): Sus límites se define de la siguiente manera.

- ✓ Límite inferior igual a 0.00 mm
- ✓ Límite central igual a 1.31 mm
- ✓ Límite superior igual a 2.76 mm

El límite central del proceso respecto a la medición de la longitud de flecha de los vidrios en el análisis antes de la aplicación del experimento, cuyo resultado fue de 20.58 ± 0.75 mm, en comparación al requerimiento exigido por el cliente la medida correspondiente a la longitud de flecha es de 21 ± 0.5 mm, en la cual se observa que el resultado no satisface hacia el límite inferior a lo solicitado por el mercado.

Concerniente a los límites de control del rango la diferencia promedio entre el valor máximo y el mínimo es de 1.31 mm, lo que hace notar la existencia de variabilidad en el proceso. Esto conlleva a que se vienen generando productos no

conformes, en el proceso de templado, también se refleja que el proceso no se encuentra bajo control estadístico, puesto que hay puntos en la gráfica que están fuera de los límites de control, siendo una señal que hay causas asignables que afectan el proceso dando como resultados productos que no satisfacen la necesidad del cliente.

Los límites de control del estudio pos test. Es decir luego de la aplicación del estímulo (control estadístico de calidad mediante carta de control $(\bar{X} - R)$), en el control de proceso respecto a la variable definido como longitud de flecha del vidrio, cuyos resultados se muestra a continuación:

Carta de control de media (\bar{x}): Sus límites se define de la siguiente manera.

- ✓ Límite inferior igual a 20.66 mm
- ✓ Límite central igual a 20.94 mm
- ✓ Límite superior igual a 21.3 mm

Carta de control de rango (R): Sus límites se define de la siguiente manera.

- ✓ Límite inferior igual a 0.00 mm
- ✓ Límite central igual a 0.49 mm
- ✓ Límite superior igual a 1.04 mm

El límite central del proceso luego de la aplicación del experimento N° 02 alcanzó un valor igual a 20.94 ± 0.28 mm, cuyo resultado se aproximan a lo requerido por cliente siendo este valor de 21 ± 0.5 mm, referente a la variable de control conocida como longitud de flecha de los vidrios templados.

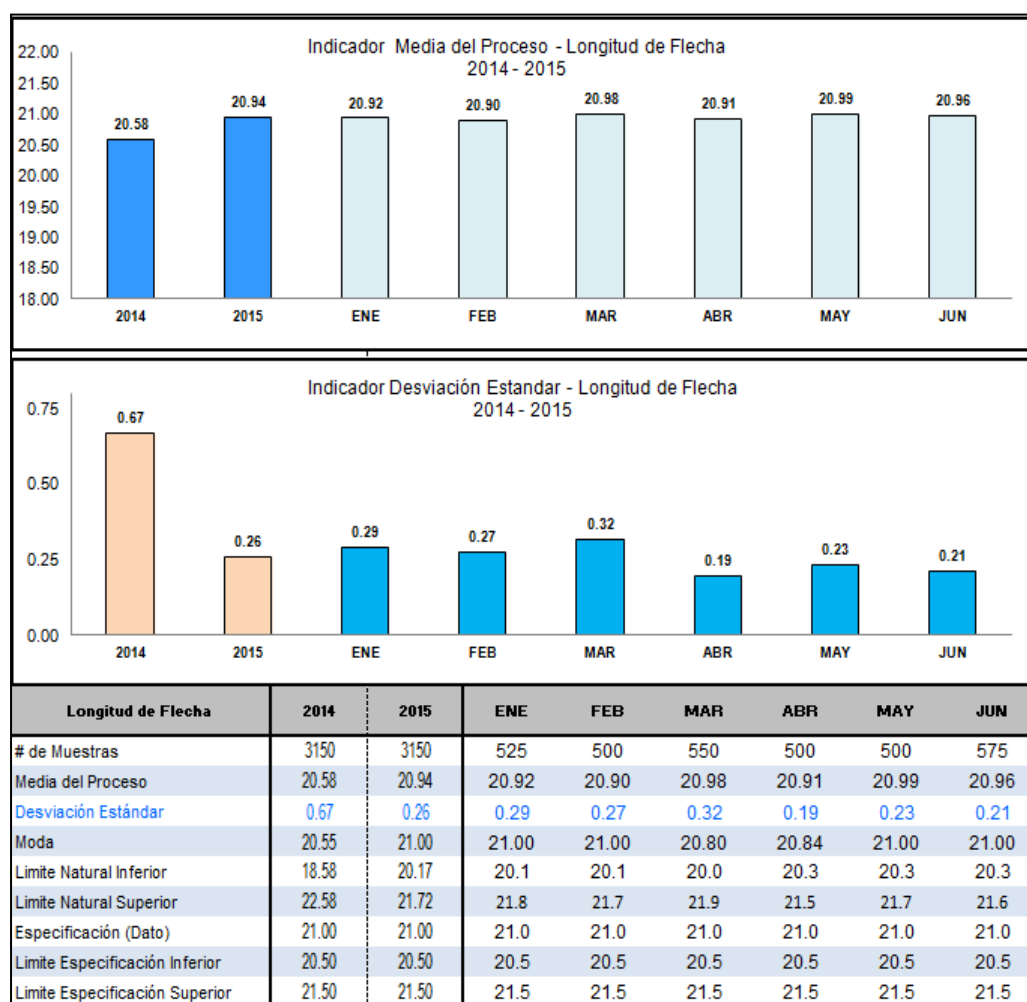
Concerniente a los límites de control del rango la diferencia promedia entre el valor máximo y el mínimo es de 0.49 mm, puesto que en los meses de abril a junio la tendencia del rango es a disminuir encontrándose por debajo de 1 mm en la mayoría de los puntos graficados. (Figura 38). Luego de la aplicación del estímulo, denominado estudio pos test, se observa una tendencia de reducción en la variabilidad del proceso.

De la comparación con respecto a los resultados del pre test y pos test se refleja un mejor desempeño del proceso, así mismo los resultados mostrados en la carta de control $\bar{x} - R$ de la figura 38; se observa que el proceso no se encuentra bajo control, puesto que hay puntos en la gráfica que están fuera de los límites de control sin embargo la tendencia tanto de la gráfica de media y de rango se van ajustando de manera favorable en materia de la calidad del producto dando a entender que aún podemos seguir mejorando mediante la identificación y posterior eliminación de las causas asignables están presentes y afectan el proceso.

El indicador a medir el objetivo específico (b)

Tabla 19:

Indicador Media del proceso y Desviación Estándar 2014 – 2015



Fuente: Corporación Furukawa

Elaboración: propia

El indicador a medir el objetivo específico (b), se definió como indicador de capacidad de proceso C_p y C_{pk} , para la variable longitud de flecha.

El cálculo de la capacidad de proceso bajo las condiciones en que el proceso es inestable e incapaz, dado esta situación no expresaría un buen indicador respecto a calcular la capacidad de proceso. Sin embargo abordaremos los resultados en base a la media del proceso y la desviación estándar variables que impactan directamente en la capacidad del proceso.

Conllevando a un resultado anual, lo que se observa en la Tabla 19. Donde el proceso en el periodo 2014 pretest alcanzó una media igual 20.58 con una desviación estándar de 0.67, resultados calculados en base a 3150 muestras o vidrios inspeccionados. Vidrios templados como producto final se denominan tapas de horno concernientes a las cocinas domésticas.

El periodo 2015 definida como etapa del estudio pos test, donde se aplicó el experimento o estímulo del control estadístico de calidad mediante cartas de control para variables las muestra inspeccionadas durante el proceso de producción fue de un total de 3150 vidrios templados, como producto final se denomina tapas de horno de las cocinas domésticas. Para dicho periodo los resultados alcanzados en términos de media del proceso es de 20.94 y una desviación estándar igual a 0.26.

Así mismo dichos índices se aprecia a lo largo de los meses de enero a junio donde la tendencia es de un mejor ajuste de la media del proceso para el periodo 2015, respecto a la especificación. Así mismo la desviación estándar del proceso tiende a disminuir, es decir una tendencia a la reducción de la variabilidad, siendo un indicativo que las mediciones de la longitud de flecha en vidrios templados se van ajustando a los límites de las especificaciones requeridas por el mercado para estos tipos de productos.

Por lo tanto al ponerlos en comparación a los resultados correspondiente alcanzados en los periodos 2014 - 2015 el proceso ha tenido un mejor

desempeño en este último año en término de la desviación estándar de las mediciones de la longitud de flecha de los vidrios templados.

Sin embargo bajo la situación descrita para el año 2015 el proceso no se encuentra bajo control estadístico, puesto que al observar la figura 38, se aprecia que hay puntos fuera de los límites de control las cuales se interpretan que aún existen causas asignables que originan la variabilidad en el proceso.

A continuación se interpreta los resultados alcanzados durante el año 2015 en referencia a la capacidad de proceso.

- C_p es menor a 1, entonces el proceso no es capaz de fabricar productos que cumplan las especificaciones.
- C_{pk} es menor a C_p , entonces en la situación actual indica que el proceso no está centrado.
- C_{pk} es menor a 1, es un indicativo que el proceso no está alcanzando las especificaciones del cliente satisfactoriamente.

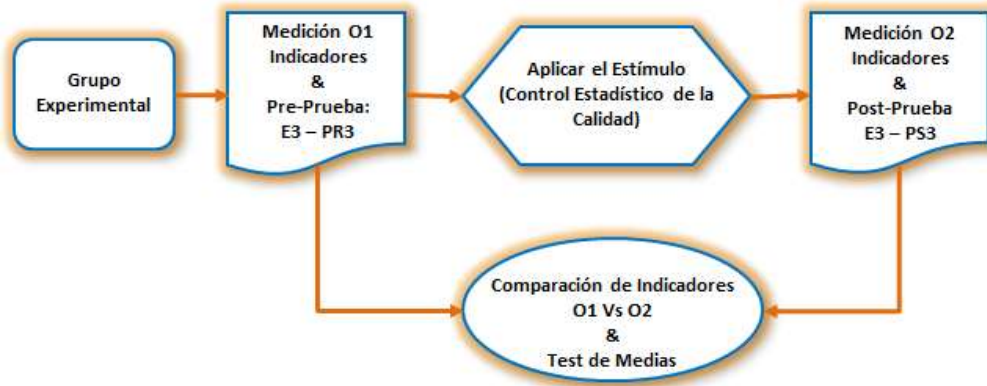
➤ **Resultados Pre Test – Post Test: Evaluar el tercer objetivo específico (c)**

Para un mayor entendimiento nuevamente y de forma esquemáticamente en la Figura 39, se muestra el diseño del experimento N° 03.

Objetivo Especifico	Hipótesis Especifico (c)	Variable Dependiente	Dimensiones
<i>Mejorar el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial de la empresa Corporación Furukawa, a través de la reducción de la variabilidad en la longitud de los vidrios, aplicando el control estadístico de calidad.</i>	<i>Si se implementa el control estadístico de calidad, entonces se reduce la variabilidad en la longitud de los vidrios en la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa.</i>	<i>Se reduce la variación de la longitud en los vidrios</i>	<i>Capacidad potencial del proceso</i>

Diseño Cuasi experimental - N° 03

G O1 X O2



Validar Hipótesis Específica (c)

E3,	Experimento	N°3
PR,	Pre Prueba	N°3
PS,	Post Prueba	N°3
O1,	Medición	N°1
O2,	Medición	N°2

Figura 39: Diseño cuasi experimental N°3

Elaboración: Propia

Comparación de Indicadores de pretest - posttest – Objetivo específico (c)

Previo a la ejecución del experimento N° 03, se levantó información pre test N° 03 en el proceso de producción de vidrios de la línea industrial respecto a la variable de control en análisis denominada como “longitud” en los vidrios templados, de manera similar se tomó información luego de aplicar el experimento la cual corresponde al estudio de postest N° 03, para tales casos se muestran los resultados en las cartas de control por variables presentadas en las figuras 40 y 41.

Los límites de control de las cartas de control $\bar{X} - R$, alcanzadas ó calculadas mediante la información correspondiente al estudio de pretest, es decir antes de la aplicación del estímulo.

Carta de control de media (\bar{x}): Sus límites se define de la siguiente manera.

- ✓ Límite inferior igual a 486.78 mm
- ✓ Límite central igual a 489.35 mm
- ✓ Límite superior igual a 491.91 mm

Carta de control de rango (R): Sus límites se define de la siguiente manera.

- ✓ Límite inferior igual a 0.00 mm
- ✓ Límite central igual a 4.45 mm
- ✓ Límite superior igual a 9.40 mm

El límite central del proceso respecto a la medición de la longitud de los vidrios en el análisis antes de la aplicación del experimento, cuyo resultado fue de 489.35 ± 2.57 mm, en comparación al requerimiento exigido por el cliente la medida correspondiente a la longitud del vidrio a es de 490 ± 1 mm, en la cual se observa que el resultado no satisface hacia el límite inferior a lo solicitado por el mercado.

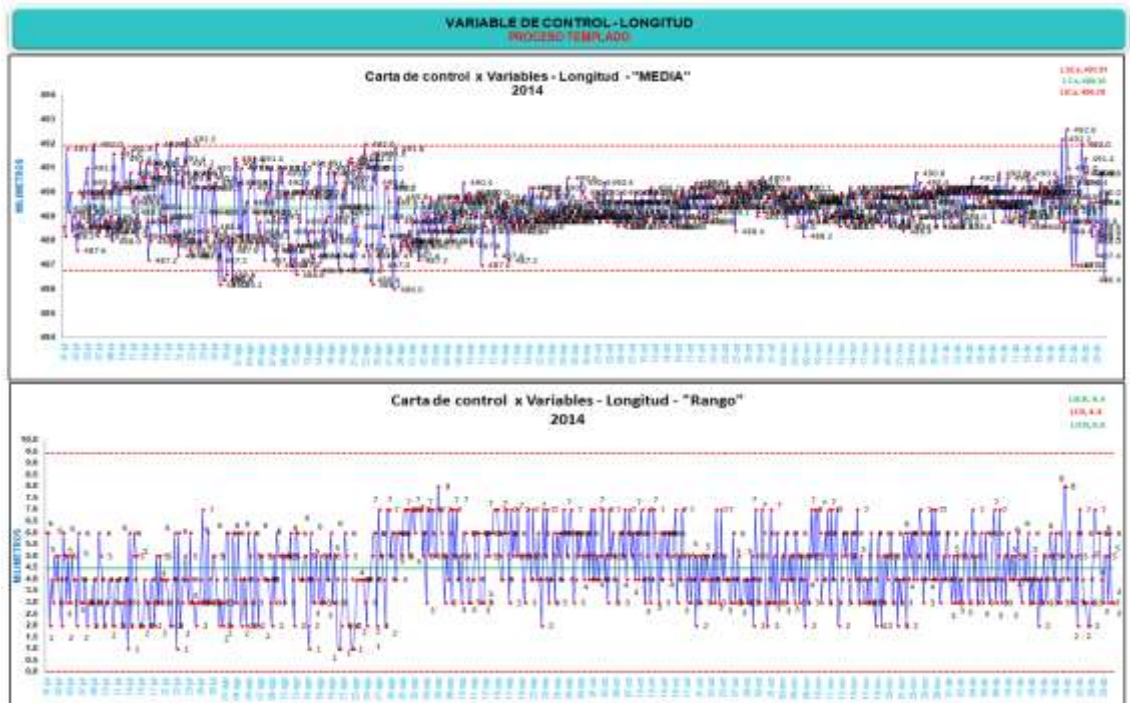


Figura 40: Carta de control por variables " $\bar{X} - R$ " Pre test - 2014

Fuente: Furukawa

Elaboración: propia

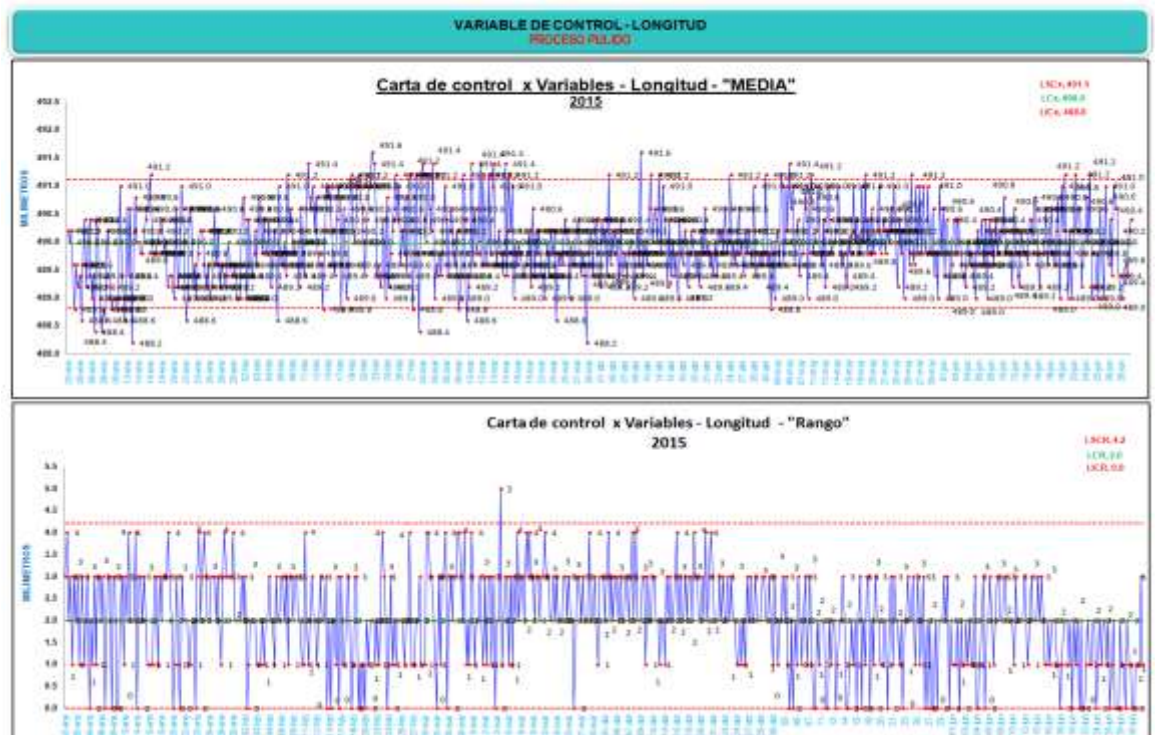


Figura 41: Carta de control por variables " $\bar{X} - R$ " Post test - 2015

Fuente: Furukawa

Elaboración: propia

Concerniente a los límites de control del rango, la diferencia promedio entre el valor máximo y el mínimo es de 4.45 mm, lo que hace notar la existencia de variabilidad en el proceso.

Esto conlleva a que se vienen generando productos no conformes, en el proceso de pulido, también se refleja que el proceso no se encuentra bajo control estadístico, puesto que hay puntos en la gráfica que están fuera de los límites de control, siendo una señal que hay causas asignables que afectan el proceso dando como resultados productos que no satisfacen la necesidad del cliente.

Los límites de control del estudio pos test. Es decir luego de la aplicación del estímulo (control estadístico de calidad mediante carta de control $(\bar{X} - R)$, en el control de proceso respecto a la variable definido como longitud del vidrio, cuyos resultados se muestra a continuación:

Carta de control de media (\bar{x}): Sus límites se define de la siguiente manera.

- ✓ Límite inferior igual a 488.82 mm
- ✓ Límite central igual a 489.97 mm
- ✓ Límite superior igual a 491.12 mm

Carta de control de rango (R): Sus límites se define de la siguiente manera.

- ✓ Límite inferior igual a 0.00 mm
- ✓ Límite central igual a 1.99 mm
- ✓ Límite superior igual a 4.21 mm

El límite central del proceso luego de la aplicación del experimento N° 03 alcanzó un valor igual a 489.97 ± 1.15 mm, cuyo resultado se aproximan a lo requerido por cliente siendo este valor de 490 ± 1 mm, referente a la variable de control conocida como longitud de los vidrios pulidos.

Concerniente a los límites de control del rango la diferencia promedio entre el valor máximo y el mínimo es de 1.99 mm, puesto que en los meses de abril a junio la tendencia del rango es a disminuir encontrándose por debajo de 4 mm en la mayoría de los puntos graficados. (Figura 41).

Luego de la aplicación del estímulo, denominado estudio pos test, se observa una tendencia de reducción en la variabilidad del proceso.

De la comparación con respecto a los resultados del pre test y pos test se refleja un mejor desempeño del proceso, así mismo los resultados mostrados en la carta de control $\bar{x} - R$ de la figura 41; se observa que el proceso no se encuentra bajo control, puesto que hay puntos en la gráfica que están fuera de los límites de control sin embargo la tendencia tanto de la gráfica de media y de rango se van ajustando de manera favorable en materia de la calidad del producto dando a entender que aún podemos seguir mejorando mediante la identificación y posterior eliminación de las causas asignables que están presentes y afectan el proceso.

El indicador a medir el objetivo específico (c), se definió como indicador de capacidad de proceso Cp y Cpk, para la variable longitud.

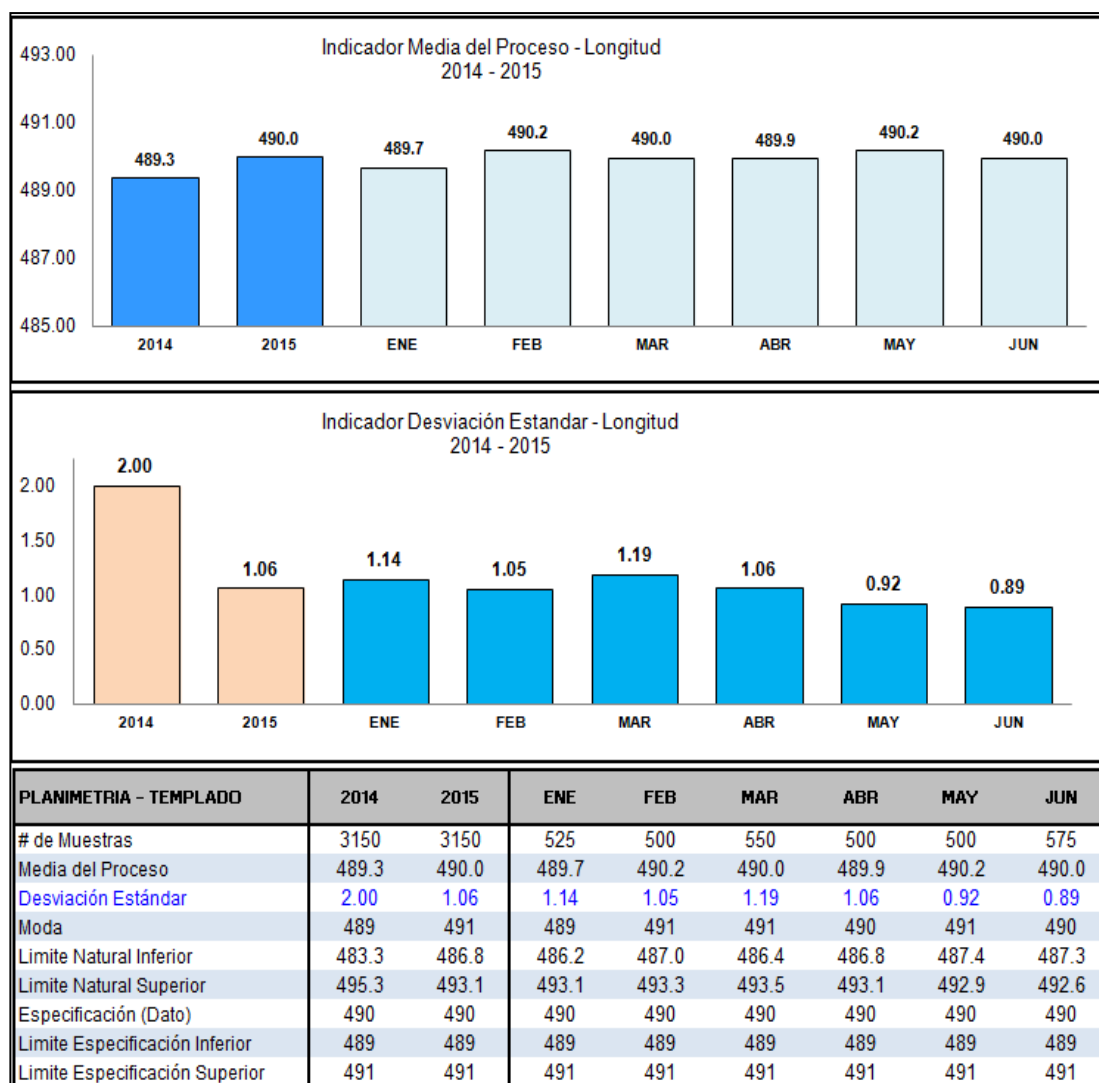
El cálculo de la capacidad de proceso bajo las condiciones en que el proceso es inestable e incapaz, dado esta situación no expresaría un buen indicador respecto a calcular la capacidad de proceso. Sin embargo abordaremos los resultados en base a la media del proceso y la desviación estándar variables que impactan directamente en la capacidad del proceso.

El indicador a medir del objetivo específico (c)

Conllevando a un resultado anual, lo que se observa en la Tabla 20. Donde el proceso en el periodo 2014 pretest alcanzó una media igual 489.3 con una desviación estándar de 2.0, resultados calculados en base a 3150 muestras o vidrios inspeccionados. Vidrios templados como producto final se denominan tapas de horno concernientes a las cocinas domésticas.

Tabla 20:

Indicador Media del proceso y Desviación estándar 2014 - 2015



Fuente: Furukawa

Elaboración: propia

El periodo 2015 definida como etapa del estudio pos test, donde se aplicó el experimento o estimulo del control estadístico de calidad mediante cartas de control para variables las muestra inspeccionadas durante el proceso de producción fue de un total de 3150 vidrios templados, como producto final se denomina tapas de horno de las cocinas domésticas. Para dicho periodo los resultados alcanzados en términos de media del proceso es de 490 y una desviación estándar igual a 1.06.

Así mismo dichos índices se aprecia a lo largo de los meses de enero a junio donde la tendencia es de un mejor ajuste de la media del proceso para el periodo 2015, respecto a la especificación.

Así mismo la desviación estándar del proceso tiende a disminuir, es decir una tendencia a la reducción de la variabilidad, siendo un indicativo que las mediciones de la longitud en vidrios templados se van ajustando a los límites de las especificaciones requeridas por el mercado para estos tipos de productos.

Al abordar la comparación de los resultados correspondiente alcanzados en los periodos 2014 – 2015, el proceso ha tenido un mejor comportamiento en el año 2015, en término de la desviación estándar de las mediciones de la longitud de los vidrios templados, luego de la aplicación del estímulo.

Sin embargo bajo la situación lograda durante el año 2015 el proceso no se encuentra bajo control estadístico, observado en la figura 41, se aprecia que hay puntos que caen fuera de los límites de control siendo una señal a manera de interpretación que aún existen causas asignables que vienen perturbando el proceso.

A continuación se interpreta de manera teórica respecto a los resultados conseguidos durante el año 2015 en referencia a la capacidad de proceso.

- C_p es menor a 1, entonces el proceso no es capaz de fabricar productos que cumplan las especificaciones.
- C_{pk} es menor a C_p , entonces en la situación actual indica que el proceso no está centrado.
- C_{pk} es menor a 1, es un indicativo que el proceso no está alcanzando las especificaciones del cliente satisfactoriamente.

➤ **Resultados del Indicador Pre Test – Post Test: Objetivo General**

Los resultados alcanzados del objetivo general planteado en el presente trabajo (Ver Tabla 21) se monitorearon con los indicadores definidos siendo estos la productividad y el nivel de servicio al cliente que a continuación de describe.

Tabla 21:

Objetivo e Hipótesis General

Objetivo General	Hipótesis General	Dimensiones	Indicador
Aplicar el Control Estadístico de Calidad, para mejorar la producción de vidrios templados de la línea Industrial en la empresa Corporación Furukawa.	Si se implementa el Control Estadístico de Calidad, entonces se mejora el proceso de producción y la calidad de vidrios templados de la línea Industrial en la empresa Corporación Furukawa.	Productividad del proceso de templado de la línea industrial Nivel de servicio al cliente	Producción vidrios templados entre horas hombre Ordenes entregadas a tiempo entre total de ordenes vendidas.

Fuente y elaboración: Propia

El monitoreo interno de la organización en lo relacionado con la producción se utiliza el indicador de productividad, la misma que se calcula con la producción expresada en kilos de vidrios templados dividida con las horas hombre empleadas durante la producción mensual. Conllevando a un resultado anual, lo que se observa en la Tabla 22.

Tabla 22:

Indicador de productividad 2014 - 2015



Fuente: Furukawa

Elaboración: propia

La productividad de la línea industrial en el periodo 2014 definida como etapa del estudio pre test, donde la producción anual fue 256713 kilos de vidrios, las horas hombres asignadas o empleadas fue de 3032 horas hombre. En base a estos datos se calcula el ratio de productividad siendo igual a 84.7 kilos/ HH como se aprecia la columna correspondiente al año 2014.

Partiendo del resultado alcanzado concerniente a la productividad se plantea el objetivo de mejorar dicho indicador para el periodo 2015, siendo el interés de la organización lograr un índice de productividad a un 10% más respecto al resultado anual conseguido en el año 2014, quedado determinado el objetivo para el año 2015 de 93.2 kilos /HH.

La productividad de la línea industrial en el periodo 2015 definida como etapa del estudio pos test, donde la producción anual fue 362311 kilos de vidrios y las horas hombres asignadas fue de 2920 horas hombre. En función a estos datos se calcula la productividad alcanzado un índice de 124.1 kilos/ HH este último especificado en la columna correspondiente al año 2015.

Así mismo en dicho indicador se aprecia los resultados a lo largo de los meses de enero a diciembre donde la tendencia es a incrementar la productividad, después que se aplicó el experimento denominado control estadístico, herramienta que permitió monitorear el proceso.

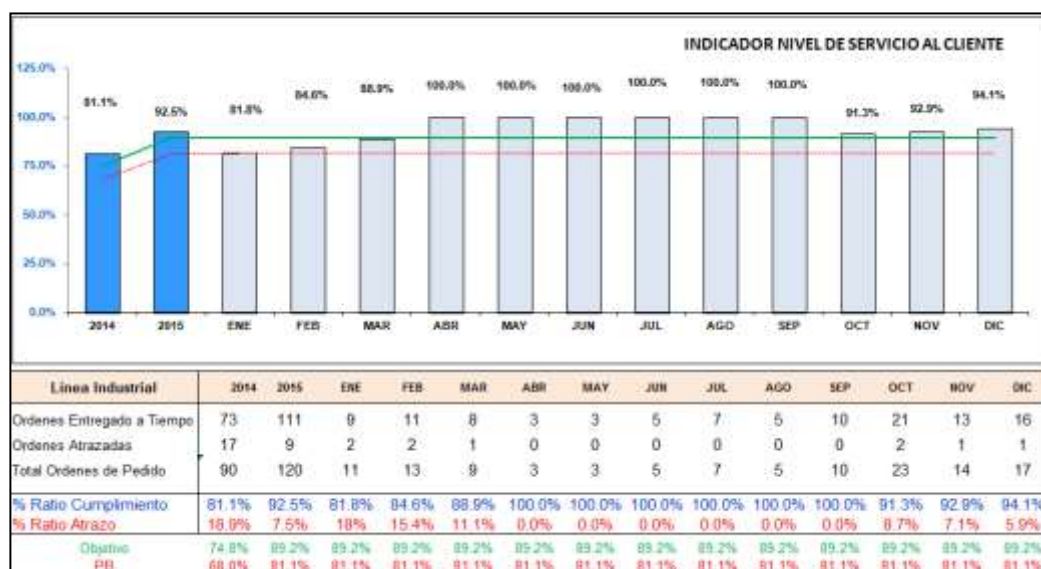
Los resultados alcanzados durante el año 2015, son satisfactorios a lo largo del año y muestran resultados con una tendencia a seguir mejorando el índice de productividad en la línea industrial, indicativo que la calidad y la producción de los vidrios templados va mejorando en el cumplimiento de las características de calidad que exige el mercado.

En comparación a los resultados correspondiente al 2014 el proceso ha tenido un mejor desempeño respecto a la productividad en la producción de vidrios templados para el periodo 2015.

Así los resultados para el objetivo general planteado en el presente trabajo también se monitoreó con el indicadores nivel de servicio al cliente, la misma que se calcula con el número de ordenes entregadas a tiempo de los vidrios templados dividida con el total de órdenes de pedidos hechas por el cliente mensualmente y consolidándose a un resultado anual lo que se observa en la Tabla 23.

Tabla 23:

Nivel de servicio al cliente 2014 - 2015



Fuente: Furukawa

Elaboración: propia

El nivel de servicio al cliente en el periodo 2014 definida como etapa del estudio pre test, donde las ordenes entregadas a tiempo fueron de 73 pedidos y el total de las ordenes de pedidos solicitadas por el cliente fue de 90 pedidos durante el año. Con dicha información se calcula el nivel de servicio al cliente siendo igual 81.1% mostrada en la columna correspondiente al año 2014. (Tabla 23)

Tomando de referencia los resultado alcanzado, se plantea el objetivo de mejorar dicho indicador para el periodo 2015, siendo el interés de la empresa lograr un índice de nivel de servicio al cliente a un 10% más respecto al resultado anual conseguido en el año 2014, quedado establecido la meta para 2015 de alcanzar un índice de 89.2% referente al nivel de servicio al cliente.

El nivel de servicio al cliente en el 2015 definida como etapa del estudio post test, donde las ordenes entregadas a tiempo fueron de 111 pedidos y el total de las ordenes de pedidos solicitadas por el cliente fue de 120 pedidos durante el año. Información que se utilizó en el calcula del nivel de servicio al cliente la misma que tuvo como resultado igual 92.5% mostrada en la columna correspondiente al año 2015. (Tabla 23)

Así mismo en dicho indicador se aprecia los resultados a lo largo de los meses de enero a diciembre donde la tendencia es a mejorar los resultados del nivel de servicio al cliente, a partir que se aplicó el experimento denominado control estadístico de la calidad, una herramienta que permitió monitorear el proceso a lo largo de los días, meses años etc.

Los resultados alcanzados durante el año 2015 son favorables puesto que a lo largo de los meses de dicho año muestran resultados con una tendencia a seguir mejorando las entregas de las ordenes de pedidos a plazos requeridos por parte del cliente, siendo un indicativo que el cumplimiento de las órdenes del cliente referentes a los vidrios templados, en comparación al año anterior al 2015, ha tenido un mejor desempeño en términos entregados a tiempo.

✓ **Contrastación de Hipótesis**

De forma general, el proceso de contrastación de hipótesis consiste en aplicar una o más pruebas estadísticas para contrastarlas con una afirmación dicha respecto de una propiedad de la población (hipótesis), entonces encontrar si es creíble, si es compatible con lo observado en la muestra.

Al respecto para probar el tipo de hipótesis por diferencia de grupos, se seleccionaron las siguientes pruebas estadísticas para dos muestras relacionales.

Para determinar la prueba de normalidad de los datos se procedió a utilizar la prueba de Kolmogorov – Smirnov para medir normalidad de la distribución, ya que el tamaño de muestra es “n” > 30.

Y no se utilizó la prueba de Shapiro – Wilk debido que miden la normalidad de la distribución, cuando el tamaño de muestra es “n” <= 30.

➤ **Contrastación de Hipótesis: Primera Hipótesis específica**

Hemos realizado la contrastación de la hipótesis en base a las pruebas de normalidad y la diferencia de medias a continuación se detallan los resultados:

a) Prueba de Normalidad, Kolmogorov – Smirnov:

Procesado los datos del estudio pretest y postest de la variable nivel de defectos en los vidrios, alcanzaron un P – valor o sig.

Menor al valor $\alpha = 0.05$, presentado en las Tablas 24, 25 y 26, y en las Figuras 42 y 43.

Tabla 24:

Prueba de Kolmogorov – Smirnov: Normalidad

Pruebas de normalidad Pretest Postest – Nivel de defectos						
Periodo	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pretest	,095	230	,000	,951	230	,000
Postest	175	230	,000	,892	230	,000

Fuente y elaboración: propia

Tabla 25

Interpretación de normalidad y evaluación de hipótesis

Interpretación de Normalidad – Evaluación de Hipótesis		
P- valor o sig(pretest) = 0.00	<	$\alpha = 0.05$
P- valor o sig(postest) = 0.00	<	$\alpha = 0.05$
Hipótesis		
P- valor $\geq \alpha$, H_0 = Los datos de los del nivel de defectos de los vidrios proceden de una distribución normal.		
P- valor $< \alpha$, H_1 = Los datos de los del nivel de defectos de los vidrios no proceden de una distribución normal.		
Conclusión		

Los datos de los niveles de defectos de los vidrios no presentan una distribución normal tanto en el pretest y pos test tienen un P - valor, menores al $\alpha = 0.05$, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa (H_1)

Fuente y elaboración: propia

Tabla 26:

Estadísticos Descriptivos – Nivel de defectos

	Estadísticos		
	N	Media	Desviación estándar
Pretest	230	33,65	13,694
Postest	254	12,44	9,584

Fuente y elaboración: propia

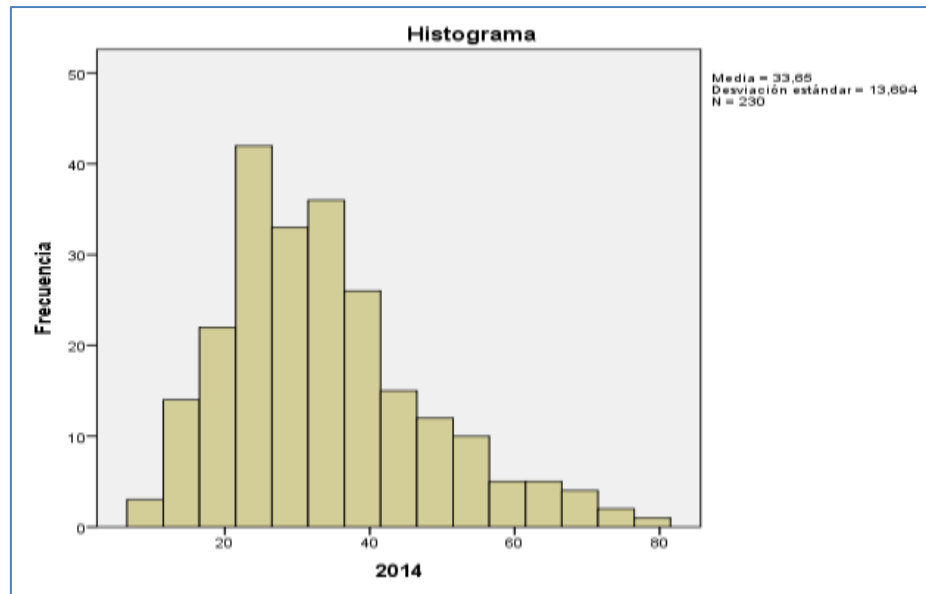


Figura 42: Histograma pretest Nivel de defectos - 2014

Fuente y elaboración: propia

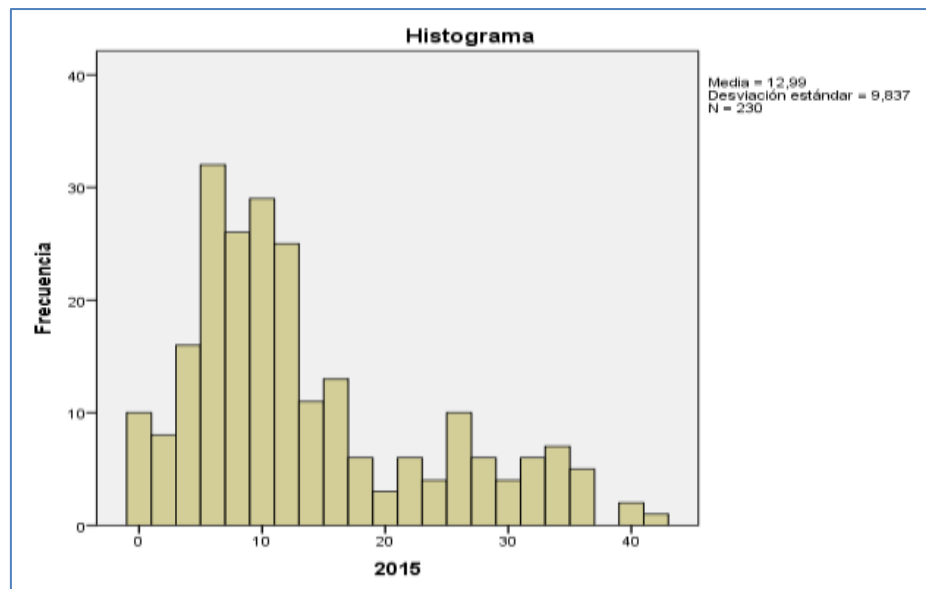


Figura 43: Histograma postest Nivel de defectos - 2015

Fuente y elaboración: propia

- b) Prueba de diferencia Wilcoxon, prueba no paramétrica, para dos muestras relacionadas:

Se aplica prueba no paramétrica debido a que los datos no tienen una distribución normal, para los datos del estudio concerniente a la

variable nivel de defectos de los vidrios, para este caso se consiguió el P – valor, sig. = 0.000, siendo menor al valor $\alpha = 0.05$, entonces se indica que si hay diferencia en las medias de los datos antes y después de la implementación del control estadístico de la calidad. Presentado en las Tabla 27 y 28.

Tabla 27:

Prueba no paramétrica Wilcoxon

Prueba de Diferencia - Estadísticos de prueba	
	Postest – Pretest
Z	-12,351 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,000

Fuente y elaboración: propia

Tabla 28:

Prueba no paramétrica Wilcoxon

Interpretación de la Diferencia de Medias – Nivel de Defectos		
P- valor o sig (pretest - postest) = 0.00	<	$\alpha = 0.05$

Hipótesis

P- valor $\geq \alpha$, H_0 = La media de los niveles de defectos de los vidrios son iguales.

P- valor $< \alpha$, H_1 = La media de los niveles de defectos de los vidrios hay diferencia.

Conclusión

Si se implementa el control estadístico de calidad, entonces se reduce los niveles de productos no conformes en la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa. El P - Valor es menor que 0.05, entonces hay diferencia entre las medias de la variable en estudio por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa (H_1).

Fuente y elaboración: propia

➤ **Contrastación de Hipótesis: Segunda Hipótesis específica(b)**

Hemos realizado la contrastación de la hipótesis en base a las pruebas de normalidad y la diferencia de medias a continuación se detallan los resultados:

- a) Prueba de Normalidad, Kolmogorov – Smirnov: Procesado los datos del estudio pretest y postest de la variable de la longitud de flecha en los vidrios alcanzaron un P – valor o sig. Menor al valor $\alpha = 0.05$, presentado en las Tabla 29, 30 y 31, y en la Figuras 44 y 45.

Tabla 29:

Prueba de Kolmogorov – Smirnov: Normalidad

Pruebas de normalidad Pretest Postest – Longitud de Flecha						
Periodo	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pretest	,081	3150	,000	,974	3150	,000
Postest	,083	3150	,000	,963	3150	,000

Fuente y elaboración: propia

Tabla 30:

Interpretación de normalidad y evaluación de hipótesis

Interpretación de Normalidad – Evaluación de Hipótesis		
P- valor o sig(pretest) = 0.00	<	$\alpha = 0.05$
P- valor o sig(postest) = 0.00	<	$\alpha = 0.05$
Hipótesis		
P- valor $\geq \alpha$, H_0 = Los datos de la longitud de flecha de los vidrios proceden de una distribución normal.		
P- valor $< \alpha$, H_1 = Los datos de la longitud de flecha de los vidrios no proceden de una distribución normal.		

Conclusión

Los datos de la longitud de flecha de los vidrios no tienen distribución normal tanto en el pretest y pos test tienen un P - valor, menores al $\alpha = 0.05$, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa (H_1)

Fuente y elaboración: propia

Tabla

31:

Estadísticos Descriptivos – Longitud de Flecha

Estadísticos					
	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Pretest	3150	20,5790	,66618	16,80	23,65
Postest	3150	20,9453	,25826	20,06	22,00

Fuente y elaboración: propia

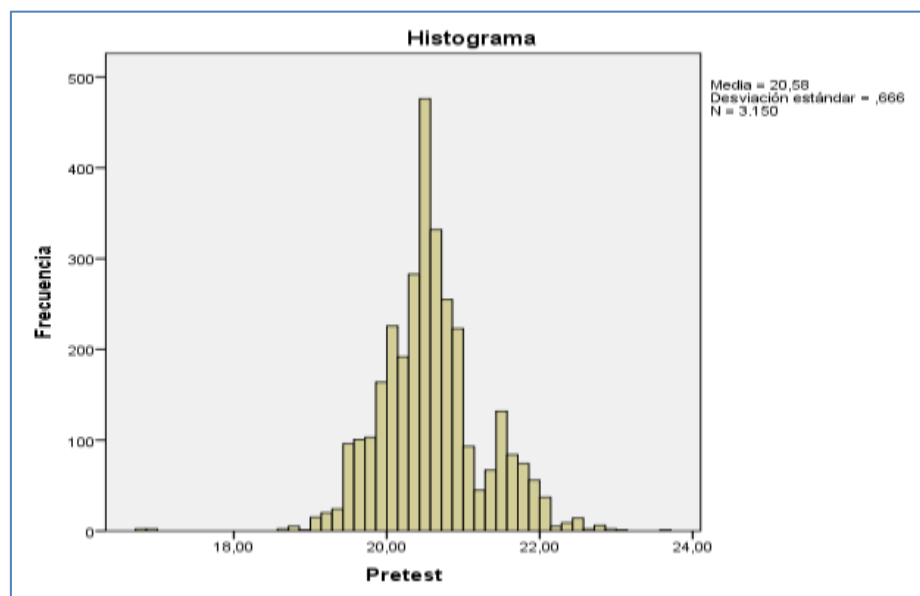


Figura 44: Histograma pretest longitud de flecha - 2014

Fuente y elaboración: propia

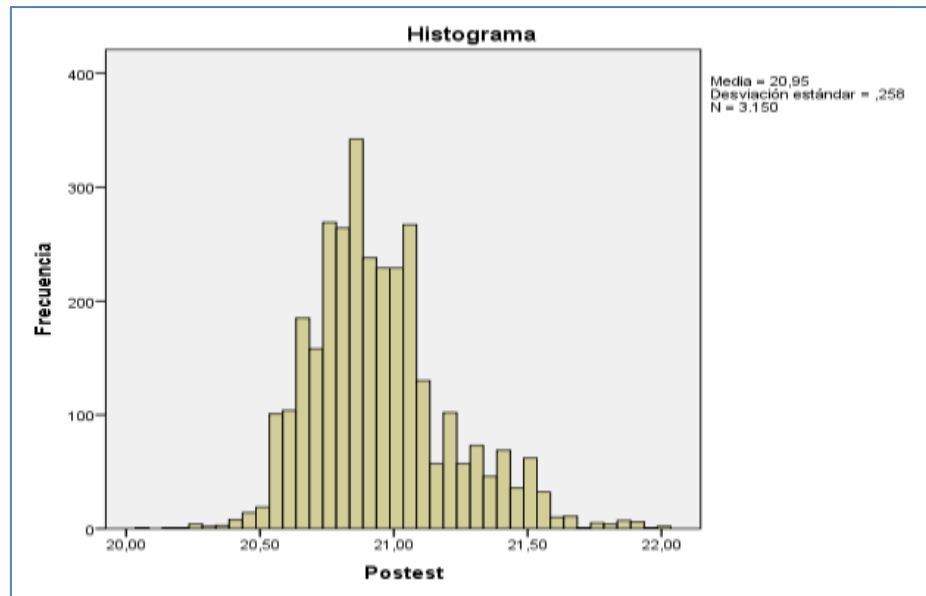


Figura 45: Histograma postest longitud de flecha - 2015

Fuente y elaboración: propia

- b) Prueba de diferencia Wilcoxon, prueba no paramétrica, para dos muestras relacionadas:

Se aplica prueba no paramétrica debido a que los datos no tienen una distribución normal, para los datos del estudio de la variable longitud de flecha en los vidrios, para este caso se consiguió el P – valor, sig. = 0.000, siendo menor al valor $\alpha = 0.05$, entonces se indica que si hay diferencia de los datos antes y después de la implementación del control estadístico de la calidad. Presentado en las Tabla 32 y 33.

Tabla 32: Prueba no paramétrica Wilcoxon

Prueba de Diferencia - Estadísticos de prueba	
	Postest - Pretest
Z	-26,709 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,000

Fuente y elaboración: propia

Tabla 33:

Prueba no paramétrica Wilcoxon

Interpretación de la Diferencia de Medias – Longitud de flecha

P- valor o sig (pretest - posttest) = 0.00 < $\alpha = 0.05$

Hipótesis

P- valor $\geq \alpha$, H_0 = Las medias de la longitud de flecha de los vidrios son iguales.

P- valor $< \alpha$, H_1 = Las media de la longitud de flecha de los vidrios hay diferencial.

Conclusión

Si se implementa el control estadístico de calidad, entonces se reduce los niveles de variación en la longitud de la flecha de los vidrios curvos en la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa. El P - Valor es menor que 0.05, entonces hay diferencia entre las medias de la variable en estudio por lo que se acepta la hipótesis alternativa (H_1).

Fuente y elaboración: propia

➤ **Contrastación de Hipótesis: Tercera Hipótesis específica(c)**

Hemos realizado la contrastación de la hipótesis en base a las pruebas de normalidad y la diferencia de medias a continuación se detallan los resultados:

- a) Prueba de Normalidad, Kolmogorov – Smirnov: Procesado los datos del estudio pretest y postest de la variable de la longitud de los vidrios alcanzaron un P – valor o sig. Menor al valor $\alpha = 0.05$, presentado en las Tabla 34, 35 y 36, y las Figuras 46 y 47.

Tabla 34:

Prueba de Kolmogorov – Smirnov: Normalidad

Pruebas de normalidad Pretest Postest – Longitud del vidrio						
Periodo	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pretest	,127	3150	,000	,956	3150	,000
Postest	,187	3150	,000	,911	3150	,000

Fuente y elaboración: propia

Tabla 35: Interpretación de normalidad y evaluación de hipótesis

Interpretación de Normalidad – Evaluación de Hipótesis		
P- valor o sig(pretest) = 0.00	<	$\alpha = 0.05$
P- valor o sig(postest) = 0.00	<	$\alpha = 0.05$

Hipótesis

P- valor $\geq \alpha$, H_0 = Los datos de la longitud de de los vidrios proceden de una distribución normal.

P- valor $< \alpha$, H_1 = Los datos de la longitud de los vidrios no proceden de una distribución normal.

Conclusión

Los datos de la longitud de los vidrios no proceden de una distribución normal tanto en el pretest y pos test tienen un P - valor, menores al $\alpha = 0.05$, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa (H_1)

Fuente y elaboración: propia

Tabla 36:

Estadísticos Descriptivos – Longitud de vidrios

	Estadísticos				
	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Pretest	3150	489.34	1.99	485	494
Postest	3150	489.97	1.06	487	493

Fuente y elaboración: propia

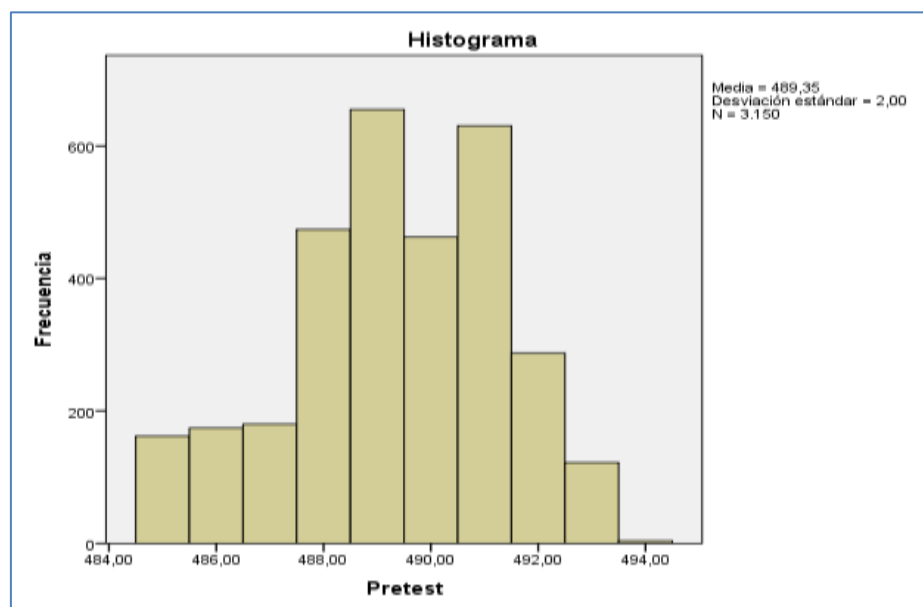


Figura 46: Histograma pretest longitud de vidrios - 2014

Fuente y elaboración: propia

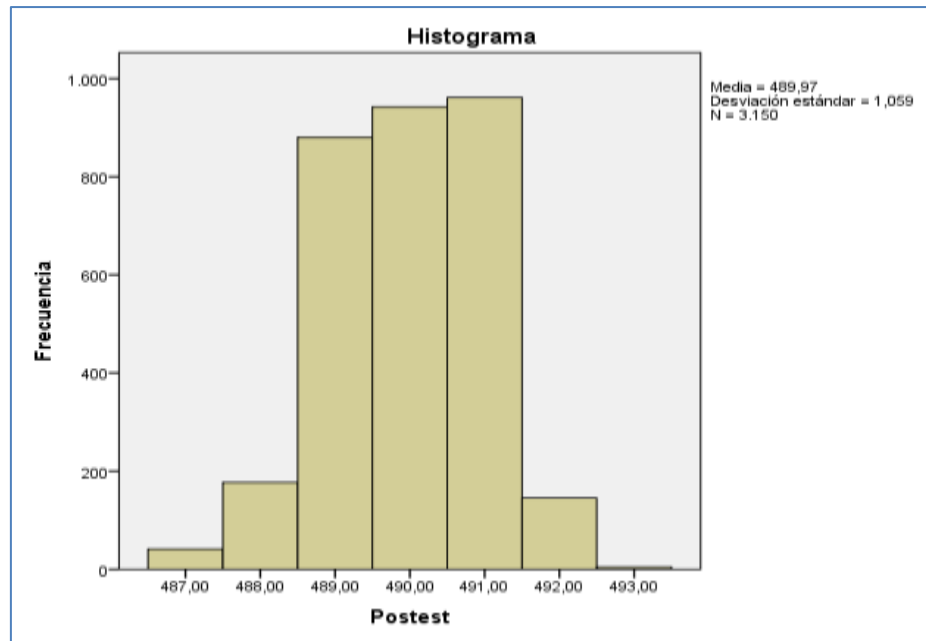


Figura 47: Histograma postest longitud de vidrios - 2015

Fuente y elaboración: propia

- b). Prueba de diferencia Wilcoxon, prueba no paramétrica, para dos muestras relacionadas:

Se aplica prueba no paramétrica debido a que los datos no tienen una distribución normal, para los datos del estudio de la variable longitud de los vidrios, en este caso se consiguió el P – valor, sig. = 0.000, siendo menor al valor $\alpha = 0.05$, entonces se indica que si hay diferencia de los datos antes y después de la implementación del control estadístico de la calidad. Presentado en las Tablas 37 y 38.

Tabla 37:

Prueba no paramétrica Wilcoxon

Prueba de Diferencia - Estadísticos de prueba	
	Postest – Pretest
Z	-15,060 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,000

Fuente y elaboración: propia

Tabla 38:

Prueba no paramétrica Wilcoxon

Interpretación de la Diferencia de Medias – Longitud de vidrios		
P- valor o sig (pretest - postest) = 0.00	<	$\alpha = 0.05$

Hipótesis

P- valor $\geq \alpha$, H_0 = Las medias de la longitud de los vidrios son iguales.

P- valor $< \alpha$, H_1 = Las media de la longitud de los vidrios hay diferencial.

Conclusión

Si se implementa el control estadístico de calidad, entonces se reduce los niveles de variación en la longitud de los vidrios en la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa. El P- Valor es menor que 0.05, entonces hay diferencia entre las medias de la variable en estudio por lo que se acepta la hipótesis alternativa (H_1).

Fuente y elaboración: propia

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Para la Primera Hipótesis Específica, los productos no conformes en el periodo 2014, pre test, fueron de 20 873 vidrios, indicador de productos no conformes cuyo resultado es igual a 15.1%, que no cumplían las exigencia de calidad frente a una producción anual de 138 474 vidrios.

Los productos no conformes en el periodo 2015, pos test, fueron 13 065 vidrios, indicador de productos no conformes = 10.4%, que no cumplían las exigencia de calidad del producto o las especificaciones técnicas requeridas por los cliente, frente a una producción anual de 125 743 vidrios.

Con lo cual se reduce en 4.7% los productos no conformes.

2. En cuanto a la Segunda Hipótesis Específica, Los resultados alcanzados en el periodo 2014 fue una media de 20.58 con una desviación estándar de 0.67 resultados se calcularon en base a 3 150 muestras o vidrios.

En el periodo 2015, pos test, después de aplicar el experimento o estímulo del control estadístico de calidad, el cálculo de la desviación estándar fue de 0.26 y una media de 20.94, la muestra inspeccionada fue de 3 150 vidrios templados.

Comparando los resultados de los periodos 2014 – 2015 el proceso ha tenido un mejor desempeño respecto a la reducción de la desviación estándar de un 0.67 a un 0.26 y un mejor ajuste en la media del proceso en la producción de vidrios templados.

Se concluye que el proceso se encuentra inestable es decir aun no se alcanzó normalizar. En la presente investigación se tiene claro que aún persisten causas asignables en el proceso. No se ha conseguido mejorar la capacidad de proceso, pero en términos de desviación estándar y media del proceso hay un mejor desempeño del proceso luego de la aplicación del estímulo.

3. La tercera Hipótesis Específica, el periodo 2014, los resultados del pre test alcanzados en el periodo 2014 fue una media de 489.3 con una desviación estándar de 2.0, resultados calculados en base a 3 150 muestras o vidrios.

En el periodo 2015, pos test, después de aplicar el experimento o estímulo del control estadístico de calidad, la desviación estándar fue de 1.06 y una media de 490.0, la muestra inspeccionada fue de 3 150 vidrios templados.

El periodo 2015 en comparación a los resultados del 2014, se afirma que el proceso ha tenido un mejor desempeño respecto a la reducción de la desviación estándar de un 2.0 a un 1.06 y un mejor ajuste en la media del proceso correspondiente a las especificaciones del producto.

Se concluye que el proceso no es normal, es decir en la presente investigación se tiene claro que aún persisten causas asignables en el proceso. No se ha conseguido mejorar la capacidad de proceso para la variable definida longitud, pero en términos de desviación estándar y media del proceso hay un mejor comportamiento del proceso luego de la aplicación del estímulo.

4. Como Hipótesis General de la investigación, la productividad de la línea industrial en el periodo 2014, pre test, la producción anual fue de 256 713 kilos de vidrios, las horas hombres empleadas fue de 3 032 horas hombre. Y en base a estos datos se calculó el ratio de productividad siendo igual a 84,7 kilos/HH. La productividad de la línea industrial en el periodo 2015, pos test, alcanzó un índice de 124,1 kilos/HH, para una producción anual de 362 311 kilos de vidrios y horas hombres asignadas de 2 920 horas hombre.

En comparación a los resultados correspondiente al 2014 el proceso ha tenido un mejor desempeño respecto a la productividad en la producción de vidrios templados para el periodo 2015.

Los resultados alcanzados durante el año 2015, son satisfactorios a lo largo del año y muestran resultados con una tendencia a seguir mejorando el índice de productividad en la línea industrial.

Además, el nivel de servicio al cliente en el periodo 2014, pre test, las órdenes entregadas a tiempo fueron de 73 pedidos de un total de 90 pedidos, logrando un nivel de servicio al cliente igual a 81.1%.

Para el 2015, pos test, las órdenes entregadas a tiempo fueron de 111 pedidos de un total de 120 pedidos durante el año. Alcanzando un nivel de servicio al cliente igual a 92.5%.

Los resultados alcanzados durante el año 2015 son favorables puesto que a lo largo de los meses de dicho año muestran resultados con una tendencia a seguir mejorando las entregas de las órdenes de pedidos.

5. El control estadístico de la calidad, una herramienta que se apoya en el uso de los conceptos de la estadística que mediante el cual se estudia la información recogida día a día de una determinada variable de control dentro del proceso de producción valiéndonos de las cartas de control ya sea para atributos o variables según las variables que se requiere mantener bajo control para el cumplimiento de las especificaciones técnicas que sean vitales para el producto y la necesidad del cliente.

Para la aplicación del control estadístico se partió determinado las variables de mayor interés o críticas que caracterizan a un producto en particular para su análisis e interpretación de los resultados alcanzados en un horizonte de tiempo determinado, graficados en las cartas de control que permite visualizar los resultados a lo largo del tiempo donde se observan que los resultados están dentro o fuera de dichas líneas tanto en lo superior e inferior, las misma que permiten monitorear de manera práctica las variables en estudio, logrando

entender la variabilidad del proceso e identificar su causa raíz que da origen, en el momento oportuno, definiéndose en el control estadístico como causas asignables que son eventuales en el proceso debido a las anomalías de algún factor que afecta el proceso (mano de obra, máquina, método, medición, medio ambiente) que se hacen visibles de cuando en cuando en las que se trabaja para poder eliminar y por lo tanto mejorar la calidad del proceso, de la misma manera también está definida las causas comunes siendo estos parte propia del proceso ambas causas tienen su impacto en la calidad del producto.

Se hace necesario diferenciar dichas causas para poder identificar con mayor certeza las desviaciones que se pueden presentar en un determinado proceso y poder eliminar o reducir las causas enfocándose los esfuerzos a identificar la causa raíz que afecta la estabilidad del proceso siendo las dificultades una oportunidad de mejora que nos conlleva a conseguir un proceso bajo control y capaz de satisfacer las especificaciones que exige el mercado.

Así mismo tener un mejor desempeño en la productividad, calidad, los plazos de entrega y la satisfacción de nuestros clientes; pero sin embargo las herramientas del control estadístico de la calidad, tanto las cartas de control para atributos y variables por si solas no solucionan el problema, se debe entender que son herramientas auxiliares; por lo tanto en base a los resultados de dichas herramientas, podemos valer nos de otras herramientas de calidad como pueden ser la lluvia de ideas, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, etc. en paralelo es indispensable educar al personal bajo los conceptos del control estadístico porque son ellos quienes conocen mejor que nadie sus necesidades dentro del procesos, teniendo ellos aportes que son vitales para poder identificar las causas raíz de un determinado problema en la línea de producción.

Por lo que es un factor de motivación cuando se les hace partícipe de los proyectos de mejora que la organización plantea, donde la empresa y el personal comprometido se verán beneficiados. **“Es decir la calidad es tarea de todos”**

6. Para realizar el control de calidad se deben tener presente dos interrogantes en el momento de tomar la decisión frente a la calidad y el cumplimiento de las especificaciones en un determinado producto. ¿Cumple tolerancia? para el Control por variables y la interrogante de ¿Pasa o no pasa? para el Control por

atributos y teniendo una tercera interrogante cuando un producto que se encuentra observado ¿Se reprocesa? lo cual nos encamina a tomar la decisión, si se debe reprocesa o rechaza.

En el desarrollo de las labores diarias del personal permite que los operadores de máquina, supervisores tomen decisiones oportunas con mayor criterio frente a una gama de situaciones dándoles una visión mucho más clara de lo que viene ocurriendo en el proceso. Convirtiendo en un personal mucho más proactivo y comprometido con sus obligaciones dentro del proceso de producción.

Quedando claro que es fundamental la aplicación del control estadístico de procesos mediante las cartas de control mencionadas, se logra tener el dominio para direccionar de manera acertada cuando se trata de la toma de decisiones en los procesos frente a diferentes situaciones y/o sucesos, permitiéndonos plantear acciones correctivas ó preventivas de manera oportunas, entendiendo cuando una causa asignable está afectando el proceso para prevenir producir productos fuera de tolerancia.

7. El objetivo planteado en la presente tesis es mejorar el proceso de producción y que esto tenga un impacto positivo en la calidad, la misma que se concrete en un beneficio para la satisfacción del cliente, para el empresario y los colaboradores que son responsables directos de un determinado proceso de producción.

Mejorar el proceso implicó aplicar el control estadístico de la calidad en el proceso de producción mediante las cartas de control para atributos y carta de control para variables cuyas herramientas son alimentadas con información levantadas de planta a la misma vez que ayudan a tomar decisiones con mayor certeza y/o criterio.

Como toda implementación requiere ser medido y comparado sus respectivos resultados alcanzados del antes y después para el objetivo planteado en el trabajo se establecieron los indicadores de productividad, nivel de servicio al cliente, nivel de productos no conformes, índice de capacidad de proceso (C_p y C_{pk}).

8. Carta de Control para Atributos

El uso de la carta de control para atributos durante el monitoreo del proceso concerniente a las características de calidad del vidrio ha permitido que el límite central nos muestra un índice menor de los productos no conformes luego de la aplicación del estímulo, es decir teniendo un antes igual a 17.1% y logrando un después de 6.3% de promedio descritas en la interpretación de los resultados presentados en la Figura 34 y 35.

Así mismo las líneas de control superior e inferior se han ajustado de manera favorable donde se muestra que el proceso ha tenido un mejor desempeño luego de la implementación de las cartas de control, lo cual permitió identificar y reducir las causas que afecta el proceso. Estos resultados vienen marcando la tendencia a disminuir los productos no conformes en los vidrios templados. El monitoreo del proceso se ve reflejada en el indicador de reposiciones internas (Tabla 18), donde nos muestra los resultados alcanzados concerniente al nivel de reposiciones de productos no conformes que ha disminuido de un 19.1% a un 10.4%, con la cual se confirma que dicha herramienta es muy útil y practica para controlar y mejorar el desempeño de los procesos permitiendo la toma de decisiones oportunas con mayor fundamentó y criterio frente a las dificultades que se presentan en las líneas de producción.

9. Carta de Control para Variables

La aplicación de la carta de control para variables en el monitoreo del proceso respecto a las características de calidad del vidrio siendo las variables a controlar “longitud de flecha y longitud” de los vidrios templados. La desviación estándar se ajusta favorablemente a las especificaciones del producto, luego de la aplicación del estímulo.

En el caso de la longitud de flecha la media del proceso es de 20.94 mm aproximándose a la especificación que es igual 21 mm y su desviación estándar del proceso alcanzo un antes de 0.67 y un después de 0.26. La figura 19, muestra que el proceso ha tenido un mejor desempeño luego de la implementación de las

cartas de control. Estos resultados vienen marcando la tendencia a mejorar la media y la desviación del proceso.

En el caso de la longitud del vidrio la media del proceso es de 490 mm aproximándose a la especificación que es igual 490 mm y su desviación estándar del proceso alcanzo un antes de 2.0 y un después de 1.06. La figura 20 muestra que el proceso ha tenido un mejor desempeño cuando se implementó las cartas de control. Estos resultados vienen marcando la tendencia a mejorar la media y la desviación del proceso en cuanto a la longitud de los vidrios.

Los resultados de la medición de las variables de control siendo la longitud de flecha y la longitud de los vidrios muestra un desempeño del proceso favorable en cuanto a la media y desviación estándar, teniendo estos un impacto directo en los índices de capacidad de proceso. Indicador de productos no conformes presentan una tendencia a la disminución de los productos defectuosos. El control de las variables mencionadas ha tenido un efecto positivo en la productividad y el nivel de servicio al cliente quedando indicado en la Tabla (22 - 23).

10. La propuesta de implementar el control estadístico de calidad, mediante el uso de las cartas de control para atributos, permitió reducir los niveles de productos no conformes en la línea industrial, como ya se mencionó es una herramienta auxiliar que a partir de este se valió de las herramientas como son: Tormenta de ideas y el diagrama de Ishikawa para identificar la causa raíz que estaban originando productos no conformes, donde se identificó que en el proceso estaban presentes causas asignables atribuyendo al factor maquina: como la suciedad de polvillos endurecidos, virutas de vidrios, desgaste de rodillo, desgaste de rodajes, exceso de grasa y calibración inadecuada, etc.

Así mismo también el factor mano de obra contribuían en la generación de productos no conformes teniendo su causa raíz: Personal nuevo, falta de capacitación en el manipuleo de los vidrios (carga y descarga de vidrios). Siendo estos dos factores responsables de contribuir en el incumplimiento de las características de calidad respecto a vidrios rayados, quiñado, mal pulido y roto

en horno en el proceso de producción de vidrios templados para la línea industrial. La propuesta de implementar el control estadístico de calidad, mediante el uso de las cartas de control para variables, permitió reducir la variabilidad en la medida de la longitud de flecha de los vidrios.

También se entiende que es una herramienta auxiliar, que por sí misma es difícil que solucione los problemas en el proceso; pero sin embargo marca una tendencia en los resultados que gráfica y de allí partir para realizar análisis, diagnósticos, entender y mejorar el proceso conllevando a utilizar otras herramientas como: Tormenta de ideas y el diagrama de Ishikawa, donde se identificó que el proceso presentaba causas asignables atribuyendo al factor de perturbación a la máquina de la cual se analizó varios componentes ya que la longitud de flecha de los vidrios con el trabajo continuo perdían la curvatura alejándose de la especificación según el transcurrir del tiempo en el proceso de templado, siendo las causas raíz la pérdida de presión en la actuación de la bomba hidráulica esto debido al deterioro en la viscosidad del aceite, empaquetaduras de los cilindros y el diámetro de las mangueras estiradas. Identificado los desgastes en dichos componentes se plantearon su reparación con la cual se logró estabilizar mucho mejor la variabilidad en la máquina respecto a la variable en estudio con ello se evidenció alcanzar resultados positivos en el proceso de producción, mediante el monitoreo con las cartas de control.

La propuesta de implementar el control estadístico de calidad, mediante la aplicación de las cartas de control para variables, permitió reducir la variabilidad en la medida de la longitud de los vidrios. Donde se identificó que el proceso presentaba perturbación teniendo su causa en el factor máquina debido a los desgastes de los topes, desgaste del diamante (piedra de pulido) y chupones de sujeción, pasando estos por reparación o remplazos con la cual se logró estabilizar mejor la máquina de pulido y alcanzar resultados positivos en el proceso de producción, mediante el monitoreo con las cartas de control.

11. Mediante la contrastación de la hipótesis en base a la prueba de normalidad y la prueba de diferencia de media, se demuestra que los datos no proceden de una

distribución normal, es decir hay variabilidad en el proceso por lo que se entiende que nuestro proceso aún no alcanza estar bajo control estadístico. Sin embargo por la prueba de diferencias se demuestra que los datos después de la aplicación del control estadístico de la calidad, que corresponde al estudio postest hay diferencia, por lo que podemos afirmar que hay un mejor desempeño del proceso en cuanto al control de las variables críticas definidas y estudiadas en la presente investigación. Quedando demostrado una vez más que las herramientas del control estadístico de la calidad como son las cartas de control para atributos y variables son útiles y de gran ayuda para monitorear y analizar el estados de los proceso y de allí a partir la gestión en base a la mejora continua.

12. Respecto a los resultados de los estadísticos descriptivos nos muestran que hay mejora respecto a las media del proceso y la reducción de la desviación estándar de los datos de las variables en estudio, posterior a la implementación del control estadístico de la calidad, mostrando mejor ajuste hacia las especificaciones técnicas exigidas y de manera interna un desempeño favorable para la organización en cuanto a la reducción de las reposiciones debido a los vidrios defectuosos.
13. Los resultados alcanzados en el estudio titulado implementación del control estadístico de la calidad, para mejorar el proceso de producción, afirmamos mediante la contrastación de las hipótesis que hay una tendencia de mejora en la desviación y la media del proceso, luego de la aplicación del estímulo; sin embargo aún el proceso presenta variabilidad perturbada por causas asignables, la cual tiene impacto directo en la mejora de la capacidad del proceso.

Recomendaciones

1. En el estudio realizado se demostró que el control estadístico de la calidad mediante la aplicación de las cartas de control para atributos y variables es una herramienta que permite monitorear el proceso de manera fácil y práctica en su entendimiento, siendo de gran ayuda para que el personal involucrado tome decisiones en sus labores diarias y estar alerta frente a las anomalías que se presente en el proceso.

Por tal motivo se recomienda su implementación y/o aplicación en todo proceso que se necesita mantener bajo control las variables críticas que afectan la calidad del producto, así entender la salud de los procesos la misma que nos conllevará a gestionar los procesos mediante la mejora continua.

2. Se recomienda su implementación del control estadístico de la calidad utilizando las cartas de control, para monitorear los procesos de producción, puesto que es mucho más eficiente mantener controlado el proceso, la misma que tendrá un impacto positivo en el cumplimiento de las especificaciones y conduciendo a evitar productos defectuosos que pasen de una estación a otra y lo más importante que no llegue al cliente.
3. En el uso e interpretación de las cartas de control, para lo cual se recomienda capacitar en el entendimiento de la herramienta al personal operativo involucrado en el proceso, la misma que le servirá para tomar mejores decisiones, conocer el desempeño del proceso y de modo similar reconocer de manera oportuna las perturbaciones que se presenten en el proceso, permitiendo empoderar en el monitoreo y análisis de los resultados graficados a lo largo del tiempo.
4. Las cartas de control deben ser graficadas con los resultados de manera continua y es recomendable su publicación en piso de planta en cada punto de control establecida esto motiva al personal a plantear ideas de mejora creando

un compromiso y una competencia sana en la consecución de las metas diaria en los procesos que forman parte del flujo.

5. Como afirmamos en la conclusión que no se logró alcanzar el objetivo planteado en la tesis. Se recomienda, seguir identificando los factores y las causas asignables que afecta el proceso a partir del análisis de la información para proponer planes de mejora continua, buscando eliminar o reducir la causa raíz que tiene un efecto negativo en la calidad del producto, así mismo se recomienda que las acciones correctivas realizadas que solucionaron los problemas se deben dejar documentados para que sirve como ayuda frente a fallas similares que puedan suceder en el futuro en un determinado proceso esto permitirá confrontar el problema a un menor tiempo.

Los que trabajamos en planta de manera directa entendemos y somos conscientes que es difícil conseguir mejorar los procesos por muchas razones desde la resistencia al cambio hasta el modelo de gestión, pero también tenemos claro que es posible alcanzar la mejora de manera progresiva entendiendo al proceso desde las causas asignables, con pequeñas propuestas de mejora que son vitales en la mejora respecto al desempeño de un determinado proceso.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Aldana de Vega, Luzángela. Vargas Quiñones, Martha. (2009). Calidad y servicio. Colombia: Editorial Ecoe Ediciones.

Besterfiel, Dale H. (2009). Control de calidad. México. México: Editorial Pearson.

Bravo Carrasco, Juan. (2014). Productividad basada en la gestión de procesos. Santiago de Chile. Chile: Editorial Evolución.

Cantú Delgado, Humberto. (2011). Desarrollo de una cultura de calidad. México: Editorial McGraw Hill.

Chase, Richard B. Jacobs, Robert. Aquilano, Nicholas J. (2009). Administración de operaciones. México D.F. México: Editorial McGraw – Hill.

Crosby, Philip B. (2009). Calidad no cuesta. México D.F. México: Editorial Patria.

Cuatrecasas, Lluís. Gózales Babón, Jesús. (2017). Gestión integrado de la calidad. Barcelona. España: Editorial Profit.

Devore, J. (2011). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. México: Editorial Thomson.

Díaz Mérito, Ángel. (2014). ¿ Calidad? sí se puede. México: Editorial Palibrio.

Encina, José de Domingo. (2012). Calidad y mejora continua. España: Editorial Donostiarra.

Escalante, E. (2010). Seis sigma, metodología y técnicas. México: Editorial ASQ Limusa Noriega.

- Evans, James R. (2014). Administración y control de la calidad. México: Editorial. Cengage Learning.
- Florence Gillet, Goinard. (2009). La Caja de herramientas control de calidad. México: Editorial Patria.
- Griful Ponsati, Eulalia. Canela Campos, Miguel Ángel. (2010). Gestión de la calidad. Barcelona. España: Editorial Virtuals - UPC.
- Gutiérrez Pulido, Humberto. (2014). Calidad total y productividad. Guanajuato. México: Editorial McGraw-Hill.
- Gutiérrez Pulido, Humberto. De la Vara Salazar, Román. (2013). Control estadístico de la calidad y seis sigma. Guanajuato. México. Editorial McGraw-Hill.
- Hernández Castillo, Claudia. (2010). Calidad de servicio. México: Editorial Trillas.
- Juran, J.M. Gryna Jr, Franc. M. (2015). Manual de control de calidad. Barcelona. España: Editorial Reveté.
- López Lemos, Paloma. (2016). Herramientas para la mejora de la calidad. Madrid. España: Editorial Fundación Confemetal.
- Mauch, Peter D. (2014). Administración de la calidad. México: Editorial Trillas.
- Omachonu, Vincent K. Ross, Joel E. (2014). Principios de calidad total. México: Editorial Trillas.
- Pacheco Chavira, Jesus N. (2010). Medición y control de procesos industriales. México: Editorial Trillas.
- Perez Márquez, Maria. (2016). Control de calidad – Técnicas y herramientas. España: Editorial Alfa Omega.

Sosa Pulido, Demetrio. (2011). Calidad total para mandos intermedios. México: Editorial Limusa.

Velasco Sánchez, Juan. (2010). Gestión de la calidad. Madrid. España: Editorial Pirámide.

Verdoy, Pablo Juan. Mateu Mahiques, Jorge. (2014). Manual de control estadístico de calidad. España: Editorial Universitat Jaume I.

ANEXO

Anexo 01: Matriz de consistencia

A continuación se presenta la Matriz de Consistencia de la investigación. Ver Tabla A1.1

Tabla A1.1:

Matriz de Consistencia

Problemas Principal	Objetivos General	Hipótesis General	Variables Independiente	Indicador V.I.	Variables Dependiente	Indicador V.D.
<i>¿De qué manera la aplicación del control estadístico de calidad, mejorará el proceso de producción de vidrios templados de la línea industrial de la empresa Corporación Furukawa?</i>	<i>Aplicar el Control Estadístico de Calidad, para mejorar la producción de vidrios templados de la línea Industrial en la empresa Corporación Furukawa.</i>	<i>Si se implementa el Control Estadístico de Calidad, entonces se mejora el proceso de producción y la calidad de vidrios templados de la línea Industrial en la empresa Corporación Furukawa.</i>	<i>Control Estadístico de la Calidad</i>	<i>Producción vidrios templados entre horas hombre</i>		<i>Nivel de servicio al cliente</i>
Problemas Especifico	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas				
<i>¿De qué manera la aplicación del control estadístico de la calidad, mejorará el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial, a través de la reducción de los niveles de productos no conformes de la empresa Corporación Furukawa?</i>	<i>Mejorar el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial de la empresa Corporación Furukawa, a través de la reducción de los niveles de productos no conformes, aplicando el control estadística de la calidad.</i>	<i>Si se implementa el control estadístico de la calidad, entonces se reduce los niveles de productos no conformes en la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa.</i>	<i>Control Estadístico de la Calidad</i>	<i>Producción vidrios templados entre horas hombre</i>	<i>Reducción los niveles de productos no conformes</i>	<i>Productos no conformes por atributos entre producción</i>
<i>¿De qué manera la aplicación del control estadístico de la calidad, mejorará el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial, a través de la reducción de la variación en la longitud de la flecha de los vidrios curvos de la empresa corporación Furukawa?</i>	<i>Mejorar el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial de la empresa Corporación Furukawa, a través de la reducción de la variación en la longitud de la flecha de los vidrios curvos, aplicando el control estadístico de calidad.</i>	<i>Si se implementa el control estadístico de la calidad, entonces se reduce la variación de la longitud en la flecha de los vidrios templados de la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa.</i>	<i>Control Estadístico de la Calidad</i>	<i>Producción vidrios templados entre horas hombre</i>	<i>Variación de la longitud en la flecha de los vidrios templados</i>	<i>Índice de capacidad Cp y Cpk</i>

<p>¿De qué manera la aplicación del control estadístico de la calidad mejorará el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial, a través de la reducción de la variabilidad en la longitud de los vidrios de la empresa corporación Furukawa?</p>	<p>Mejorar el proceso de producción de vidrios templados en la línea industrial de la empresa Corporación Furukawa, a través de la reducción de la variabilidad en la longitud de los vidrios, aplicando el control estadístico de calidad.</p>	<p>Si se implementa el control estadístico de la calidad, entonces se reduce la variación de la longitud de los vidrios de la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa.</p>	<p>Control Estadístico de la Calidad</p>	<p>Producción vidrios templados entre horas hombre Nivel de servicio al cliente</p>	<p>Variación de la longitud en los vidrios templados</p>	<p>Índice de capacidad Cp y Cpk</p>
--	---	--	--	---	--	-------------------------------------

Fuente y elaboración propia

Anexo 02: Matriz de Operacionalización

A continuación se muestra la matriz de operacionalización de la investigación. Ver Tabla A2. 1

Tabla

A2.1:

Matriz de Operacionalización

Hipótesis General	Operacionalización de Variables			Definición	
	Variable Independiente	Dimensiones	Indicador	Conceptual	Operacional
Si se implementa el Control Estadístico de la Calidad, entonces se mejora el proceso de producción y la calidad de vidrios templados de la línea Industrial en la empresa Corporación Furukawa.	Control Estadístico de la Calidad	Productividad del proceso de templado de la línea industrial Nivel de servicio al cliente	Producción vidrios templados entre horas hombre Ordenes entregadas a tiempo entre total de ordenes vendidas.	Se define como el conjunto de actividades de la calidad que utiliza técnicas estadísticas, expuesto por W. Shewhart por primera vez. (Eulalia Griful Ponsati)	Se capacitará al personal, en control estadístico de la calidad
Hipótesis Específicos	Variable Dependiente	Dimensiones	Indicador	Conceptual	Operacional
Si se implementa el control estadístico de la calidad, entonces se reduce los niveles de productos no conformes en la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa.	Se reduce los niveles de productos no conformes	Niveles de productos no conformes por atributos	Productos no conformes por atributos entre producción	Producto no conforme. Es aquella característica de calidad que afecta el funcionamiento del producto. (Kaoru Ishikawa)	Se capacitará al personal en el uso de las cartas de control por atributos, en el proceso de producción
Si se implementa el control estadístico de calidad, entonces se reduce la variación en la longitud de la flecha de los vidrios templados en la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa.	Se reduce la variación de la longitud en la flecha de los vidrios templados	Capacidad potencial del proceso	Índice de capacidad Cp y Cpk	La capacidad potencial del proceso Es conocer la amplitud de la variación natural del proceso para una característica de calidad dada.	Se capacitará al personal en el uso de las cartas de control por variables, en el proceso producción

Si se implementa el control estadístico de calidad, entonces se reduce la variabilidad en la longitud de los vidrios en la línea Industrial de la empresa Corporación Furukawa.

Se reduce la variación de la longitud en los vidrios templados

(Humberto Gutiérrez)

Fuente y elaboración: Elaboración propia

Anexo 03: Formato E1: Para levantamiento de información del Objetivo “a”

E1																				
CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD POR ATRIBUTOS																				
Linea Industrial					Quilifidos	Rayados	Curvatura	Mal Pulido	Rotos en Hornos	Sobados	Planimetría	Logo Defectuoso	Manchas de Agua	Sin logo	Ojos	Rotos	Manchas	Puntos Negros	Total	
Sub Grupo	Fecha	Nombre	Día	# Muestra															No conforme	Preparación (%)
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				

Figura A3.1: Formato E1

Fuente y elaboración: Propia

Anexo 04: Formato E2: Para levantamiento de información del Objetivo “b”

E2													
CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD POR VARIABLE													
Variable de Control: Longitud de Flecha en el vidrio templado									Mediciones de planta				
Sub Grupo	Año	Operador	Turno	Mes	Inspector Calidad	Fecha	Día	Tipo	1°	2°	3°	4°	5°
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													

Figura A4.1: Formato E2

Fuente y elaboración: Propia

Anexo 05: Formato E3: Para levantamiento de información del Objetivo “c”

E3													
CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD POR VARIABLE													
Variable de Control: Longitud de los vidrio templado									Mediciones de planta				
Sub Grupo	Año	Operador	Turno	Mes	Inspector Calidad	Fecha	Dia	Tipo	1°	2°	3°	4°	5°
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													

Figura A5.1: Formato E3

Fuente y elaboración: Propia