



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE FÍSICA Y MATEMÁTICA**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA ESTADÍSTICO DE CALIDAD PARA  
LA PRODUCCIÓN DE VIDRIO TERMO FORMADO EN LA  
MICROEMPRESA RIOGLASS”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN:**

TIPO: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA**

**AUTOR: GARCÉS ALVARADO ELIZABETH VANNESA**

**DIRECTORA: ING. AMALIA ISABEL ESCUDERO VILLA**

Riobamba-Ecuador

2019

©2019 Elizabeth Vannesa Garcés Alvarado

Se autoriza la reproducción, total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE FÍSICA Y MATEMÁTICA**

El tribunal del trabajo de titulación científica que: El trabajo de investigación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA ESTADÍSTICO DE CALIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE VIDRIO TERMOFORMADO EN LA MICROEMPRESA RIOGLASS”**, de responsabilidad de la señorita Elizabeth Vannesa Garcés Alvarado, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

**FIRMA**

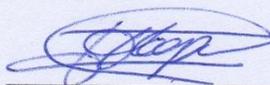
**FECHA**

Ing. Amalia Isabel Escudero Villa.  
**DIRECTORA DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**



2019/07/18

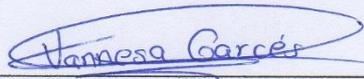
Ing. Angelita Genoveva Tapia Bonifaz  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



2019/07/18

Yo, Elizabeth Vannesa Garcés Alvarado soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 18 de julio 2019

A handwritten signature in blue ink that reads "Vannesa Garcés". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

---

Elizabeth Vannesa Garcés Alvarado  
060580893-0

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado a:

A Dios por enviarme a Ithan a complementar mi vida y fortalecer mi corazón inspirándome a culminar una meta más en mi vida.

A mis amados padres Guillermo y Sonia que con sus consejos, regaños, amor y apoyo incondicional han logrado hacerme una persona de bien, acreditándome una valiosa herencia, mi profesión.

A mis queridos hermanos Alex y Alán, y a mi adorado esposo Marco por brindarme su compañía, comprensión y amor en cada momento de este proceso.

Y a toda mi familia y personas de quienes he recibido una palabra alentadora que de una u otra forma me ayudaron a cumplir mi sueño.

Vannesa

## AGRADECIMIENTO

En este espacio quiero agradecer a Dios por sus bendiciones y por permitirme vivir una experiencia única e inolvidable.

Mi más profundo y sincero agradecimiento a las autoridades y personal quienes hacen la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por abrirme las puertas para llevar a cabo mis estudios y convertirme en profesional, a mis maestros que con su dedicación, comprensión y enseñanza hacen de nosotros sus estudiantes excelentes profesionales.

Gracias a la Ing. Isabel Escudero por ser más que una maestra una amiga que siempre estuvo al pendiente de la elaboración de esta tesis guiándome, dedicándome tiempo y sobre todo por su apoyo incondicional y paciencia.

A la Ing. Genoveva Tapia que siempre estuvo dispuesta a apoyarme y direccionarme en el desarrollo del manual que requiere mi tesis.

Mi gratitud al Sr. Guillermo Garcés y al personal que conforma RIOGLASS por confiar en mí y permitirme realizar todo el proceso de investigación en su microempresa.

A una gran amiga que siempre está al pendiente de mí, de que nunca me falte nada, que siempre este bien, que con sus palabras me hace ver el mundo de distinta manera, que todo es posible y con la que puedo contar siempre gracias Deysi.

Vannesa

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
1 MARCO REFERENCIAL.....	3
1.1 Antecedentes .....	3
1.2 Plantamiento del problema .....	5
1.2.1 Formulación del problema .....	5
1.2.2 Sistematización del problema .....	5
1.3 Objetivos .....	6
1.3.1 Objetivo general.....	6
1.3.2 Objetivos específicos .....	6
1.4 Justificación.....	6
1.4.1 Justificación teórica .....	6
1.4.2 Justificación aplicativa.....	6
CAPÍTULO II.....	8
2 MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Vidrio .....	8
2.1.1 Vidrio flotado.....	8
2.1.2 Vidrio reflectivo.....	8
2.1.3 Espesor del vidrio. ....	9
2.2 Vidrio curvo .....	9
2.2.1 Variaciones de curva para vidrio flotado (float).....	9
2.3 Pensamiento estadístico.....	10
2.4 Control estadístico de calidad.....	10
2.5 Calidad .....	11
2.6 Principios de calidad .....	11
2.7 Productividad .....	12

2.8	Inicio del ciclo de DEMING.....	13
2.9	Seis Sigma.....	13
2.9.1	Herramientas básicas para Seis Sigma .....	16
2.10	Control Estadístico Multivariante.....	16
2.10.1	Teorema del límite central .....	16
2.10.2	Gráficos de control multivariantes .....	17
2.10.3	T <sup>2</sup> de Hotelling.....	17
2.11	Etapas del control multivariado de procesos.....	19
2.12	Componentes principales.....	20
2.13	Bootstrap .....	21
2.14	Gráfica de proporciones de contribución .....	22
2.15	Manual de calidad .....	24
2.16	Diagrama de procedimiento o de flujo.....	25
2.16.1	Simbología.....	25
2.16.2	Simbología básica del análisis de proceso.....	26
CAPÍTULO III.....		28
3	SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA .....	28
3.1	Fundamentos estratégicos.....	28
3.2	Estructura administrativa.....	28
3.3	Reglamento Interno .....	28
3.4	Estrategias .....	29
3.5	Proceso de vidrio termo formado.....	29
3.6	Control de calidad del producto final.....	32
3.7	Análisis estadístico de datos disponibles .....	34
3.7.1	Hoja de producción de vidrio curvo.....	34
3.7.2	Resultados.....	34
CAPITULO IV.....		43
4	DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE VIDRIO TERMO FORMADO. ....	43

4.1 Fundamentos estratégicos.....	43
4.1.1 Reseña histórica .....	43
4.1.2 Misión.....	43
4.1.3 Visión .....	44
4.1.4 Objetivo .....	44
4.2 Reglamento interno .....	44
4.2.1 Valores Corporativos .....	44
4.2.2 Fines de la Organización.....	45
4.2.3 Política.....	45
4.2.4 Normas .....	46
4.3 Estructura Administrativa.....	48
4.3.1 Organización de la micro empresa Rioglass.....	48
4.3.2 Organigrama estructural de la microempresa RIOGLASS.....	49
4.3.3 Organigrama funcional de la microempresa Rioglass. ....	50
4.4 Estrategias .....	50
4.4.1 Diagrama de flujo .....	51
4.4.2 FODA .....	53
4.4.3 Matriz FODA.....	54
4.4.4 Diagrama Ishikawa (Causa-Efecto) .....	54
4.4.5 Hojas de verificación .....	55
4.4.6 Toma de datos.....	57
4.5 Análisis de resultados.....	59
4.5.1 Análisis descriptivo.....	59
4.5.2 Cálculos DPU .....	63
4.5.3 Nivel de sigmas.....	63
4.5.4 Estudio de estabilidad .....	64
4.5.5 Diagrama de Pareto.....	64
4.5.6 Carta multivariante T2 Hotelling.....	65
CAPITULO V.....	68

5.1	Discusión.....	68
5.2	Comprobación de hipótesis .....	71
	CONCLUSIONES .....	72
	RECOMENDACIONES .....	73
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Simbología de la ASME (American Society of Mechanical Engineer).....	25
<b>Tabla 2-2:</b> Simbología básica de procesos .....	26
<b>Tabla 3-3:</b> Recolección de información .....	34
<b>Tabla 4-3:</b> Marco del proyecto seis sigma para la producción de vidrio curvo.....	34
<b>Tabla 5-3:</b> Variables registrada para el análisis.....	35
<b>Tabla 6-3:</b> Base de datos producción de vidrio curvo.....	35
<b>Tabla 7-3:</b> Área del vidrio. ....	36
<b>Tabla 8-3:</b> Calculo del DPU.....	38
<b>Tabla 9-4:</b> Planilla N° 1 producción del vidrio curvo.....	55
<b>Tabla 10-4:</b> Planilla N° 2 producción en el horno. ....	56
<b>Tabla 11-4:</b> Área del vidrio.....	59
<b>Tabla 12-4:</b> Tiempo de proceso.....	61
<b>Tabla 13-4:</b> Tiempo de permanencia del vidrio en el horno .....	61
<b>Tabla 14-4:</b> Temperatura del horno.....	62
<b>Tabla 15-4:</b> Cálculo del DPU .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Relación entre pensamiento estadístico y métodos estadísticos.....	10
<b>Figura 2-2:</b> Al mejorar la calidad se da una reacción en cadena. ....	12
<b>Figura 3-4:</b> Ciclo PHVA: Planificar Hacer Verificar Hacer.....	13
<b>Figura 4-2:</b> Metodología Seis Sigma. Método DMAMC o DMAIC. ....	15
<b>Figura 5-3:</b> Diagrama esquemático de bootstrap.....	22
<b>Figura 6-2:</b> Contenido del manual de calidad.....	24
<b>Figura 7-3:</b> Manipulación correcta del vidrio termo formado. ....	31
<b>Figura 8-4:</b> Organigrama Estructural de la microempresa Rioglass. ....	49
<b>Figura 9-4:</b> Organigrama Funcional de la microempresa Rioglass.....	50
<b>Figura 10-4:</b> Diagrama de flujo del proceso de vidrio termo formado. ....	52
<b>Figura 11-3:</b> Matriz FODA de la microempresa Rioglass. ....	54

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2:</b> Gráfico de variaciones de curva para vidrio.....	9
<b>Gráfico 2-2:</b> Distribución proceso centrada (corto plazo) y recorrida 1.5 sigma .....	14
<b>Gráfico 3-3:</b> Recepción y entrega de vidrio.....	29
<b>Gráfico 4-3:</b> Realización de moldes metálicos. ....	30
<b>Gráfico 5-3:</b> Producción de vidrio curvo.....	30
<b>Gráfico 7-3:</b> Retirar el vidrio listo del molde. ....	31
<b>Gráfico 6-3:</b> Colocar en la posición correctas las manos. ....	31
<b>Gráfico 8-3:</b> Almacenamiento del vidrio curvo.....	32
<b>Gráfico 9-3:</b> Inspección visual de la curva. ....	33
<b>Gráfico 10-3:</b> Repetición del proceso de vidrio termo formado. ....	33
<b>Gráfico 11-3:</b> Cantidad de piezas iguales en la sección.....	36
<b>Gráfico 12-3:</b> Histograma del área del vidrio.....	36
<b>Gráfico 13-3:</b> Espesor del vidrio .....	37
<b>Gráfico 14-3:</b> Color del vidrio.....	37
<b>Gráfico 15-3:</b> Proporción de defectuosos para procesos de vidrio termo formado. ....	39
<b>Gráfico 16-3:</b> Defectos primarios del vidrio termo formado. ....	39
<b>Gráfico 17-3:</b> Defectos secundarios del vidrio termo formado. ....	40
<b>Gráfico 18-3:</b> Carta multivariada $T^2$ hotelling del proceso de termo formado de vidrio.....	40
<b>Gráfico 19-3:</b> Gráficas de proporciones de contribución.....	41
<b>Gráfico 20-4:</b> Diagrama Causa- efecto de las rupturas del vidrio en el horno. ....	55
<b>Gráfico 21-4:</b> Capacitación sistema estadístico de calidad para producción de vidrio termo ...	58
<b>Gráfico 22-4:</b> Cantidad de piezas iguales.....	59
<b>Gráfico 23-4:</b> Área del vidrio.....	60
<b>Gráfico 24-4:</b> Espesor del vidrio .....	60
<b>Gráfico 25-4:</b> Color del vidrio.....	60
<b>Gráfico 26-4:</b> Tiempo de proceso.....	61
<b>Gráfico 27-4:</b> Tiempo de duración del vidrio en el horno .....	62
<b>Gráfico 28-4:</b> Histograma de la temperatura del horno cuando finaliza la fase .....	62
<b>Gráfico 29-4:</b> Carta de atributos np de los defectos en el proceso de vidrio termo formado. ....	64
<b>Gráfico 30-4:</b> Defectos primarios del proceso de vidrio termo formado. ....	64
<b>Gráfico 31-4:</b> Defectos secundarios del proceso de vidrio termo formado.....	65
<b>Gráfico 32-4:</b> Carta multivariada $T^2$ hotelling del proceso de termo formado de vidrio.....	65
<b>Gráfico 33-4:</b> Gráficas de proporciones de contribuciones .....	66
<b>Gráfico 34-5:</b> Comparación de carta p antes a) y después b) del plan piloto. ....	68
<b>Gráfico 35-5:</b> Microempresa Rioglass antes y después del plan piloto. ....	70

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**Anexo A:** Evidencia fotográfica antes, después de la prueba piloto.

**Anexo B:** Manual para control estadístico de calidad del vidrio termo formado en la microempresa Rioglass

**Anexo C:** Scrip R del estudio

**Anexo D:** Guía de entrevista al gerente general de la microempresa Rioglass.

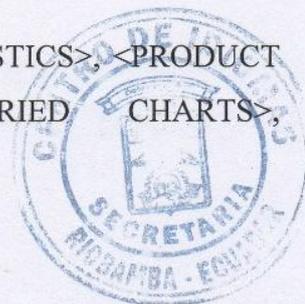


## ABSTRACT

This research work proposes a statistical quality control system for the production of thermoformed glass, which is presented through a manual that shows: the organization of the company, strategic foundations, corporate values, internal regulations, FODA, administrative structure and process analysis. The study was carried out in two moments (before and after) of the execution of a pilot plan of the proposed system. For the historical data a Pareto diagram was elaborated to identify the main causes of the defects in the process of obtaining thermoformed glass and it was found that the main anomaly is the rupture. Subjecting ourselves to the central limit theorem, production was analyzed multivariate using the T2 Hotelling control chart with four variables (quantity, thickness, area and number of defectives), in which it found 7 points out of control, which were due to the graphs of contribution proportions of the 4 variables presented points outside the limits. The execution of the pilot plan of the proposal was carried out with a follow-up of 6 months, during which seven variables were recorded (quantity, thickness, area, time of process, time spent in the furnace, temperature and number of defectives) in the new data collection forms and using the same methodology mentioned above, found 1 point out of control due to the thickness and quantity of defectives, and in the analysis with the seven variables, 2 points were found that exceed the control limits. The execution of the pilot plan of the proposed quality statistical system reduced the instability of the process from 12% to 2% and identified that the breaking of glass occurs in baking. The statistical tools (flowchart of the process, brainstorming, Pareto diagram of defects, Ishikawa diagram of most common causes of defective production and information collection forms, histograms and univariate and multivariate control charts) used in the Comparison of results were performed by contrasting Wilconxon hypotheses. The owner manager of the Rioglass microenterprise is suggested to maintain the proposed control system, in order to obtain a continuous improvement of production.

### Key words:

<STATISTICS>, <T2 HOTELLING>, <DESCRIPTIVE STATISTICS>, <PRODUCT CONTROL>, <PRODUCT QUALITY>, <MULTIVARIED CHARTS>, <BOOTSTRAP (TOOL)>, <MAIN COMPONENTS>.



## INTRODUCCIÓN

El control de calidad inicia cuando las empresas de producción realizan inspecciones en el producto final, este ha ido evolucionando y ha pasado por el control estadístico del proceso hasta llegar a implementar técnicas que aseguren la calidad del producto desde su diseño.

En los últimos años se ha registrado la implementación de nuevas estrategias que ayudan a identificar las causas dentro del proceso que no permite que el producto sea de calidad, estos nuevos métodos no solo afectan a la industria sino también a los servicios que prestan entidades grandes y pequeñas, públicas y privadas; como es el caso de Tecnoglass, Rioglass, entre otras que necesitan de estas técnicas para la mejora continua de la calidad de su servicio y la productividad del proceso de vidrio termo formado, garantizando la rentabilidad y la supervivencia largo plazo.

El objetivo de este trabajo fue realizar una propuesta de un sistema estadístico de calidad que aporte a la mejora continua de la calidad del vidrio curvo en la microempresa Rioglass, aplicando herramientas estadísticas (metodología seis sigma) que apoye en la solución de problemas como: disminuir la cantidad de defectuosos y alcanzar la calidad total del proceso, empleando diversas estrategias, por ello se hizo énfasis en las herramientas de control multivariadas como lo es la  $T^2$  de Hotelling para identificar comportamientos robustos.

En el capítulo I se describe el marco referencial sobre estudios del uso de diferentes técnicas para el control de calidad en proceso de vidrio templado, que es similar al vidrio termo formado, donde se usó herramientas estadísticas univariantes para la estandarización del producto, dado el caso que se quería controlar más de una variable a la vez empleando la  $T^2$  de Hotelling; también se indica: el planteamiento, formulación y sistematización del problema, los objetivos y la respectiva justificación.

En el capítulo II se fundamenta los conceptos teóricos sobre el vidrio termo formado y técnicas estadísticas seis sigma.

En el capítulo III se muestra el estado de la empresa, análisis estadístico de la base histórica de datos existente y el análisis de herramientas seis sigmas a incorporar en la propuesta del sistema.

En el capítulo VI se muestra el sistema propuesto mediante la incorporación de: los fundamentos estratégicos, valores corporativos, reglamento interno, FODA, estructura administrativa, herramientas seis sigmas (diagrama de flujo del proceso, lluvia de ideas, diagrama de Pareto de defectos, diagrama de Ishikawa de causas más comunes de la producción defectuosa y planillas de recolección de información, histogramas y cartas de control univariadas y multivariadas), análisis estadístico de datos.

En el capítulo V se detalla los resultados encontrados antes de la propuesta del sistema estadístico de control de calidad, y después de un seguimiento de seis meses de la prueba piloto (incorporación de herramientas seis sigma); y finalmente se comprobó la hipótesis planteada en la tesis.

A la parte final se muestra las conclusiones y recomendaciones que se logró con este estudio, seguido por las referencias bibliográficas, y los anexos en el cual se incluye un manual de aplicación del sistema estadístico de calidad propuesto para la producción de vidrio termo formado.

# CAPÍTULO I

## 1 MARCO REFERENCIAL

### 1.1 Antecedentes

Los primeros indicios acerca de la calidad empiezan antes de la segunda guerra mundial por los años 30, en los Estados Unidos, el doctor Shward aplicó por primera vez el concepto de control estadístico de proceso direccionados a la industria, con el objetivo de mejorar en términos de costo-beneficio las líneas de producción, permitiendo que la estadística eleve la productividad y disminuir los errores. Por los 60 los japoneses aplicaron a sus 45 plantas conceptos de mejoras continuas de Deming , dando éxito a la implementación de sistemas elevando la calidad, con la tecnología de postrimería del siglo XX usan tácticas de Círculos de Control de Calidad convirtiéndoles en los amos de la calidad, en los años 90 habido contantes cambios en el manejo de la calidad y la productividad, así se inicia el nuevo mundo y el nuevo milenio tendrá la globalización de la calidad, los países que mantuvieron una estricto control de la calidad de los procesos utilizaron las normas ISO 900 durante los años 90 (Cruz Ramírez, 1985, pp. 8-11).

En el año 2009 Fernández y Chalco realizaron un estudio de estandarización del producto y proceso de vidrio templado para línea blanca (Mabe, Indurama y Fibroacero) mediante hojas de trabajo estandarizadas en la empresa FAIRIS C.A. Ambato -Ecuador, con finalidad de solucionar problemas frecuentes y mejorar la calidad, productividad y optimización de recursos.

Ortíz y Felizzola (2014) exponen en el trabajo *“Metodología miceps para control estadístico de procesos: caso aplicado al proceso de producción de vidrio templado”* que el control estadístico de procesos es una herramienta de gestión de calidad, direccionada a mejorar los procesos y los productos. Su aplicación ha dado éxito en las industrias manufactureras y de servicio, por beneficiar el nivel financiero y de mercado, por ello, se condieran las perspectivas de la compañía y para el cliente dan paso al desarrollo de la metodología MICEPS (Methodology for integrating customer expectations and production systems) con el fin de cubrir sus exigencias mediante la transformación en un sistema de control de calidad, realizando en primer lugar un análisis de procesos y luego aplicar el enfoque MICEPS implantando puntos de monitoreo y control obtenidos (Ortíz y Felizzola, 2014, pp.73-81).

En la obra *“Gráficos multivariantes aplicados al control estadístico de la calidad”* expresan que en aplicaciones de control de calidad es habitual asumir que las sucesivas observaciones de las características de calidad  $X_t$ , pueden ser modelizadas mediante distribuciones normales independientes  $X_t \sim N(\mu_t, \sigma_{X_t})$ , donde el subíndice t indica que la media y la desviación típica de

las observaciones pueden cambiar en el tiempo debido a la presencia de causas especiales de variación. Con estos supuestos, el proceso va a estar bajo control si y solo si  $\mu_t = \mu$  y  $\sigma_{x_t} = \sigma_x$ , contantes para cualquier momento del tiempo  $t$ . Por ese motivo, los procesos de producción son controlados normalmente usando dos gráficos, uno para controlar la variabilidad y otro para controlar la media del proceso. Para la elaboración de un gráfico de control se basa en dos etapas: un período base (o fase I) y un período de vigilancia (o fase II), basando este estudio en un período base puesto que esta fase estima los parámetros y fijación de los límites de control al ser la fase donde las técnicas estadísticas tienen mayor impacto (Alfaro et al, 2010, p.15).

Una empresa del sector textil cuya actividad principal es la fabricación de hilo pretende controlar las características de calidad que presenta el proceso a través de gráficos univariantes y multivariantes como la  $T^2$  de Hotelling que combina la información para la dispersión y la media de las variables, y no es más que, una extensión de gráfico de control univariante de Shewart para identificar las posibles causas de variación, mismas que puede deberse a causas asignables y no asignables (Huerga et al, 2005, pp.125-148).

En el trabajo *“Control estadístico multivariante de proceso aplicado en la industria”* de la universidad autónoma Ciudad de Juárez enuncian que gracias a la tecnología se puede implementar en los procesos de producción un análisis multivariante, puesto que sus gráficos proporcionan información que permite obtener procesos robustos y eliminar todo tipo de desperdicio; este estudio se basó en el método que propone Rojas, Hernández y Ruis, (2014) el cual dependiendo de la naturaleza del proceso se aplican diferentes técnicas de Control estadístico multivariante con el fin de obtener el mejoramiento de la calidad, estas técnicas se aplican por medio de dos pasos: Uno Investigar el sistema del proceso y Dos recolectar y evaluar el conjunto de datos preliminares (Argumedo et al, 2017, pp.102-116).

Rioglass una microempresa que prestar su servicio de termo formado a la comunidad ecuatoriana, trabaja con una amplia diversidad en color y espesor de vidrio, aportando así al desarrollo económico del cantón Guano provincia de Chimborazo, ubicada en la Panamericana Norte Km. 3 vía Ambato “Barrio el Carmen”. Misma que tiene como objetivo mejorar su producción y con ello sobresalir con su producto de la competencia, mostrando que lleva altos niveles de calidad que serán de satisfacción para el cliente.

## **1.2 Plantamiento del problema**

En los países como Francia, Alemania, Estados Unidos, Japón, Reino Unido y Chequia han alcanzado niveles altos en calidad y número de obras realizadas con el vidrio.

La competencia a nivel local ha crecido de manera acelerado dando oportunidad a buscar estrategias que permita mantenerse al mismo nivel o mejor que la competencia.

Actualmente la empresa no cuenta con un sistema administrativo establecido y mucho menos procesos de toma de datos técnicamente establecidos, por lo que se ha inclinado a la toma de decisiones de manera empírica. Por ello el interés que presenta esta investigación es para implementar un sistema de control de calidad que permita monitorear cada etapa de la producción de termo formado y de este modo dar soporte mediante el análisis estadístico de datos, de manera univariante y multivariante.

### ***1.2.1 Formulación del problema***

¿El sistema de control estadístico de calidad propuesto se adapta al proceso de producción de vidrio termo formado?

### ***1.2.2 Sistematización del problema***

La implementación de un sistema de control estadístico de calidad propuesto:

¿Se adapta a la producción de vidrio termo formado?

¿Permite una recolección de datos técnica que facilita su análisis?

¿Optimiza la toma de decisiones?

¿Permite mejorar el proceso de producción?

¿Mejora la producción?

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo general***

Diseñar un sistema de control estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado en la microempresa RIOGLASS.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Identificar la situación actual de la microempresa
- Identificar las variables relevantes en la producción de vidrio termo formado.
- Diseñar el sistema de control estadístico de calidad para el proceso de vidrio termo formado.
- Implementar un plan piloto del sistema de control estadístico de calidad multivariante para la producción de vidrio termo formado.
- Evaluar el sistema de control estadístico de calidad implementado.

### **1.4 Justificación**

#### ***1.4.1 Justificación teórica***

A pesar que el control estadístico de calidad ha tenido una larga trayectoria, solo se ha estudiado gráficos estadísticos que controlan una variable a la vez, hoy con la tecnología se puede controlar dos o más variables, mediante técnicas multivariantes propuestas por Hotelling en 1947, mismas que no se han desarrollado ampliamente por la industria debido a su grado de complejidad, dado que, requiere de conocimientos de algebra matricial, sin embargo en la actualidad existen softwares como R, Minitab, etc. que permiten aplicarlas y tener un proceso más robusto, dentro de los cuales se menciona tres métodos como el: basados en distancias  $T^2$  de Hotelling, MEWMA (Multivariate Exponentially Weighted Moving Average) y MCUSUM (Multivariate Cumulative Sum). Sumado a esto el uso de la metodología seis sigmas, basada en sus cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

#### ***1.4.2 Justificación aplicativa***

El control de calidad es fundamental para todo proceso industrial, sin embargo existe reducida literatura sobre este tema en la producción de vidrio termo formado, por lo que, surge la necesidad de crear un sistema de control estadístico de calidad para la microempresa Rioglass, debido a que

esta no lleva ningún método de seguimiento a sus procesos, razón por la que presenta problemas consecutivos en sus productos, afectando de manera considerable la estabilidad económica productiva de quienes la componen.

Mediante este trabajo de investigación se pretende sembrar el pensamiento estadístico en el área empresarial y sus empleados, por ser un conjunto de pasos interconectados que deben complementarse y completarse con el fin de identificar y minimizar la variación del proceso; cambiando así la forma de ver la información que se procesa, y convirtiéndola en pasos de acción.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Vidrio

El producto llamado vidrio es una sustancia dura, normalmente brillante y transparente, compuesta; principalmente de silicatos y álcalis fusionados a alta temperatura. Se lo considera un sólido amorfo, porque no es ni sólido ni líquido, sino que existe en un estado vítreo.

Los principales componentes se encuentran fácilmente en la naturaleza: sílice, cal y carbonato de sodio los materiales secundarios son usados para dar propiedades especiales o para facilitar el proceso de fabricación. De la mezcla de los materiales secundarios con las materias primas básicas en el porcentaje correcto se pueden obtener diferentes tipos de vidrio, los cuales pueden ser clasificados de acuerdo a su composición química, dentro de cada tipo, a su vez, hay numerosas composiciones distintas (Pearson, 2013, p.5).

##### 2.1.1 Vidrio flotado

El vidrio plano flotado tiene superficie plana, paralela y pulida al fuego, aunque no son idénticos una está en contacto con el metal fundido y la otra con la atmósfera, pero en la práctica son indistinguibles a simple vista (Morales,2017, p.12).

Dentro del grupo de vidrio flotado se encuentran los siguientes colores:

- Vidrio Flotado Claro
- Vidrio Flotado Bronce
- Vidrio Flotado Gris
- Vidrio Flotado Dark Grey (Negro)
- Vidrio Flotado Verde Automotriz
- Vidrio Flotado Azul
- Espejos

##### 2.1.2 Vidrio reflectivo

Vidrio con cubierta muy fina de metal u oxido metálico.

Los colores del vidrio reflectivo son los siguientes:

- Vidrio reflectivo lake blue
- Vidrio reflectivo verde
- Vidrio reflectivo bronce
- Vidrio reflectivo tinte blue (azul)
- Vidrio reflectivo gris

### 2.1.3 *Espesor del vidrio.*

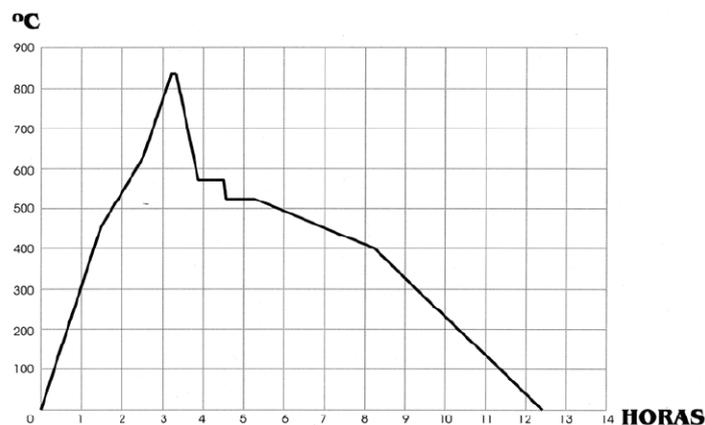
Los espesores de vidrio que se pueden curvar y templar son: 5, 6, 8, 10, 12, 15 y 19mm (Corbalan, 2017, p. 3).

## 2.2 Vidrio curvo

Se obtiene mediante el calentamiento del vidrio plano hasta su punto de plasticidad, dándole la forma deseada mediante el uso de moldes, una vez que alcanza la plasticidad mediante el calentamiento, su propio peso hará que este se adapte y tome la curva del molde; este proceso termina una vez enfriado de forma lenta a fin de evitar tensiones internas en su estructura molecular (CRICURSA, 2003, p.1).

### 2.2.1 *Variaciones de curva para vidrio flotado (float)*

Las variaciones que se pueden aplicar en una curva son muy extensas, pero principalmente son dos las variaciones en los tiempos que evitarán roturas por choque térmico, la eliminación de tensiones y la desaparición relativa de burbujas entre capas. Los datos que se muestran son aplicables al vidrio float, el más utilizado en la técnica del fusing como se muestra Gráfico 1-2.



**Gráfico 1-2:** Gráfico de variaciones de curva para vidrio flotado (float).

Fuente: López Milán Natalia; 2007

### 2.3 Pensamiento estadístico

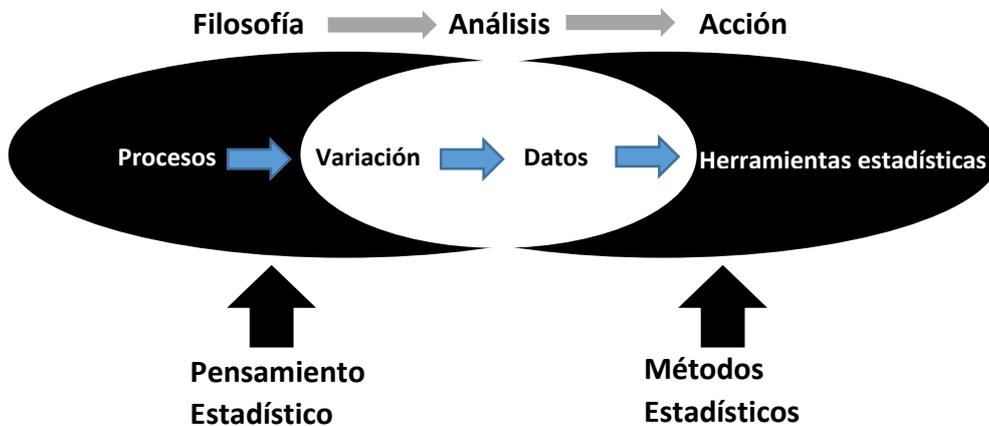
El pensamiento estadístico es una filosofía de aprendizaje y acción basada en tres principios que busca controlar y reducir la variación mejorando la calidad.

El **primer principio** opera mediante procesos interconectados evitando que estos se aíslen, es decir que interactúan con el resto del sistema, de manera que si no se toma en cuenta como se relaciona el proceso con el resto del sistema, la optimización en una de las partes obteniendo resultados indeseados para el resto del sistema.

El **segundo principio** reconoce que los resultados de todos los procesos son variables ya que evita alcanzar un objetivo irreal provocado por las variaciones.

El **tercer principio** es el más importante, reducir la variabilidad hasta obtener un nivel de calidad seis sigma, donde las personas serán capaces de utilizar herramientas estadísticas teniendo como base el pensamiento estadístico para entender y reducir ciertas variaciones que puedan presentarse.

Para Gutiérrez y de la Vara Salazar (2013, p.11), el pensamiento estadístico es una “Filosofía de aprendizaje y acción que establece la necesidad de un análisis adecuado de los datos de un proceso, como una acción indispensable para mejorar su calidad (reducir su variabilidad).



**Figura 1-2:** Relación entre pensamiento estadístico y métodos estadísticos.

Fuente: ASQC, 1996; Snee, 1999

### 2.4 Control estadístico de calidad

Definimos el Control Estadístico de la Calidad (CEC) como la aplicación de diferentes técnicas estadísticas a procesos industriales (mano de obra, materias primas medidas, máquinas y medio ambiente), procesos administrativos y/o servicios con objeto de verificar si todas y cada una de

las partes del proceso y servicio cumplen con las exigencias de calidad y ayudar a cumplirlas, entendiendo por calidad la aptitud del producto y/o servicio para su uso.

El objetivo del CEC es:

1. Detectar rápidamente la ocurrencia de variabilidad debida a causas asignables.
2. Investigar la(s) causa(s) que la han producido y eliminarla(s).
3. Informar de ella para la toma de decisión oportuna, pues de lo contrario se producirían gran cantidad de unidades de calidad no aceptable, originando una disminución de la capacidad productiva e incremento de costos del producto terminado (supervisor).
4. Eliminar, si es posible, o al menos reducir al máximo la variabilidad del proceso (dirección).

## 2.5 Calidad

Calidad es convertir las necesidades futuras del cliente en características medibles, para que así un producto pueda ser diseñado y fabricado con el fin satisfacer las exigencias del cliente a un precio; la calidad puede estar definida solamente en términos del agente (Deming, 1989, p.17).

La palabra calidad tiene muchos significados como por ejemplo:

- La calidad consiste en aquellas características de producto que se basan en las necesidades del cliente y que por eso brindan satisfacción del producto.
- Calidad consiste en libertad después de las deficiencias. (Juran, 1990, pp.1-11).
- Ishikawa sostiene que calidad significa calidad del producto, es decir, calidad es calidad del trabajo, calidad del servicio, calidad de la información, calidad de proceso, calidad de la gente, calidad del sistema, calidad de la compañía, calidad de objetivos, etc (Ishikawa, 1986, p.51).
- La ISO 9000:2000.- Calidad es el grado en el que un conjunto de características inherente cumplen con los requisitos.

**Definición en general:** Cumplir con los requerimientos que necesita el cliente con un mínimo de errores y defectos (Médez, 2013, p.19).

## 2.6 Principios de calidad

Para obtener productos de calidad se debe considerara 13 principios:

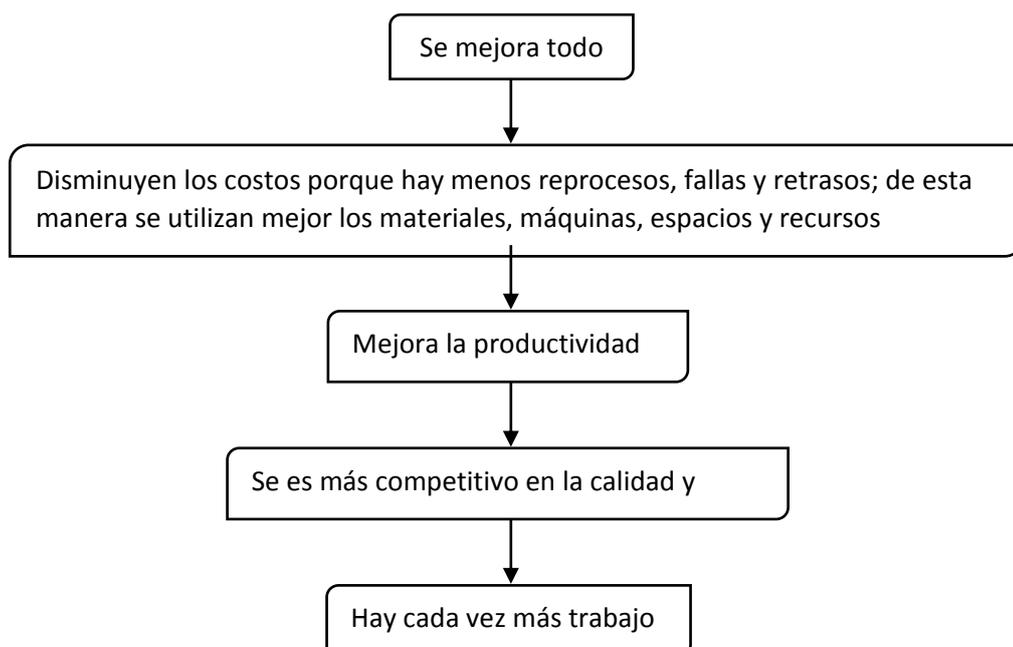
1. Hacer bien las cosas desde la primera vez.
2. Satisfacer las necesidades del cliente (tanto externo como interno ampliamente)

3. Buscar soluciones y no estar justificando errores.
4. Ser optimista a ultranza.
5. Tener buen trato con los demás.
6. Ser oportuno en el cumplimiento de las tareas.
7. Ser puntual.
8. Colaborar con amabilidad con sus compañeros de equipo de trabajo.
9. Aprender a reconocer nuestros errores y procurar enmendarlos.
10. Ser humilde para aprender y enseñar a otros.
11. Ser ordenado y organizado con las herramientas y equipo de trabajo.
12. Ser responsable y generar confianza en los demás.
13. Simplificar lo complicado, desburocratizando procesos.

(Méndez, 2003, p.21).

## 2.7 Productividad

La productividad se define como el uso eficiente de recursos como: trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información en la producción de diversos bienes y servicios. Una productividad mayor es la obtención de más con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo (Prokopenko, 1987, p. 3). Se suele representar a través de la formula  $\frac{\text{Producto}}{\text{Insumo}} = \text{Productividad}$ .



**Figura 2-2:** Al mejorar la calidad se da una reacción en cadena.

Fuente: Gutiérrez; Vara Salazar; 2013.

## 2.8 Inicio del ciclo de DEMING

Este ciclo facilita la mejora continua del proceso de vidrio termo formado, pues una vez terminada la etapa final del análisis de datos, se debe volver a repetir el ciclo para: reducir el número de producción defectuosa, aumentar la eficiencia y eficacia del proceso, solución de problemas, previsión y eliminación de riesgos.



**Figura 3-4:** Ciclo PHVA: Planificar Hacer Verificar Hacer

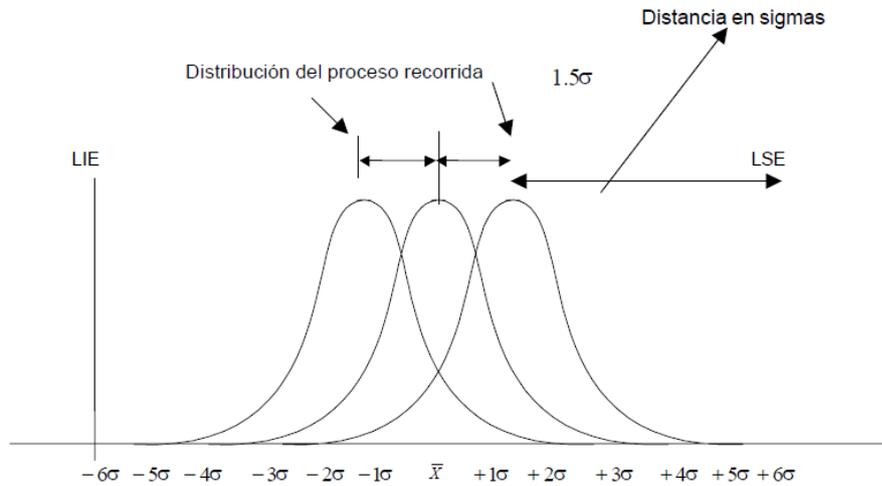
Fuente: Jorge Jimeno Bernal; 2013.

## 2.9 Seis Sigma

### ¿Qué significa Seis Sigma?

Sigma es una letra griega que simboliza la desviación estándar, se utiliza en estadística aplicada a la producción, como un indicador de la dispersión o variabilidad esperada de los productos o componentes producidos en un proceso. En la realidad Motorola Inc. de Estados Unidos de América fue la empresa que desarrolló e implantó por primera vez la metodología, mencionando que para la producción a corto plazo (un día o un turno) tiene una capacidad de 6 sigma (con 6 sigmas de distancia entre la medida del proceso y cada uno de los límites de especificación), y a largo plazo (un mes o más) la medida se recorrerá máximo 1.5 sigma por diversas razones de variación normal en los procesos y la capacidad a largo plazo quedará en sólo 4.5 sigma, siendo la razón por la cual un proceso 6 sigma en realidad se comporte como un proceso con capacidad de 4.5 sigma a largo plazo. Es una metodología que sirve para reducir la variabilidad en los procesos, productos y servicios cuyo objetivo es tener máximo 3.4 defectos o errores en cada millón de oportunidades, estudia un problema real apoyándose en métodos estadísticos para identificar las fuentes de variabilidad, se identifican las variables que tienen más influencia en la

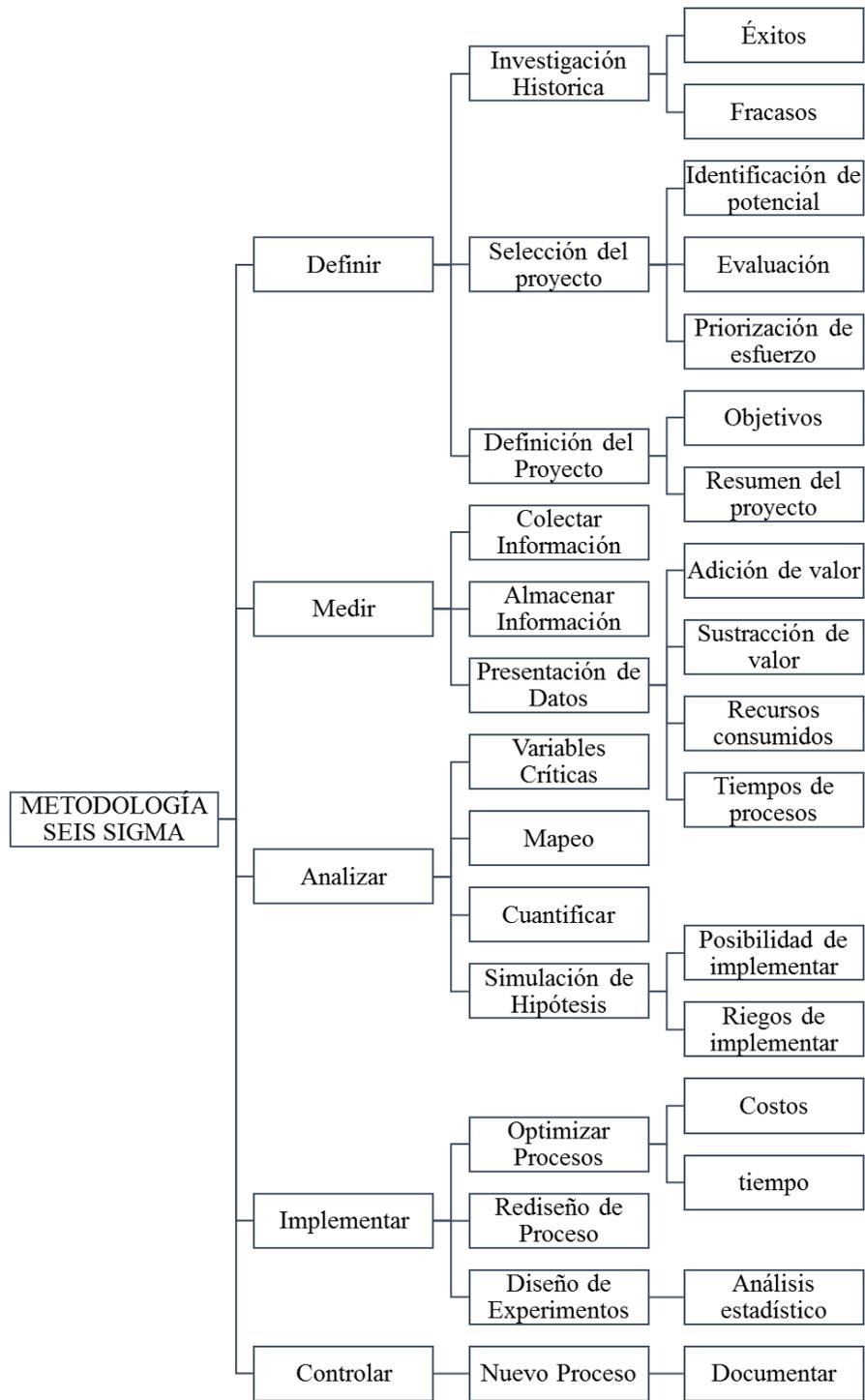
variabilidad de los procesos y los niveles en que el desempeño es óptimo, al final se monitorean las variables críticas y se mantiene el proceso en control estadístico (Reyes, 2002, pp.51-69).



**Gráfico 2-2:** Distribución proceso centrada (corto plazo) y recorrida 1.5 sigma (largo plazo).

**Fuente:** Reyes Aguilar Primitivo; 2002.

El método Seis Sigma conocido también como DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) (Navarro, et al, 2017, p.77) se estructura en cinco fases:



**Figura 4-2:** Metodología Seis Sigma. Método DMAMC o DMAIC.

Fuente: Yepes; 2001.

### **2.9.1 Herramientas básicas para Seis Sigma**

Un programa de control de calidad total requiere conocer métodos que permitan orientar y ordenar tanto las ideas como la información que tiene en un problema, además que faciliten visualizar la necesidad de cambio y de la toma decisiones; en sí, se hace necesario contar con herramientas para manejar el proceso. Para tal efecto, se aplicara las herramientas 6 sigmas.

- Estadísticas descriptivas
- Histogramas
- Diagrama de flujo
- Lluvia de ideas
- Diagrama de Pareto
- Hoja de Verificación
- Diagrama de Ishikawa
- Cartas de control

### **2.10 Control Estadístico Multivariante**

El control estadístico multivariado fue inicialmente introducido por Hotelling (1947), en este modelo dos o más salidas de un proceso pueden estar correlacionadas, si las gráficas a partir del cálculo del estadístico  $T^2$  que relaciona el comportamiento de las medias, las varianzas y la covarianza entre ambas variables, con el fin de obtener una región elíptica de control, en el caso de dos variables, o un gráfico de control de Hotelling, generalizado a más de dos salidas de proceso.

El modelo de Hotelling para  $n$  observaciones agrupadas en muestras, se basa en la definición de las variables objeto de estudio cuantificable. Los datos deben ser obtenidos cuidando que la muestra sea realmente significativa, para lo cual Montgomery (2001) propone un tamaño generalmente superior a 50 muestras.

#### **2.10.1 Teorema del límite central**

Se conoce al teorema del límite central como “la suma de un gran número de variables aleatorias independientes que tiende a seguir de manera asintótica una distribución normal, siempre que determinadas condiciones queden satisfechas” (Wisniewski & Velasco, 2001, p. 211).

A través de este teorema se puede aproximar a distribuciones como la Binomial, Poisson, Chi-Cuadrado.

Si  $X_1, \dots, X_n$  son variables aleatorias independientes con media  $\mu$  y varianza común  $\sigma^2 < \infty$ , la variable aleatoria  $Z$  definida como:

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Es una variable aleatoria cuya función de densidad se aproxima a la distribución normal cuando  $n$  es grande:

$$Z \sim N(0,1)$$

Esto es:

$$\frac{X_1 + \dots + X_n}{n} = \bar{X} \cong N\left(\mu, \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

### 2.10.2 Gráficos de control multivariantes

Los gráficos de control multivariantes son necesarios para vigilar varias características a la vez, de una forma cuadrática capaz de resumir en un escalar la información proveniente de diferentes fuentes, de tal manera que este escalar resume de forma integral las variables de centramiento y variabilidad del proceso (Mosquera et al, 20017, pp.333-338). Pero aplicar estos gráficos tenía un inconveniente, pues para realizarlos se necesita conocimientos de algebra matricial, razón por la que su aplicación es lenta, aunque en la actualidad se cuenta con ordenadores que desarrollan estos cálculos de forma rápida y sencilla, y han posibilitado un mayor desarrollo e implantación de estas técnicas multivariantes dentro de la industria como herramientas de control de calidad. Cabe destacar por su desarrollo y mayor uso tres métodos: El basados en distancias ( $T^2$  de Hotelling), MEWMA y MCUSUM (Anchiraico y William, 2003, pp.22-24).

### 2.10.3 $T^2$ de Hotelling

Las gráficas de control multivariadas fueron creadas para monitorear un proceso de producción, del cual nos interesa controlar  $p \geq 2$  variables de calidad probablemente correlacionadas; la más utilizada por el sector industrial es la basada en el estadístico  $T^2$  de Hotelling (Stoumbous, 2000, pp. 992-998), el supuesto principal de este método es que las  $p$  característica en estudio sigan una distribución normal multivariada (Djauhari, 2005, pp. 32-39).

$$X_i \sim N_p(\mu, \Sigma), i = 1, 2, \dots, n$$

Donde  $\mu = (E(X_{i1}), E(X_{i2}), \dots, E(X_{in}))'$  es el vector de medias y  $E(\cdot)$  Es el operador de valor usual.  $\Sigma = E((X_i - \mu)(X_i - \mu)')$  es la matriz de varianzas y covarianzas del vector  $X_i$  donde  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Para construir las gráficas de  $T^2$  de Hotelling se necesitan las dos fases. La fase I que determina si el proceso está dentro de control mediante graficas empezando con una muestra preliminar  $Y_1, Y_2, \dots, Y_m$ , para estimar los parámetros en control  $\mu$  y  $\sigma$ .

$$\bar{Y} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Y_i$$

$$S = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (Y_i - \bar{Y})(Y_i - \bar{Y})'$$

La matriz de covarianza muestral S también se expresa como:

$$S = \begin{bmatrix} s^2_{11} & \dots & s^2_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ s^2_{p1} & \dots & s^2_{pp} \end{bmatrix}$$

Donde  $s^2_{ii}$  es la varianza muestral de la  $i$  - ésima variable y  $S_{ij}$  es la covarianza muestral entre la  $i$  - ésima variable y la  $j$  - ésima variable.

Luego de obtener el vector de media y la matriz de covarianza se calcula los estadísticos individuales  $T^2_i$  de Hotelling (Hotelling, 1947)

$$T^2_i = (Y_i - \bar{Y})'S^{-1}(Y_i - \bar{Y})$$

Son iguales:

$$\left\{ \frac{(m-1)^2}{m} \right\} B_{\left[ \frac{p}{2}, \frac{(m-p-1)}{2} \right]}$$

Donde  $B_{\left[ \frac{p}{2}, \frac{(m-p-1)}{2} \right]}$  es una distribución Beta con parámetros  $\frac{p}{2}$  y  $\frac{(m-p-1)}{2}$ . Para ello el límite superior de control (LSC) para los datos históricos en el cuantil  $1 - \alpha$  de la distribución Beta.

$$LSC = \left\{ \frac{(m-1)^2}{m} \right\} B_{\left[ 1-\alpha, \frac{p}{2}, \frac{(m-p-1)}{2} \right]}$$

Si  $T^2_i$  es mayor que el LSC, se dice que la información histórica, vector  $Y_i$  esta fuera de control y hay que eliminar los puntos que sobre pasan el límite de control superior y volver al calcular  $\bar{Y}$ ,  $S$  y los  $T^2_i$ , una vez ya no existan valores superiores al límite se obtiene la BHD (Base histórica

de datos) final. A esto se le llama eliminación de atípicos o outliers, para de ella obtener el vector de medias y la matriz de varianzas y covarianzas que servirá para el análisis de la fase II.

La fase II se usa para probar si el proceso permanece dentro de control cuando se tiene observaciones en tiempo real es decir que no hayan intervenido en la fase I.

Para cada  $X_i$  calculamos  $T^2$ :

$$T^2(X_i) = (X_i - \hat{\mu})' \hat{\Sigma} (X_i - \hat{\mu})$$

Donde  $\hat{\mu}$  y  $\hat{\Sigma}$  son estimadores de  $\mu$  y  $\Sigma$  de la BHD de la fase I y los calculamos respectivamente para esta fase el  $T^2$  de cada  $X_i$  se grafica contra el tiempo, con un LSC.

$$LSC = \left( \frac{p(n+1)(n-1)}{n(n-p)} \right) F_{(1-\alpha; p, n-p)}$$

Donde  $p$  es el número de características de calidad bajo control,  $n$  es el tamaño de muestra de BHD y  $F_{(1-\alpha; p, n-p)}$  es el cuantil  $1 - \alpha$  de la distribución de probabilidad  $F_{(p, n-p)}$ .

La gráfica  $T^2$  de Hotelling comprueba la hipótesis:

$H_0$ : La nueva observación tienen la misma distribución que la BHD.

$H_1$ : Existe un cambio en la ubicación de la nueva observación con respecto a la BHD.

Los estadísticos  $T^2 X_i$  se comparan con el LSC, si  $T^2 X_i > LSC$  se rechaza la  $H_0$  (Federico Zertuche Luis, 2008, pp.33-38).

## 2.11 Etapas del control multivariado de procesos

La implementación del control estadístico de calidad multivariante considera las siguientes etapas:

1. Determinación de los “sujetos de control”.
2. Identificación de las variables a medir.
3. Establecimiento de metas o valores objetivos (internos o externos) para cada una de las variables consideradas.
4. Creación de un mecanismo de recolección de datos para evaluar la performance del proceso.
5. Evaluación de la performance del proceso.
6. Interpretación de la diferencia entre la performance real y la meta u objetivo.
7. Toma de acciones correctivas.

(Flury y Barbiero, 2001, pp.166-175).

## 2.12 Componentes principales

Reduce la dimensional, es decir son combinaciones lineales de  $p$  variables que miden información común, proporcionando  $m$  nuevas variables en orden de importancia de acuerdo a la variabilidad total que tienen la muestra; entonces se busca  $m < p$  variables.

Este método está basado en el álgebra de una matriz  $A$ , donde  $A$  es una matriz simétrica  $n \times p$ , de rango  $p$ , siendo su matriz de covarianza  $S$ , una matriz simétrica no singular que puede ser reducida a una matriz diagonal  $L$  por premultiplicación y postmultiplicación de esta por una matriz ortonormal  $U$  tal que:

$$U'SU = L$$

Los  $l_1, l_2, \dots, l_p$  son elementos diagonales de  $L$  llamados eigenvalores de  $S$ . Las columnas de  $U$ ,  $u_1, u_2, \dots, u_p$ , son los eigenvectores de  $S$ . Los eigenvalores se obtienen a través de la solución de la siguiente ecuación característica:

$$|S - I| = 0$$

Donde  $I$  es la matriz identidad. La ecuación produce un polinomio de grado  $p$  con raíces  $l_1, l_2, \dots, l_p$  que son los eigenvalores de  $S$ . Los eigenvectores se obtienen por medio de las siguientes ecuaciones:

$$|S - I|t_i = 0$$

$$u_i = \frac{t_i}{\sqrt{t_i' t_i}}$$

El análisis de componentes principales inicia en la matriz de varianzas y covarianzas  $S$  el cual permite el análisis de  $p$  variables y está dada por:

$$S = \begin{bmatrix} s^2_1 & s_{12} & \dots & s_{1p} \\ s_{21} & s^2_2 & \dots & s_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{p1} & s_{p2} & \dots & s^2_p \end{bmatrix}$$

Donde  $s^2_i$  es la varianza muestral de la  $i$  - ésima variable y  $s_{ij}$  es la covarianza entre la  $i$  - ésima y la  $j$  - ésima variable.

Las componentes principales depende fundamentalmente de la matriz de varianzas-covarianzas o de la matriz de correlación  $\rho$  de  $X_1, X_2, \dots, X_p$ . La forma de expresar las componentes principales es:

$$Z_k = u_{1k}X_1 + u_{2k}X_2 + u_{3k}X_3 + \dots + u_{pk}X_p$$

Donde  $Z_k$  es el  $k$  componente principal  $u_{1k}, u_{2k}, u_{3k}, \dots, u_{pk}$  es el  $k$  –ésimo eigenvector, Si las variables fueron tomadas en diferentes escalas de mediciones se debe estandarizar los datos y utilizar la matriz de correlación.

Para seleccionar el número adecuado de componentes se utilizara el método de extracción promedio conocido como regla de Kaiser, cuando la matriz tiene las mismas unidades de medida se utiliza los eigenvalores propios menores a un eigenvalor propio denominado

$$\sum_{i=1}^p \frac{\lambda_i}{p}$$

Pero si se estandariza la matriz de datos y se utiliza la matriz de correlación el eigenvalor promedio de los componentes es 1, y se selecciona los valores propios mayores que la unidad.

### 2.13 Bootstrap

La técnica bootstrap se emplea para la reducción del sesgo dentro de un análisis, es decir, aproxima la varianza por medio de remuestreos aleatorios de la muestra inicial (Sánchez Javier, 2019, p.3), la función de distribución empírica dada:

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Provenientes de  $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$  de una distribución  $F$  desconocida, la función de distribución empírica,  $F_n(x)$  o  $\hat{F}$  se define como:

$$\hat{F} = F_n(x)$$

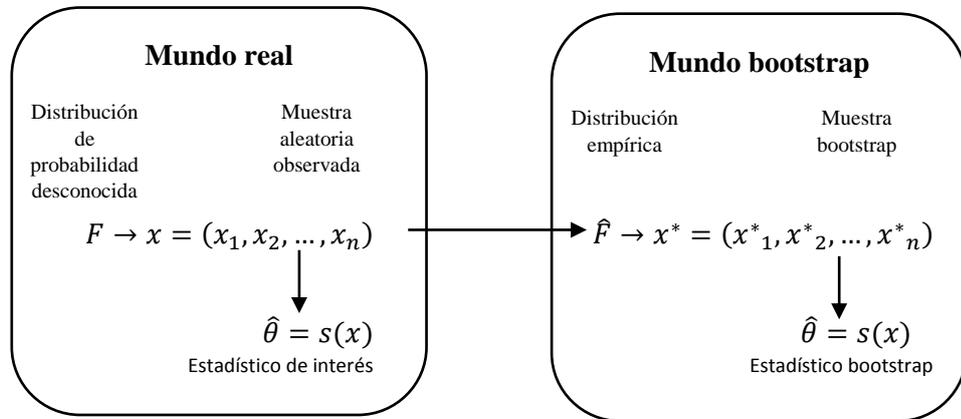
$$= \frac{\text{Número de observaciones en la muestra que son menores o iguales a } X}{\text{El número total de observaciones en la muestra}}$$

Si realizamos  $x$  de  $X$  la inferencia del parámetro poblacional de  $\theta = t(F)$ , para su estimación se calcula el estimador  $\hat{\theta} = s(x)$ . Efron 1993 el bootstrap consiste en estimar el parámetro de interés  $\theta = t(F)$ , mediante  $\hat{\theta} = t(\hat{F})$ , reemplazando las supuestos distribucionales acerca de  $F$  denotados por la *muestra bootstrap*.

Una muestra bootstrap  $x^{*i} = (x^*_1, x^*_2, \dots, x^*_n)^i$ , con  $i = 1, 2, \dots, B$  definida como uuna muestra aleatoria de tamaño  $n$  que viene de  $\hat{F}$ .

$$\hat{F} \rightarrow (x^{*1}, x^{*2}, \dots, x^{*B})$$

La notación \* manifiesta que  $x^*$  es la traducción de remuestreo de  $x$ . Las muestras bootstrap  $x^{*1}, x^{*2}, \dots, x^{*B}$ , de tamaño  $n$  obtenidas con reemplazo de la muestra  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , debe ser  $B \geq 1000$  si dese estima intervalos de confianza de  $\hat{\theta}$  (Efron y Tibshirani, 1993, p.14).



**Figura 5-3:** Diagrama esquemático de bootstrap  
**Fuente:** Federico Luis; 2008.

### 2.14 Gráfica de proporciones de contribución

Para identificar las variables que ocasionan la señal de alarma se realizan  $p$  gráficas de proporciones de contribución con el objetivo de identificar las variables causantes de la anomalía.

Estas gráficas de proporciones se obtienen por medio de las componentes principales, siendo su objetivo la reducción de la dimensionalidad de la distribución de referencia; el modelo de componentes principales es el siguiente:

$$Z_k = u_{1k}X_1 + u_{2k}X_2 + u_{3k}X_3 + \dots + u_{pk}X_p$$

Donde  $Z_k$  es la  $k$  y  $X_1, X_2, \dots, X_p$  son variables del proceso, luego de ello se obtendrán los eigenvectores:

$$\begin{aligned} Z_1 &= u_{11}X_1 + u_{21}X_2 + \dots + u_{p1}X_p \\ Z_2 &= u_{12}X_1 + u_{22}X_2 + \dots + u_{p2}X_p \\ &\vdots \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ Z_p &= u_{1p}X_1 + u_{2p}X_2 + \dots + u_{pp}X_p \end{aligned}$$

Luego de obtener las componentes principales se utiliza el método de extracción promedio para seleccionar el número de componentes que explican la mayoría de la variabilidad y que sean

mayor o igual a la unidad y entonces obtenemos las  $d$  componentes principales que obtendrán los  $d$  eigenvectores:

$$\begin{aligned} Z_1 &= u_{11}X_1 + u_{21}X_2 + \dots + u_{p1}X_p \\ Z_2 &= u_{12}X_1 + u_{22}X_2 + \dots + u_{p2}X_p \\ &\vdots \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ Z_d &= u_{1d}X_1 + u_{2d}X_2 + \dots + u_{pd}X_p \end{aligned}$$

La contribución importante que permite las componentes principales es la del vector  $x$ , en el  $k$  componente principal de la siguiente ecuación:

$$Y = u_{1k}x_1 + u_{2k}x_2 + \dots + u_{pk}x_{pi}$$

Es decir que se debe transformar los valores de las  $p$  variables en estudio en contribuciones, ya que al sustituir cada vector de datos en cada eigenvector (Federico Luis, 2008, p.86) se obtendrá en forma numérica la influencia de las variables en el componente principal siendo la base para las gráficas de proporciones de contribución para la  $p$  variables monitoreadas.

Con ello se busca transformar de  $n$  vectores de la distribución de referencia  $F$  en  $n$  vectores  $d$  contribuciones. Una vez que se obtenga las  $d$  contribuciones principales de la distribución de referencia, se calcula las proporciones de las  $d$  contribuciones mediante una ecuación:

$$r_{kj} = \frac{(u_{k1} + u_{k2} + \dots + u_{kd})X_{ki}}{Y_{1i} + Y_{2i} + \dots + Y_{di}}$$

Donde  $X_{ki}$  es el  $i$  –ésimo valor de la variable  $X_k$  en observación  $Y_{ji}$   $j = 1, \dots, d$ , es la contribución del  $i$  –ésimo vector de observaciones bajo estudio en el  $j$  –ésimo componente principal. De esta forma se obtendrá la transformación de la base histórica de datos en una de proporciones.

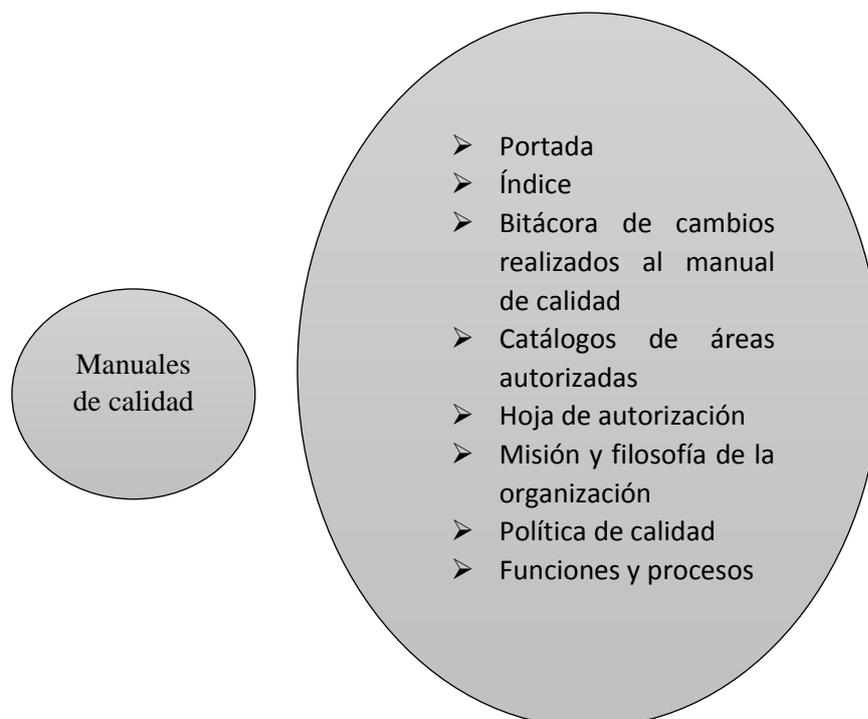
Una parte esencial de esta técnica es la aplicación del método bootstrap, el que valora el sesgo y el error estándar del estadístico  $\hat{\theta}$  calculado a través de una muestra estableciendo el mejor intervalo de confianza para parámetros estimados. El remuestreo Bootstrap se realiza a la matriz de proporciones de contribución obtenidas de las componentes principales de la base histórica de datos, de este modo se extrae una muestra aleatoria de tamaño  $n$  con reemplazo, a partir de ello se calcula el estadístico de interés  $\hat{\theta}^*_i$ , siendo la media de proporciones de las variables  $i$ , donde  $i = 1, 2, \dots, p$ , se repite  $B$  veces el remuestreo bootstrap y en cada muestra se calculan los estadísticos  $\hat{\theta}^*_i$ , siendo  $B$  mayor que 1000.

Los intervalos de confianza se los obtiene aplicando el método *BCa*, para cada estimador  $\hat{\theta}_i$ , con  $i = 1, 2, \dots, p$  con una confianza  $1 - 2\alpha$ , siendo  $\alpha = 0.025$ .

Se obtienen  $X_1, X_2, \dots$  vectores las observaciones nuevas que siguen una distribución continua de monitoreo  $G$ , se obtiene las contribuciones usando las  $d$  componentes principales que se utilizó para la distribución de referencia, las cuales son la base para las gráficas de proporciones de contribuciones para cada  $p$  variables bajo estudio. Señalados los límites de control se verifica si las proporciones caen fuera de los límites preestablecidos se considera causante de la anomalía.

## 2.15 Manual de calidad

Las organizaciones que requieren certificaciones están obligadas a documentar los criterios de calidad con base en las normas ISO en manuales. Esta situación tiene la ventaja de que además de poder certificarse y competir a nivel internacional, es posible lograr un mayor orden y control tanto de las actividades como responsabilidades, de tal forma que el manual de calidad contiene el funcionamiento del sistema de calidad. Es conveniente que todas las áreas y departamentos cuenten con este manual con la finalidad de cumplir con los criterios establecidos por la norma ISO (Munch Galindo, 2011, pp.144-146).



**Figura 6-2:** Contenido del manual de calidad.

Fuente: Munch Galindo Lourdes; 2011.

## 2.16 Diagrama de procedimiento o de flujo

**Procedimiento:** es una sucesión de actividades de carácter repetitivo y rutinario.

**Diagrama de flujo:** es la representación gráfica de un procedimiento mediante la utilización de símbolos.

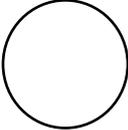
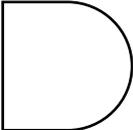
Los diagramas de procedimientos permiten:

- Simplificar el trabajo.
- Combinar o readaptar la secuencia de las operaciones para lograr una mayor simplificación.
- Mejorar alguna operación, cambiándola con otro parte del proceso.
- Eliminar demoras, actividades, formatos y operaciones no necesarias.

### 2.16.1 Simbología

En los diagramas de flujo se utiliza distinta simbología, la más usual es la ASME (American Society of Mechanical Engineer):

**Tabla 1-2:** Simbología de la ASME (American Society of Mechanical Engineer)

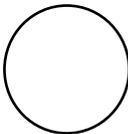
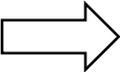
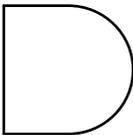
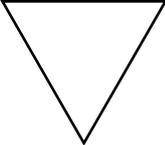
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
	Operación	Se dice que hay operación cuando algo está siendo creado, cambiado o añadido. Es modificar las características de ese algo.
	Inspección	Revisión, verificación o inspección.
	Transporte	Acto de mover de un lugar a otro.
	Espera o demora	Etapas en que algo está en espera de que otra actividad acontezca. También se llama almacenamiento o archivo temporal.

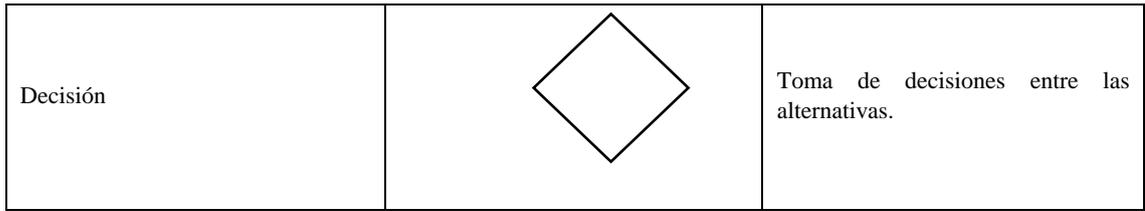
	Almacenamiento	Cando se almacena o archiva algo para ser guardado con carácter definitivo.
---	----------------	---

Fuente: Lourdes Munch, 2011

### 2.16.2 Simbología básica del análisis de proceso

Tabla 2-2: Simbología básica de procesos

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Operación		Se dice que hay operación cuando algo está siendo creado, cambiado o añadido, es decir, cuando se modifican las características de ese algo. Actividad que agrega valor al proceso o hace avanzar en forma directa al proceso.
Traslado o transporte		Acto de mover de un lugar a otro. Acción que desplaza información y objetos, incluyendo persona.
Espera o demora		Etapa en que algo permanece ocioso en espera de que algo acontezca. También se le llama almacenamiento o archivo temporal. Tiempo de espera de las personas o de información, retrasos no programados.
Verificación o inspección		Supervisiones, revisiones, autorizaciones e inspecciones de calidad y cantidad. Cuando algo es revisado, verificado o inspeccionado, sin ser alterado en sus características.
Archivo o almacenamiento		Cuando se almacena o archiva algo para ser guardado con carácter definitivo. Almacenaje de información, que puede ser temporal o permanente.
Corrección		Actividades innecesarias y repetitivas de la operación.



**Fuente:** Lourdes Munch, 2011

## CAPÍTULO III

### 3 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

Para identificar la situación actual de la empresa se realizó una entrevista al gerente general de la microempresa Rioglass con la cual se identificó lo siguiente:

#### 3.1 Fundamentos estratégicos

En esta sección se identificó que la microempresa no cuenta con:

- Reseña histórica
- Misión
- Visión
- Objetivos

#### 3.2 Estructura administrativa

El gerente general conoce la estructura administrativa de su microempresa, sin embargo no cuenta con un registro de:

- Organización de la microempresa
- Organigrama estructural
- Organigrama funcional

#### 3.3 Reglamento Interno

El gerente general mediante una entrevista de trabajo al empleado a ser contratado, le aclara los horarios, las funciones, los valores a llevarse dentro del área de trabajo, les proporciona el equipo de seguridad y les habla sobre su importancia. Sin embargo no cuenta con un documento de respaldo de lo antes mencionado que se define como:

- Valores corporativos
- Fines de la organización
- Políticas y Normas

### 3.4 Estrategias

El gerente general mantiene una planificación total del trabajo, usa como estrategia de mejora la sanción al trabajador por producción defectuosa sin olvidar el buen trato a sus empleados.

Dentro de este apartado técnicamente se considera lo siguiente:

- FODA
- Matriz del FODA
- Innovación y capacitación continua
- Incorporación de tecnología
- Expansión de la microempresa
- Variabilidad de producción
- Control estadístico de calidad de los productos

Sin embargo nada de esta considerado en la microempresa.

### 3.5 Proceso de vidrio termo formado

#### Área de recepción y entrega

La primera fase empieza en el área de recepción y entrega, cuyo fin es la recepción del vidrio que será curvado, e inspeccionado por la persona que lo recepte, observado que no haya ningún tipo de: rayones, manchas adheridas o rupturas leves, para reducir el riesgo de ruptura del vidrio a altas temperaturas. En esta área se registra el pedido con sus diferentes características, sea este en vidrio o aluminio para posterior llevarlo al área de producción.



**Gráfico 3-3:** Recepción y entrega de vidrio  
Fuente: RIOGLASS, 2015

### Área de mecánica

Para que el vidrio tome la forma de la curva que fue requerida por el cliente, este debe dejar la plantilla en aluminio o cualquier material para que el mecánico elabore el respectivo molde, que en su mayoría son únicos.



**Gráfico 4-3:** Realización de moldes metálicos.

Fuente: RIOGLASS, 2016.

### Área de producción

En esta área se prepara el vidrio mediante el lavado y secado, puede ser con agua o alcohol dependiendo el tipo (si es reflectivo se utiliza alcohol), para posteriormente llevarlo a la vagoneta que contiene el molde con la forma que tomara el vidrio, luego este es llevado al horno donde se coloca de forma horizontal sobre el molde, se enciende y cierra el horno hasta que alcance la plasticidad mediante el calentamiento, su propio peso hará que tome la forma de la curva, consecuentemente el operador debe estar pendiente en los visores para controlar la temperatura y cuando este logre la forma se proceda a apagar y continuar con la fase de enfriamiento.



**Gráfico 5-3:** Producción de vidrio curvo.

Fuente: RIOGLASS, 2016.

### Fase de enfriamiento

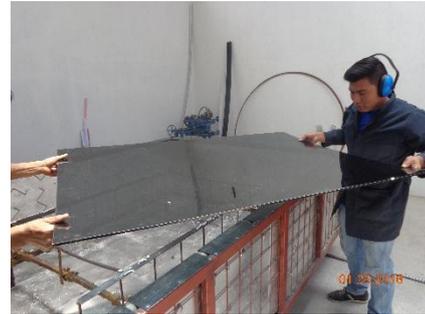
Dentro de esta fase la vagoneta que contiene el vidrio ya curvo recorre cinco posiciones para enfriarse paulatinamente evitando tensiones internas en su estructura molecular. Cuando salga de

la última posición indica que está totalmente frío y se lo puede retirar y llevarlo al área de recepción para ser entregado al cliente.



**Gráfico 7-3:** Colocar en la posición correctas las manos.

Fuente: RIOGLASS, 2016.



**Gráfico 6-3:** Retirar el vidrio listo del molde.

Fuente: RIOGLASS, 2016.

## Manipulación

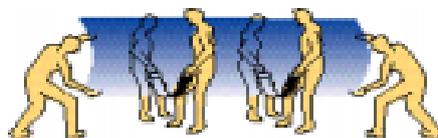
Para la carga o descarga se debe evitar el balanceo, esto depende del peso y curva que el vidrio contenga. Por ello se debe sujetar las piezas por los lados rectos y por el centro de la curva. Para vidrios curvos pequeño basta con una solo persona que lo manipule, los operarios serán requeridos de acuerdo al peso y curva, ya que a mayor altura el balanceo aumenta.



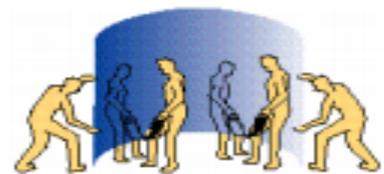
*Piezas ligeras y con poca curva: posición horizontal*



*Piezas ligeras y con mucha curva: posición vertical*



*Piezas pesadas y con poca curva: posición horizontal*



*Piezas pesadas y con mucha curva: posición vertical*

**Figura 7-3:** Manipulación correcta del vidrio termo formado.

Fuente: CRICURSA, 2016.

## Almacenado

Para almacenar los vidrio listos se debe considerar el balanceo que este produce, razón por la que debe, haber tres puntos de apoyo, sean estas de madera o forradas por goma, en los soportes laterales se apoya todo el peso del vidrio mientras que el soporte central evita el balanceo.

Si en caso no posee apoyo posterior se puede apilar varias piezas que contengan igual curva, si las piezas tienen diferente curva es aconsejable colocar soportes entre vidrio para evitar rupturas debido a la presión.



**Gráfico 8-3:** Almacenamiento del vidrio curvo.  
Fuente: RIOGLASS, 2016.

### 3.6 Control de calidad del producto final

La microempresa Rioglass maneja un proceso de comprobación obligatorio del vidrio termo formado luego de finalizada su última etapa.

#### Comprobación de curva

Mediante la comprobación de la curva se podrá determinar si el vidrio ha obtenido la curvatura exacta que la plantilla contiene.

#### Procedimiento

Colocar el vidrio termo formado sobre la plantilla misma que puede ser proporcionar por el cliente, en caso de no encontrar falencias en la curva se almacena para la entrega del pedido, pero si se halla defectos se envía a reproceso o se desecha y la microempresa hace la reposición del mismo.



**Gráfico 9-3:** Inspección visual de la curva.  
**Fuente:** RIOGLASS, 2016.

### **Reproceso**

Una vez que se haya encontrado fallas leves en la comprobación de la curva se considera volver a realizar todo el proceso de termo formado para finalmente obtener la curva deseada.



**Gráfico 10-3:** Repetición del proceso de vidrio termo formado.  
**Fuente:** RIOGLASS, 2016.

### **Reposición**

La reposición consiste en reemplazar la pieza defectuosa por una nueva con las mismas características y medidas solicitadas por el cliente.

### 3.7 Análisis estadístico de datos disponibles

#### 3.7.1 Hoja de producción de vidrio curvo

La microempresa para la recolección de información maneja una hoja de producción (Tabla 3-3) que no abarca el proceso de termo formado.

**Tabla 3-3:** Recolección de información

 <b>Hoja de producción vidrio curvo</b>						
Operador:						
Fecha	Cliente	Medida	Color	Espesor	Cantidad	Observación

Fuente: Guillermo Garcés, 2008

Misma que es utilizada para identificar la producción defectuosa y efectuar la sanción respectiva a sus empleados.

No existe en la microempresa una persona encargada para realizar análisis estadístico de datos, por lo que nadie realiza este tipo de análisis. Sin embargo considerando que existe en dicha planilla información tanto cualitativa como cuantitativa, se realizó un análisis con el fin de identificar la situación en cuanto a la producción.

#### 3.7.2 Resultados

##### 3.7.2.1 Marco del proyecto

**Tabla 4-3:** Marco del proyecto seis sigma para la producción de vidrio curvo.

<b>Marco del Proyecto 6 sigma</b>	
Título/Propósito	Mejorar el proceso de vidrios curvos
Necesidades del negocio a ser atendidas	La calidad del vidrio curvo no tiene un nivel 6 sigma, ya que los vidrios proporcionados en ocasiones tienen defectos o son de mala calidad, haciendo muchas veces que los vidrios curvos no salga adecuadamente, dando como resultado un reproceso o reposición completa de los mismos, afectando a la insatisfacción del cliente y/o a costos elevados para la microempresa.
Objetivo	Llevar un nivel de calidad 6 sigmas en el proceso de termo formado del vidrio y eliminar el reproceso y reposición.
Alcance	El proyecto se limitará a abordar los problemas en la elaboración del vidrio curvo.
Roles y responsabilidades	Propietario, empleados.

Recursos	Hojas de verificación empleadas en la microempresa, vista técnica para conocer el proceso de producción.
Métricas	No tiene los tiempos registrados en la hoja de verificación, para medir el rendimiento, pero si se registran los productos defectuosos en el proceso de producción.
Fecha de inicio del proyecto	3/4/2018
Fecha planeada para terminar el proyecto	20/3/2019
Entregable del proyecto	Identificación del problema que más se presenta en el procesos de producción, hoja de verificación que permita llevar un control de los tiempos del proceso e identificar en que procesos se produjo el error y entrega de un manual para el correcto uso de las maquinas.

Fuente: Vannesa Garcés, 2018

### 3.7.2.2 Variables registras Rioglass

**Tabla 5-3:** Variables registrada para el análisis

Variable	Descripción
Vidrio	Materia prima para el proceso de termo formado
Color	Color de vidrio
Espesor	Espesor del vidrio
Reproceso	Repetir el proceso desde el horno
Reposición	Reponer la pieza desechada y repetir el proceso desde el inicio

Fuente: Vannesa Garcés, 2018.

### 3.7.2.3 Base de datos disponible

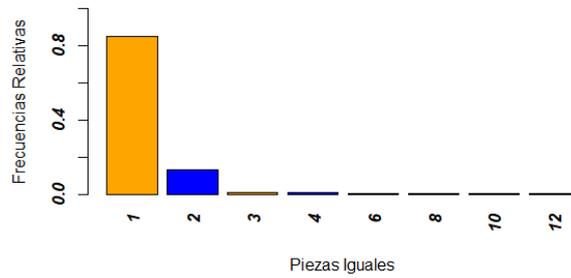
**Tabla 6-3:** Base de datos producción de vidrio curvo.

CLIENTE	MEDIDA			COLOR	ESPESOR (mm)	CANTIDAD	OBSERVACIÓN
	METROS	METROS	Area				
Gerardo Rivera	74,5	143,5	10690,75	Negro	4	1	Bien
Uvidia	155,5	138	21459	Tinte Blue	4	1	Roto Horno
Puma	110,5	124	13702	Verde Reflectivo	6	1	Bien
Puma	60,5	110,5	6685,25	Verde Reflectivo	6	1	Bien
Puma	110,5	119	13149,5	Verde Reflectivo	6	1	Bien

Fuente: Guillermo Garcés, 2008-2017

### 3.7.2.4 Análisis descriptivo de las características del vidrio

## Cantidad



**Gráfico 11-3:** Cantidad de piezas iguales en la sección.

Fuente: Vannesa Garcés, 2018.

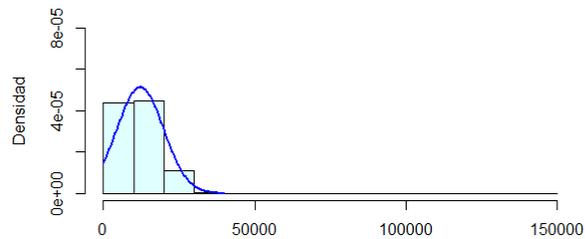
Se observa que el 85% la microempresa procesa piezas únicas y el 15% son iguales.

## Área del vidrio

**Tabla 7-3:** Área del vidrio.

Media	12210,35624
Error típico	172,4402642
Mediana	11428,125
Moda	0
Desviación estándar	7773,212337
Varianza de la muestra	60422830,03
Curtosis	76,39434441
Coefficiente de asimetría	5,300729434
Rango	143207
Mínimo	0
Máximo	143207
Suma	24811443,88
Cuenta	2032

Fuente: Vannesa Garcés, 2018.



**Gráfico 12-3:** Histograma del área del vidrio.

Fuente: Vannesa Garcés, 2018.

El área de los vidrios se encuentra centrada pero presenta mucha variabilidad, muestra asimetría positiva, es decir en su mayoría en la microempresa se procesa vidrios de área de 0 a 400 cm<sup>2</sup> (Gráfico 12-3).

### Espesor del vidrio

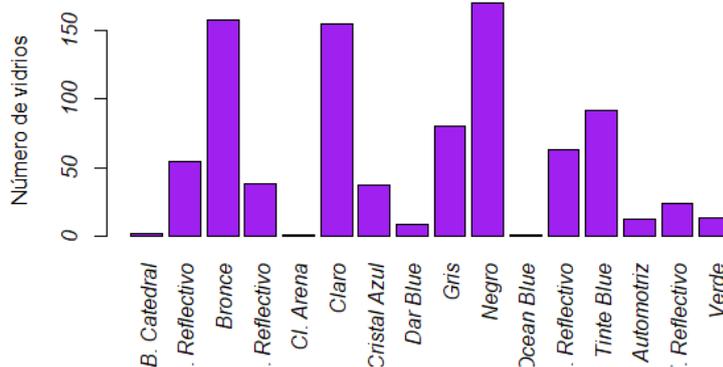


**Gráfico 13-3:** Espesor del vidrio

Fuente: Vannesa Garcés, 2018.

Los espesores de vidrio más usados para el proceso de termo formado son 4 y 6 milímetros, con el 20% y el 80% respectivamente.

### Color del vidrio



**Gráfico 14-3:** Color del vidrio.

Fuente: Vannesa Garcés, 2018.

La microempresa procesó 14%, 18% y 22% cantidad vidrios en color bronce, claro y negro respectivamente.

### 3.7.2.5 Cálculos DPU

**Tabla 8-3:** Calculo del DPU

<b>Defectos</b>	
Roto Horno	35
Roto	17
Reposición	29
Reproceso	7
Total defectos	88
Total de unidades inspeccionada	502
DPU	defecto/unidades inspeccionadas
DPU	0,1752988

**Fuente:** Vannesa Garcés, 2018.

De un total 502 vidrios curvos inspeccionados se encontró que 88 de ellos presentaron fallos en la producción dando como resultado un DPU igual a 0,18 es decir, de cada cien vidrios termo formados, se esperaría que 18 vidrios curvos lleguen a romperse dentro del proceso, lo que conlleva a un gasto aproximado de 540 dólares.

### 3.7.2.6 Nivel de sigmas

$$y = e^{-DPU}$$

$$y = 0,8392$$

$$z_y = 0,99 \text{ Z largo plazo}$$

$$z_{mov} = Z_c - Z_y$$

$$Z_c = z_{mov} + Z_y$$

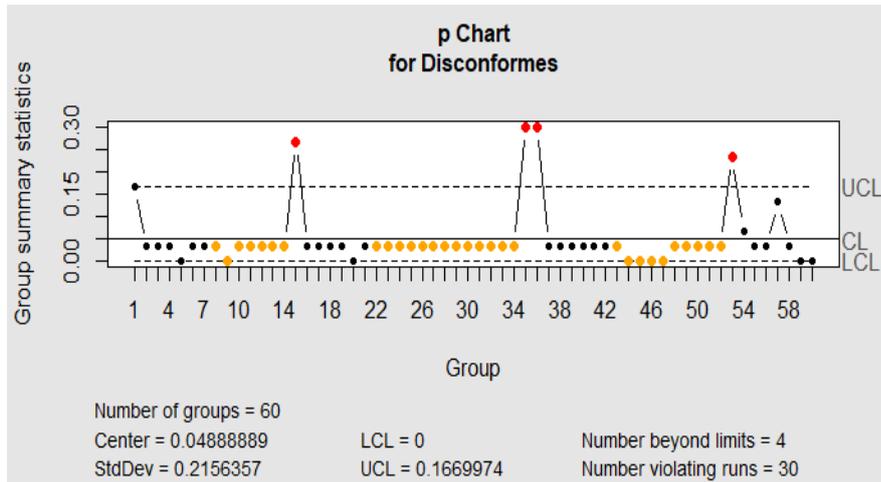
$$Z_c = 1,5 + 1,73$$

$$Z_c = 2,49$$

**Fuente:** Vannesa Garcés, 2018.

Al estimar el rendimiento se encontró que la probabilidad de que un vidrio termo formado no presente fallos es del 83,92% .El nivel sigma en el proceso de termo formado es de 2.49, que se procesen 184,000 defectuosos por cada millón de vidrios producidos.

### 3.7.2.7 Estudio de estabilidad

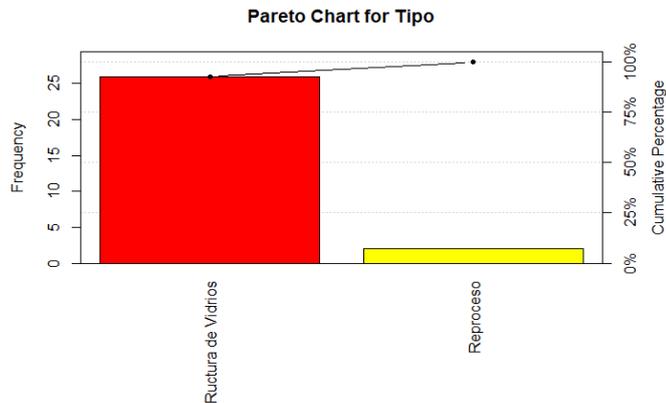


**Gráfico 15-3:** Proporción de defectuosos para procesos de vidrio termo formado.

**Fuente:** Vannesa Garcés, 2018.

En el proceso se observó 4 puntos fuera de los límites y 30 que caen en los patrones de procesos fuera de control, con una desviación estándar de 0,215 y el 57% de inestabilidad, esto se debió a diversas causas como por ejemplo: por procesar piezas únicas, nuevos trabajadores, o inicio de actividades mercantiles .Los puntos fuera de control se registra a principios del 2012 que es el periodo que inició actividades mercantiles la microempresa.

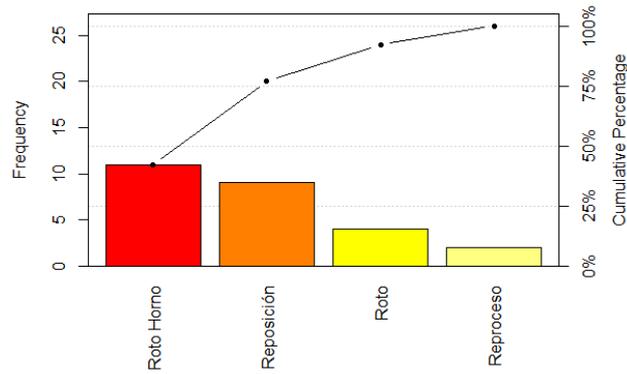
3.7.2.8 *Diagrama de Pareto de los defectos*



**Gráfico 16-3:** Defectos primarios del vidrio termo formado.

**Fuente:** Vannesa Garcés; 2019.

Se encontró que el 92,9% de los fallos en el proceso de vidrio termo formado son causados por la ruptura de vidrios.

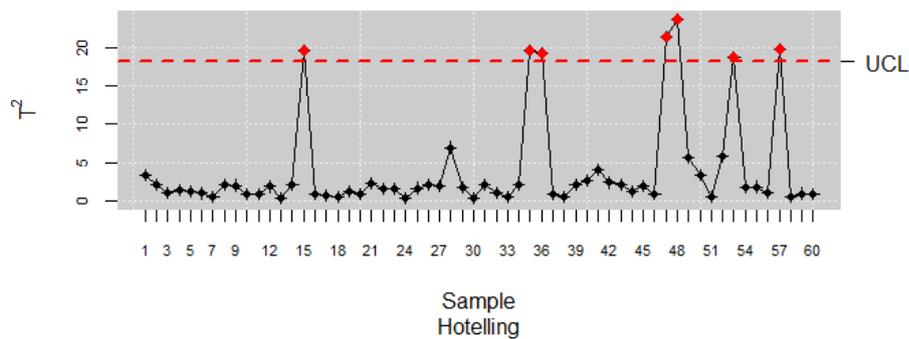


**Gráfico 17-3:** Defectos secundarios del vidrio termo formado.

**Fuente:** Vannesa Garcés; 2018.

Una vez se determinó el problema principal se analizó, diagrama de Pareto secundario en el que se encontró que el 42,3% de rupturas se producen dentro del horno, por lo que se consideró un análisis de posibles causas de este problema, como parte del sistema propuesto.

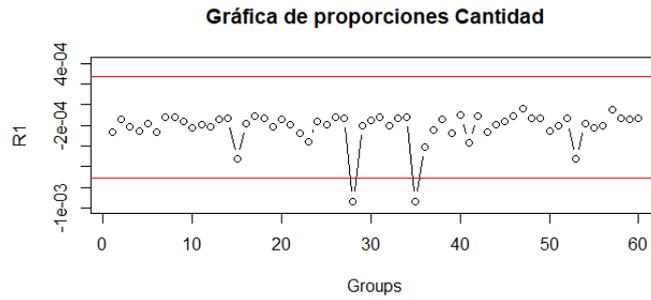
### 3.7.2.9 Carta multivariada $T^2$ Hotelling



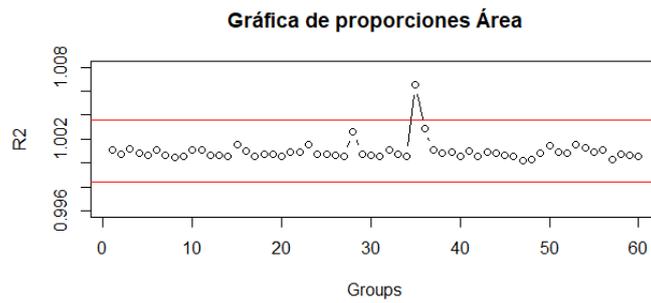
**Gráfico 18-3:** Carta multivariada  $T^2$  hotelling del proceso de termo formado de vidrio.

**Fuente:** Vannesa Garcés; 2018.

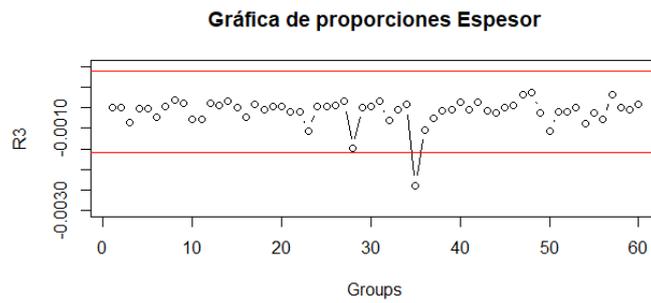
En la base histórica proporcionada por la microempresa Rioglass se identificó las variables relevantes para un análisis multivariado, mostrando que el proceso está fuera de control. Se identificó 7 puntos, dando un índice de inestabilidad del 12%, es decir 116,667 defectuosos por cada millón de unidades provocan señales de alarma.



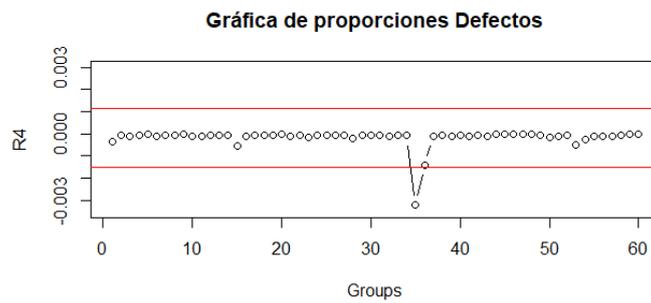
a)



b)



c)



d)

**Gráfico 19-3:** Gráficas de proporciones de contribución.  
**Fuente:** Vannesa Garcés, 2018.

Mediante el cálculo de las proporciones de contribuciones (Gráfico 19-3) se identificó que las variables causantes de que el proceso de termo formado del vidrio este fuera de control fueron: la cantidad de piezas, el área del vidrio, el espesor del vidrio y el número de defectuosos.

Todos estos resultados aportaron para el diseño del sistema de control estadístico de calidad propuesto en el siguiente capítulo.

## CAPITULO IV

### **4 DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE VIDRIO TERMO FORMADO.**

Una vez analizado la situación actual de la empresa se ha encontrado varias falencias, por las cuales se incorpora en el sistema: fundamentos estratégicos, estructura administrativa, valores corporativos y estrategias para la mejora continua tomando como base de partida los resultados obtenidos en el análisis estadístico de la situación actual de la microempresa.

#### **4.1 Fundamentos estratégicos**

##### ***4.1.1 Reseña histórica***

En el año 2008 inicia sus actividades la microempresa RIOGLASS, cuyo fundador es el señor Guillermo Garcés, quien se encontraba sin empleo vio la necesidad de generar nuevas fuentes de trabajo aplicando los conocimientos y experiencia que obtuvo al trabajar como empleado aproximadamente 10 años en la fábrica de vidrio templado VISET. Con su creatividad, espíritu emprendedor y su visión de surgir independientemente, y con ello ser fuente de apoyo a la sociedad, surge la idea de iniciar con lo que hoy es la microempresa Rioglass; misma que lleva trabajando 6 años y durante este tiempo ha acogido aproximadamente 10 empleados y con su servicio del curvado del vidrio ha obtenido reconocimiento favorable por la calidad de su trabajo. Actualmente cuenta con un excelente grupo de trabajo conformado por 5 empleados y en el transcurso de este tiempo se ha incorporado nuevas líneas de producción como el procesado de aluminio curvo, con el objetivo de brindar a sus clientes un servicio completo de acuerdo a sus necesidades.

##### ***4.1.2 Misión***

Ser una empresa con el mejor servicio de vidrio termo formado, especializado en la producción de materiales y elementos para la arquitectura, como diseños modernos para ventanas, vidrios para la industria frigorífica, perfilería y aluminios curvos usados en edificios, urbanizaciones, residencias privadas, en interiores y exteriores con una alta calidad acorde a la necesidad de nuestros clientes.

### **4.1.3 Visión**

Ser una microempresa líder y reconocida por la comunidad en general, por mantener altos estándares de calidad. Manteniendo siempre iniciativas de innovación tecnológica en su sistema e incorporación de mejoras en sus procesos operativos, basándose siempre en la preservación del medio ambiente.

### **4.1.4 Objetivo**

Ser una microempresa pionera ante la competencia en la producción de vidrio termo formado, manteniendo la calidad del servicio para satisfacer las necesidades exigentes de nuestros clientes, siempre disponibles a cambios e innovaciones tecnológicas.

## **4.2 Reglamento interno**

### **4.2.1 Valores Corporativos**

**Ética:** Trabajar con compromiso, transparencia y honestidad.

**Puntualidad:** Los empleados deben respetar los tiempos de llegada y de salida de sus puestos de trabajo ya que en caso de incumplimiento el sistema de producción de vidrio termo formado se interrumpe dando como resultado incumplimiento en los tiempos establecidos para entrega de producto.

**Calidad:** El servicio que ofrece esta microempresa debe ser de excelente.

**Justicia:** Disponer a cada empleado el salario en cuanto a las actividades que desempeñan.

#### **Responsabilidad:**

- Trabajadores: la microempresa se compromete a la estabilidad y buenas condiciones laborales.
- Clientes: es responsabilidad de la empresa entregar servicio de calidad.

**Originalidad:** Mantener innovaciones, cambios, creaciones y estrategias tanto en el sistema de producción de vidrio termo formado, como en el ambiente laboral.

**Libertad:** Los empleados y clientes mediante este podrán expresarse con confianza en caso de tener alguna opción o sugerencia siempre que sea con respeto y cordialidad.

**Trabajo en equipo:** Mediante este se pretende que cada empleado se integre al grupo laboral para la obtención de mejores resultados en el desempeño de las actividades que respectan al proceso de producción de vidrio termo formado.

**Honestidad:** Todos los miembros de la microempresa deben promover la verdad como herramienta principal para con ella generar confianza y la credibilidad de la misma.

#### ***4.2.2 Fines de la Organización***

La microempresa Rioglass brinda un servicio de calidad en vidrio termo formado a usuarios de la zona tres con calidad y transparencia con acabados personalizados al gusto y preferencia de sus clientes.

#### ***4.2.3 Política***

“Persistir mejoras en la calidad del servicio a sus clientes que sea satisfactorio y asegure la estabilidad dentro de la competencia de vidrio curvo”

Esta microempresa se regirá bajo las siguientes políticas:

- Mantener un trabajo de calidad
- Tratar con amabilidad y justicia a todos los clientes sea este en los pedidos, solicitudes y reclamos siendo que nuestro propósito es mantener satisfechos a nuestros clientes.
- Es responsabilidad de todo el personal que labora en la microempresa atender al cliente guiándolo en su pedido, para lo cual se debe tener conocimiento del proceso.
- Todo el personal que labora en esta microempresa sostendrá un comportamiento donde prevalezca el respeto.
- Los cargos que a cada uno de los empleados se le otorga es multifuncional; por ende, los trabajadores no tienen disponibilidad de negarse a las actividades que debidamente esté capacitado.
- Todas las tareas que se realizan son encomendadas, siendo responsable de las acciones quien efectuó.
- Revisar constantemente la seguridad de los trabajadores y de los habitantes de alrededor del área de trabajo.

- Realizar un análisis estadístico univariado y multivariado periódicamente.
- Mantener un sistema de información de labores realizadas, con el fin de verificar el cumplimiento de sus funciones.

#### 4.2.4 Normas

##### a) Jornada de trabajo y salario

De lunes a viernes de 08:00 a 13:00 y de 14:00 a 18:00

Sábado de 08:00 a 13:00 horas.

- La tolerancia será de 5 minutos a la entrada, al exceder por tercera vez el plazo de entrada el trabajador deberá brindar una explicación, y pedir autorización de ingreso al su jefe inmediato.
- Para la hora de salida, el trabajador debe organizar su lugar de trabajo y proceder a su aseo personal antes de abandonar las instalaciones; si sale antes de la hora estipulada será sancionada de acuerdo a las disposiciones legales y reglamentarias vigentes.
- Los salarios se pagarán los días sábados de cada semana o un día antes si es feriado, con moneda nacional.
- Los descuentos a los salarios, se los realizará conforme a lo dispuesto por las normas a continuación.

##### b) Riesgos de trabajo y medidas preventivas

- A la hora exacta de inicio de las actividades los empleados deberán equiparse adecuadamente con los artículos de seguridad a su cargo.
- Todo trabajador que no sepa cómo utilizar el elemento de protección o no le calza o le molesta para trabajar deberá comunicar.
- El dueño instalará un botiquín de primeros auxilios con medicamentos y material de curación, capacitando al personal que utilizar en caso de emergencia.

##### c) Limpieza y mantenimiento

- Durante toda la jornada de trabajo se dotará de materiales, herramientas y útiles necesarios un lugar laboral en buen estado y de calidad.
- Se analizarán las herramientas antes de utilizarlas, si se encuentra algún defecto se informará de inmediato al dueño de la microempresa.
- Se mantendrán limpias las herramientas y maquinaria de uso, procurando evitar roturas o desperfectos en los mismos.
- Los sanitarios utilizados por los trabajadores se mantendrán limpios, la limpieza se repartirá durante los días de la semana entre los trabajadores.

**d) Contratación de trabajadores**

- Formará parte del grupo de trabajo de la microempresa Rioglass personas con ánimos de trabajar, educación y predisposición a aprender.
- La contratación de nuevos trabajadores será para cubrir vacantes o llenar nuevas necesidades de la microempresa.
- El aspirante que cumple con los requerimientos para el cargo deberá llenar su respectivo formulario el cual contendrá su respectiva información.
- Una vez que forme parte de la microempresa se le encomendará las funciones que debe cumplir adecuadamente previa a una capacitación.

**e) Vacaciones**

Los trabajadores tendrán derecho a gozar anualmente de un período ininterrumpido de quince días de vacaciones, las fechas de las vacaciones serán definidas en acuerdo entre el jefe y trabajador, en caso de no llegar a un acuerdo el jefe definirá las fechas a tomar.

Para hacer uso de vacaciones, los trabajadores deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Cumplir con la entrega de bienes y documentación a su cargo a la persona que suplirá sus funciones, con el fin de evitar la paralización de actividades por efecto de las vacaciones, cuando el caso así lo amerite.
- El trabajador dejará constancia de sus días de vacaciones llenando el formulario establecido para este caso.

**f) Ausencias y permisos**

- La ausencia injustificada en el lapso de 24 horas podrá considerarse como falta injustificada, haciéndose el trabajador acreedor a la sanción de amonestación por escrito y el descuento del tiempo respectivo.
- Se concederá permisos para que el trabajador atienda asuntos emergentes y de fuerza mayor, hasta por tres horas máximo durante la jornada de trabajo, en el periodo de un mes, que serán recuperadas en el mismo día o máximo en el transcurso de esa semana en caso de no hacerlo se descontará el tiempo no laborado, previa autorización del Gerente.

### **4.3 Estructura Administrativa**

#### **4.3.1 Organización de la micro empresa Rioglass**

**Gerente:** Guillermo Garcés

Funciones: Se encarga de la administración, control y desarrollo, donde; planifica, organiza e integra las diferentes áreas, cuidando que se cumpla sus funciones para que el desempeño de la microempresa sea de calidad y satisfactorio, además de realizar un análisis estadístico trimestral del proceso de vidrio termo formado.

**Secretaria:** Edith Martínez

Funciones: Su labor está en la gestión de la agenda, atender a los clientes, gestionar documentos, manejar la información interna y externa, organizar la oficina, elaborar las presentaciones, y la vigilancia administrativa.

**Chofer:** Vinicio Torres

Funciones:

- Cargar los vidrios termo formados a ser entregados:
- Revisa la lista de pedidos con la documentación necesaria para la entrega.
- Cargar los vidrios, manipulando con sumo cuidado debido a que son frágiles.
- Establece la ruta más eficiente para realizar la entrega de los vidrios.
- Verificar las direcciones de entrega.
- Selecciona la ruta de entrega que sea más eficaz.
- Inspecciona el vehículo antes de su salida:
- Revisar los niveles de gasolina, aceite y refrigerante.
- Inspeccionar el vehículo para descartar el malfuncionamiento de cualquier pieza.
- Revisar los frenos, limpiaparabrisas y luces.
- Conducir el vehículo siguiendo las rutas preestablecidas:
- Cumplir con las leyes de tránsito terrestre.
- Estacionar en las áreas destinadas para la carga y descarga de los vidrios.

**Hornero:** Dennis Avalos

Funciones: Encargado en manipula la máquina de curvado del aluminio, su función principal es monitorear el horno del curvado del vidrio, donde se controla la temperatura y el tiempo que ésta demora, para que tome la forma de la curva que contiene el molde, consiguiente pase a su fase de enfriamiento, donde se hace responsable de llevar la planilla N° 2 Producción en el horno.

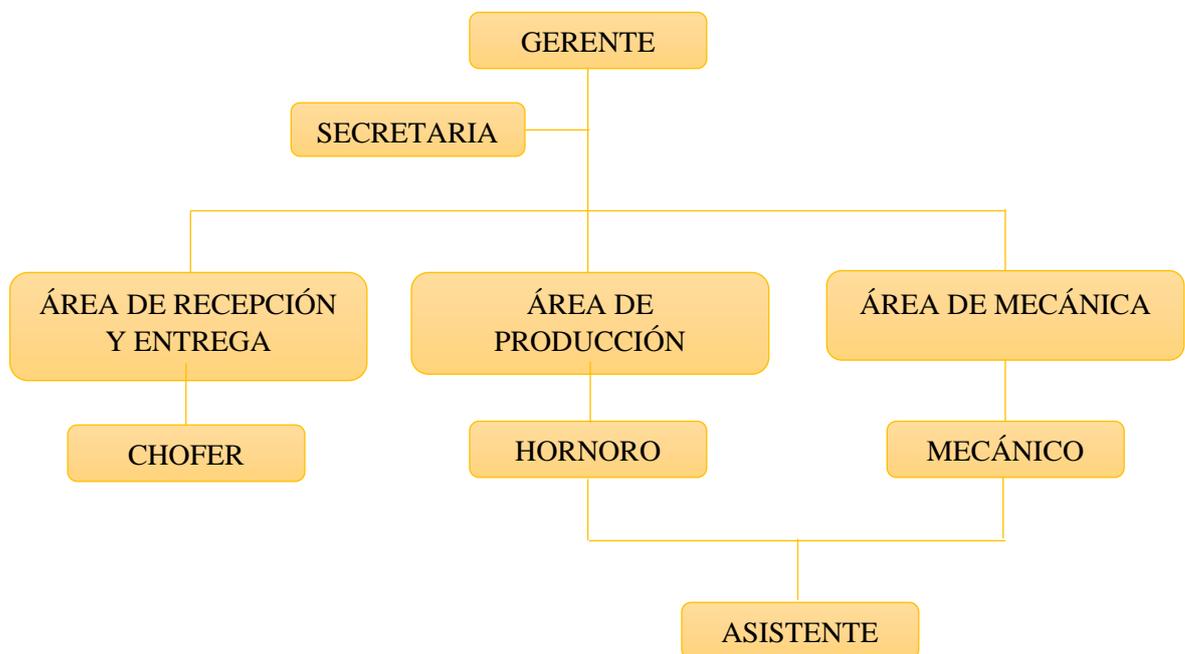
**Mecánico:** Diego Puma

Funciones: El cargo que ocupa se desarrolla en el área de mecánica, encargándose de que el molde obtenga la curva perfecta solicitada por el cliente.

**Asistente:** Marco Miranda

Funciones: Trabaja dentro de las áreas de producción y mecánica, su labor se basa en colaborar al hornero y mecánico en lo que se amerite, también es responsable de la recolección de los datos de la planilla N° 1 Producción de vidrio curvo.

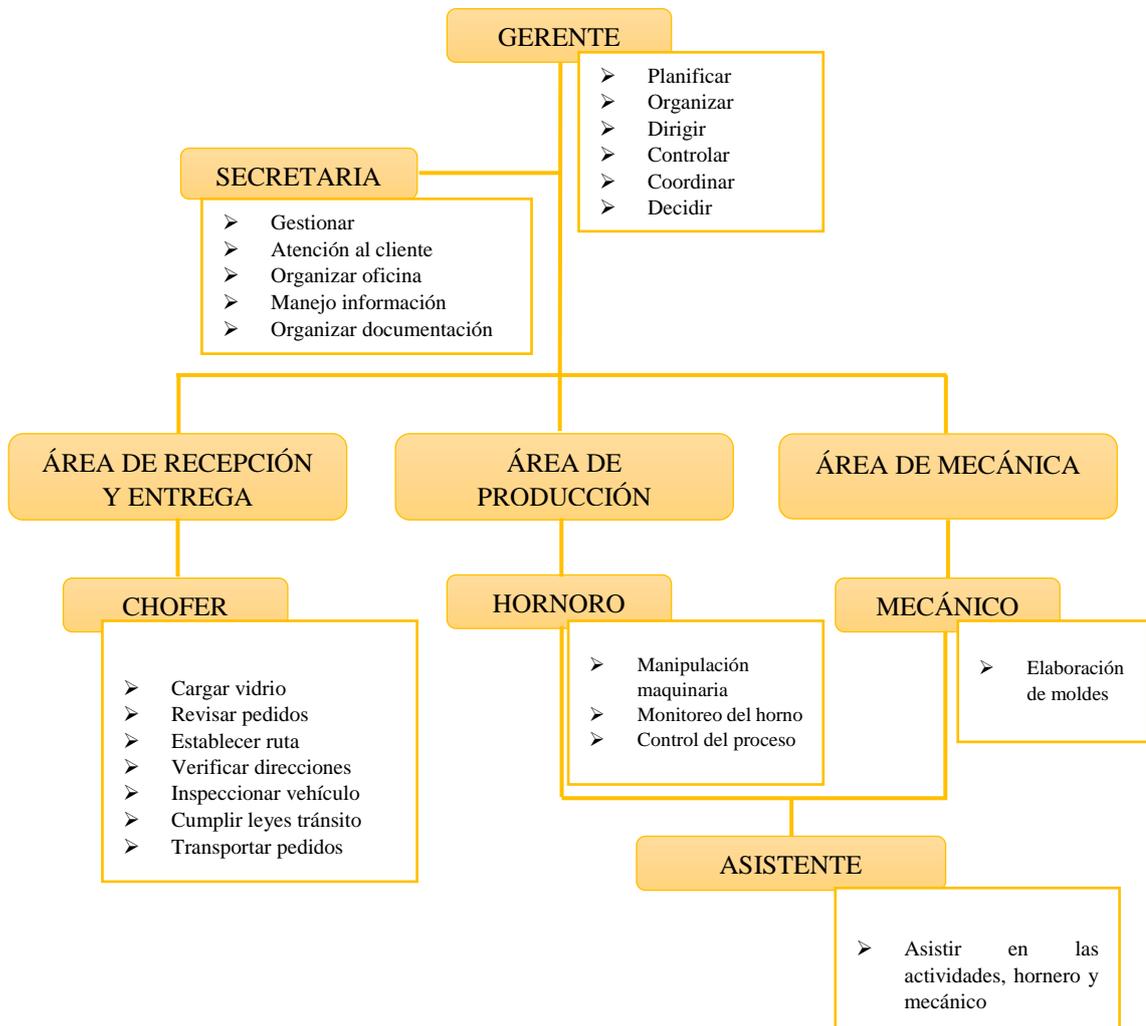
#### 4.3.2 Organigrama estructural de la microempresa RIOGLASS



**Figura 8-4:** Organigrama Estructural de la microempresa Rioglass.

Fuente: Vannesa Garcés, 2018.

### 4.3.3 Organigrama funcional de la microempresa Rioglass.



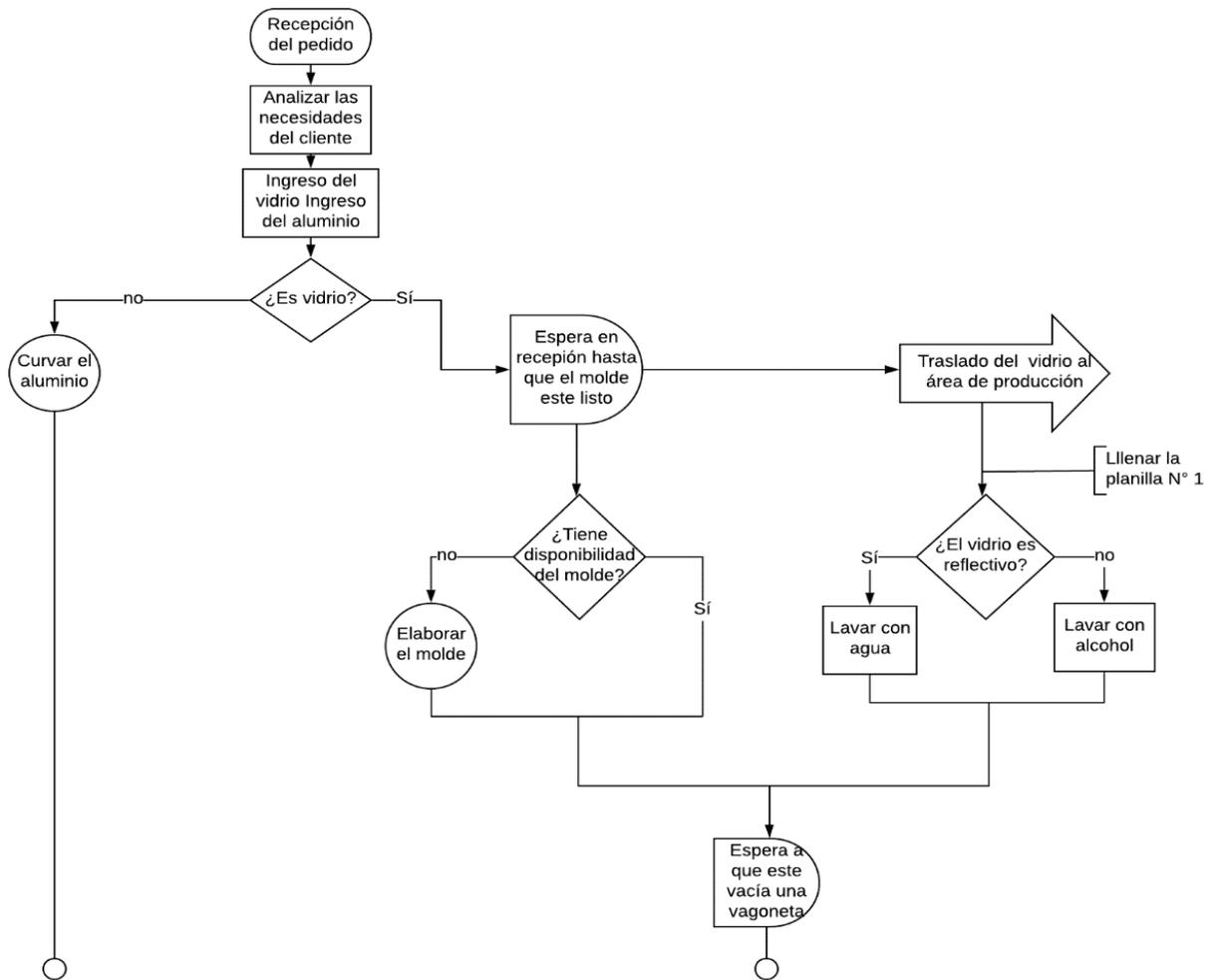
**Figura 9-4:** Organigrama Funcional de la microempresa Rioglass.

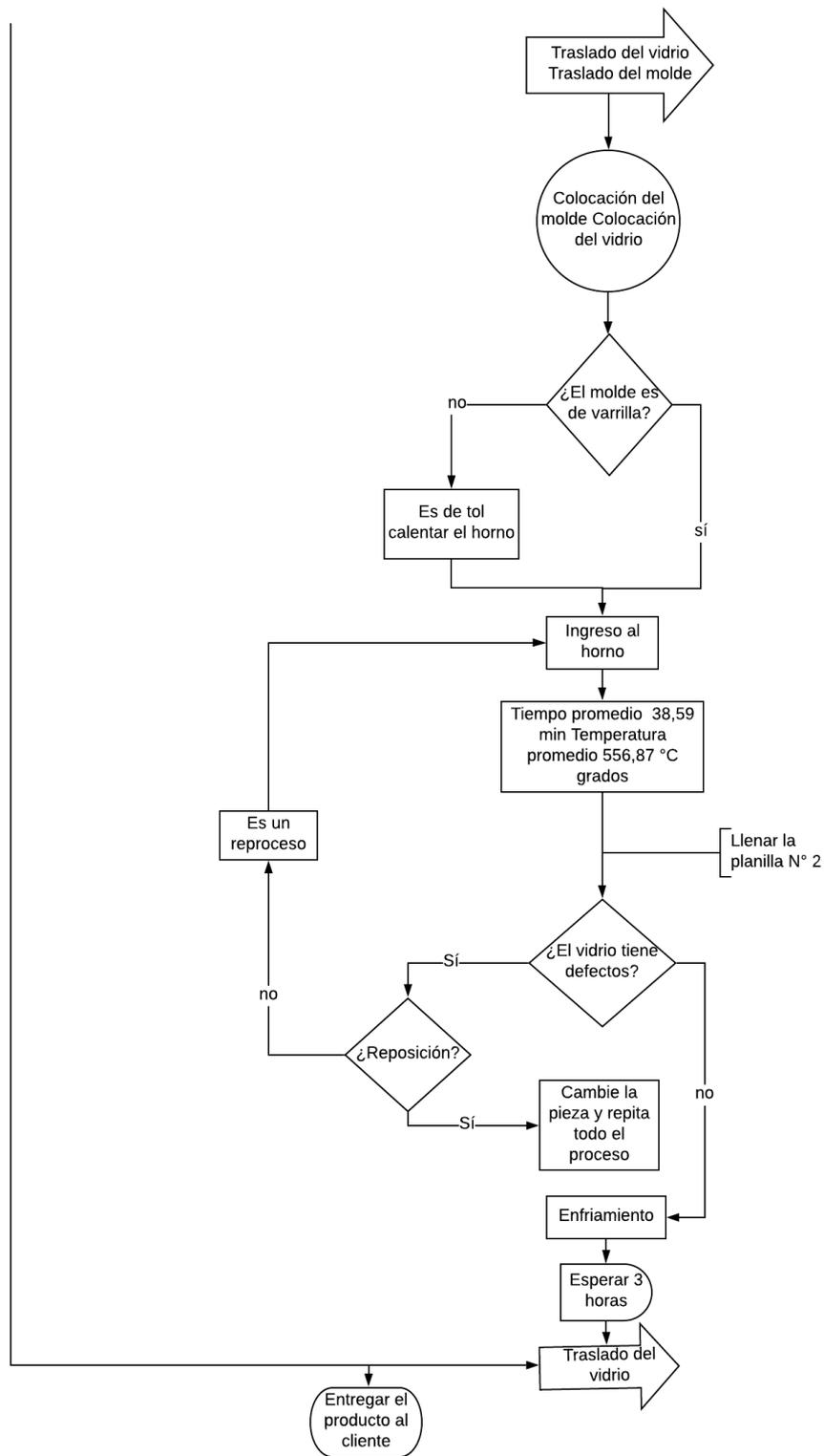
Elaborado por: Vannesa Garcés, 2018.

## 4.4 Estrategias

Para establecer las estrategias requeridas para un confiable control estadístico de calidad se necesita conocer el proceso general de la obtención de vidrio termo formado, por ello se construyó el siguiente diagrama de flujo:

#### 4.4.1 Diagrama de flujo





**Figura 10-4:** Diagrama de flujo del proceso de vidrio termo formado.

**Fuente:** Vannesa Garcés, 2018.

#### **4.4.2 FODA**

Se identificó las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la microempresa Rioglass.

##### **FORTALEZAS**

- Ambiente laboral propicio
- Alta Calidad del producto.
- Local propio
- Personal comprometido
- Experiencia en el trabajo
- Puntualidad en la entrega productos.

##### **OPORTUNIDADES**

- Mejorar la publicidad.
- Gran diversidad de moldes para vidrios curvos.
- Implantación de un sistema de control estadístico de calidad para la producción de vidrio curvo.
- Nuevos nichos de mercado

##### **DEBILIDADES**

- Rotación de personal.
- Recursos limitados cuando se producen grandes pedidos.
- Poca participación en materia de prevención de riesgos en la microempresa.
- No contar con un registro electrónico de sus clientes.
- No cuenta con un sistema de control de calidad.

##### **AMENAZAS**

- Competencia desleal
- Cambio de gustos y preferencias de los clientes
- Políticas fiscales y tributarias
- Abandono de la mano de obra cuando ya han adquirido experiencia.

#### 4.4.3 Matriz FODA

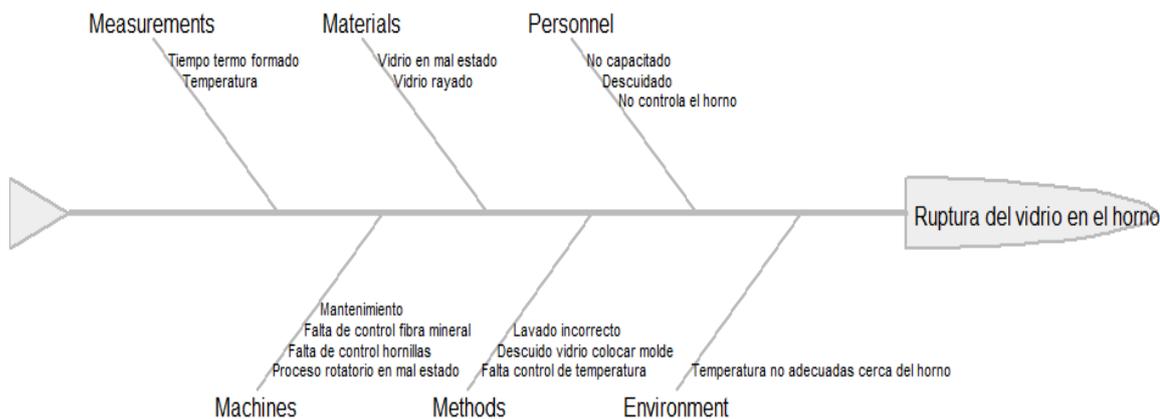


**Figura 11-3:** Matriz FODA de la microempresa Rioglass.

Fuente: Vannesa Garcés, 2018.

#### 4.4.4 Diagrama Ishikawa (Causa-Efecto)

Según el diagrama de Pareto realizado en el Gráfico 17-3, se identificó que el problema más frecuente es la ruptura del vidrio en el horno por lo que, mediante una lluvia de ideas de todo el personal se construye un diagrama de causa y efecto para atacar dicho problema.



**Gráfico 20-4:** Diagrama Causa- efecto de las rupturas del vidrio en el horno.

Fuente: Vannesa Garcés, 2019.

#### 4.4.5 Hojas de verificación

Analizando el proceso de producción se estipulan llevar dos planillas para la recolección de información, la primera para seguimiento del proceso en general y la segunda específicamente para el proceso de horneado.

**Tabla 9-4:** Planilla N° 1 producción del vidrio curvo.

 <b>Hoja de Producción</b>											
Inspector:						Estado del vidrio					
Fecha de proceso	Cliente	Cantidad	Espesor (m)	Color	Rectangular o Cuadrado		Hora inicio	Lavado/ Secado	Horno	Enfriamiento	Hora final
					Base (m)	Alto (m)					

Fuente: Vannesa Garcés, 2018.

**Tabla 10-4:** Planilla N° 2 producción en el horno.

 <b>Hoja producción HORNO</b>							
Inspector:							
Espesor (mm)	Color	Cantidad	Rectangular o Cuadrado		Tiempo (s)	Temperatura (°C)	Observaciones
			Base (m)	Alto (m)			

Fuente: Vannesa Garcés, 2018.

La hoja de verificación implementada tiene la finalidad de dar seguimiento al ritmo laboral llevado por la microempresa, además de determinar la frecuencia con la que un cliente pide un tipo específico de vidrio. Dentro de esta hoja de verificación se dio un seguimiento al proceso de producción, para conocer en qué fase del proceso se comete una mayor cantidad de fallos en la producción.

Descripción de la planilla 1 (Tabla 9-4):

Información general de recepción

- Inspector: Persona encargada de registrar los respectivos pedidos realizados por los clientes
- Fecha de Proceso: Fecha en la se realiza el proceso de termo formado
- Cliente: Persona que realiza el pedido
- Cantidad: Número de piezas iguales
- Espesor: El espesor en milímetros (mm) de cada vidrio solicitado por el cliente
- Color: Color de cada vidrio ingresado por el cliente
- Rectangular o Cuadrado/Ancho-Largo: Centímetros (cm) de cada vidrio solicitado por el cliente

**Estado del vidrio**

- Hora de Inicio: hora en la que cada vidrio entra al proceso de termo formado
- Nota: El seguimiento a las siguientes secciones (Lavado/Secado, Molde, Horno, Enfriamiento) tiene la finalidad de conocer el estado en el que se encuentra el vidrio en cada uno de estas, es decir, se verificara que el vidrio no haya sufrido ninguna avería en

cada una de estas, esto se lo realizara colocando un visto (en caso que no se presentaran averías) o una equis (en caso que el vidrio presentara una avería) .

- Hora de Salida: hora en la que el vidrio está listo para ser entregado al cliente

Descripción de la planilla 2 (Tabla 10-4):

#### **Hoja de verificación (Horno)**

- Espesor: El espesor en milímetros (mm) de cada vidrio que ingrese al horno
- Color: Color de cada vidrio que ingre al horno
- Circular/Radio: Radio en centímetros (cm) de cada vidrio que ingrese al horno
- Rectangular o Cuadrado/Ancho-Largo: Centímetros (cm) de cada vidrio que ingrese al horno
- Tiempo: Duración del respectivo vidrio en el horno
- Nota Registrar los valores observados en el cronometro
- Temperatura: Temperatura en la cual el vidrio alcanzo su forma
- Nota: Registrar la temperatura suministrada por el medidor de temperatura del horno
- Observaciones: Anotaciones varias.

#### **4.4.6 Toma de datos**

##### **4.4.6.1 Capacitación**

Se realizó una capacitación dirigida al personal que labora en la microempresa Rioglass y su gerente, en donde dio a conocer la importancia de la recolección de información primaria para el desarrollo de este trabajo de investigación, la misma que a futuro será de mucha ayuda para la microempresa. Dentro de esta charla se explicó:

- Los fundamentos estratégicos (misión, visión, objetivos de la microempresa)
- El reglamento interno (valores corporativos, fines de la organización, políticas y normas)
- La estructura administrativa (organigrama estructural y funcional)
- Estrategias (Diagrama de flujo, FODA, matriz de FODA, diagrama de Ishikawa, toma de datos y la importancia del uso de herramientas estadísticas), se hizo énfasis en la importancia de un correcto registro de datos debido a la planificación de realizar una prueba piloto del diseño de control estadístico de calidad propuesto en este trabajo.



**Gráfico 21-4:** Capacitación sistema estadístico de calidad para producción de vidrio termo formado.

**Fuente:** Vannesa Garcés, 2018.

#### 4.4.6.2 *Periodo de recolección de información*

Para la prueba piloto que se realizó en este trabajo de investigación se consideró el registro de datos durante un periodo de seis meses iniciando el 5 de septiembre del 2018 y finalizó el 5 de enero del 2019.

#### 4.4.6.3 *Asignación de responsabilidades*

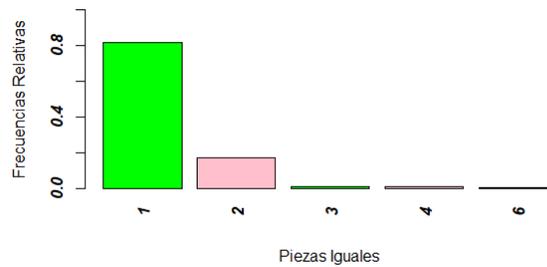
Una vez explicada la metodología para llevar las planillas y el análisis de los datos, se asignó responsabilidades de cada actividad. Para la planilla N° 1 que se trata de la producción y el estado del vidrio se eligió al asistente, con respecto a la planilla N° 2 se asignó al hornero porque es quien conoce el funcionamiento del horno, y para el análisis estadístico de datos mientras dura esta investigación será responsable el autor de la misma.

## 4.5 Análisis de resultados

Una vez finalizado el proceso de toma de datos se realizó el análisis estadístico respectivo de cada variable considerada en las planillas.

### 4.5.1 Análisis descriptivo

#### Cantidad



**Gráfico 22-4:** Cantidad de piezas iguales

**Fuente:** Vannesa Garcés, 2019.

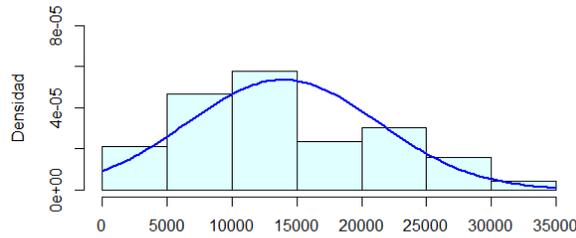
En el Gráfico 22-4 se muestra que 80% de las piezas que se producen en la microempresa son únicas y el 20% se repiten.

#### Área del vidrio

**Tabla 11-4:** Área del vidrio

Media	13936,253
Error típico	339,6526926
Mediana	12529,32
Moda	27000
Desviación estándar	7441,417659
Varianza de la muestra	55374696,77
Curtosis	-0,748414818
Coefficiente de asimetría	0,459420813
Rango	31353,6
Mínimo	1040
Máximo	32393,6
Suma	6689401,44
Cuenta	480

**Fuente:** Vannesa Garcés, 2019.

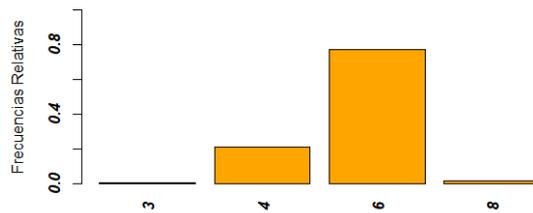


**Gráfico 23-4:** Área del vidrio

Fuente: Vannesa Garcés; 2019

En el proceso de vidrio curvo se observó en promedio un área de 13936,253cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de 7441,42; y presenta un coeficiente de asimetría positivo. El proceso está centrada, pero presenta variabilidad, su forma asimila a una campana, el área se acumula de 0 a 35000cm<sup>2</sup>, además presenta un sesgo positivo leve

### Espesor del vidrio

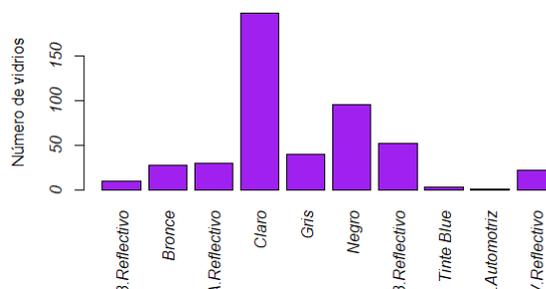


**Gráfico 24-4:** Espesor del vidrio

Fuente: Vannesa Garcés; 2019

Como mostró la base histórica de datos, los cliente de la microempresa Rioglass tienen preferencia por los vidrio de espesor de 4 mm con el 20% y 6 mm el 80%.

### Color del vidrio



**Gráfico 25-4:** Color del vidrio

Fuente: Vannesa Garcés; 2019

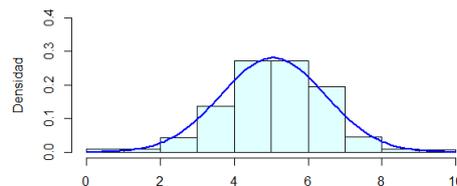
La microempresa mostró que se produce 41.25% de vidrio claro, seguido por el 20% de color negro.

### Tiempo de proceso de termo formado

**Tabla 12-4:** Tiempo de proceso

Media	5,049587963
Error típico	0,064673531
Mediana	5,079722222
Moda	4,49
Desviación estándar	1,416926065
Varianza de la muestra	2,007679472
Curtosis	0,816333008
Coefficiente de asimetría	-0,207874231
Rango	9,449444445
Mínimo	0,268888889
Máximo	9,718333333
Suma	2423,802222
Cuenta	480

Fuente: Vannesa Garcés, 2019.



**Gráfico 26-4:** Tiempo de proceso

Fuente: Vannesa Garcés, 2019.

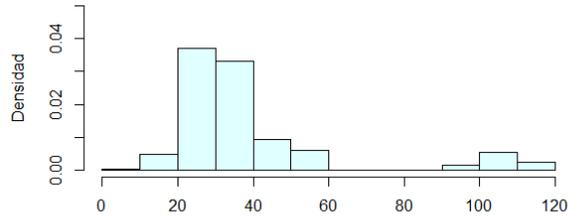
El histograma muestra un tiempo de proceso del termo formado presenta mucha variabilidad y está centrado, además de mostrar una asimetría negativa, con una media de 5,05 horas que dura todo el proceso de termo formado con una desviación de 1,42 horas.

### Tiempo de permanencia del vidrio en el horno

**Tabla 13-4:** Tiempo de permanencia del vidrio en el horno

Media	0,663298611
Error típico	0,017795558
Mediana	0,533333333
Moda	0,483333333
Desviación estándar	0,389881143
Varianza de la muestra	0,152007306
Curtosis	3,920247211
Coefficiente de asimetría	2,184372147
Rango	1,833333333
Mínimo	0,133333333
Máximo	1,966666667
Suma	318,3833333
Cuenta	480

Fuente: Vannesa Garcés, 2019.



**Gráfico 27-4:** Tiempo de duración del vidrio en el horno

**Fuente:** Vannesa Garcés, 2019.

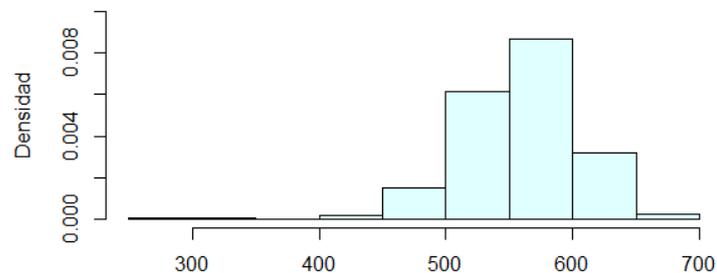
El histograma que presenta el tiempo de duración del vidrio en el horno muestra que existe mucha variabilidad y presenta una distribución multinomial, y se nota dos modas con tendencias centrales diferentes, con una media de 0,66 horas que dura el proceso de termo formado con una desviación de 0,39 horas.

### Temperatura a la que el vidrio sale del horno

**Tabla 14-4:** Temperatura del horno cuando sale el vidrio del horno

Media	558,79375
Error típico	2,162286048
Mediana	563
Moda	580
Desviación estándar	47,37331378
Varianza de la muestra	2244,230859
Curtosis	6,923931562
Coefficiente de asimetría	-1,459098008
Rango	415
Mínimo	250
Máximo	665
Suma	268221
Cuenta	480

**Fuente:** Vannesa Garcés, 2019.



**Gráfico 28-4:** Histograma de la temperatura del horno cuando finaliza la fase

**Fuente:** Vannesa Garcés, 2019.

El tiempo de duración del vidrio en el horno muestra que existe mucha variabilidad y presenta una distribución multinomial, y se nota dos modas con tendencias centrales diferentes, con una media de 558,79 °C que dura el proceso de termo formado con una desviación de 47,37 °C.

#### 4.5.2 Cálculos DPU

**Tabla 15-4:** Cálculo del DPU

Defectos	
Rayado	3
Roto Horno	4
Roto Enfriamiento	6
Reposición	8
Total de defectos	21
Total de unidades inspeccionadas	480
DPU	defecto/unidades inspeccionadas
DPU	0,04375

**Fuente:** Vannesa Garcés, 2019.

De un total 480 vidrios inspeccionados se encontró que 21 de ellos presentaron fallos en la producción dando como resultado un DPU igual a 0,04 es decir, de cada cien vidrios termo formados, se esperaría 4 vidrios lleguen a romperse dentro del proceso.

#### 4.5.3 Nivel de sigmas

$$y = e^{-DPU}$$

$$y = 0,9632$$

$$z_y = 1,79 \text{ Z largo plazo}$$

$$z_{mov} = Z_c - Z_y$$

$$Z_c = z_{mov} + Z_y$$

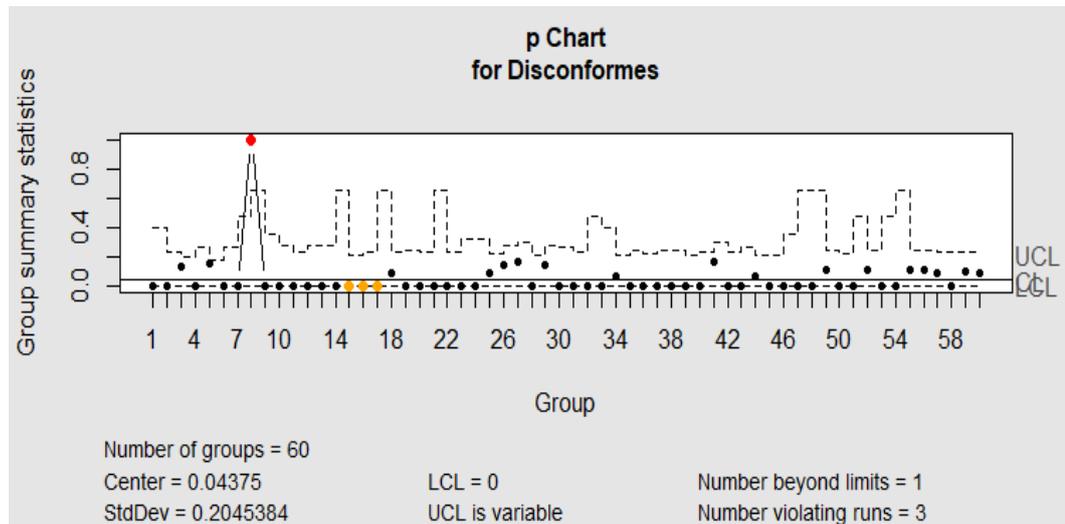
$$Z_c = 1,5 + 1,73$$

$$Z_c = 3,29$$

**Fuente:** Vannesa Garcés, 2019.

Al estimar el rendimiento se encontró que la probabilidad de que un vidrio termo formado no presente fallos es del 96,32% .El nivel de sigma de proceso de termo formado es igual a 3.3, lo cual corresponde que se procesen 35,930 por cada millón de vidrios.

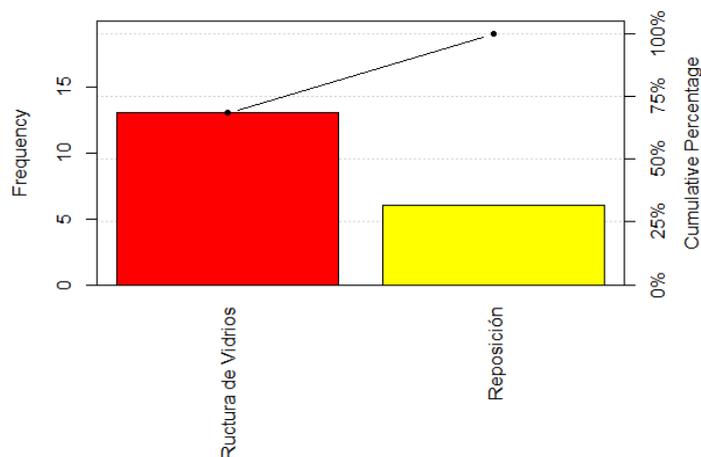
#### 4.5.4 Estudio de estabilidad



**Gráfico 29-4:** Carta de atributos np de los defectos en el proceso de vidrio termo formado.  
**Fuente:** Vannesa Garcés, 2019.

Se realizó una carta de control np con límites variables para identificar la estabilidad del proceso de termo formado de vidrio, dando como resultado que el proceso es irregular, se obtuvo un punto fuera de control y 3 señales de alarma, con una desviación estándar del 0,204 y una inestabilidad del 7% mostrando de este modo que se redujo notablemente el número de defectos.

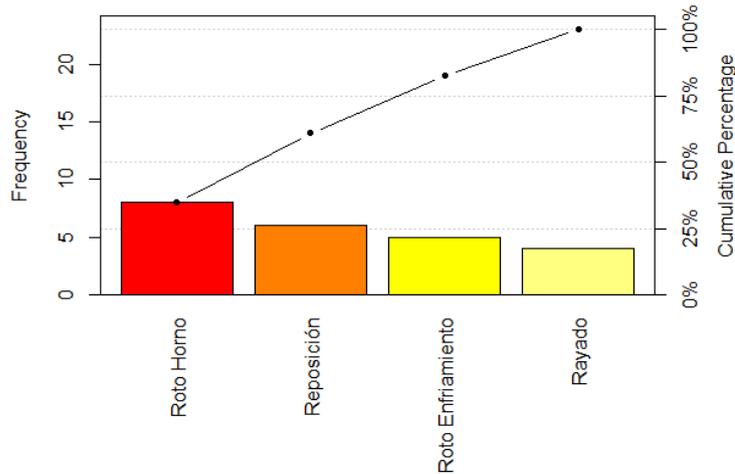
#### 4.5.5 Diagrama de Pareto



**Gráfico 30-4:** Defectos primarios del proceso de vidrio termo formado.

**Fuente:** Vannesa Garcés, 2019.

Se ha encontrado en el gráfico que el 68,4% de los fallos en el proceso son causados por la ruptura de vidrios, mientras que el 31,5% se refiere a las reposiciones de las piezas rotas.

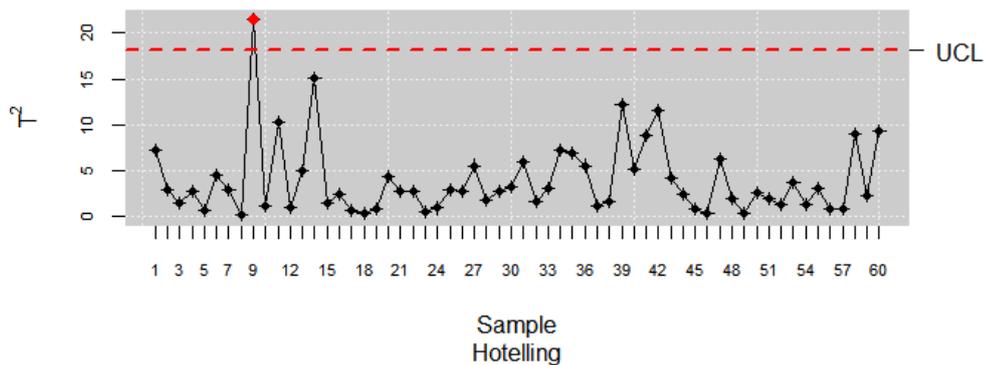


**Gráfico 31-4:** Defectos secundarios del proceso de vidrio termo formado.

Fuente: Vannesa Garcés; 2019.

Una vez determinado el problema a analizar se encontró un 34,8 % de rupturas que se producen dentro del horno, por lo se recomienda hacer un análisis de las posibles causas de este problema.

#### 4.5.6 Carta multivariante $T^2$ Hotelling.

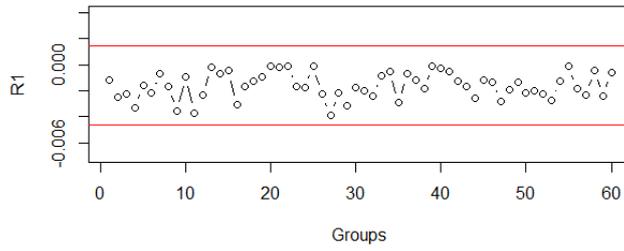


**Gráfico 32-4:** Carta multivariada  $T^2$  hotelling del proceso de termo formado de vidrio.

Fuente: Vannesa Garcés; 2019.

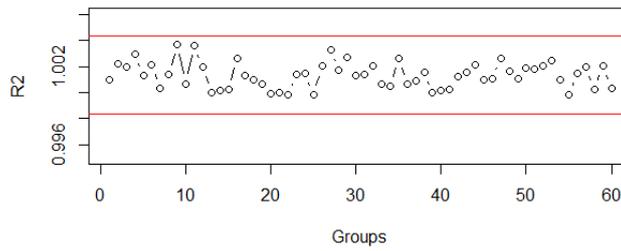
En el Gráfico 35-4 se identificó un punto fuera de control, con un índice de inestabilidad del 2%, observando que 16,666 defectos por millón de vidrios curvos.

**Gráfica proporciones Cantidad**



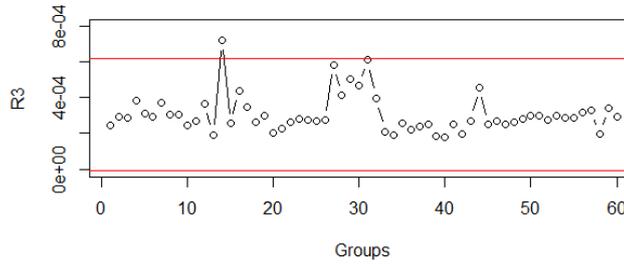
a)

**Gráfica proporciones Área**



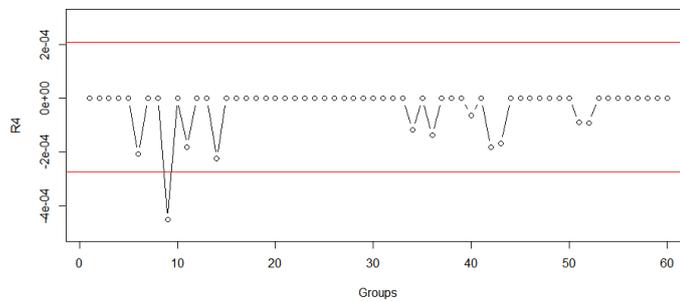
b)

**Gráfica proporciones Espesor**



c)

**Gráfica proporciones Defectuosos**



d)

**Gráfico 33-4: Gráficas de proporciones de contribuciones**  
Fuente: Vannesa Garcés; 2019.

Se muestra en el Gráfico 36-4 c y d que las variables espesor y defectuosos aun provocan señales de alarma, por lo que se recomienda analizar las causas y su variabilidad y establecer límites de espesor fijos para reducir el riesgo de ruptura en el horno.

## CAPITULO V

### 5.1 Discusión

Una vez finalizado los seis meses del seguimiento de las planillas de recolección de información primaria como parte del sistema propuesto para la producción de vidrio termo formado, se registró 7 variables de 60 subgrupos.

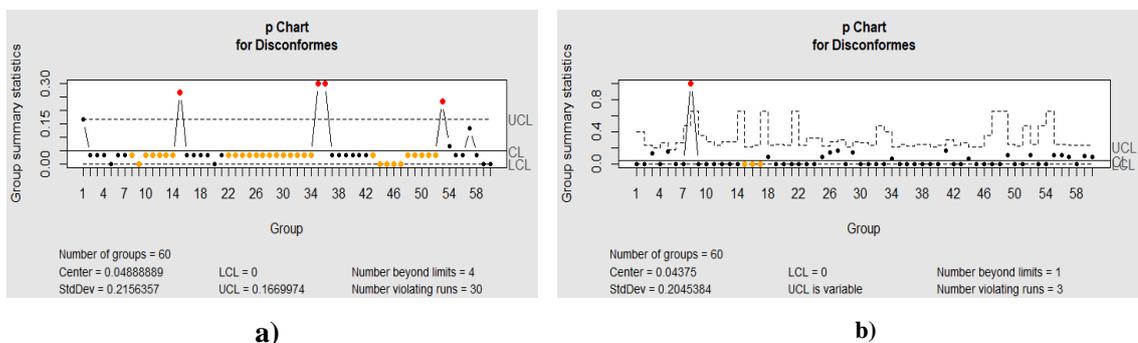
Para identificar el aporte del sistema de control estadístico propuesto se analizó los datos antes y después de la prueba piloto. Se inició con un análisis estadístico descriptivo de las bases de datos disponibles, obteniendo como resultado que: la microempresa procesó y sigue procesando 80% de piezas únicas y un 20% de repetidas y con un espesor del vidrio en general de 4 mm un 20% y el 80% de 6 mm.

En promedio se trabajaba con áreas de hasta 400cm<sup>2</sup> y el proceso no estuvo centrado, mientras que en la actualidad se trabaja con hasta 35,000 cm<sup>2</sup> y el proceso está centrado. En canto al color antes se curvaba el 22%, 14%, y el 18% en colores negro, bronce y claro respectivamente, mientras que en la actualidad se procesa un 41,25% de claros y un 20%negros.

Con relación a la producción defectuosa con la propuesta de sistema de control de calidad se logró reducir de 88 piezas de 502 producidas a 21 de 480, que corresponde una reducción del 17.52 al 4.37%.

El proceso se mantuvo trabajando a un DPU de 0.17 que corresponde a 2.49 sigmas, con la prueba piloto del sistema propuesto se obtuvo un DPU de 0.043 que corresponde a 3.29 sigmas.

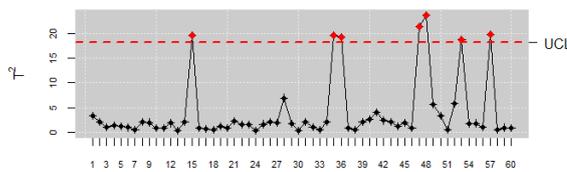
Analizando la inestabilidad del proceso mediante cartas de control por atributos *p* (Gráfico 15-3 y 29-4) de proporción de defectuosos y se encontró:



**Gráfico 34-5:** Comparación de carta p antes a) y después b) del plan piloto.

Fuente: Vannesa Garcés, 2019.

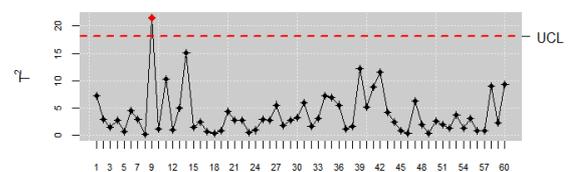
En el proceso de antes se observó 4 puntos fuera de los límites y 30 que caen en los patrones de procesos fuera de control con una desviación estándar de 0,215 y el 57% de inestabilidad; mientras que en la carta p del Gráfico 34-5 b) se obtuvo un punto fuera de control y 3 muestran patrones, con una desviación estándar del 0,204 y una inestabilidad del 7% mostrando de este modo que se redujo notablemente el número de defectos, cabe mencionar que los datos históricos proporcionados no fueron registrados al 100% el número de defectuosos reales.



**Gráfico 18-3:** Carta multivariada  $T^2$  hotelling del proceso de termo formado de vidrio.

**Fuente:** Vannesa Garcés; 2019.

a)



**Gráfico 32-4:** Carta multivariada  $T^2$  hotelling del proceso de termo formado de vidrio.

**Fuente:** Vannesa Garcés; 2019.

b)

Con el fin de obtener resultados robustos se hizo un análisis multivariante mediante cartas de control  $T^2$  de Hotelling bajo la sujeción del teorema central del límite con las variables proporcionadas por la microempresa (Gráfico 18-3) en el que mostró que el proceso estuvo fuera de control con 7 puntos, dando un índice de inestabilidad del 12%, es decir, 116,667 partes por un millón de vidrios curvos elaborados ocasionaron señales de alarma. Se identificó las variables causantes de dicha inestabilidad, mediante el análisis de proporciones de contribución, utilizando el modelo de componentes principales y la metodología de remuestreo bootstrap, mismas que fueron: cantidad de piezas, área del vidrio, espesor y número de defectuosos que afectaron al sistema de producción de vidrio termo formado (Gráfico 19-3).

Aplicando la misma metodología se analizó los datos recolectados (Gráfico 35-4) que mostraron 1 punto que supera los límites de control, con un índice de inestabilidad del 2% observando que 16.666 partes por millón de vidrios curvos afectan al sistema de control estadístico de calidad, identificando que las variables espesor y cantidad de defectuosos aún siguen afectando a la producción, por lo que se le recomienda al gerente continuar el ciclo de Deming.

La prueba piloto del sistema de control de calidad propuesto permitió que tanto a los empleados como al gerente general empoderarse del compromiso que conlleva mantener un correcto control de calidad de la producción, ya que conocen los fundamentos estratégicos, reglamento interno, estructura administrativa y sobre todo la importancia de tener estrategias que lleven a la microempresa a la mejora continua de sus productos.



**Gráfico 35-5:** Microempresa Rioglass antes y después del plan piloto.  
**Fuente:** Vannesa Garcés; 2019.

## 5.2 Comprobación de hipótesis

Para la comprobación de las hipótesis planteadas se consideró el número de producción defectuosa antes y después de la prueba piloto, considerando que si se redujo el número de defectuosos se concluirá que la producción de vidrio termo formado ha mejorado a un 95% de confiabilidad.

### Planteamiento de Hipótesis general

La implementación de las herramientas seis sigma permiten mejorar la producción de vidrio termo formado en microempresa RIOGLASS.

### Planteamiento de hipótesis estadísticas

**H<sub>0</sub>**: La implementación de las herramientas seis sigma no permiten mejorar la producción de vidrio termo formado en microempresa RIOGLASS.

**H<sub>1</sub>**: La implementación de las herramientas seis sigma permiten mejorar la producción de vidrio termo formado en microempresa RIOGLASS

$$H_0: \mu_{antes} = \mu_{después}$$

$$H_1: \mu_{antes} \neq \mu_{después}$$

Puesto que la variable número de defectuosos por subgrupo no sigue distribución normal según la prueba de Kolmogorov Smirnov con la corrección de Lilliefors dando un valor de  $p = 0.000$ , se utilizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras emparejadas que dio como resultado un valor de  $p = 0.0006017$ .

Concluyendo así que existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, es decir, la implementación de las herramientas seis sigma permiten mejorar la producción de vidrio termo formado en microempresa Rioglass.

## CONCLUSIONES

- La microempresa Rioglass no contaba con fundamentos estratégicos, valores corporativos, reglamento interno, FODA, estructura administrativa; y en cuanto al área estadística tan solo registraba información de las variables: cantidad de piezas, área del vidrio, espesor y número de defectuosos y no realizaba análisis de ningún tipo, con dichos registros se basaba para aplicar la sanción respectiva a los trabajadores responsables.
- En el proceso de termo formado del vidrio se identificó como importantes las variables: cantidad de piezas, espesor, área, tiempo de proceso, tiempo en el horno, temperatura y número de defectuosos.
- Se diseñó un sistema de control estadístico de calidad en el que consta: los fundamentos estratégicos, valores corporativos, reglamento interno, FODA, estructura administrativa, herramientas seis sigmas (diagrama de flujo del proceso, lluvia de ideas, diagrama de pareto de defectos, diagrama de Ishikawa de causas más comunes de la producción defectuosa y planillas de recolección de información, histogramas y cartas de control univariadas y multivariadas), análisis estadístico de datos.
- Se implementó una prueba piloto, para el cual se realizó una capacitación previa al personal con el fin de dar a conocer y motivar la importancia de control de calidad en la producción de vidrio termo formado, el cual mostraron gran interés y empoderamiento en trabajar de la mano con el gerente general por un bien común.
- La evaluación del sistema de control estadístico propuesto se realizó mediante la comparación mediante contraste de hipótesis de Wilcoxon de la producción defectuosa antes y después de la prueba piloto, con un valor de  $p = 0.000$  al 95% de confiabilidad; verificando así una reducción de la inestabilidad de un 10% (de 12% a 2%) mediante el uso de herramientas seis sigma.

## RECOMENDACIONES

- Mantener capacitaciones constantes con el personal específicamente en el área de desempeño laboral, así como también de motivación e importancia en el correcto almacenamiento de datos para optimizar la toma de decisiones.
- De preferencia incorporar una recolección de información en forma digital para optimizar la inversión de tiempo tanto para trabajadores como para el analista de datos.
- El gerente propietario de la microempresa Rioglass se capacite en los procesos estadísticos o contrate una persona (estadístico) que mantenga el sistema de control propuesto, con el fin de mantener una mejora continua de la producción.
- La ESPOCH realizar convenios con instituciones públicas y privadas de producción permitiendo que los estudiantes tengan la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos en las aulas de clase.
- La carrera de estadística incorpore técnicas estadística de control de calidad multivariadas en su malla curricular debido a su amplia e importante aplicabilidad en empresas públicas y privadas de producción o servicios.

## BIBLIOGRAFÍA

**Armijo, Marianela y Jimenez, Roberto.** *Lineamientos metodológicos para la construcción de indicadores de desempeño.* San José, Costa Rica : s.n.

(Cosultores), CALTIC. 2009. *Ejemplo Práctico Artículo Indicadores.* Diciembre de 2009.

**Pérez, Angélica Rocío Mondragón.** 2002. *¿Qué son los indicadores?.*2002, Revista de Información y Análisis, págs. 14-16.

**Lui, R.** 1993. *A quality index based on data depth and multivariate rank test.*1993, Journal American Statistics Association, págs. 266-277.

**Alfaro Navarro, Manuel, Modejar Jiménez, José y Vargas Vargas, Manuel.** 2010. *Gráficos multivariantes aplicados al control estadístico de la calidad.* La Mancha : Netbiblo, 2010.

**Rojas Ochoa, M. E., Hernández López, A. y Ruis Tamayo, J.** 2014. *Análisis comparativo del control estadístico de procesos (CEP) univariable y multivariable en un proceso de producción de galletas.*2014, Revista Electrónica de Divulgación de la Investigación, págs. 41-60.

**Anchiraico Agudo, William Richard.** 2003. *Métodos multivariantes en control estadístico de la calidad.* Lima TRABAJO MONOGRÁFICO: Para optar el Título Profesional de Licenciado en Estadística, Perú : s.n., 2003.

**Huerga Castro, C., Blaco Alonso, P. y Abad Gonzáles, J.** 2005. *Aplicación de los gráficos de control en el análisis de calidad textil.*2005, Pecvnia, págs. 125-148.

**Flury, Maria Isabel y Barbiero, Cristina A.** 2001. *Aplicación de técnicas de control multivariado en procesos industriales.*2001, Investigaciones en la Facultad, págs. 166-175.

**A Mosquera Restrepo, Jaime, Olaya Ochoa, Javier y Escobar, Rubria.** 20017. *Plicación del control estadístico multivariante en un proceso de extrusión de película plástica.*20017, Scientia et Technica Año XIII, págs. 333-338.

**CONEVAL.** 2009. *Construcción de Indicadores de desempeño con base en la metodología de marco lógico.* Taller para la construcción de indicadores de desempeño. México : s.n., 2009.

**Fermín, José Simón, y otros.** 2009. *Control estadístico de procesos multivariantes en la industria Alimentaria: implementación a través del estadístico  $t^2$ -hotelling.*2009, Agroalimentaria, 15(28), págs. 91-105.

**Argumedo, Omar Juventino, y otros.** 2017. *Control estadístico multivariante de proceso aplicado en la industria.*2017, CULCyT, pág. N° Especial.

**Argumedo, Omar Juventino, y otros. 2017.** 2017, CULC y T, pág. 63.

**cricura. 2003.** *CRICURSA*. [En línea] El salón online de la arquitectura y el diseño Archi Expo. 2003. Disponible en : <https://www.construnario.com/diccionario/swf/26160/manual%20del%20vidrio%20curvado.pdf>

**Cruz Ramírez, José. 1985.** *Historía de la Calidad*. EXCELLENTIA. s.l., New York : Pacific Basin Quarterly, 1985.

**Cuenca, MGP\_PDOT. 2013.** *Modelo de gestión participativa del plan de desarrollo y ordenamiento territorial (pdot) del catón Cuenca*. Cuenca : s.n., 2013.

**Deming, W. Edwards. 1989.** *Calidad, productividad y competitividad a la salida de la crisis*. Madrid : Díaz de Santos, 1989.

**Desarrollo, Secretaria Nacional de Planificación y. 2016.** *Informe de Seguimiento a los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Quito, Pichincha, Ecuador : s.n., Septiembre de 2016.

**Discovery MAX. 2013.** *Obtenido del documental fabricación vidrio curvado*. [En línea] Youtube.2013. <https://www.youtube.com/watch?v=b-mWbFsDop4>.

**Efron, Bradley y Tibshirani, Robert J. 1993.** *An Introduction to the Bootstrap*. Ed. Chapman and Hall. Boca, London, New York : Library of Congress Cataloging-Publication Data, 1993.

**Experto, GestioPolis.com. 2001.** *¿Qué es Seis Sigma? Metodología e implementación*. [En línea] 2001. Disponible en: <https://www.gestipolis.com/que-es-seis-sigma-metodologia-e-implementacion/>.

**Federico Zertuche , Luis. 2008.** *Sistema multivariado no parametrico para elcontrol de procesos*. Saltillo, Coahuila, México : s.n., 2008.

**Fernández Paguay, Sandra Valeria y Chalco López, Nelson Geovanny. 2009.** *Estandarización del producto y proceso de vidrios de línea blanca de la empresa fairis c.a. ambato*. Tesis de grado.Riobamba, Chimborazo, Ecuador : s.n., 2009.

**Flores, Daniel Armando Olivera Gómez y Milagros Cano. 2010.** *La evaluación del desempeño a nivel municipal*. [En línea] 2010. Disponible en: <https://www.uv.mx/iiesca/files/2013/04/13CA201202.pdf>.

**Gomez, Joselin. 2016.** *1.3 historia de los criterios e indicadores como nuevas herramientas para medir la sustentabilidad*. [En línea] [SlideShare] 24 de junio de 2016. Disponible en: <https://es.slideshare.net/JoselinGomez1/13-historia-de-los-criterios-e-indicadores-como-nuevas-herramientas-para-medir-la-sustentabilidad>.

- Gómez, Marian. 2015.** *Criterios de evaluación de los proyectos de investigación retos y excelencia a través de los informes de los evaluadores.* España : s.n., 2015.
- Gonzales, Ana Verónica de la Guía. 2013.** *La transformación Box-Cox.* Madrid, España : s.n., 2013.
- Gutiérrez Pulido, Humberto y de la Vara Salazar, Román. 2013.** *Control estadístico de calidad y Seis Sigma.* Mexico : Mc Graw Hill Educación, 2013.
- Hotelling, H. 1947.** *Multivariate Quality Control.* Nueva York : Mcgraw Hill, 1947.
- Djauhari, M. A. 2005.** *Improved Monitoring of Multivariate Process Variability.* 2005, Journal of Quality Technology, págs. 32-39.
- Cabarcas Montes, Fabio E. y Agudelo Calderón, Carlos A. 2003.** *Indicadores de Evaluación de la Estrategia de Municipios Saludables por la Paz en Colombia.* 2003, Rev. salud pública, págs. 180-197.
- Allende, San Miguel de. 2013.** *Indicadores de gestión para la mejora de los.* Mexico : <http://alianzacontralores.strc.guanajuato.gob.mx/documentos/03.pdf>, 2013. Cultura de la Prevención en los Estados y Municipios. págs. 1-41.
- Internacional, Servicio Nacional de la Mujer Agencia Canadiense de Desarrollo. 1998.** *Por qué y cómo utilizar indicadores de género: Manual para proyectos.* Santiago de Chile : Caupolicán Servicios Gráficos, 1998.
- Ishikawa, Kaoru. 1986.** *¿Qué es control total de la calidad?* Colombia : Normal, 1986.
- Juran, Joseph M. 1990.** *Juran y la planificación de la calidad.* Madrid : Díaz de Santo, 1990.
- López Milan, Natalia. 2007.** *Del concepto a la materia. Hacia una poética del vidrio.* Tesis Final de Master. Valencia : s.n., 2007.
- López, Héctor. 2012.** *Análisis FODA: 5 pasos para desarrollar el análisis (primera parte).* Diciembre de 2012.
- Reyes Aguilar, Primitivo. 2002.** *Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones.* 2002, Candidatura y Administración, págs. 51-69.
- Méndez Rosey, Julio César. 2003.** *Guía didáctica de administración de empresas.* [En línea] (Gestiopolis) 2003. <https://www.gestiopolis.com/guia-didactica-de-administracion-de-empresas/>.
- Navarro Albert, Eduardo, Gisbert Soler, Víctor y Pérez Molina, Ana Isabel. 2017.** *Metodología e Implementación de Six Sigma.* 2017, 3C Empresa, págs. 73-80.

**Ortíz Barrios , Miguel Angel y Felizzola Jiménez, Heriberto Alexander. 2014.** *Metodología miceps para control estadístico de procesos: caso aplicado al proceso de producción de vidrio templado.* 2014, Prospectiva, págs. 73-81.

**Morales Cortez, Nestor Alfonso. 2017.** *Proyecto de factibilidad para la creación de una microempresa productora y comercializadora de vidrio curvo en el cantón lago agrio, provincia de sucumbíos para el año 2016.* Tesis previa a la obtención del Grado de Ingeniero Comercial. Loja, Loja, Ecuador : s.n., 2017.

**M., Parelius-Jesse. 1999.** *Multivariate analysis by data depth: Descriptive statistics, graphics and inference. The Annals of Statistics.* 1999, Scielo, págs. 783–858.

**Munch Galindo, Lourdes. 2011.** *Diseño de estructuras .* Mexico : Trillas, 2011.

**Navarro Alfaro, Manuel, Mondejar Jiménez, José y Vargas Vargas, Manuel. 2010.** *Gráficos multivariantes aplicados al control estadístico de la calidad Metodología y análisis de datos en Ciencias Sociales.* La Mancha : Netbiblo, 2010.

**Pearson, Ing. Carlos. Tercera edición.** *Manual del vidrio plano.* Argentina : TOD Producciones S.A., Tercera edición.

**Peréz Duque, Paula Nataly. 2012.** *Control estadístico de calidad multivariado, para el monitoreo e identificación de causas de variabilidad en procesos de crédito del sector financiero.* Manizales, Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de: Magister en Ingeniería: Ingeniería Industrial. Colombia : s.n., 2012.

**Prokopenko, Joseph. 1987.** *La Gestión de la Productividad.* Ginebra : Oficina internacional del Trabajo, 1987.

**Ramos, Eunice. 2017.** *Introduccion a la estadística.* [En línea] (LinkedIn SlideShare.). 20 de Marzo de 2017. Disponible en: <https://es.slideshare.net/euniceramosg/introduccion-a-la-estadistica-73327626>.

**Chiñas Sanchez, Pamela, López Juárez , Ismael y Vázquez López, José Antonio. 2014.** *Reconocimiento de variables multivariantes empleando el estadístico T2 Hotelling y MEWMA mediante las RNA'sa.* 2014, Ingeniería Investigación y Tecnología, págs. 125-138.

**Sánchez Galán , Javier. 2019.** *Bootstrap.* [En línea] (Economipedia.) 2019. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/bootstrap.html>.

**Sánchez, Juan Manuel. 2014.** *5 Indicadores para la evaluación de proyectos.* 2014.

**Federico Zertuche, Lui, Cantú Sifuentes, Mario y Piña Monarrez, Manuel R. 2007.** *Sistema de control multivariado no paramétrico de procesos.*2007, CULCYT Cultura Científica y Tecnología, págs. 11-18.

**Zertuche Lui, M.C Federico, Cantú Sifuentes, Dr. Mario y Piña Monarrez, Dr. Manuel R. 2007.** 2007, CULCYT//Procesos Multivariados, págs. 11-14.

**García P., Manuel, y otros. 2003.** *Sistema de indicadores de calidad I.*2003, Industrial Data, págs. 66-73.

**Zuo, Y. y Serfling, R. 2000.** *Structural properties and converge results for contours of sample statistical depth functions.*2000, The annals of statistics, págs. 483-499.

**Stoumbous Zachary, G. 2000.** *The State of Statistical Process Control as We Proceed into the 21st Century.*2000, Journal of the American Statistical Association, págs. 992-998.

**Torres Rojo , Juan Manuel , y otros. 2009.** *Reforestación.* México : s.n., 2009.

**Zertuche- Luis, F. y Cantú-Sifuentes, M. 2008.** *Una comparación del desempeño de las cartas de control  $T_2$  de Hotelling y de clasificación por rangos.*2008, Ingeniería, investigación y tecnología, págs. 211-213.

**V., Raúl. 2013.** *Documental fabricación vidrio curvado.* [En línea] (Youtube.) 2013. <https://www.youtube.com/watch?v=b-mWbFsDop4>.

**Viveros Pérez , Jesús Alberto . 2002.** *Apuntes de principios y modelos de calidad.* derechos reservados : (sin valor comercial), 2002.

**Wisniewski, P y Velasco, G. 2001.** *Problemario de probabilidad.* México : Thompson, 2001.

## ANEXOS

**Anexo A:** Evidencia fotográfica antes, después de la prueba piloto.

ANTES	DESPUÉS
<p>a) No hay socialización</p>	 <p>b)</p>
 <p>c)</p>	 <p>d)</p>
 <p>e)</p>	 <p>f)</p>

**Anexo B:** Manual para control estadístico de calidad del vidrio termo formado en la microempresa Rioglass.



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE FÍSICA Y MATEMÁTICA**

**“MANUAL DE SISTEMA ESTADÍSTICO DE CALIDAD PARA LA  
PRODUCCIÓN DE VIDRIO TERMO FORMADO EN LA  
MICROEMPRESA RIOGLASS”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN:**

**TIPO:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA**

**AUTOR:** GARCÉS ALVARADO ELIZABETH VANNESA

**DIRECTORA:** ING. ISABEL ESCUDERO

Riobamba-Ecuador

2019

## **CONTENIDO DEL MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD RIOGLASS**

INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVO .....	2
IDENTIFICACIÓN DE LA MICROEMPRESA .....	3
FUNDAMENTOS ESTRATÉGICOS .....	4
Reseña histórica .....	4
Misión .....	5
Objetivo .....	5
ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA .....	6
Organización de la microempresa Rioglass.....	6
ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA .....	8
Organigrama estructural de la microempresa Rioglass .....	8
Organigrama funcional de la microempresa Rioglass .....	9
Valores Corporativos .....	10
REGLAMENTO INTERNO.....	12
Fines de la Organización.....	12
Política .....	12
REGLAMENTO INTERNO.....	13
Normas .....	13
REGLAMENTO INTERNO.....	14
REGLAMENTO INTERNO.....	15
FODA .....	16
FODA .....	17
Matriz FODA de la microempresa Rioglass.....	17
ESTRATEGIAS.....	18
Estrategias para la microempresa .....	18
PROCESO DE TERMO FORMADO DE VIDRIO .....	19
Proceso de termo formado de vidrio .....	19
Manipulación .....	22

Almacenado .....	23
Planillas de recolección de información.....	24
Diagrama de pareto .....	29
Diagrama causa-efecto.....	31
Diagrama de dispersión.....	32
Carta por atributos p.....	33
Cartas multivariadas.....	34



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	<b>Página:</b>	1	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Página:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

## INTRODUCCIÓN

La globalización de los mercados hace que las empresas tengan que ser muy competitivas, caso contrario tienden a desaparecer, por esta razón se considera que toda empresa indispensablemente debe llevar un manual de procedimientos para la mejora continua y lograr ser una empresa líder en el mercado de vidrio curvo.

El manual de Control estadístico de Calidad para Vidrio Curvo tiene como objetivo describir el sistema control estadístico de calidad de RIOGLASS para orientar al personal sobre las responsabilidades, ejecución, proceso, control y evaluación de las actividades de forma ordenada, secuencial y detallada, así como la política y los objetivos, con el fin de incorporar procedimientos técnicos en la recolección de información cuantitativa y cualitativa que optimice el proceso estadístico de los datos e identifique las oportunidades de mejora a tiempo.

Este manual tendrá como primer punto la organización de la microempresa donde se dará a conocer la jerarquización de funciones así como la ubicación, horarios de atención, etc. Para posterior continuar con los fundamentos estratégicos mismo que contiene la reseña histórica, su misión, visión y el objetivo, los valores corporativos, el reglamento interno, uso de herramientas seis sigma para el control estadístico de calidad, un FODA de la situación de la empresa. Y finalmente el procedimiento de elaboración del vidrio termo formado, utilizando la seguridad industrial necesaria según normas que se establecen para el aseguramiento de la Calidad en el diseño/ desarrollo, producción, instalación y servicio como es la ISO 9001 y el Sistema de Gestión del Medio Ambiente ISO 14001.

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero

Autorizó: Guillermo Garcés

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
RIOGLASS	<b>Pagina:</b>	2	<b>De:</b>	34
<b>Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado</b>	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Pagina:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

### OBJETIVO

Describir el sistema control estadístico de calidad de RIOGLASS para orientar al personal sobre las responsabilidades, ejecución, proceso, control y evaluación de las actividades de forma ordenada, secuencial y detallada, así como la política y los objetivos, con el fin de incorporar procedimientos técnicos en la recolección de información cuantitativa y cualitativa que optimice el proceso estadístico de los datos e identifique las oportunidades de mejora a tiempo.

Elaboró: Vannesa Garcés	Revisó: Ing. Genoveva Tapia Ing. Isabel Escudero	Autorizó: Guillermo Garcés
-------------------------	---	----------------------------

RIOGLASS:CC:001:2019

	MICROEMPRESA	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	RIOGLASS	<b>Página:</b>	3	<b>De:</b> 34	
	Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>			
		<b>Página:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>				

## IDENTIFICACIÓN DE LA MICROEMPRESA

Razón social: Rioglass Vidrio Curvo Termo Formado

Logotipo:



Eslogan: Rioglass te brinda calidad y transparencia a tu medida

Ubicación: Zona 3

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

Barrio: El Carmen

Dirección: Panamericana Norte Km. 3 Vía Ambato

Referencia:



Fuente: Google MAPS

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero.

Autorizó: Guillermo Garcés

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	<b>Pagina:</b>	4	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Pagina:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

## FUNDAMENTOS ESTRATÉGICOS

### Reseña histórica

En el año 2008 inicia sus actividades la microempresa RIOGLASS, cuyo fundador es el señor Guillermo Garcés, quien se encontraba sin empleo vio la necesidad de generar nuevas fuentes de trabajo aplicando los conocimientos y experiencia que obtuvo al trabajar como empleado aproximadamente 10 años en la fábrica de vidrio templado VISET. Con su creatividad, espíritu emprendedor y su visión de surgir independientemente, y con ello ser fuente de apoyo a la sociedad, surge la idea de iniciar con lo que hoy es la microempresa Rioglass; misma que lleva trabajando 6 años y durante este tiempo ha acogido aproximadamente 10 empleados y con su servicio del curvado del vidrio ha obtenido reconocimiento favorable por la calidad de su trabajo. Actualmente cuenta con un excelente grupo de trabajo conformado por 5 empleados y en el transcurso de este tiempo se ha incorporado nuevas líneas de producción como el procesado de aluminio curvo, con el objetivo de brindar a sus clientes un servicio completo de acuerdo a sus necesidades.

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero

Autorizó: Guillermo Garcés

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	<b>Pagina:</b>	5	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Pagina:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

## FUNDAMENTOS ESTRATÉGICOS

### Misión

Ser una empresa con el mejor servicio de vidrio termo formado, especializado en la producción de materiales y elementos para la arquitectura, como diseños modernos para ventanas, vidrios para la industria frigorífica, perfilería y aluminios curvos usados en edificios, urbanizaciones, residencias privadas, en interiores y exteriores con una alta calidad acorde a la necesidad de nuestros clientes.

### Visión

Ser una microempresa líder y reconocida por la comunidad en general, por mantener altos estándares de calidad. Manteniendo siempre iniciativas de innovación tecnológica en su sistema e incorporación de mejoras en sus procesos operativos, basándose siempre en la preservación del medio ambiente.

### Objetivo

Ser una microempresa pionera ante la competencia en la producción de vidrio termo formado, manteniendo la calidad del servicio para satisfacer las necesidades exigentes de nuestros clientes, siempre disponibles a cambios e innovaciones tecnológicas.

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero

Autorizó: Guillermo Garcés

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	<b>Página:</b>	6	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Página:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

## ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA

### Organización de la microempresa Rioglass

**Gerente:** Guillermo Garcés

**Funciones:** Se encarga de la administración, control y desarrollo, donde; planifica, organiza e integra las diferentes áreas, cuidando que se cumpla sus funciones para que el desempeño de la microempresa sea de calidad y satisfactorio, además de realizar un análisis estadístico trimestral del proceso de vidrio termo formado.

**Secretaria:** Edith Martínez

**Funciones:** Su labor está en la gestión de la agenda, atender a los clientes, gestionar documentos, manejar la información interna y externa, organizar la oficina, elaborar las presentaciones, y la vigilancia administrativa.

**Chofer:** Vinicio Torres

**Funciones:**

- Cargar los vidrios termo formados a ser entregados:
- Revisa la lista de pedidos con la documentación necesaria para la entrega.
- Cargar los vidrios, manipulando con sumo cuidado debido a que son frágiles.
- Establece la ruta más eficiente para realizar la entrega de los vidrios.
- Verificar las direcciones de entrega.
- Selecciona la ruta de entrega que sea más eficaz.
- Inspecciona el vehículo antes de su salida:
- Revisar los niveles de gasolina, aceite y refrigerante.
- Inspeccionar el vehículo para descartar el malfuncionamiento de cualquier pieza.
- Revisar los frenos, limpiaparabrisas y luces.
- Conducir el vehículo siguiendo las rutas preestablecidas:
- Cumplir con las leyes de tránsito terrestre.
- Estacionar en las áreas destinadas para la carga y descarga de los vidrios.

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero

Autorizó: Guillermo Garcés

RIOGLASS:CC:001:2019

	MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b>	09/11/2018			
		<b>Página:</b>	7	<b>De:</b>	34	
	Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>				
		<b>Página:</b>		<b>De:</b>		
	<b>Fecha:</b>					

### ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA

**Hornero:** Dennis Avalos

Funciones: Encargado en manipular la máquina de curvado del aluminio, su función principal es monitorear el horno del curvado del vidrio, donde se controla la temperatura y el tiempo que ésta demora, para que tome la forma de la curva que contiene el molde, consiguiente pase a su fase de enfriamiento, donde se hace responsable de llevar la planilla N° 2 Producción en el horno.

**Mecánico:** Diego Puma

Funciones: El cargo que ocupa se desarrolla en el área de mecánica, encargándose de que el molde obtenga la curva perfecta solicitada por el cliente.

**Asistente:** Marco Miranda

Funciones: Trabaja dentro de las áreas de producción y mecánica, su labor se basa en colaborar al hornero y mecánico en lo que se amerite, también es responsable de la recolección de los datos de la planilla N° 1 Producción de vidrio curvo.

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero

Autorizó: Guillermo Garcés

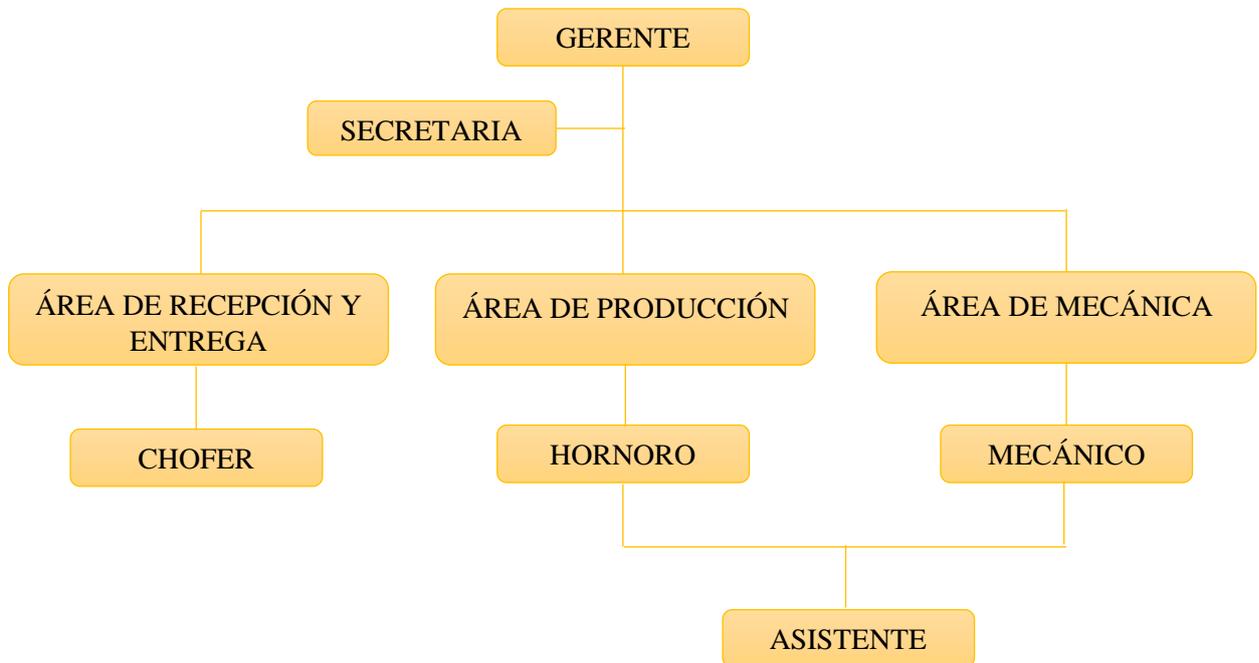
RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b> 09/11/2018		
	<b>Página:</b> 8	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>		
	<b>Página:</b>	<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>		

## ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA

### Organigrama estructural de la microempresa Rioglass



Elaborado por: Vannesa Garcés

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero

Autorizó: Guillermo Garcés

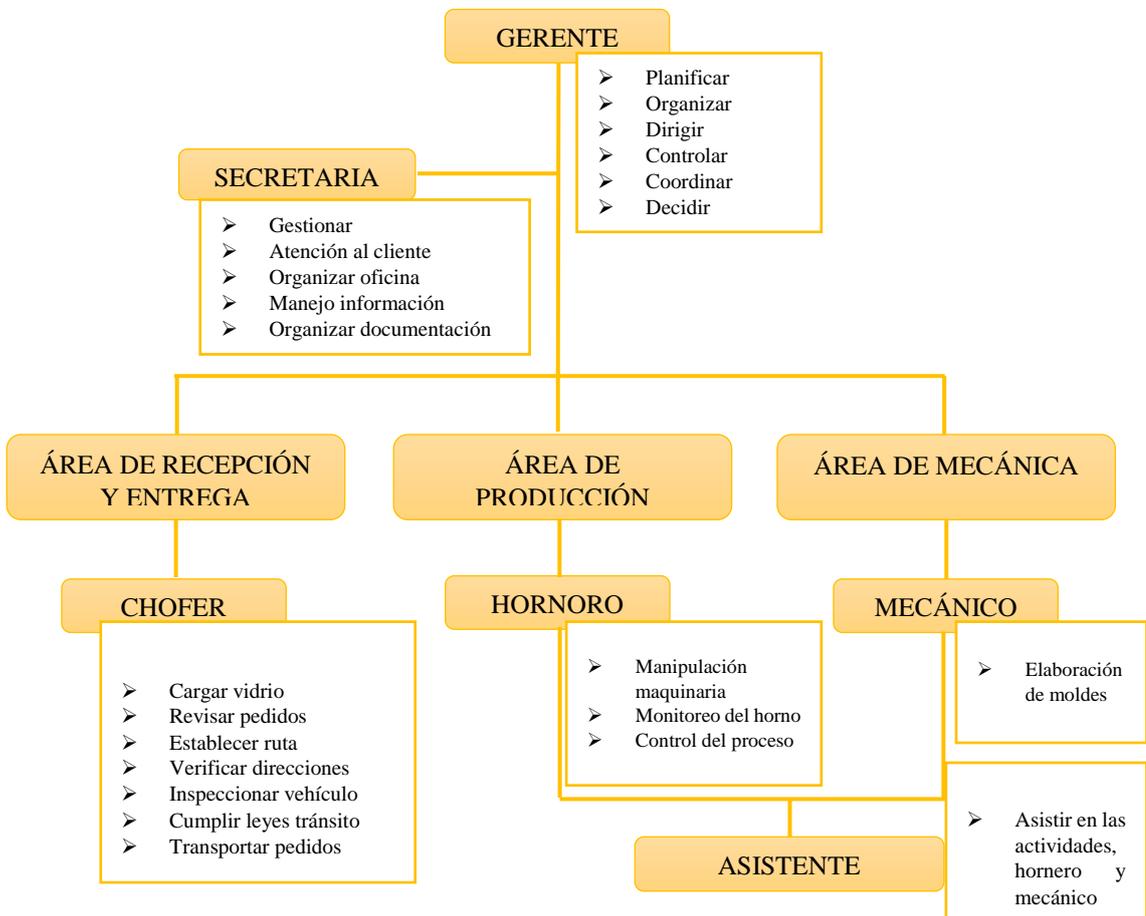
RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b> 09/11/2018		
	<b>Pagina:</b> 9	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>		
	<b>Pagina:</b>	<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>		

**ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA**

**Organigrama funcional de la microempresa Rioglass**



Elaborado por: Vannesa Garcés

Elaboró: Vannesa Garcés	Revisó: Ing. Genoveva Tapia Ing. Isabel Escudero	Autorizó: Guillermo Garcés
-------------------------	---	----------------------------

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
RIOGLASS	<b>Pagina:</b>	10	<b>De:</b>	34
<b>Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado</b>	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Pagina:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

## REGLAMENTO INTERNO

### Valores Corporativos

**Ética:** Trabajar con compromiso, transparencia y honestidad.

**Puntualidad:** Los empleados deben respetar los tiempos de llegada y de salida de sus puestos de trabajo ya que en caso de incumplimiento el sistema de producción de vidrio termo formado se interrumpe dando como resultado incumplimiento en los tiempos establecidos para entrega de producto.

**Calidad:** El servicio que ofrece esta microempresa debe ser de excelente.

**Justicia:** Disponer a cada empleado el salario en cuanto a las actividades que desempeñan.

#### Responsabilidad:

- Trabajadores: la microempresa se compromete a la estabilidad y buenas condiciones laborales.
- Clientes: es responsabilidad de la empresa entregar servicio de calidad.

**Originalidad:** Mantener innovaciones, cambios, creaciones y estrategias tanto en el sistema de producción de vidrio termo formado, como en el ambiente laboral.

**Libertad:** Los empleados y clientes mediante este podrán expresarse con confianza en caso de tener alguna opción o sugerencia siempre que sea con respeto y cordialidad.

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero

Autorizó: Guillermo Garcés

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
RIOGLASS	<b>Pagina:</b>	11	<b>De:</b>	34
<b>Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado</b>	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Pagina:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

## REGLAMENTO INTERNO

**Trabajo en equipo:** Mediante este se pretende que cada empleado se integre al grupo laboral para la obtención de mejores resultados en el desempeño de las actividades que respectan al proceso de producción de vidrio termo formado.

**Honestidad:** Todos los miembros de la microempresa deben promover la verdad como herramienta principal para con ella generar confianza y la credibilidad de la misma.

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero

Autorizó: Guillermo Garcés

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	<b>Página:</b>	12	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Página:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

## REGLAMENTO INTERNO

### Fines de la Organización

La microempresa Rioglass brinda un servicio de calidad en vidrio termo formado a usuarios de la zona tres con calidad y transparencia con acabados personalizados al gusto y preferencia de sus clientes.

### Política

“Persistir mejoras en la calidad del servicio a sus clientes que sea satisfactorio y asegure la estabilidad dentro de la competencia de vidrio curvo”.

Esta microempresa se regirá bajo las siguientes políticas:

- ✓ Mantener un trabajo de calidad
- ✓ Tratar con amabilidad y justicia a todos los clientes sea este en los pedidos, solicitudes y reclamos siendo que nuestro propósito es mantener satisfechos a nuestros clientes.
- ✓ Es responsabilidad de todo el personal que labora en la microempresa atender al cliente guiándolo en su pedido, para lo cual se debe tener conocimiento del proceso.
- ✓ Todo el personal que labora en esta microempresa sostendrá un comportamiento donde prevalezca el respeto.
- ✓ Los cargos que a cada uno de los empleados se le otorga es multifuncional; por ende, los trabajadores no tienen disponibilidad de negarse a las actividades que debidamente esté capacitado.
- ✓ Todas las tareas que se realizan son encomendadas, siendo responsable de las acciones quien efectuó.
- ✓ Revisar constantemente la seguridad de los trabajadores y de los habitantes de alrededor del área de trabajo.
- ✓ Realizar un análisis estadístico univariado y multivariado periódicamente.
- ✓ Mantener un sistema de información de labores realizadas, con el fin de verificar el cumplimiento de sus funciones.

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero

Autorizó: Guillermo Garcés

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	<b>Pagina:</b>	13	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Pagina:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

## REGLAMENTO INTERNO

### Normas

#### a) Jornada de trabajo y salario

De lunes a viernes de 08:00 a 13:00 y de 14:00 a 18:00

Sábado de 08:00 a 13:00 horas.

La tolerancia será de 5 minutos a la entrada, al exceder por tercera vez el plazo de entrada el trabajador deberá brindar una explicación, y pedir autorización de ingreso al su jefe inmediato.

Para la hora de salida, el trabajador debe organizar su lugar de trabajo y proceder a su aseo personal antes de abandonar las instalaciones; si sale antes de la hora estipulada será sancionada de acuerdo a las disposiciones legales y reglamentarias vigentes.

Los salarios se pagarán los días sábados de cada semana o un día antes si es feriado, con moneda nacional.

Los descuentos a los salarios, se los realizará conforme a lo dispuesto por las normas a continuación.

#### b) Riesgos de trabajo y medidas preventivas

- A la hora exacta de inicio de las actividades los empleados deberán equiparse adecuadamente con los artículos de seguridad a su cargo.
- Todo trabajador que no sepa cómo utilizar el elemento de protección o no le calza o le molesta para trabajar deberá comunicar.
- El dueño instalará un botiquín de primeros auxilios con medicamentos y material de curación, capacitando al personal que utilizar en caso de emergencia.

#### c) Limpieza y mantenimiento

- Durante toda la jornada de trabajo se dotará de materiales, herramientas y útiles necesarios un lugar laboral en buen estado y de calidad.

Elaboró: Vannesa Garcés	Revisó: Ing. Genoveva Tapia Ing. Isabel Escudero	Autorizó: Guillermo Garcés
-------------------------	---	----------------------------

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	<b>Página:</b>	14	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Página:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

## REGLAMENTO INTERNO

- Se analizarán las herramientas antes de utilizarlas, si se encuentra algún defecto se informará de inmediato al dueño de la microempresa.
- Se mantendrán limpias las herramientas y maquinaria de uso, procurando evitar roturas o desperfectos en los mismos.
- Los sanitarios utilizados por los trabajadores se mantendrán limpios, la limpieza se repartirá durante los días de la semana entre los trabajadores.

### d) Contratación de trabajadores

- Formará parte del grupo de trabajo de la microempresa Rioglass personas con ánimos de trabajar, educación y predisposición a aprender.
- La contratación de nuevos trabajadores será para cubrir vacantes o llenar nuevas necesidades de la microempresa.
- El aspirante que cumple con los requerimientos para el cargo deberá llenar su respectivo formulario el cual contendrá su respectiva información.
- Una vez que forme parte de la microempresa se le encomendará las funciones que debe cumplir adecuadamente previa a una capacitación.

### e) Vacaciones

Los trabajadores tendrán derecho a gozar anualmente de un período ininterrumpido de quince días de vacaciones, las fechas de las vacaciones serán definidas en acuerdo entre el jefe y trabajador, en caso de no llegar a un acuerdo el jefe definirá las fechas a tomar.

Para hacer uso de vacaciones, los trabajadores deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Cumplir con la entrega de bienes y documentación a su cargo a la persona que suplirá sus funciones, con el fin de evitar la paralización de actividades por efecto de las vacaciones, cuando el caso así lo amerite.
- El trabajador dejará constancia de sus días de vacaciones llenando el formulario establecido para este caso.

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero

Autorizó: Guillermo Garcés

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	<b>Pagina:</b>	15	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Pagina:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

## REGLAMENTO INTERNO

### f) Ausencias y permisos

- La ausencia injustificada en el lapso de 24 horas podrá considerarse como falta injustificada, haciéndose el trabajador acreedor a la sanción de amonestación por escrito y el descuento del tiempo respectivo.
- Se concederá permisos para que el trabajador atienda asuntos emergentes y de fuerza mayor, hasta por tres horas máximo durante la jornada de trabajo, en el periodo de un mes, que serán recuperadas en el mismo día o máximo en el transcurso de esa semana en caso de no hacerlo se descontará el tiempo no laborado, previa autorización del Gerente.

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero.

Autorizó: Guillermo Garcés

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	<b>Página:</b>	16	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Página:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

## FODA

El análisis FODA es usado para ayudar a cumplir el objetivo.

- **Fortalezas:** Atributos de la organización que son útiles para lograr el objetivo.
- **Debilidades:** Atributos de la organización que son perjudiciales para la consecución del objetivo.
- **Oportunidades:** Condiciones externas que son útiles para lograr el objetivo.
- **Amenazas:** Condiciones externas que son perjudiciales para la consecución del objetivo.

Pasos para elaborar el FODA

- 1) Definir el objetivo que queremos lograr
- 2) Desarrollo del análisis FODA
  - a) Recopilación de información de fortalezas y debilidades  
  
Hacer una lista de las fortalezas y debilidades actuales (no futuras).
  - b) Recopilación de información de oportunidades y amenazas  
  
Hacer una lista de oportunidades y amenazas actualmente y al futuro.
  - c) Revise y afine las 4 listas desarrolladas.

Asegurarse de que cada una de las listas contenga elementos reales y que estén claros y bien definidos.

Validar las listas por todo el equipo que participó en su elaboración para compartir ideas y realizar los ajustes finales.

Elaboró: Vannesa Garcés	Revisó: Ing. Genoveva Tapia Ing. Isabel Escudero	Autorizó: Guillermo Garcés
-------------------------	---	----------------------------

RIOGLASS:CC:001:2019

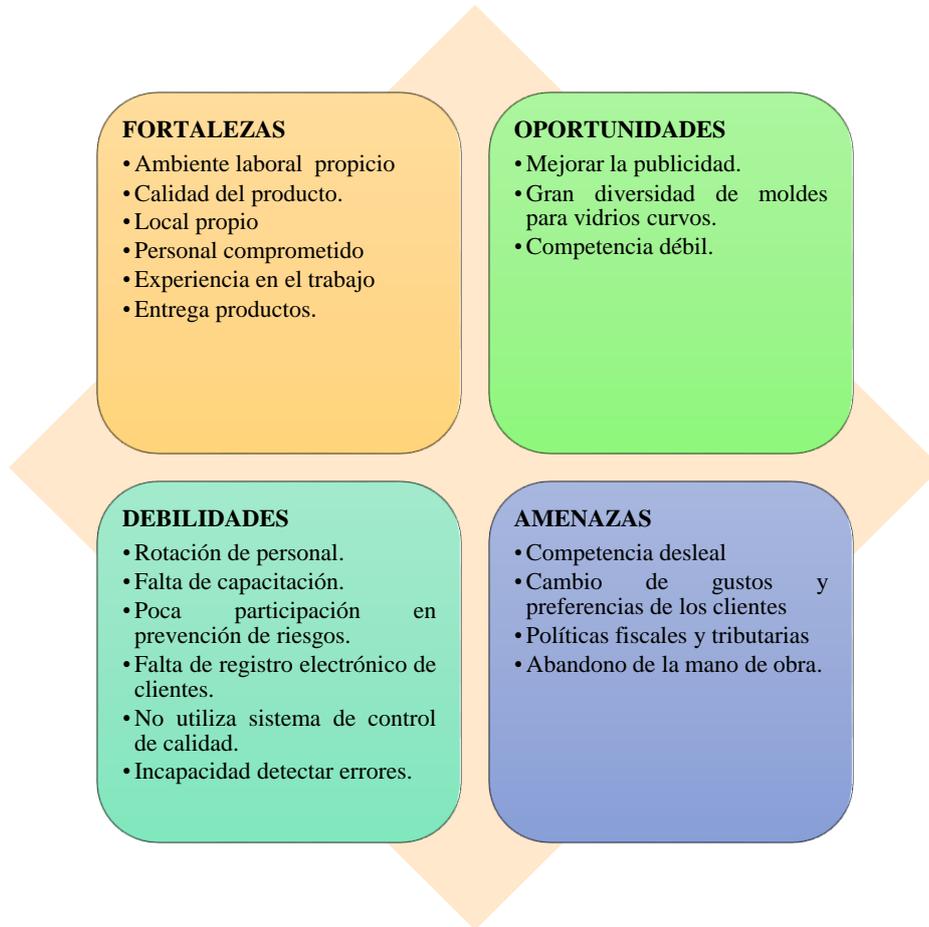


MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	<b>Página:</b>	17	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Página:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

**FODA**

**Matriz FODA de la microempresa Rioglass**

Ejemplo:



Elaborado por: Vannesa Garcés, 2019.

Elaboró: Vannesa Garcés	Revisó: Ing. Genoveva Tapia Ing. Isabel Escudero	Autorizó: Guillermo Garcés
-------------------------	---	----------------------------

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	<b>Página:</b>	18	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Página:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

**ESTRATEGIAS**

**Estrategias para la microempresa**

- Innovación en capacitaciones continuas en función de responsabilidades, por ejemplo: el hornero se capacitará en estrategias para el proceso de curvado de vidrios.
- En lo posible incorporación de tecnología teniendo como objetivo el liderazgo en el conocimiento técnico asegurando el mercado de producción de vidrio curvo.
- Buscar la expansión de la microempresa Rioglass cubriendo gran parte del mercado, en especial Riobamba, mediante la elaboración de un plan de marketing.
- Ofrecer al mercado y nuestros clientes una amplia gama en tipos y colores de vidrio, y tipo de aluminios; mostrando confianza al cliente por la excelente mano de obra.
- Utilización de las herramientas básicas para el control estadístico de calidad
  - La hoja de verificación facilita la recolección de datos de forma ordenada y de acuerdo a lo requerido para el análisis.
  - Diagrama de Pareto mediante el cual se identificará las principales causas que pueden afectar el proceso de vidrio curvo.
  - Diagrama causa-efecto para identificar las causas de las inconformidades de la producción de vidrio termo formado y las posibles soluciones en función de las 6M (Mano de obra, materiales, medio ambiente, métodos, maquinaria y mediaciones).
  - Diagrama de dispersión para identificar la variabilidad de la ruptura de vidrio en función del tiempo y la temperatura de orneado.
  - Diagrama de procesos o flujo que permitirá observar la secuencia del proceso de obtención del vidrio termo formado, recolección de información primaria y análisis estadístico de datos.

Elaboró: Vannesa Garcés	Revisó: Ing. Genoveva Tapia Ing. Isabel Escudero	Autorizó: Guillermo Garcés
-------------------------	---	----------------------------

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	<b>Página:</b>	19	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Página:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

**PROCESO DE TERMO FORMADO DE VIDRIO**

**Proceso de termo formado de vidrio**

**Termo formado**

Se obtiene mediante el calentamiento del vidrio plano hasta su punto de plasticidad, dándole la forma deseada mediante el uso de moldes, una vez que alcanza la plasticidad mediante el calentamiento, su propio peso hará que este se adapte y tome la curva del molde; este proceso termina una vez enfriado de forma lenta a fin de evitar tensiones internas en su estructura molecular (CRICURSA, 2003, p.1).



**Área de recepción y entrega:** La primera fase empieza en el área de recepción y entrega, cuyo fin es la recepción del vidrio que será curvado, e inspeccionado por la persona que lo recepte, observado que no haya ningún tipo de: rayones, manchas adheridas o rupturas leves, para reducir el riesgo de ruptura del vidrio a altas temperaturas. En esta área se registra el pedido con sus diferentes características, sea este en vidrio o aluminio para posterior llevarlo al área de producción.



**Área de mecánica:** Para que el vidrio tome la forma de la curva que fue requerida por el cliente, este debe dejar la plantilla en aluminio o cualquier material para que el mecánico elabore el respectivo molde, que en su mayoría son únicos.

Elaboró: Vannesa Garcés	Revisó: Ing. Genoveva Tapia Ing. Isabel Escudero	Autorizó: Guillermo Garcés
-------------------------	---	----------------------------

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	<b>Página:</b>	20	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Página:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

## PROCESO DE TERMO FORMADO DE VIDRIO



**Área de producción:** En esta área se prepara el vidrio mediante el lavado y secado, puede ser con agua o alcohol dependiendo el tipo (si es reflectivo se utiliza alcohol), para posteriormente llevarlo a la vagoneta que contiene el molde con la forma que tomara el vidrio, luego este es llevado al horno donde se coloca de forma horizontal sobre el molde, se enciende y cierra el horno hasta que alcance la plasticidad mediante el calentamiento, su propio peso hará que tome la forma de la curva, consecuentemente el operador debe estar pendiente en los visores para controlar la temperatura y cuando este logre la forma se proceda apagar y continuar con la fase de enfriamiento.



**Fase de enfriamiento:** Dentro de esta fase la vagoneta que contiene el vidrio ya curvo recorre cinco posiciones para enfriarse paulatinamente evitando tensiones internas en su estructura molecular. Cuando salga de la última posición indica que está totalmente frío y se lo puede retirar y llevarlo al área de recepción para ser entregado al cliente.

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero

Autorizó: Guillermo Garcés

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA  
RIOGLASS

**Fecha:** 09/11/2018

**Página:** 21

**De:** 34

Manual de un sistema  
estadístico de calidad para  
la producción de vidrio  
termo formado

**Sustituye a:**

**Página:**

**De:**

**Fecha:**

## PROCESO DE TERMO FORMADO DE VIDRIO

### Equipo de seguridad

Casco



Guantes



Protección de ojos



Protección de oídos



Elaborado por: Vannesa Garcés, 2019.

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero

Autorizó: Guillermo Garcés

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b> 09/11/2018		
	<b>Página:</b> 22	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>		
	<b>Página:</b>	<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>		

## ANÁLISIS DE PROCESOS

### Manipulación

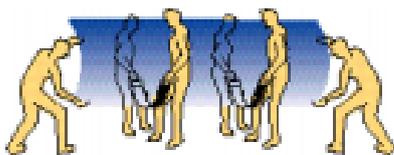
Para la carga o descarga se debe evitar el balanceo, esto depende del peso y curva que el vidrio contenga. Por ello se debe sujetar las piezas por los lados rectos y por el centro de la curva. Para un vidrio curvo pequeño basta con una sola persona que lo manipule, los operarios serán requeridos de acuerdo al peso y curva, ya que a mayor altura el balanceo aumenta.



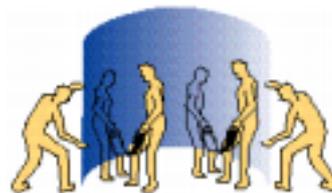
*Piezas ligeras y con poca curva:  
posición horizontal*



*Piezas ligeras y con mucha curva:  
posición vertical*



*Piezas pesadas y con poca curva:  
posición horizontal*



*Piezas pesadas y con mucha curva:  
posición vertical*

**Fuente:** CRICURSA

Elaboró: Vannesa Garcés	Revisó: Ing. Genoveva Tapia Ing. Isabel Escudero	Autorizó: Guillermo Garcés
-------------------------	---	----------------------------

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b> 09/11/2018		
	<b>Pagina:</b> 23	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>		
	<b>Pagina:</b>	<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>		

## ANÁLISIS DE PROCESOS

### Almacenado

Para almacenar los vidrio listos se debe considerar el balanceo que este produce, razón por la que debe, haber tres puntos de apoyo, sean estas de madera o forradas por goma, en los soportes laterales se apoya todo el peso del vidrio mientras que el soporte central evita el balanceo.

Si en caso no posee apoyo posterior se puede apilar varias piezas que contengan igual curva, si las piezas tienen diferente curva es aconsejable colocar soportes entre vidrio para evitar rupturas debido a la presión.



**Fuente:** RIOGLASS

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero

Autorizó: Guillermo Garcés

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
RIOGLASS	<b>Pagina:</b>	24	<b>De:</b>	34
<b>Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado</b>	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Pagina:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

Analizando el proceso de producción se estipulan llevar dos planillas para la recolección de información, la primera para seguimiento del proceso en general y la segunda específicamente para el proceso de horneado.

#### Planillas de recolección de información

Para una exacta manipulación de las planillas se debe recoger los datos de acuerdo como sigue el proceso de termo formado de vidrio y será manipulado por dos responsables.

#### Uso planilla N° 1

**Tabla 16:** Plantilla N° 1 para recolección de datos del proceso.

<b>Hoja de Producción</b>											
<b>Inspector:</b>						<b>Estado del vidrio</b>					
<b>Fecha de proceso</b>	<b>Cliente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Color</b>	<b>Rectangular o Cuadrado</b>		<b>Hora inicio</b>	<b>Lavado/Secado</b>	<b>Horno</b>	<b>Enfriamiento</b>	<b>Hora final</b>
					<b>Base (m)</b>	<b>Alto (m)</b>					

**Elaborado por:** Vannesa Garcés, 2019.

En la sección 1 se registra:

- Fecha del proceso: Colocar la fecha en que se realiza el trabajo.
- Cliente: Colocar el nombre del cliente.

Elaboró: Vannesa Garcés	Revisó: Ing. Genoveva Tapia Ing. Isabel Escudero	Autorizó: Guillermo Garcés
-------------------------	---	----------------------------

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	<b>Pagina:</b>	25	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Pagina:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

### ANÁLISIS ESTADISTICO DE DATOS

- Cliente: Colocar el nombre del cliente.
- Cantidad: Registrar el número de piezas iguales que serán procesadas al mismo tiempo en un solo molde.
- Espesor: Registrar en milímetros (mm) el espesor del vidrio.
- Rectangular o cuadrado
  - § Base: Identificar el lado que es base, tomar y registrar la medida en centímetro (cm).
  - § Alto: Identificar el lado alto, tomar y registrar la medida en centímetros (cm).

#### Sección 2: Estado del vidrio

- Hora de inicio: Registrar el tiempo (hh/mm/ss) que marca justo cuando el vidrio se encuentra sobre la mesa.
- Lavado y secado: Registrar la observación que presente el vidrio, sea esta de cualquier tipo.
- Horno: Registrar la observación que presente el vidrio, sea esta de cualquier tipo.
- Enfriamiento: Registrar la observación que presente el vidrio, sea esta de cualquier tipo.
- Hora final: Registrar el tiempo (hh/mm/ss) que marca justo cuando el vidrio es retirado del molde y sacado de la vagoneta.

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero

Autorizó: Guillermo Garcés

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS <b>Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado</b>	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	<b>Página:</b>	26	<b>De:</b>	34
	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Página:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

#### Uso planilla N° 2

**Tabla 17:** Planilla N°2 vidrio en el horno

<b>Hoja producción HORNO</b>							
<b>Inspector:</b>							
Espesor (mm)	Color	Cantidad	Rectangular o Cuadrado		Tiempo (seg)	Temperatura (°C)	Observaciones
			Base (m)	Alto (m)			

**Elaborado por:** Vannesa Garcés, 2019.

- **Espesor:** Registrar el espesor en milímetros (mm) de cada vidrio que ingrese al horno
- **Color:** Registrar el color de cada vidrio que ingre al horno
- **Rectangular o cuadrado**
- **Base:** Identificar el lado que es base, tomar y registra en centímetros (cm) la medida.
- **Alto:** Identificar el lado alto, tomar y registra en centímetros (cm) la medida.
- **Tiempo:** Registrar la duración exacta en segundos (seg.) cuando las hornillas del horno se apaguen. (Nota: Los valores observados en el cronometro)
- **Temperatura:** Registrar la temperatura a la cual el vidrio alcanzo su forma. (Nota: La temperatura suministrada por el medidor de temperatura del horno)
- **Observaciones:** Anotaciones varias.

Elaboró: Vannesa Garcés	Revisó: Ing. Genoveva Tapia Ing. Isabel Escudero	Autorizó: Guillermo Garcés
-------------------------	---	----------------------------

RIOGLASS:CC:001:2019



	MICROEMPRESA	<b>Fecha:</b>	09/11/2018	
	RIOGLASS	<b>Pagina:</b>	27	<b>De:</b> 34
	<b>Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado</b>	<b>Sustituye a:</b>		
		<b>Pagina:</b>		<b>De:</b>
		<b>Fecha:</b>		

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS**

Estas planillas tiene la finalidad de dar seguimiento al ritmo laboral que lleva la microempresa, además de determinar la frecuencia con la que un cliente pide un tipo específico de vidrio. La Tabla 1 dará seguimiento al proceso de producción, para conocer en qué fase del proceso se comete una mayor cantidad de fallos en el número de defectuosos.

Descripción de la planilla 1 (Tabla 1):

**Información general de recepción**

- Inspector: Persona encargada de registrar los respectivos pedidos realizados por los clientes
- Fecha de Proceso: Fecha en la se realiza el proceso de termo formado
- Cliente: Persona que realiza el pedido
- Cantidad: Número de piezas iguales
- Espesor: El espesor en milímetros (mm) de cada vidrio solicitado por el cliente
- Color: Color de cada vidrio ingresado por el cliente
- Rectangular o Cuadrado/Ancho-Largo: Centímetros (cm) de cada vidrio solicitado por el cliente

**Estado del vidrio**

- Hora de Inicio: hora en la que cada vidrio entra al proceso de termo formado
- Nota: El seguimiento a las siguientes secciones (Lavado/Secado, Molde, Horno, Enfriamiento) tiene la finalidad de conocer el estado en el que se encuentra el vidrio en cada uno de estas, es decir, se verificara que el vidrio no haya sufrido ninguna avería en cada una de estas, esto se lo realizara colocando un visto (en caso que no se presentaran averías) o una equis (en caso que el vidrio presentara una avería).
- Hora de Salida: hora en la que el vidrio está listo para ser entregado al cliente.

Elaboró: Vannesa Garcés	Revisó: Ing. Genoveva Tapia Ing. Isabel Escudero	Autorizó: Guillermo Garcés
-------------------------	---	----------------------------

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
RIOGLASS	<b>Pagina:</b>	28	<b>De:</b>	34
<b>Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado</b>	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Pagina:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

Descripción de la planilla 2 (Tabla 2):

#### Hoja de verificación (Horno)

- **Espesor:** El espesor en milímetros (mm) de cada vidrio que ingrese al horno
  - **Color:** Color de cada vidrio que ingre al horno
  - **Circular/Radio:** Radio en centímetros (cm) de cada vidrio que ingrese al horno
  - **Rectangular o Cuadrado/Ancho-Largo:** Centímetros (cm) de cada vidrio que ingrese al horno
  - **Tiempo:** Duración del respectivo vidrio en el horno
  - **Nota** Registrar los valores observados en el cronometro
  - **Temperatura:** Temperatura en la cual el vidrio alcanzo su forma
  - **Nota:** Registrar la temperatura suministrada por el medidor de temperatura del horno
- Observaciones: Anotaciones varias.

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero

Autorizó: Guillermo Garcés

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	<b>Página:</b>	28	<b>De:</b>	33
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Página:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

### Diagrama de pareto

Ayuda a identificar cuáles son los aspectos prioritarios que hay que tratar para la solución del problema.

Se debe elaborar para identificar defectos en la producción y que causa afecta más.

Pasos para graficarlo:

1. Identifique el problema que se va analizar y la recolección de los datos.
2. Ubicar los datos que va a necesitar y como clasificarlos, por ejemplo se tipo de defecto, localización, trabajador.
3. Definir el método de recolección de datos y el período de duración.
4. Elabore una tabla donde pueda hacer un recuento de los datos.

Tipo de defecto	Recuento	Total
Defecto 1	### ##	10
Defecto 2	### /	6

5. Analizar y volver a ordenar la información

Tipo	Número	Total	Porcentaje	% Acumulado
Defecto 1	104	104	52	52

Elaboró: Vannesa Garcés	Revisó: Ing. Genoveva Tapia Ing. Isabel Escudero	Autorizó: Guillermo Garcés
-------------------------	---	----------------------------

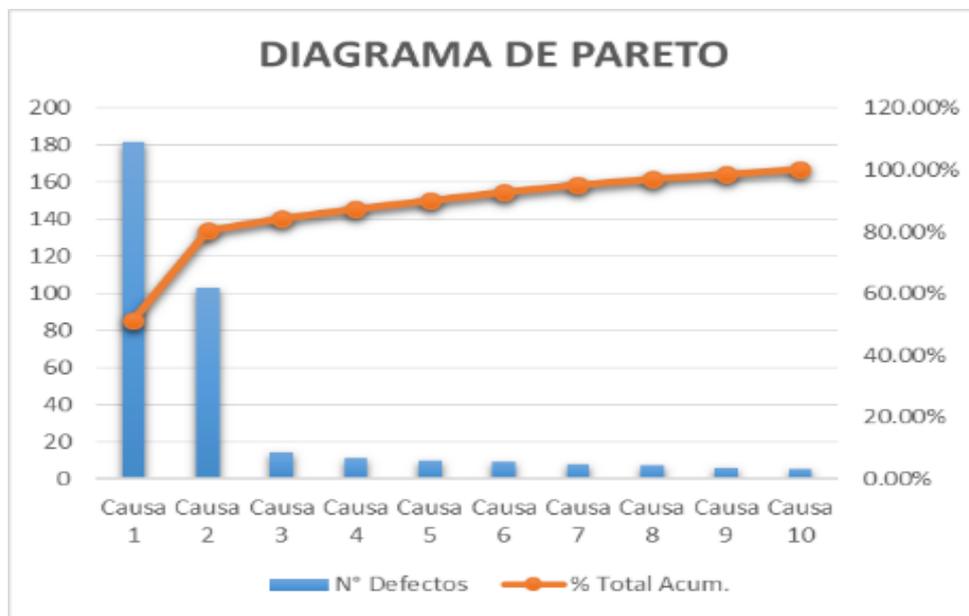
RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	Fecha:	09/11/2018		
	Página:	30	De:	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	Sustituye a:			
	Página:		De:	
	Fecha:			

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

6. Graficar el diagrama de pareto



Elaborado por: Vannesa Garcés

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero

Autorizó: Guillermo Garcés

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS	<b>Fecha:</b> 09/11/2018		
	<b>Página:</b> 31	<b>De:</b>	34
Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Sustituye a:</b>		
	<b>Página:</b>	<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>		

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

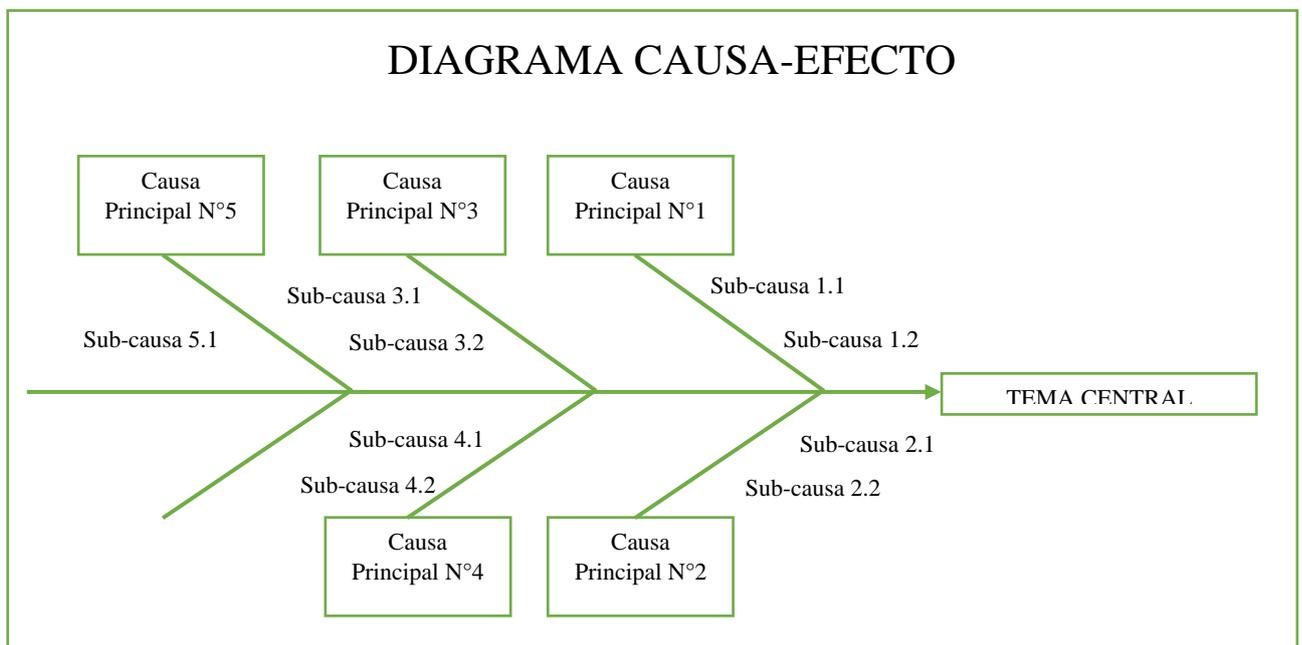
### Diagrama causa-efecto

Herramienta que permite la identificación, clasificación de distintos aspectos en categorías útiles y muestra, un conjunto de posibles causas que han provocado un problema o efecto.

Se emplea esta gráfica luego de identificar el problema principal en los diagrama de pareto.

Pasos para su elaboración:

1. Identificar el defecto principal del cual se va analizar.
2. Identificar la causas principales aplicando las 6M (Materia prima, Medidas, Maquinaria, Medio Ambiente, Mano de obra, Método).
3. Identificar las causas secundarias.



**Elaborado por:** Vannesa Garcés

Elaboró: Vannesa Garcés	Revisó: Ing. Genoveva Tapia Ing. Isabel Escudero	Autorizó: Guillermo Garcés
-------------------------	---	----------------------------

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS <b>Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado</b>	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	<b>Página:</b>	32	<b>De:</b>	34
	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Página:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

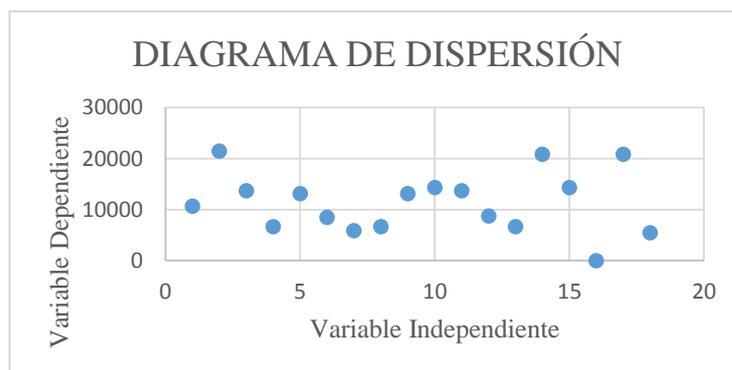
### Diagrama de dispersión

El Diagrama de Dispersión tiene el propósito de controlar mejor el proceso. El resultado del análisis muestra una relación entre una variable y la otra.

Se usa cuando requiere identificar si las variables utilizadas esta relacionadas es decir si presenta correlación o son independientes.

Pasos para graficarlo:

1. Identificar lo que vamos a analizar para poder identificar las variables a estudiar.
2. Determinar las variables a estudiar
3. Recolectar los datos en las variables.
4. Ubicar las variables en el eje respectivo, a la variable independiente por lo general se la ubica en el eje de las  $x$ , y la dependiente en el eje de las  $y$ . Procediendo a ubicar los respectivos valores en el plano cartesiano.
5. Calcular el coeficiente de correlación por medio de su fórmula sea esta poblacional o muestral.
6. Con base al resultado y el gráfico definiremos cual es la relación entre las dos variables.



**Elaborado por:** Vannesa Garcés

Elaboró: Vannesa Garcés

Revisó: Ing. Genoveva Tapia  
Ing. Isabel Escudero

Autorizó: Guillermo Garcés

RIOGLASS:CC:001:2019



<b>MICROEMPRESA</b> <b>RIOGLASS</b> <b>Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado</b>	<b>Fecha:</b>	09/11/2018		
	<b>Página:</b>	33	<b>De:</b>	34
	<b>Sustituye a:</b>			
	<b>Página:</b>		<b>De:</b>	
	<b>Fecha:</b>			

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS**

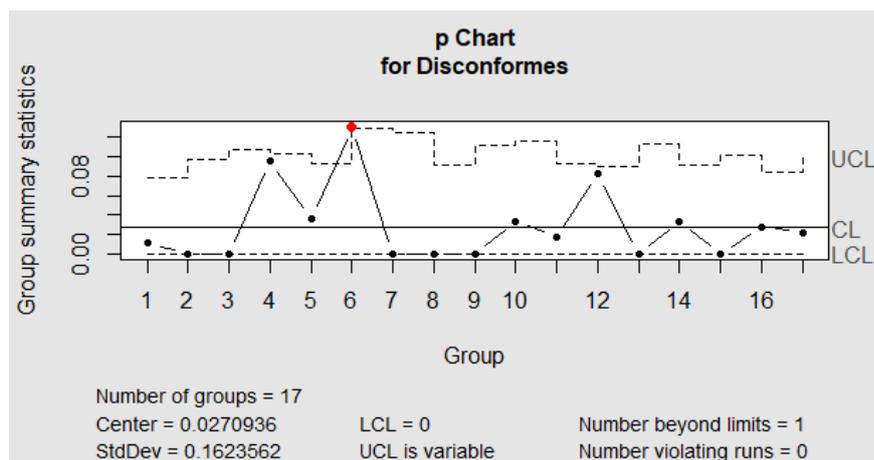
**Carta por atributos p**

Se utiliza para variables que contienen atributos, es decir que no son medidas si no observadas.

Se grafican cuando se tiene la variable del tipo binario es decir cuando identifica producción defectuosa por ejemplo pasa y no pasa.

Pasos:

1. Recolección de los datos
2. Calculo de la proporción defectuosa de cada sub grupo ( $p_i$ )
3. Calculo de la proporción defectuosa promedio
4. Calculo de los límites de control
5. Trazado de la gráfica y análisis de resultados



**Elaborado por:** Vannesa Garcés

Elaboró: Vannesa Garcés	Revisó: Ing. Genoveva Tapia Ing. Isabel Escudero	Autorizó: Guillermo Garcés
-------------------------	---	----------------------------

RIOGLASS:CC:001:2019



MICROEMPRESA RIOGLASS Manual de un sistema estadístico de calidad para la producción de vidrio termo formado	<b>Fecha:</b> 09/11/2018
	<b>Página:</b> 34 <b>De:</b> 34
	<b>Sustituye a:</b>
	<b>Página:</b> <b>De:</b>
<b>Fecha:</b>	

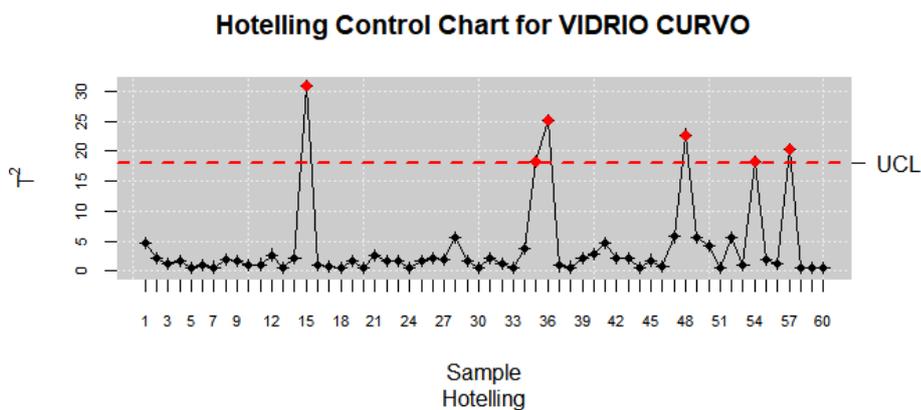
## ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

### Cartas multivariadas

Son usadas para monitorear varias características de calidad a la vez en un proceso productivo siendo estas cualitativas y cuantitativas.

Pasos:

1. Identificar la una base historia
2. Obtener una matriz con distribución de referencia H.
3. Obtener una matriz con una distribución de comparación G.
4. Calcular los estadísticos  $T^2_i$ .
5. Graficar la carta.



Elaborado por: Vannesa Garcés

Elaboró: Vannesa Garcés	Revisó: Ing. Genoveva Tapia Ing. Isabel Escudero	Autorizó: Guillermo Garcés
-------------------------	---	----------------------------

RIOGLASS:CC:001:2019

**Anexo C:** Scrip R del estudio

<b>Códigos en RSTUDIO</b>	
<b>Diagrama de Pareto primarios y secundarios</b>	<pre> dir() pareto_1 = read.table("paretoant.csv",header=T, sep = ";", dec=",") pareto_1 attach(pareto_1) names(pareto_1) library(qcc) Tipo &lt;- Cantidad names(Tipo) &lt;- Defectos.Secundarios Tipo pareto.chart(Tipo) Tabla &lt;- pareto.chart(Tipo) </pre>
<b>Diagrama Causa-Efecto</b>	<pre> library(qcc) cause.and.effect(cause=list(Measurements=c("Temperatura"),                              Materials=c("Vidrio rayado", "Fallas propias vidrio"),                              Personnel=c("Personal descuidado"),                              Environment=c("Clima"),                              Methods=c("Mucha presión de las esquinas"),                              Machines=c("Proceso rotatorio mal estado")), effect="Rupturas en el horno") </pre>
<b>Carta univariada por atributos p (proporción de defectuosos), para muestras constantes y variables</b>	<p><b>Carta mediante formulas</b></p> <pre> dir() grafico_np = read.table("CARTAPNUEVAANTES.csv",header=T, sep = ";", dec=",") grafico_np attach(grafico_np) names(grafico_np) Fraccion &lt;- Disconformes/Tamaño Fraccion Promedio_p &lt;- mean(Fraccion) Promedio_p </pre>

	<pre> n &lt;- mean(Tamaño) n LSC &lt;- (n*Promedio_p)+3*sqrt((n*Promedio_p)*(1-Promedio_p)) LSC LC &lt;- (Promedio_p) LC LIC &lt;- (n*Promedio_p)-3*sqrt((n*Promedio_p)*(1-Promedio_p)) LIC if(LIC&lt;0){LIC &lt;- 0} LIC opts= "b" plot(Fraccion, main="Gráfica np", xlab="Observación") axis(side=1, at=seq(1,length(Muestra),1) ,labels=seq(1,length(Muestra),1)) lines(LIC, type=opts) lines(LC, type=opts) lines(LSC,type=opts) lines(Fraccion, type=opts) text(Fraccion, labels=Muestra, pos=2) # Se etiquetan las muestras abline(h=LSC, col="blue") abline(h=LC, col="red") abline(h=LIC, col="blue")  <b>Carta mediante la libreria qcc</b> library("qcc") grafico_np &lt;- qcc(data = Disconformes, type = "p", sizes =Tamaño) grafico_np\$violations </pre>
<p><b>Profundidad de datos Mahalanobis</b></p>	<pre> dir() Datos&lt;- read.csv("matrizdereferencia.csv", header = T, sep = ";", dec = ".") Datos Y&lt;-(Datos[-c(161:320),]) X1&lt;-Datos[-c(1:160),] </pre>

	<pre> samplemean&lt;-apply(Datos,2,mean)  covZ&lt;-cov(Datos)  Datos2&lt;- read.csv("matrizdecomparacion.csv", header = T, sep = ";", dec = ".")  Datos2 X2&lt;-Datos2 X2&lt;-t(X2) X1&lt;-t(X1) X&lt;-cbind(X1,X2) X&lt;-t(X)  profM&lt;-function(X,covZ,samplemean){   dato&lt;-vector(length=nrow(X))   for(i in 1:nrow(X)){     dato[i]&lt;-t(X[i,]-samplemean)%*%solve(covZ)%*%(X[i,]- samplemean) }   MDx&lt;-1/(1+dato) } x&lt;-profM(X,covZ,samplemean)  rangoprof&lt;-function(D){   r&lt;-vector(length=length(D))   for(i in 1:length(D)){     r[i]&lt;-(sum(D[i]&lt;=D))/length(D) }   r} r&lt;-rangoprof(x) </pre>
<p><b>Carta multivariada por rangos</b></p>	<pre> graf.control.rQ&lt;-function(r,n,alpha){   k&lt;-n    if(k==1){      central&lt;-0.5      LCL&lt;-alpha </pre>

```

tiempo<-1:length(r)

plot(tiempo,r,type='l',col="darkblue",xaxt='n',xlim=c(0,(length(r)+18))
      ,ylim=c(min(LCL,min(r))-0.005,max(r)+0.05))
axis(1,seq(from=0, to=(length(r)),by=10),cex.axis=0.8,las=2)
abline(h=LCL,lty=2)

text((max(tiempo)+10),LCL,paste('LCL=',LCL),pos=3,font=2,cex=0.8)
abline(h=0.5,lty=2)

text((max(tiempo)+6),central,paste('central=',0.5),pos=3,font=2,cex=0.8
)
for(i in 1:length(tiempo)){
  if(r[i]<LCL){
    points(tiempo[i],r[i],pch=4,col="red")
  }
  else {
    points(tiempo[i],r[i],pch=20)
  }
}
mtext('Gráfico de control r',side=3,font=2)
}
if(k>=2){
  x<-matrix(r,nrow=k)
  central<-0.5
  tiempo<-1:ncol(x)
  medias<-c(apply(x,2,mean))
  r<-medias
  zalfa<-qnorm(1-alpha/2,0,1)
  if(k<5){
    LCL<-((factorial(nrow(x))*alpha)^(1/nrow(x)))/nrow(x)
  }
  if(k>=5){

```

	<pre> LCL&lt;-0.5-zalfa*(1/(sqrt(12*nrow(x)))) }  plot(tiempo,r,type='l',xaxt='n',col="darkblue",xlim=c(0,(length(r)+18))       ,ylim=c(min(LCL,min(r))-0.005,max(r)+0.05)) axis(1,1:(length(r)),cex.axis=0.8,las=2) abline(h=LCL,lty=2)  text((max(tiempo)+6),LCL,paste('LCL=',LCL),pos=3,font=2,cex=0.8) abline(h=0.5,lty=2)  text((max(tiempo)+6),central,paste('central=',0.5),pos=3,font=2,cex=0.8 )  for(i in 1:length(tiempo)){   if(r[i]&lt;LCL){     points(tiempo[i],r[i],pch=4,col="red")   }   else {     points(tiempo[i],r[i],pch=20)   } }  mtext('Gráfico de control Q',side=3,font=2) } }  #Para dibujar la gráfica de control r hay que indicar el valor de #k(tamaño muestral) y el de alpha graf.control.rQ(r,1,0.05) </pre>
<p><b>Carta <math>T^2</math> Hotelling</b></p>	<pre> library(qcr) vidrio&lt;-read.csv("despues.csv" ,header=T,sep=";",dec=".") vidrio str(vidrio) data.mqcd&lt;-mqcd(vidrio) </pre>

	<pre>res.mqcs&lt;-mqcs.t2(data.mqcd) summary(res.mqcs) plot(res.mqcs,title="Hotelling Control Chart for VIDRIO CURVO")</pre>
<p><b>Gráficas de proporciones de contribuciones</b></p>	<pre>library ( bootstrap ) dir() grafico_r= read.table("proporcionesdesp3v.csv",header=T, sep = ";", dec=".") grafico_r  xdata = matrix ( grafico_r\$r4 , ncol =1) n = 60 theta = function ( ind , xdata ){   mean ( xdata [ ind , 1])} media1&lt;-bcanon (1: n , 2000 , theta , xdata ,alpha =c (0.025, 0.975 ))#\$confpoints media2&lt;-(mean(media1\$u)) media2 theta = function ( ind , xdata ){   sd ( xdata [ ind , 1])} media3&lt;-bcanon (1: n , 2000 , theta , xdata ,alpha =c (0.025, 0.975 ))#\$confpoints media4&lt;-(mean(media3\$u)) media4  R4 &lt;- grafico_r\$r4 R4  LSC &lt;- (media2+(3*media4)) LSC  LIC &lt;- (media2-(3*media4)) LIC</pre>

	<pre>plot(R4, main="Gráfica proporciones Defectuosos", xlab="Groups", ylim =c (-0.0005,0.0003),type = "b")  abline(h=LSC, col="red")  abline(h=LIC, col="red")</pre>
--	--

**Realizado por:** Vannesa Garcés, 2019.

**Anexo D:** Guía de entrevista al gerente general de la microempresa Rioglass.

<p><b>ENTREVISTA AL GERENTE GENERAL DE LA MICROEMPRESA RIOGLASS</b></p> <p>Datos generales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre</li> <li>• Edad</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Cuál es la actividad comercial de su microempresa?</li> <li>2. ¿Cómo surge su empresa?</li> <li>3. ¿Qué tiempo lleva en el mercado su producto?</li> <li>4. ¿Se le ha presentado algún tipo problema para que su producto no sea de calidad?</li> <li>5. ¿La microempresa cuenta con estructura administrativa?</li> <li>6. ¿Realiza control de calidad al producto que produce y de qué tipo?</li> <li>7. ¿Sus clientes están satisfechos con el servicio y producto que les entrega?</li> <li>8. ¿Los empleados con los que labora conjuntamente tienen compromiso con el cargo que desempeñan y la microempresa?</li> <li>9. ¿Cuáles son las perspectivas futuras para la microempresa?</li> </ol>
--

**Realizado por:** Vannesa Garcés, 2019.