TESIS
ID998
M344
V.1

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

ESTANDARIZACIÓN DE PARÁMETROS DE TRABAJO Y DE CONTROL PARA LA COMPROBACIÓN DE LA CALIDAD EN EL PROCESAMIENTO DE VIDRIOS CLAROS MONOLÍTICOS

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: 19 Diez y Nueve.

JURADO EXAMINADOR

Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Acosta-Julio	Nombre: B.477.232	Nombre: Alberto A. Senior

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

REALIZADO POR	***BR. DIANA SOFÍA MAKAREM ALVAREZ***
PROFESOR GUIA	***ING. JULIO CESAR ACOSTA GUTIERREZ***
FECHA	***OCTUBRE 1.998***

DEDICATORIA

A ***DIOS***, ese ser Divino que me llena de Paz, Amor y Comprensión hacia los demás, él me enseñó que para alcanzar un sueño, se necesita ser constante y fiel.

A ***MAMI*** y ***PAPI***, quienes me dieron la Vida, y me enseñaron lo bello que es luchar por lo que se quiere con honestidad y entereza. Porque ustedes son lo más bello que me regaló Dios.

A mis hermanos, ***ELBA***, ***SALIM*** y ***MARTA***, por el apoyo incondicional que me brindaron en el momento que más lo necesité, *los quiero mucho*.

A***TATA*** y ***TÍA NENA***, ustedes me dan el cariño de madre que no tengo cerca, porque sin ustedes no hubiese podido soportar la lejanía de mis padres y hermanos.

A ***CAROLA***, porque tu me enseñaste que la amistad es algo que perdura en el tiempo, y que aunque no estemos tan cerca como antes, este triunfa va también por ti.

Para todas esas personas que de una u otra forma me ayudaron a sobrellevar los tropiezos que se me presentaron en el camino para llegar hasta aquí.

Para todos ***USTEDES*** les dejo lo mejor de mi.

DIANA

AGRADECIMIENTO

A Dios, ese ser divino, que iluminó mi entendimiento y me dio la sabiduría para alcanzar esta meta de una manera satisfactoria.

A mami y papi, que me ensañaron y guiaron por el camino hacia el éxito. Por darme los consejos necesarios, en los momentos que más los necesité.

A Tía Tata y Tía Nena, por su apoyo y guía en una nueva ciudad, por no haber perdido la confianza en que lo lograría.

A Belfort glass, c.a., que me dio la oportunidad de realizar este estudio en sus instalaciones.

Al Sr. Claudio Di Campli, por brindarme parte de sus conocimientos y su guía.

Al Ing. Julio Acosta, mi tutor, por su paciencia, sus consejos, su guía.

A Jackeline Salas, por brindarme parte de su experiencia en la realización de la investigación.

A los Supervisores de Línea, Melecio, Raúl, Sr. Aquiles, Sr. Guillermo, por el apoyo brindado en el conocimiento de los procesos que realiza la empresa.

A Pedro Escalona, por los conocimientos transmitidos en el área de control de calidad en vidrios.

A todas las demás personas que conforman la familia Belfort glass, por su compañerismo y aliento.

A los Ingenieros Mariela Guillén y Ronald Rodríguez, parte del corazón de este trabajo es de ustedes, gracias por todo!!!!

A Nelly, tu siempre estuviste en mis pensamientos y tus palabras de aliento me acompañaron durante parte de mi carrera y de este trabajo especial de grado.

A Milly, Gladys, Durvin, Sonia, Gueisy, Jenny, Yvelisse, Neika, Adriana, Claudia, por todo el apoyo brindado y compartir conmigo parte importante de mi vida, las quiero... Gracias a todos.....

DIANA

INDICE GENERAL

Pág.

ÍNDICE DE DIBUJOS, FIGURAS, GRÁFICOS Y TABLAS IV

SINOPSIS VI

CAPÍTULO I. ASPECTOS INTRODUCTORIOS

I.1. Introducción 1

I.2. Objetivos 1

I.2.1. Objetivo General 1

I.2.2. Objetivos Específicos 2

I.3. Alcances y Limitaciones 2

CAPÍTULO II. LA EMPRESA

II.1. Breve Reseña Histórica 4

II.2. Productos que Ofrece 4

II.3. Estructura Organizativa 5

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

III.1. Necesidad de la Calidad 6

III.2. Evolución de la Calidad 6

III.3. Técnicas para el Mejoramiento de la Calidad 7

III.4. Necesidad de Controlar los Procesos 9

III.5. Técnicas para el Control de Procesos 9

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

IV.1. Tipo de Investigación 18

IV.2. Técnicas para la Recolección de Datos 18

IV.3. Desarrollo de la Metodología 18

IV.3.1. Planteamiento del Problema 18

IV.3.2. Recolección de Datos 19

IV.3.3. Análisis de los Datos 20

IV.3.4. Decisiones Orientadas por los Datos 20

IV.3.5. Conclusiones y Recomendaciones 20

CAPÍTULO V. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS Y SITUACIÓN ACTUAL

V.1. Materia Prima..... 21
V.1.1. Procedimientos para el Manejo de la Materia Prima..... 21
V.1.2. Situación Actual..... 22
V.2. Procesos Productivos..... 22
V.2.1. Proceso de Reflectivo..... 22
V.2.1.1. Situación Actual..... 25
V.2.2. Proceso de Laminado..... 26
V.2.2.1. Situación Actual..... 27
V.2.3. Proceso de Espejo..... 28
V.2.3.1. Situación Actual..... 29

CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE LOS DATOS

VI.1. Análisis de los Datos en el Proceso de Reflectivo..... 33
VI.2. Análisis de los Datos en el Proceso de Laminado..... 36
VI.3. Análisis de los Datos en el Proceso de Espejo..... 39

CAPÍTULO VII. DESICIONES ORIENTADAS POR LOS DATOS

VII.1. Estandarización de Parámetros para la Comprobación de la Calidad. 42
VII.1.1. Especificaciones para la Materia Prima..... 42
VII.1.2. Especificaciones para el Vidrio Monolítico Reflectivo..... 43
VII.1.3. Especificaciones para el Vidrio Laminado..... 44
VII.1.4. Especificaciones para el Espejo..... 47
VII.2. Ensayos Recomendados..... 48
VII.2.1. Vidrio Monolítico Reflectivo..... 48
VII.2.2. Vidrio Laminado..... 49
VII.2.3. Espejo..... 51
VII.3. Diseño de Experimentos y Análisis de la Variabilidad..... 54
VII.3.1. Proceso de Reflectivo..... 54
VII.3.2. Proceso de Laminado..... 55
VII.3.3. Proceso de Espejo..... 56
VII.4. Estandarización de Parámetros Significantes de Trabajo..... 57
VII.4.1. Proceso de Reflectivo..... 57
VII.4.2. Proceso de Laminado..... 58

VII.4.3. Proceso de Espejo..... 58

CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VIII.1. Conclusiones..... 60

VIII.2. Recomendaciones..... 63

BIBLIOFRAFÍA..... 64

GLOSARIO..... 66

ANEXOS..... **Ver tomo de Anexos**

ÍNDICE DE DIBUJOS, FIGURAS, GRÁFICOS Y TABLAS

Pág.

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

Figura #1. Metodología Empleada (General)..... 17

CAPÍTULO V. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS Y SITUACIÓN ACTUAL

Tabla #1. Secciones de la Cámara de Vacío..... 24

Dibujo #1. Vidrio Laminado..... 26

Dibujo #2. Espejo..... 28

CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE LOS DATOS

Gráfica #1. Evolución del Scrab (Reflectivo)..... 33

Gráfica #2. Diagrama de Pareto para Defectos..... 34

Figura #2. Diagrama Causa – Efecto para Poros..... 34

Gráfica #3. Evolución del Defecto Poro..... 35

Gráfica #4. Histograma de Transmitancia..... 36

Gráfica #5. Evolución del Scrab (Laminado)..... 36

Gráfica #6. Diagrama de Pareto para Espesores..... 37

Gráfica #7. Defectos por Espesores..... 38

Figura #3. Diagrama Causa – Efecto para Láminas Rotas..... 38

Gráfica #8. Evolución del Scrab (Espejos)..... 39

Gráfica #9. Scrab Total por Espesor..... 40

Gráfica #10. Scrab por Espesor..... 40

CAPÍTULO VII. DECISIONES ORIENTADAS POR LOS DATOS

Tabla #2. Especificaciones de Diseño para el Vidrio Monolítico Reflectivo..... 43

Tabla #3. Tolerancias para las Especificaciones de Diseño para el Vidrio Monolítico Reflectivo..... 44

Tabla #4. Especificaciones para Adhesión..... 44

Tabla #5. Especificaciones de Diseño para el Vidrio Laminado..... 46

Tabla #6. Tolerancias para las Especificaciones de Diseño para el Vidrio Laminado..... 47

Tabla #7. Resultados del Diseño de Experimentos en el Proceso de

Reflectivo..... 55
Tabla #8. Resultados del Diseño de Experimentos I en el Proceso de Laminado..... 56
Tabla #9. Mezclas utilizadas en el Diseño de Experimentos I en el Proceso de Espejos..... 56
Tabla #10. Estándares para Parámetros de Trabajo en el Proceso de Reflectivo..... 57
Tabla #11. Estándares para Parámetros de Trabajo en el Proceso de Laminado..... 58
Tabla #12. Preparación de Soluciones del Proceso de Espejos..... 59
Tabla #13. Estándares para Parámetros de Trabajo en el Proceso de Espejo..... 59

SINOPSIS

Anteriormente, la elaboración de los productos se basaba principalmente en la imaginación del fabricante, sin tomar en cuenta las verdaderas necesidades del cliente, y éste último no se preocupaba en exigir sus requerimientos, por lo que no se tomaba en serio el tema de la calidad.

En nuestros tiempos, la calidad ha venido a formar parte de las características más importantes que el consumidor toma en cuenta al momento de adquirir algún producto o servicio. Por tal razón, las empresas se han visto obligadas a mejorar sus mercancías, de manera de cumplir con las exigencias del cliente. Parte de esto es la creación de instituciones donde se estudian y establecen normas, que los productores deben de cumplir para que su producto pueda ser aceptado en los lugares donde se aplican tales normas.

La empresa se ha interesa en mejorar la calidad de sus productos, no solamente para beneficio del cliente, sino también para bienestar propio, es así como se está preparando para lograr la certificación ISO-9001, exigida para las empresas que son diseñadores, productores, vendedores y poseen atención al cliente, y actualmente requisito para entrar al mercado internacional.

Debido a esta visión, se pretende lograr, mediante este estudio, el cumplimiento de parte de los requisitos exigidos por la certificación, lo cual está enmarcado en el objetivo de la investigación, el estandarizar los parámetros de trabajo y de control para la comprobación de la calidad en el procesamiento de vidrios claros monolíticos, de manera de cumplir con los requerimientos del mercado, en cuanto a calidad, tanto nacional como internacionalmente.

Para la mayor compresión de la problemática que se plantea y su posterior solución, el estudio es presentado en capítulos, ocho (8) en total, dentro de los cuales se expone de manera clara, los pasos seguidos en la realización del estudio hasta llegar a una serie de conclusiones y recomendaciones.

En el ***Primer Capítulo*** se realiza la introducción al problema, seguido de los objetivos, tanto general como específicos, que se plantean para la solución de la situación planteada, acompañada con los alcances de la investigación y las limitaciones presentadas durante la elaboración del estudio.

En el ***Segundo Capítulo***, se presenta a la empresa, haciendo una pequeña reseña histórica de la misma, los productos que actualmente ofrece al mercado y su estructura organizativa, en las áreas que competen al estudio.

La base teórica utilizada para atacar el problema y hallar una solución óptima del mismo se encuentra especificada en el ***Tercer Capítulo***, donde se recopila la información pertinente al estudio, tal como las Técnicas aplicables para el Control del Producto y del Proceso, las cuales, son las bases que sustentan a la investigación realizada.

Para lograr aplicar las técnicas con eficiencia, se idea una metodología coherente y lógica que es explicada, paso a paso, en el ***Cuarto Capítulo***, además de identificar el tipo de investigación aplicada, e identificas las técnicas de recolección de datos utilizadas. A partir de este capítulo, se comienza a trabajar con la información adquirida en la empresa, según la metodología empleada.

Para mejor comprensión de la situación en la cual se encuentra la empresa, para la realización de la investigación de este tipo, en el ***Quinto Capítulo***, se hace una descripción de los procesos productivos de la empresa y la situación actual en las mismas, detallando, lo más posible, las características de cada proceso.

En el ***Sexto Capítulo***, se realiza un análisis de los datos recogidos en cada proceso, dando una imagen de los puntos fuertes y débiles que tiene cada proceso, en lo que respecta a la calidad y control de procesos.

Realizado el análisis en el capítulo anterior, se presenta en el ***Séptimo Capítulo*** la propuesta de estándares de diseño para los productos involucrados en el estudio (Vidrio Monolíticos Reflectivos, Vidrios Laminados y Espejos), junto con los ensayos que se consideran convenientes para comprobar la calidad de los productos. De igual manera, se presentan los parámetros de trabajo que influyen en la calidad de los productos, junto con los niveles que se deben de cumplir para alcanzar los estándares de calidad.

Finalmente, se agrupan en el ***Octavo Capítulo*** una serie de conclusiones derivadas del estudio y donde se evidencia de la necesidad de calidad, y sus consecuentes recomendaciones, donde se propone a la empresa un grupo de sugerencias para el mejor cumplimiento de los requisitos necesarios para alcanzar un nivel óptimo de calidad.

CAPÍTULO I
ASPECTOS INTRODUCTORIOS

I.1. INTRODUCCIÓN

La calidad de los productos se ha convertido en uno de los factores de mayor importancia al momento de su adquisición, tanto por parte de los productores como de los clientes, siendo estos últimos, los más exigentes.

Debido a esto, los procesos productivos se han visto en la necesidad de evolucionar, creando nuevas tecnologías de manera de aumentar la producción, utilizando materias primas de mejor desempeño, haciendo inspecciones del producto, tanto al momento de su fabricación como en la salida de la planta ya como producto final, entre otras cosas. Junto a esta evolución, la actividad industrial y fabril se ha incrementado en gran manera para poder cubrir toda la demanda que existe, pero en estos momentos, este crecimiento ha llegado a tal punto, que el mercado se ha saturado y la actividad económica ha sufrido grandes cambios, por tanto, las empresas deben de ser competitivas entre sí, de manera de sobrevivir.

Esta competencia no es nacional únicamente sino que se ha expandido a escala internacional, por lo que las empresas deben cumplir con las exigencias del mercado mundial, siendo una de éstas, la calidad del producto.

La introducción del control de la calidad del producto dentro de una empresa comienza en el estudio del comportamiento del consumidor para conocer sus expectativas con respecto al producto. Al conocer esto, se debe verificar el diseño del producto para saber si está dentro de las especificaciones tanto del cliente como de diseño. De existir discrepancia entre ellas, se debe estudiar el proceso para determinar si se encuentra en capacidad de producir el producto dentro de los parámetros que se requieren.

Belfort glass, c.a., manufacturera de vidrios, no escapa de esta situación, por lo que se ha visto en la obligación de fortalecer sus parámetros de control en los procesos para garantizar la calidad y seguridad de sus productos y para la creación de nuevos diseños, de acuerdo a las exigencias del mercado. Para lograr con éxito este propósito, la empresa debe fortalecer sus mecanismos de producción, mantenimiento, administración, y demás áreas que de una u otra manera, influyen en la calidad del producto.

I.2. OBJETIVOS

I.2.1. OBJETIVO GENERAL

Estandarizar parámetros de trabajo y de control para la comprobación de la calidad en el procesamiento de vidrios claros monolíticos, de manera de cumplir con los

requerimientos del mercado, en cuanto a calidad, tanto nacional como internacionalmente.

I.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir parámetros de calidad para la Materia Prima.
- Identificar parámetros de trabajo que influyen en la calidad del producto en las líneas de Laminado, Reflectivo y Espejos.
- Estandarizar parámetros de Transmitancia, Reflectancia, Adhesión y Coloración para los nuevos modelos de vidrios reflectivos y para vidrios laminados.
- Diseñar pruebas de control de calidad para vidrios laminados.
- Estandarizar parámetros de Adhesión y Humedad para vidrios laminados.
- Elaborar manual de parámetros de trabajo por línea.
- Elaborar manual de estándares de parámetros de control.

I.3. ALCANCES Y LIMITACIONES

Se definirá, para la manufactura de vidrios claros monolíticos, en los procesos de Laminación, Espejos y Reflectivo; el modelo de proceso a seguir, contemplando parámetros, secuencia (para nuevos diseños), normas de diseño y de control, capacidad del proceso, tolerancias y nivel de calidad.

Debido a la gran variedad de colores que ofrece la empresa en los procesos de laminado y reflectivo, se estudiarán los colores más utilizados, de manera que el procedimiento sea extensible para los demás. Se dará especial atención a los nuevos diseños.

En la realización de este proyecto se presentan varias limitaciones:

- Falta de información escrita acerca de la empresa y sus procesos.
- La carencia de información técnica en Venezuela, con respecto a las características principales que se deben de tomar en cuenta para la fabricación de vidrios arquitectónicos.
- Ausencia de algunos equipos para la medición de los parámetros de calidad.
- En el caso del proceso de fabricación de Espejos, la poca producción que se tiene de dicho producto.

- Dificultad para la toma de muestras en los procesos debido al costo que esto influye y debido al tamaño de los productos.
- Poca producción.

CAPÍTULO II
LA EMPRESA

II.1. BREVE RESEÑA HISTÓRICA

Belfort glass, c.a., se encuentra ubicada en la Urbanización Industrial Marin I, Cúa, Estado Miranda: Es una empresa dedicada a la industria del vidrio desde 1.973 con la introducción en Venezuela de vidrios cámara para el área de la construcción. Haciendo una expansión de la planta, la empresa introdujo en 1.976 una máquina fabricadora de espejos a partir de un vidrio monolítico claro para la venta en volumen. Debido a la época, la utilización de este producto en el área de la construcción fue bastante alta, siendo la primera en producir en Venezuela espejos de este tipo.

La venta de vidrios cámara no tuvo gran impacto en el mercado por lo que la empresa, decide en 1.985 lanzar a la venta vidrios laminados claros, sustituyendo a los anteriores, los cuales incluyen vidrios para la construcción, en varios espesores, y de seguridad. A través del tiempo, y por exigencias del mercado, se comenzó a utilizar polyviniles de colores, creando así nuevos diseños, lo que trajo como consecuencia un aumento en la producción y la posibilidad de competir en mercados internacionales.

Con la idea de introducir nuevos productos de buena calidad y estética para la construcción, se adquiere en 1.990 una máquina para la producción de vidrios reflectivos, siendo la primera y la única en América del Sur en poseer esta tecnología, de manera de utilizar este producto como materia prima en el proceso de laminado. Simultáneamente se adquieren dos hornos para el templado del vidrio, tanto plano como curvo, para la aplicación automotriz en el caso del curvo, y arquitectónico en el caso del plano.

Actualmente la empresa tiene la capacidad de procesar un total de 1.8 millones de metros cuadrados al año, de manera de satisfacer los mercados de Brasil, Colombia, Chile, Bolivia, Ecuador, España, Estados Unidos de América, Italia, Perú, Islas del Caribe, y por supuesto, Venezuela.

Posee la mejor tecnología en el procesamiento de vidrio flotado convirtiéndose en una de las plantas más grandes en América del Sur y la única en la región.

II.2. PRODUCTOS QUE OFRECE

Actualmente la empresa ofrece a su clientela una gran variedad de productos, los cuales se agrupan según su proceso productivo:

- **Laminado Reflectivo (VRB)**: este cristal se fabrica fundiendo una lámina de polyvinyl de diferentes colores con un vidrio claro y otro reflectivo, el cual, se

obtiene por medio del proceso de bombardeo atómico en vacío (Sputtering). Se producen los siguientes tipos de cristal:

- Series: SS-08, SS-14, SS-25.
- Series: TS-20, TS-30, TS-40.
- Serie Prisma.

Su agradable estética, gran gama de colores y la reflectividad, lograda al combinar distintos metales, óxidos y polyvinyl butyral, lo convierten en un elemento esencial de la arquitectura moderna.

- **Laminado Natural**: el cristal laminado arquitectónico incoloro (color natural) se obtiene fundiendo una lámina de polyvinyl entre dos o más paneles de vidrio.
- **Espejos**: este producto tiene compatibilidad con un amplio grupo de pegamentos, resistencia de más de 800 horas en ambiente de niebla salina, pintura termo satín y un plateado de alta resistencia.
- **Vidrio Templado**: se fabrica en un horno horizontal continuo donde se calienta y luego es enfriado bruscamente. Tiene capacidad de soportar altas temperaturas y choques termales hasta 205 °C. Es recomendable para puertas y ventanas de emergencia, pasamanos, barandas, entre otras.

II.3. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

La empresa muestra una organización de tipo vertical, conformada por varias gerencias, que trabajan en conjunto para brindarle al cliente un producto de calidad. En el *Anexo I* se muestra el organigrama general de la empresa, así como también el de la Gerencia de Planta.

CAPÍTULO III
MARCO TEÓRICO

III.1. NECESIDAD DE LA CALIDAD

La manera que actualmente se comporta el mercado, obliga a las empresas a mejorar la calidad de sus productos a la venta. Esto quiere decir, para que una empresa pueda competir con otras de su misma rama, no sólo nacional sino también internacionalmente, debe cumplir con ciertos requisitos, tanto de calidad como de organización y producción.

Parte de esto se ve en la globalización, donde las empresas a nivel mundial tratan a toda costa el Cero Defecto, introducido por los japoneses, que ha llegado a ser uno de las técnicas más importantes junto con otras técnicas introducidas por esta filosofía.

Como lo señala el Dr. Armand V. Feigenbaum: *"La Calidad ha llegado a ser la fuerza más importante y única que lleva al éxito organizacional y al crecimiento de la compañía en mercados nacionales e internacionales. Los rendimientos de programas de calidad fuertes y eficientes están generando excelentes resultados de utilidad en empresas con estrategias de calidad eficientes. Esto está demostrado por los importantes aumentos en la penetración del mercado, por mejoras importantes en la productividad total, por los costos mucho menores de calidad y por un liderazgo competitivo más fuerte".*[1]

III.2. EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD

El proceso productivo comenzó desde que el hombre comenzó a fabricar productos para su supervivencia. En esos momentos, la calidad de ellos dependía fundamentalmente de la persona que elaboraba tales enseres, realizando únicamente lo que ella y su familia pudieran necesitar en un momento preciso. A esta persona actualmente se le conoce como *artesano*. Al transcurrir del tiempo, las familias se especializaban en un producto en particular, por lo que se comenzó el trueque de bienes entre familias y luego entre ciudades, aumentando el volumen de producción.

El nombre de la familia que elaboraba el producto se convertía en una garantía de calidad, por lo que se hallaba el secreto de elaboración, transmitiendo de generación en generación los pasos para la fabricación de tales bienes. Mas tarde, la manera de elaborar los productos (trucos) se transmitía a una persona muy cercana al artesano, su *ayudante*. De esta manera se hallaban dos características principales en la producción de bienes, productos de excelente calidad pero que su realización requiere de un tiempo determinado, generalmente largo.

[1] FEIGENBAUM, ARMAND V., "Control Total de la Calidad", 1.995, Prólogo a la Tercera Edición, p. XXVII

La verdadera revolución de la productividad es el cambio de los procesos, de manera que se hace necesaria la *estandarización* del mismo. De esta forma, los artesanos (o sus alumnos) fueron enseñados de una manera más rápida, sin necesidad de facilitarles los secretos de fabricación, existiendo de esta forma, un número mayor de operarios que se tradujo en un aumento de la producción y por consecuencia de productividad. En este nivel, la calidad vino dada por el cumplimiento de los estándares establecidos en cada proceso por los artesanos, llamado ***operador de la calidad***.

Es importante resaltar que el Proceso de Calidad aumenta al paso del aumento de la Productividad, es decir, que el mejoramiento de la calidad conlleva a un aumento de la productividad del proceso productivo.

La Revolución Industrial generó la explotación de la mano de obra en Gran Bretaña, lo que originó la obra de Karl Marx, *"El Capital"*, la cual se fundamenta en la explosión de la clase proletaria, ya que para que la producción aumente se necesita que se aumenten las horas de trabajo o que el trabajo se realice de manera más ardua.

La falla existía en la tecnología, por lo que surgen nuevas teorías para que aumente la productividad, pero en esta ocasión, enfocadas a los procesos. De este pensamiento surge el estudio del trabajo referente a esto, realizado por Taylor, donde desmitifica el significado de artesano, ya que él sostiene que no hay como un obrero calificado. Esto hace que se salte la brecha de tiempo de preparación del artesano. En esta etapa, los obreros deben ser supervisados por una persona, quien es el responsable de la calidad del producto, surgiendo el ***supervisor de control de calidad***.

Después de la II Guerra Mundial sucede otra evolución en la productividad, y en consecuencia en la calidad, lo que se conoce como Revolución de la Gerencia, donde la propiedad de las empresas ya no es de una sola persona, sino que, por la creación de la acción, la propiedad de la empresa envuelve a una gran cantidad de personas (Democratización del Capital). Esta revolución persigue el aumento de la productividad, invirtiendo parte del capital para el estudio de las tecnologías, las máquinas, los procesos.

III.3. TÉCNICAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS

Al momento de fabricar un producto se deben considerar ciertos factores, de manera de poder llevar a cabo un buen control de la calidad del mismo. De esta manera el Dr. Armand V. Feigenbaum propone como técnicas para el mejoramiento del control de la

T_i: Tolerancia del Componente i

- ✓ Análisis de la Confiabilidad y Ciclo de Vida de Producto: Se utiliza para determinar si el producto que se fabrica estará en capacidad de realizar la actividad para la cual se ha producido. Para la medición de la confiabilidad del producto se deben tomar en cuenta cuatro factores importantes: probabilidad, rendimiento, tiempo, condiciones.

- *Examen del Efecto de Procesos y de Métodos:*
  - ✓ Adaptar productos y Procesos, de acuerdo con su Compatibilidad: Para que el producto mantenga las características de calidad a los niveles deseados, es importante conocer si el proceso está en capacidad para lograrlo, de no ser así, se deben realizar modificaciones al producto para que el proceso esté en capacidad de hacerlo. Si sucede el caso contrario, se debe intentar que la capacidad del proceso sea igual o menor que las tolerancias dadas para las características de calidad.

- *Estudios de Proveedores:*
  - ✓ Evaluación de las Cualidades de los Proveedores: Sobre las materias primas de mayor importancia (vidrio claro monolítico, polyvinyl butyral), debe tenerse control de la calidad. Una manera de hacerlo, es aplicando pruebas a los productos al momento de llegar a la fábrica, pero esto es relativamente costoso para el fabricante. La manera más sencilla es exigiendo al proveedor o induciéndolo a tener un control de calidad dentro de su planta y que certifique al momento de despachar a sus clientes, la calidad de su producto.

III.4. NECESIDAD DE CONTROLAR LOS PROCESOS

Como se evidencia en el apartado anterior, es fundamental que el proceso esté en condiciones para lograr producir el producto con las características deseadas. A este respecto, en los últimos años, el estudio de la calidad se ha concentrado en el mejoramiento de los procesos, de manera de garantizar que el bien o servicio que se ofrece al mercado cumple con los requerimientos de calidad establecidos.

III.5. TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE PROCESOS

Al igual que para el producto, existen técnicas que ayudan a determinar las capacidades de los procesos de fabricar los productos y servicios con los requerimientos previamente

establecidos. Entre los propuestos por el Dr. Armand V. Feigenbaum, se encuentran los siguientes:

- *Determinación de la Capacidad:*
  - ✓ Análisis de la Capacidad de Máquinas y Procesos: Para hallar la capacidad del proceso, se necesita que éste cumpla con la Distribución Normal, y que sea además centrado, esto quiere decir, que la media, mediana y moda, sean iguales. Para determinar si el proceso sigue una Distribución Normal, existen las llamadas Pruebas de Ajuste a la Normal, unas de ellas es *Prueba de Geary*, la cual es exclusiva para este fin. Esta prueba buscar probar la hipótesis nula:

$$\begin{Bmatrix} H_0: & X \text{ se ajusta a la Normal} \\ H_1: & X \text{ no se ajusta a la Normal} \end{Bmatrix}$$

Para llegar a hacerlo, es necesario seguir una serie de pasos, en el siguiente orden:

1. Establecer un nivel se significación (α), de los cuales los más utilizados son 1%, 5% o 10%.
2. Calcular la Media Muestral a partir de la siguiente ecuación:

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

3. Calcular la desviación de cada dato de la muestra respecto a la Media Muestral.
4. Realizar la primera estimación del parámetro "σ" (desviación típica) a partir de la Desviación Típica Muestral, dada por la fórmula:

$$S = \hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^2}{n}}$$

5. Calcular la Desviación Media de la Muestra (D.M), por medio de la ecuación:

$$D.M = \frac{\sum_{i=1}^{n} |X_i - \overline{X}|}{n}$$

6. Efectuar la segunda estimación de la Desviación Típica, mediante el uso del estimador:

$$\hat{\sigma}_3 = \sqrt{\frac{\pi}{2}} D.M$$

calidad de los productos, las siguientes (se presentan las que aplican al estudio que se realiza):

- *Identificar la Necesidad de la Calidad:*
  - ✓ Descripción de los Requisitos de la Calidad: Se determinan cuáles son las características importantes del bien o servicio y se especifica su valor y sus límites de tolerancias. La identificación de los parámetros de calidad es dada por el diseñador del producto, pero tomando en cuenta, principalmente, cómo va a ser utilizado por el cliente y por las condiciones a las cuales será expuesto. Lo que quiere decir, que se debe incluir en la especificación de los parámetros, las necesidades del cliente. En algunos casos, existen normas, tanto nacionales como internacionales, que deben cumplir los productos para poder ser introducidos en el mercado, por lo que se deben tener presente al momento de determinar las características de calidad.
- *Examen del Diseño Propuesto:*
  - ✓ Diseño de Experimentos: Es una técnica para determinar las características de un proceso que influyen significativamente al producto que se fabrica; de esta forma se puede lograr definir una combinación óptima, de manera de poseer al final del proceso, el producto con las condiciones de calidad definidas al principio.

    Existen diferentes métodos de experimentos para estos fines, pero debido al tipo de producto y proceso que se estudia, no se aplica ninguno en especial. El método que será empleado será el siguiente: se tomarán las variables, que según la experiencia que se tiene acerca del proceso, se consideran influyentes y se realizarán variaciones para estudiar los resultados dados, de manera de hallar una combinación óptima para el proceso.
  - ✓ Distribución Económica de Tolerancias: Al haber definido el valor de los parámetros de calidad del producto, se debe determinar la tolerancia permitida para cada característica, de manera de poseer un rango de aceptación, ya que no es posible fabricar con el valor exacto del parámetro. Cuando en la fabricación del producto intervienen dos más componentes, cada uno con su respectiva tolerancia, el producto final poseerá una tolerancia dada por la siguiente ecuación:

$$T_T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + T_3^2 + \ldots + T_n^2}$$

donde,

T_T: Tolerancia Total

7. Calcular el valor del estadístico U, definido como el cociente:

$$U = \frac{\hat{\sigma}_3}{S}$$

En el caso de que se tengan muestras grandes, y además provengan de una distribución normal, la distribución de esta variable también será una normal con media 1, y desviación típica $\frac{0.2661}{\sqrt{n}}$.

8. Tipificar el valor de U obtenido en el apartado anterior: $z = \frac{U-1}{0.2661}\sqrt{n}$.
9. Ir a la tabla normal con el nivel de significancia escogido y leer el valor crítico para la prueba bilateral.
10. Comparar el valor de z hallado en el apartado anterior con el calculado en el paso 8, si $-z_{\alpha/2} \leq z_U \leq +z_{\alpha/2}$, entonces se acepta la hipótesis nula, y se demuestra que el proceso sigue una distribución normal.

Después de establecer esto, se determina si el proceso está o no centrado, hallando la media, la mediana y la moda de la muestra. Estas dos últimas calculadas mediante las siguientes ecuaciones:

$$Mediana = P_{50} = L_{i-1} + \frac{\frac{n \cdot 50}{100} - F_{i-1}}{f_i} \cdot c$$

$$Moda = L_{i-1} + \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \cdot c$$

donde,

P_{50}: Percentil 50

L_{i-1}: Límite inferior del intervalo donde se encuentra P_{50}

F_{i-1}: Frecuencia acumulada hasta el intervalo anterior

F_i: Frecuencia del intervalo donde se encuentra P_{50}

c: Amplitud de los intervalos de clase

Δ_1: Diferencia de frecuencias a la izquierda de la clase modal

Δ_2: Diferencia de frecuencias a la derecha de la clase modal

n: Tamaño de la muestra

Esta comprobación, se realiza por medio de la agrupación de los datos en una tabla de frecuencias.

Después de realizado esto, se procede a elaborar las Gráficas de Control. Cabe destacar que existen dos tipos de gráficas: por variables o por atributos. Para nuestro caso, determinación de la capacidad del proceso, se debe realizar por medio de las gráficas de control por variables. Esta a su vez, puede ser construida de varias maneras: media – rango; media – desviación típica muestral, para nuestro estudio, se toma el primer tipo de gráfica de control. Para su construcción, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Tomar grupos de no menos de dos mediciones en diferentes ocasiones, teniendo no menos de veinte grupos.
2. Se calcula la media de cada grupo de medidas junto con el rango del mismo grupo. Para este calculo se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\overline{X}_j = \frac{\sum_{i=1}^{k} X_i}{k} \qquad 1 \le j \le n$$

$$R_j = X_{mayor} - X_{menor} \qquad 1 \le j \le n$$

3. Seguidamente se calcula la Gran Media y el Rango Medio de la muestra de la siguiente manera:

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\sum_{j=1}^{n} \overline{X}_j}{n}$$

$$\overline{R} = \frac{\sum_{j=1}^{n} R_j}{n}$$

4. Hallado esto, se procede a calcular los Límites de Control para ambos parámetros:

$$L.C.S_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_2\overline{R}$$

$$L.C.I_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_2\overline{R}$$

$$L.C_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}}$$

$$L.C.S_R = D_4\overline{R}$$

$$L.C.I_R = D_3\overline{R}$$

$$L.C_R = \overline{R}$$

donde:

capacidad, constituyen la herramienta para determinar si el proceso puede o no cumplir las especificaciones".[2]

4. Analizar la posición de los límites naturales del proceso con respectos a los límites de especificaciones. Pueden presentarse tres situaciones:
   a) Los límites de variación naturales del proceso están incluidos en los límites de especificaciones, es decir, [L.N.I; L.N.S] $\subseteq$ [L_i; L_s]. En este caso, es la situación más ideal, y se concluye que el proceso es capaz.
   b) Los límites de especificaciones están incluidos en los límites naturales de variación del proceso, es decir, [L_i; L_s] $\subseteq$ [L.N.I; L.N.S]. En este caso, el proceso no es capaz y habrá un porcentaje de piezas defectuosas.
   c) Los límites de especificaciones no se encuentran incluidos en los límites naturales de variación y viceversa. Por supuesto, el proceso no es capaz y existirá, además de producto defectuoso, producto no conforme.

   Para estimar el porcentaje de producto defectuoso, se debe hacer una comparación entre los límites naturales de variación del proceso y los límites de especificaciones.
5. Estimar el Rango o Coeficiente de Capacidad del Proceso, mediante la s expresiones, según sea el caso:

$$\hat{C}_P = \frac{L_s - L_i}{6\hat{\sigma}} \qquad (\textit{Para Proceso Centrado})$$

$$\hat{C}_{PK} = \text{mín}\textit{imo entre}\left\{\frac{L_s - \overline{\overline{X}}}{3\overline{R}}d_2; \frac{\overline{\overline{X}} - L_i}{3\overline{R}}d_2\right\} \qquad (\textit{Para Proceso no Centrado})$$

donde,

L_s: Límite superior de especificaciones

L_i: Límite inferior de especificaciones

Si el coeficiente toma un valor mayor o igual a uno, se entiende como que el proceso en suficiente mente Capaz.

✓ Capacidad del Equipo de Medición de la Calidad y Análisis de la Repetibilidad: No sólo se debe revisar la capacidad del proceso que fabrica el producto, sino que también aquel equipo que se encarga de las mediciones de las características de calidad. Es necesario revisar la variabilidad que posee para determinar si es capaz

[2] Ing. Angel Francisco Arvelo. LA CAPACIDAD DE LOS PROCESOS. Métodos Estadísticos exigidos por las Normas ISO-9000. Primera edición, pág. 94.

de medir dentro de las tolerancias requeridas para el parámetro de calidad. Generalmente la precisión del equipo viene dada por él al momento de adquirirlo, por lo tanto, al momento de obtener el equipo de medición se debe tener en claro cuáles son las medidas a hacer y sus respectivas tolerancias de manera de asegurar que el equipo está en capacidad para realizar el trabajo requerido.

- *Determinar el Grado de Conformidad con los Valores Proyectados:*
  - ✓ Pruebas, Inspección y Análisis de Laboratorio de Material Recibido: Parte importante de la calidad de un producto es el de garantizar que la materia prima de los mismos cumpla con una serie de requisitos, los cuales deben ser revisados de alguna manera al momento de llegar a la fábrica. En el caso del presente estudio, se trabaja principalmente con la inspección visual de la materia prima principal.
  - ✓ Inspección para Asegurarse de la Calidad: Un primer paso para la comprobación de la calidad del producto final es la inspección del mismo al momento de salir del proceso y verificar si existen variaciones de sus características de calidad, de manera de tratar de determinar si son debido a características del proceso o son inherentes a los materiales de fabricación. Esta inspección se puede realizar a cada pieza fabricada (100%) o por medio de una muestra estadística del lote.
  - ✓ Pruebas No Destructivas y Evaluación: Es la verificación del producto de las características específicas del producto sin darle ningún cambio a los mismos. Por la características del producto que se estudia. De existir una variación pronunciada de los parámetros de calidad, o estar fuera de especificaciones, se deben efectuar modificaciones al proceso de manera de corregir la falla.
- *Determinar las Causas de Variación:*
  - ✓ Análisis de la Variación en los Procesos: Esta técnica se utiliza para determinar las características (variables) del proceso que generan variaciones al producto y verificar su significancia, de forma tal de poder eliminarla o reducirla lo más posible. Esto se realiza a través de un diseño de experimentos y luego revisando la influencia de la variación en las características de calidad. Existen dos tipos de variaciones: Las comunes, que son inherentes del proceso, por lo que no pueden ser controlables; y las asignables, que son factores que afectan al proceso y son controlables.
- *Identificación de Causas de Defectos:*

L.C.S: Límite de Control Superior

L.C.I: Límite de Control Inferior

L.C: Línea Central

A_2: Es un valor que se encuentran en tablas (ver Anexo XIII) y depende del tamaño de la muestra

D_3: Valor que depende del tamaño de la muestra, encontrado en tablas (Anexo XIII)

D_4: Valor que depende del tamaño de la muestra, encontrado en tablas (Anexo XIII)

5. Se procede a construir las gráficas.
6. De haber datos que caigan fuera de los límites de control, se debe investigar las causas que pudieron originar estos datos fuera de los rangos y después eliminarlos de las gráficas y volver a calcular los límites.

Al haber realizado esto, y estar todos los datos dentro de los límites de control, se puede proceder a medir la capacidad del equipo o proceso. Esto se realiza cumpliendo con los siguientes pasos:

1. Estimar los parámetros de la distribución normal a través de la gráfica de control, de la siguientes manera:

$$\hat{\sigma} = \frac{\overline{R}}{d_2} \qquad \hat{\mu} = \overline{\overline{X}}$$

donde,

d_2: Es un valor estadístico que se encuentra en tablas y depende del tamaño de la muestra (Anexo N°)

2. Buscar los límites de variación naturales del proceso, mediante los valores estimados: $\hat{\mu} \pm 3\hat{\sigma}$. Límite natural Superior (L.N.S = $\hat{\mu} + 3\hat{\sigma}$) y Límite Natural Inferior (L.N.I = $\hat{\mu} - 3\hat{\sigma}$).
3. Determinar los límites de especificación, los cuales son dados por el fabricante.

Es importante destacar lo señalado por el Ing. Angel Francisco Arvelo, en su libro "La Capacidad de los Procesos", dicho textualmente: "... *el objetivo fundamental del Gráfico de Control es el conocimiento del proceso bajo condiciones estables de operación, y que el análisis de especificaciones y posteriormente el estudio de*

- ✓ Análisis de los Datos Obtenidos en Pruebas: Esto se utiliza para inferir o establecer posibles variaciones influyentes dentro del proceso y tomar acciones correctivas.
- ✓ Análisis de Desperdicios y Reprocesos: En algunas ocasiones, hay productos que necesitan ser reprocesados para que entren dentro de las especificaciones establecidas; en otras, los desperdicios pueden ser utilizados en otros procesos, y por último están aquellas que no pueden ser salvadas y deben ser desechadas (desperdicio). Para poder disminuir los desperdicios y reprocesos, hasta eliminarlos, se debe tener un récord de los mismos especificando la causa por la cual se considera como desperdicio o por la que necesite un reproceso.
- ✓ Análisis de Quejas del Cliente: Se espera que cuando el producto llegue a manos del cliente, éste no posea ningún defecto o en caso contrario, sean reducibles al máximo. En algunas ocasiones, esto no ocurre, y es en ese momento cuando el cliente se queja al productor. Estas quejas deben ser analizadas para determinar las causas posibles de tales defectos y corregir al momento dichas causas, de tal manera que no vuelva a ocurrir dicha falla.

CAPÍTULO IV
METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta investigación, se hizo necesario la utilización de una metodología sistemática, de manera de cumplir de forma satisfactoria todos los objetivos planteados, cubriendo los requisitos que aplican para la elaboración correcta de un sistema de calidad. A continuación se presentan los pasos a seguir para la realización de este estudio. En el *Anexo II* se presenta el desglose de estas actividades.

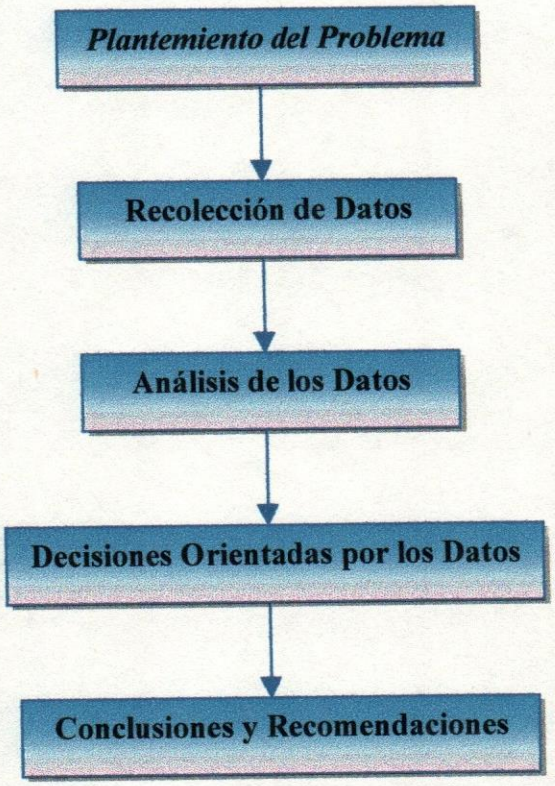


Figura #1. Metodología Empleada (General)

IV.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo al tipo de proyecto y a las actividades que son necesarias realizar, se realiza una Investigación Quasi – Experimental, ya que algunas de las variables que intervienen en el estudio, por su naturaleza, no permiten su control o manipulación, aunque éstas sean relevantes.

Para comenzar la investigación, se requiere consultar la literatura existente acerca de las técnicas que ayuden a cumplir con los objetivos propuestos, para luego tener en forma clara, cuáles son las variables que pueden ser controlables y las que no. Por lo tanto, se utilizó el Diseño Bibliográfico y Documental.

Por otro lado, para lograr obtener una solución que fuese coherente con la realidad de la empresa, se utilizó el Diseño de Campo, para lograr alcanzar soluciones a problemas que están íntimamente ligadas con la problemática planteada en el estudio.

IV.2. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la recolección de información necesaria para el desarrollo del estudio, se enmarca en tres técnicas, las cuales son:

- *Revisión Bibliográfica*: se realizó una investigación acerca de todas las normas de calidad que son pertinentes al tipo de producto que se fabrica, tanto nacionales como internacionales, de manera de enmarcar el estudio dentro de ellas. De la misma forma, se investigó todas las técnicas de calidad necesarias, lo cual ayudó a la construcción del marco teórico y del marco metodológico.
- *Entrevista con Personas Claves*: Se realizaron entrevistas con las personas que están íntimamente involucradas en los procesos productivos, de manera de obtener información acerca de su funcionamiento, tanto productivo como de calidad.

IV.3. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

A continuación se detalla cada parte, de acuerdo al orden lógico establecido anteriormente, las etapas de la investigación:

IV.3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Esta es la primera etapa en cualquier tipo de investigación, en ella se presenta el problema a estudiar, planteando los objetivos que se requiere cumplir y determinando el alcance del estudio y las limitaciones que se presentan en el mismo.

IV.3.2. RECOLECCIÓN DE DATOS

En esta etapa, se recolecta la información necesaria para lograr cumplir con los objetivos propuestos, comenzando conociendo la empresa, su historia, cuáles son sus procesos y productos, y la manera como actualmente está trabajando trabajan dichos procesos.

Seguidamente, se busca información teórica de cómo debe ser resuelto el problema planteado, determinando los pasos a seguir, y los datos específicos que se deben de tomar en cuenta. En este nivel, se identifican las áreas y los departamentos de la empresa que aportarán información relevante, siendo ésta, clasificada de acuerdo al orden de importancia.

La información específica necesaria dada por la investigación teórica se determinó de la siguiente manera:

- *Gerencia General:*
  - Requisitos de calidad esperados.
- *FONDONORMA:*
  - Requisitos de calidad exigidos por la institución de manera de poder vender el producto en el mercado.
- *Ventas:*
  - Requisitos de calidad exigidos por el cliente.
  - Quejas dadas por los clientes.
- *Compras:*
  - Evaluación dada a los proveedores.
  - Certificados de calidad dados por los proveedores.
  - Procedencia de la Materia Prima.
- *Almacén de Materia Prima:*
  - Manejo de la Materia Prima.
- *Producción:*
  - Tipos de procesos.
  - Controles a los procesos.
  - Parámetros de trabajo.
  - Condiciones de trabajo.
- *Control de Calidad:*
  - Equipos de medición.
  - Métodos de medición.

- Ensayos que se realizan.
- Procesos que abarcan.

IV.3.3. ANÁLISIS DE LOS DATOS

En este nivel, se hacen los análisis de resultados de la aplicación de las técnicas utilizadas y de la información recabada. Para realizarlo de manera eficiente, se utilizan todas las técnicas existentes para este fin, tal como Diagrama Causa-Efecto, Diagrama de Pareto, de tal manera de identificar las posibles causas que originan las deficiencias en los procesos para alcanzar un producto de alta calidad, dentro de las normas establecidas.

IV.3.4. DECISIONES ORIENTADAS POR LOS DATOS

En esta etapa de la investigación, se plantean las posibles acciones a seguir, ya sean correctivas o no, de acuerdo al resultado derivado del análisis de los datos.

IV.3.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta es la última etapa donde se agrupan los aspectos más importantes y que afectan de manera importante a la empresa, dando sugerencias para lograr un mejor desempeño de la misma.

CAPÍTULO V
DESCRIPCIÓN DE PROCESOS Y SITUACIÓN ACTUAL

V.1. MATERIA PRIMA

Se definen dos tipos de materia prima:

a) **Materia Prima Bruta:** Es la proveniente de proveedores externos y no ha sufrido ninguna transformación en planta. Puede ser: Láminas de Cristal en diferentes espesores en milímetros (2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5, 6, 8, 10 y 12); Polyvinil Butyral en diferentes espesores en milímetros (0.38, 0.76 y 1.50); Químicos; Detergentes; entre otros.

b) **Materia Prima Procesada:** Es el producto elaborado por un Departamento y que será utilizado por otro Departamento diferente al que lo generó. Puede ser en láminas o piezas.

V.1.1. PROCEDIMIENTOS PARA EL MANEJO DE LA MATERIA PRIMA

Existen diferentes procedimientos para el manejo de la materia prima dentro de la empresa, los cuales dependerán de los departamentos a los cuales será dirigida:

- **Departamentos de Reflectivo, Laminado, Corte y Espejo:** Estos departamentos utilizan materia prima bruta (Cristal Monolítico). Se debe hacer una solicitud de materia prima al almacén, indicando cantidad y especificaciones requeridas. Al momento de la entrega, se debe hacer una verificación de la material para comprobar que cumple con los requisitos exigidos. A partir de este momento, la responsabilidad del material queda en manos del departamento que le dará uso.

  Se debe realizar un reporte mensual de materia prima no utilizada y ser enviado al almacén y, de existir algún desperfecto en ella, se debe realizar un informe donde se indique el problema para luego ser reemplazada por medio de una solicitud.

- **Departamentos de Laminado y Corte:** Estos departamentos utilizan materia prima procesada (Láminas de Cristal Monolítico Procesadas). Se debe realizar una solicitud al departamento productos, indicando la cantidad y las especificaciones requeridas. Al momento de la entrega será llenado un formato de entrega de producción, para luego ser verificado. Se debe hacer un reporte mensual de la materia prima procesada no utilizada al almacén.

- **Departamentos de: Templado, Laminado y Acabado Final:** Estos departamentos utilizan materia prima procesada en piezas. Se realiza una solicitud de materia prima al departamento de Corte o Laminado, para que el primero realice los despieces y optimización de las láminas a utilizar (materia prima bruta), este departamento debe

realizar la solicitud al almacén la cantidad de láminas necesarias. Después de estar cortadas serán entregadas al departamento que hizo la solicitud.

V.1.2. SITUACIÓN ACTUAL

El control de la Calidad de la materia prima es fundamentalmente de manera visual. En lo que respecta al vidrio claro monolítico (materia prima bruta), se realiza la inspección al momento de llegar el cargamento a la planta, tomando como factor principal, el estado en que viene empacado el material. Primero se revisa las condiciones en que se encuentra el contenedor, y al momento de bajarlos de mismo, se revisa el estado del empaque en sí del vidrio.

El sistema de inspección no es estricto, se toma en consideración, como factor influyente, la humedad que posea el empaque al momento de descargarlo del container, dándole prioridad a aquellos que posean una mayor cantidad de humedad. Dependiendo de esta cantidad, se determina si será utilizado y a qué proceso deberá ser enviado, si se encuentra en muy malas condiciones es rechazado el embarque. De una u otra forma, es notificado al proveedor las condiciones de llegada del material para que tomen mejores precauciones en el nuevo envío.

Con respecto al polyvinyl butyral, el material despachado contiene documento que certifica la calidad del mismo, además, los empaques poseen un medidor de humedad para garantizar el mantenimiento de la misma al momento de la llegada a la planta. Su movimiento es muy delicado, depende del tipo del polyvinyl, si es interlayer o no. En el del primero no necesita almacenarse en frío, debido a que posee una lámina separadora para impedir que el material se adhiera, al momento de ser utilizado en la producción, se debe introducir en la cava refrigerante para hasta que se enfríe. En el caso del polyvinyl no interlayer, se debe mantener refrigerado en una cava a una temperatura de aproximadamente 5°C y a alta humedad.

V.2. PROCESOS PRODUCTIVOS

V.2.1. PROCESO DE REFLECTIVO

El proceso es realizado por un equipo del tipo Single Ended System (la carga entra y sale de la cámara de vacío por el mismo lado), de forma continua. Está conformado por seis zonas: carga, lavado y secado, zona de vacío, lavado y secado final, inspección y descarga.

- **Zona de Carga:** Las láminas de vidrio monolítico son cargadas a la máquina por medio de la mesa de carga, luego de ser inspeccionadas, de allí son enviadas a la zona de lavado y secado.
- **Zona de Lavado y Secado:** Esta zona tiene como objetivo preparar a la lámina a un grado de limpieza tal, que el recubrimiento se adhiera al vidrio. Esta zona consta de cinco etapas. La primera consiste en la inyección de agua a una presión de 160 lb como máximo y 50 lb como mínimo, a una temperatura entre 50 y 60 °C (los valores de presión y temperatura dependen del espesor del vidrio), el vidrio es mojado por ambas caras. La segunda etapa, consta de un sistema de seis rodillos cilíndricos, tres superiores y tres inferiores (ambas caras), donde se le inyecta una solución de agua desmineralizada a una temperatura entre 50 y 60 °C, a una presión de 60 lb, con jabón biodegradable especial para vidrios. Mientras esta saliendo de esta etapa y el comienzo de la siguiente, al vidrio se le inyecta una pequeña cantidad de agua para la primera remoción del detergente. En la siguiente etapa, la lámina pasa por dos hileras de cepillos circulares giratorios y oscilantes donde se inyecta una nueva solución de jabón biodegradable con agua desmineralizada, pero esta vez sólo a la cara donde se aplicará el recubrimiento. Seguidamente, en la cuarta etapa, se inyecta agua desmineralizada caliente por ambas caras para la total remoción del jabón. Finalmente, en la quinta y última etapa, el vidrio pasa por el secador tipo cortina, donde se inyecta filtrado (20 micras).
- **Zona de Cámara de Vacío:** Aquí se realiza el recubrimiento por medio de electrodepositación (*Ver Anexo IV)*. Las principales secciones del sistema de vacío y sus funciones Se presentan en la *Tabla #1*.

El recubrimiento se realiza con tres cátodos que pueden ser de acero, titanio, aluminio o combinación de estos, y tres ánodos (cobre). El gas que se hace circular por la cámara puede ser argón, nitrógeno, oxígeno, helio o gases inertes (99,9% de pureza). Al ser cargados eléctricamente el ánodo y el cátodo, se obliga a liberar electrones que al chocar con el cátodo hace que se depositen en el vidrio para formar así la capa reflectiva.

- **Zona de Lavado y Secado Final:** Al salir de la cámara de vacío, la lámina se lava con agua desmineralizada inyectada y luego es secada por la inyección de aire en forma de cascada. Esto se hace para eliminar algún residuo del proceso de recubrimiento.

Cámara	Función
Aislamiento	Permite transferir al vidrio desde atmósfera a un ambiente de vacío intermedio.
Espera	Proporciona una transición del vacío intermedio al alto, donde el aire es liberado rápidamente; temporalmente el vidrio es retenido hasta que pueda ser aceptado para ser procesado; ayuda a aislar la cámara del proceso mientras entra el gas a la cámara de aseguramiento. Esta equipado con un portador doble-engalanado que permite dos láminas para estar simultáneamente en la cámara, una sobre la otra; cualquier portador puede estar horizontalmente en línea para recibir y transportar la lámina a la máxima velocidad del transportador, dependiendo del progreso del ciclo.
Pulido	Recibe la lámina de la cámara de espera y la transporta a la zona de cubrimiento; recibe atrás del proceso la lámina cubierta y la transporta a la cámara de espera; proporciona la transición entre el transporte de velocidad normal y el transportador de cubrimiento de baja velocidad requerida por cubrir; provee de un mayor aislamiento y aumenta la posibilidad para la salida del vidrio.
Paso de la cámara 1 a la 2	Aislamiento para la cámara de cubrimiento. Contiene monitores para la transmisión y reflexión.
Proceso (3)	Contiene las fuentes de energía y los cátodos, donde el vidrio será recubierto.
Paso de la cámara 3 a la 4	Aislamiento para la cámara de cubrimiento. Contiene monitores para la transmisión y reflexión.
Retorno	Admite la longitud completa del vidrio para atravesar la cámara de cubrimiento; una vez recubierta, la dirección de desplazamiento del vidrio se invierte y se devuelve a través del la cámara de recubrimiento a la de espera.

Tabla #1. Secciones de la Cámara de Vacío

- **Zona de Inspección:** En esta zona se realiza una inspección visual. Se hace en un cuarto iluminado por una pantalla ubicada en la parte inferior del cuarto, por sobre la cual pasará la lámina reflectiva, de manera de reconocer si hubo o no un buen recubrimiento.
- **Zona de Descarga:** De la zona de inspección la lámina llega a la mesa de descarga, donde se ubicará en un transportador de vidrios al departamento siguiente.

V.2.1.1. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente se poseen controles para los defectos visuales, al igual que para las paradas de la máquina, a este control se le llama Control de Scrab. Sin embargo, no existe algún documento escrito donde se indique las medidas correctivas que deben ser aplicadas en caso de que se presente algún inconveniente en el proceso. En lo que respecta a los parámetros de diseño, existen modelos como el SS-08, SS-20, etc., que han sido mundialmente estandarizados, por lo que es conocido sus especificaciones de diseño, con sus debidas tolerancias, en la empresa se ha tratado de reducir dicha tolerancia, de manera de garantizar la calidad del producto.

Desde la instalación de la máquina, se tiene el buen hábito de realizar una prueba antes de comenzar la producción, para verificar las condiciones de la máquina, de acuerdo al modelo que se va a producir. De igual manera, durante la producción, se pasan muestras, llamadas *espías*, para asegurarse de que la máquina no presenta alguna desviación o problema. Vale la pena destacar que para todos los modelos se realizan dos depositaciones, controlando el parámetro de calidad de la segundo cubrimiento (se les llama *pases*).

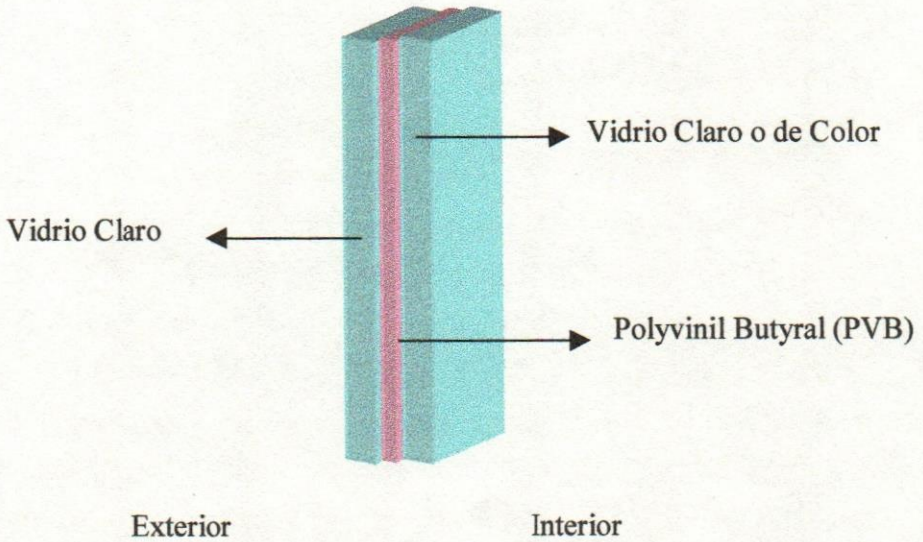
Los parámetros de calidad que se miden en este producto son la transmitancia, reflectancia, color y adhesión, este último por medio de una prueba de abrasión. Para la medición de estos parámetros, se posee un equipo de laboratorio que mide la transmitancia y la reflectancia en un rango de luz comprendido entre 300 y 750 nm, y también un equipo que realiza la abrasión del vidrio.

V.2.2. PROCESO DE LAMINADO

Este proceso consiste básicamente en la unión de dos láminas de vidrio y de una película de plástico ubicada en la interfase, por medio de la aplicación de presión y temperatura.

El número de láminas de vidrio y películas de plástico puede variar, según sean las exigencias del cliente.

Las láminas utilizadas en la empresa para la realización de este proceso son del tipo monolítico, ya sea reflectivo o claras, en los siguientes espesores: 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5, 6, 8, 10 y 12 mm. Para el caso del plástico, se utiliza Polyvinil Butyral (PVB), que posee la características de resistente, elástico, adherente, y se utiliza los siguientes espesores: 0.38 mm. (0.015"); 0.76 mm. (0.030"); 1.50 mm (0.60"). Se encuentran en el mercado en una gran variedad de colores.



Dibujo #1. Vidrio Laminado

Nota: Las láminas de vidrio no tienen que poseer el mismo espesor, además puede utilizarse más de dos hojas de vidrio en combinación con polyviniles entre ellas.

Se utiliza dependiendo del espesor final del vidrio, comúnmente los más gruesos se aplican en el área de seguridad, y los de menor espesor y diversidad de colores en obras arquitectónicas.

Para la obtención del producto laminado se siguen cuatro etapas:

- **ETAPA I: Lavado y Secado.** Se realiza en tres pasos, comenzando con la aplicación de detergente líquido por medio de cepillos oscilantes, eliminando así de la superficie del vidrio, cualquier residuo de grasa, polvo u otro elemento que pudiese estar sobre

ella. Seguidamente, se realiza un segundo lavado con agua de calle con cepillos tipo tambor y luego se agrega agua desmineralizada, de alta pureza, a presión, de manera de garantizar la eliminación de cualquier elemento sólido sobre la superficie del vidrio. En un tercer y último paso, el vidrio pasa a través de un equipo de secado con aire filtrado a presión, tipo cortina. Al finalizar esta etapa, la lámina debe estar completamente limpia para entrar a la siguiente.

- **ETAPA II: Ensamblaje.** En esta etapa se acoplan las láminas de vidrio y el polyvinil, el cual debe estar a menos de 20% de humedad y a temperatura de trabajo. Para llegar a estas condiciones, el polyvinil es enfriado a aproximadamente a 5 °C y luego se le hace un proceso de humidificación, a aproximadamente 15 °C. Cuando se tiene los dos productos se hace el ensamblaje de acuerdo a las especificaciones del cliente (espesor, color, etc.). La cámara donde ocurre el ensamblaje, debe estar en condiciones específicas, en lo que se refiere a limpieza, humedad y temperatura. Si existe sobrante de plástico en los bordes del vidrio, éste es recortado.
- **ETAPA III: Adhesión.** En esta etapa, el conjunto sufre la primera adhesión. El presionado se efectúa por medio de rodillos de goma en presencia de resistencias infrarrojas, a una temperatura de 220 °C por un tiempo aproximado de tres minutos. Esto ocurre en dos etapas, en la primera se elimina el aire que pueda estar presente en el ensamble y en la segunda, se adhieren los elementos de acople.
- **ETAPA IV: Autoclave.** Este equipo es una cámara hermética que permite en su interior, la realización de ciclos de alta temperatura y presión. En esta etapa, se lleva a cabo la adhesión definitiva. El ciclo de aumento de temperatura y de permanencia en el equipo, depende del producto que se está elaborando. Se tiene estimado un tiempo de proceso de aproximadamente tres horas y media, a una temperatura de 150 °C y una presión de 9 bar.

V.2.2.1. SITUACIÓN ACTUAL

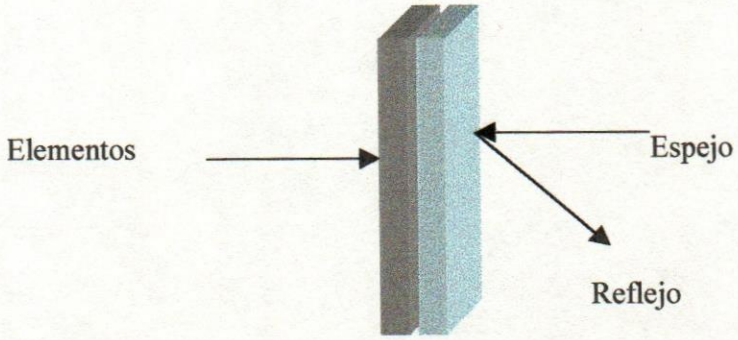
A pesar de ser el producto de mayor venta, no posee controles para la comprobación de la calidad. Se conocen parámetros de trabajo, pero no son totalmente precisos, se rigen por la experiencia de la persona a cargo del proceso.

El único control que posee es al momento de descarga del autoclave, llevando las láminas malas y las buenas, pero no se especifica la causa por la cual se considera mala el

producto. Por otro lado, las condiciones de trabajo no son las más óptimas, aunque las pérdidas de láminas con respecto a las fabricadas no son considerablemente altas.

V.2.3. PROCESO DE ESPEJO

Consiste en agregar al vidrio monolítico, sin procesar, una serie de elementos para lograr una ***apariencia especular.***



Dibujo #2. Espejo

El proceso consta de tres etapas:

- **ETAPA I. Lavado:** Para preparar la lámina de vidrio, ésta pasa por dos lavados. El primero se hace con una mezcla de Cerio en polvo y agua, por medio de cepillos circulares rotatorios y oscilantes (dos hileras), de manera de eliminar alguna impureza presente en la cara del vidrio. Inmediatamente después, se frota con cepillos circulares y oscilantes y agua caliente (aprox. 50°C) proveniente de la calle, de tal forma de eliminar la mezcla de Cerio, luego es lavado nuevamente con agua caliente en forma de lluvia. El segundo lavado consiste en agregar agua desmineralizada a temperatura ambiente a presión por medio de inyectores y luego, Cloruro de Estaño inyectado a presión.
- **ETAPA II. Adición de Elementos:** Antes de la primera adición, se le agrega agua desmineralizada a presión, para eliminar el Cloruro de Estaño. Inmediatamente después, se le añade Plata junto a un reductor, el primer elemento es el que da la apariencia especular al vidrio. Luego se lava con agua para eliminar algún excedente. A continuación, se agrega una mezcla de Cobre y Zinc, y es lavado nuevamente con agua para eliminar elementos sobrantes. Seguidamente el vidrio es pasado por un

pequeño horno, donde se seca. El paso a continuación es la pintura, la cual se añade en forma de **Caída a Cortina**. Luego es pasado a un horno donde permanece por un tiempo definido, para secar la pintura.

- **ETAPA III. Lavado Final:** Al salir del horno, el vidrio es lavado con agua desmineralizada a temperatura ambiente, por ambas caras, a través de rodillos, y luego es pasado por un pequeño horno para secar el agua. Después de este paso, el vidrio es retirado del sistema y llevado al departamento de corte.

Como se indicó anteriormente, la plata es el elemento que le da al vidrio la apariencia especular, pero presenta el inconveniente que no es compatible con la pintura, de manera que se hace necesario la adición de otros elementos, cobre y zinc, de manera de que estos actúen como intermediarios en la adhesión entre la pintura y la plata.

El desplazamiento del vidrio a través del sistema se realiza por medio de rodillos a una velocidad determinada.

V.3.3.1. SITUACIÓN ACTUAL

Este es el proceso productivo más antiguo de la planta, pero no posee estandarizaciones para los parámetros de trabajo, además de especificaciones de diseño. Carece de pruebas de comprobación de la calidad de manera de garantizar que el producto tenga la calidad deseado. Una prueba que comúnmente le realizaba consistía en la adhesión de los elementos, pero se ha dejado de utilizar.

Para este proceso existe una documentación para el control del proceso, en el se especifica el modelo (producto), con sus respectivas medidas, las láminas asignadas para la producción, el scrab producido antes de la fabricación del vidrio y el scrab después de su fabricación. Existe la particularidad que esta información la lleva la persona encargada de almacén.

CAPÍTULO VI

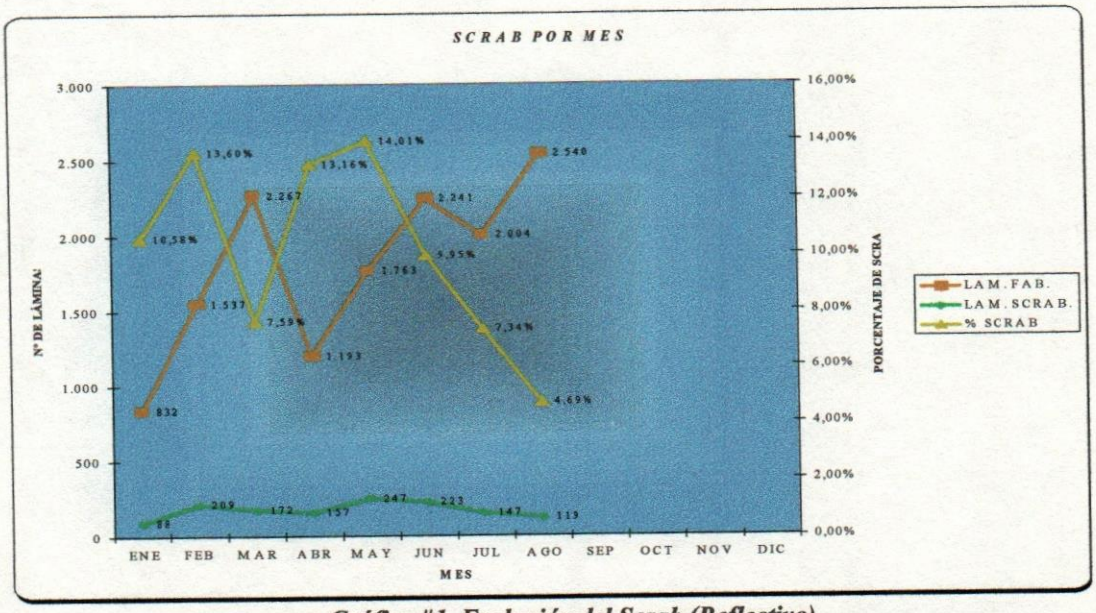
ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para que un producto posea todas las características de calidad a los niveles que fueron establecidos, se debe tener un control durante el proceso y tener un programa de calidad de manera que el producto final, al momento de salir de la planta, no posea ningún defecto. Haciendo un análisis de la forma en que actualmente se trabaja, se presenta un primer fallo: no se posee una política definida de calidad establecida, lo que dificulta la comprobación de la calidad.

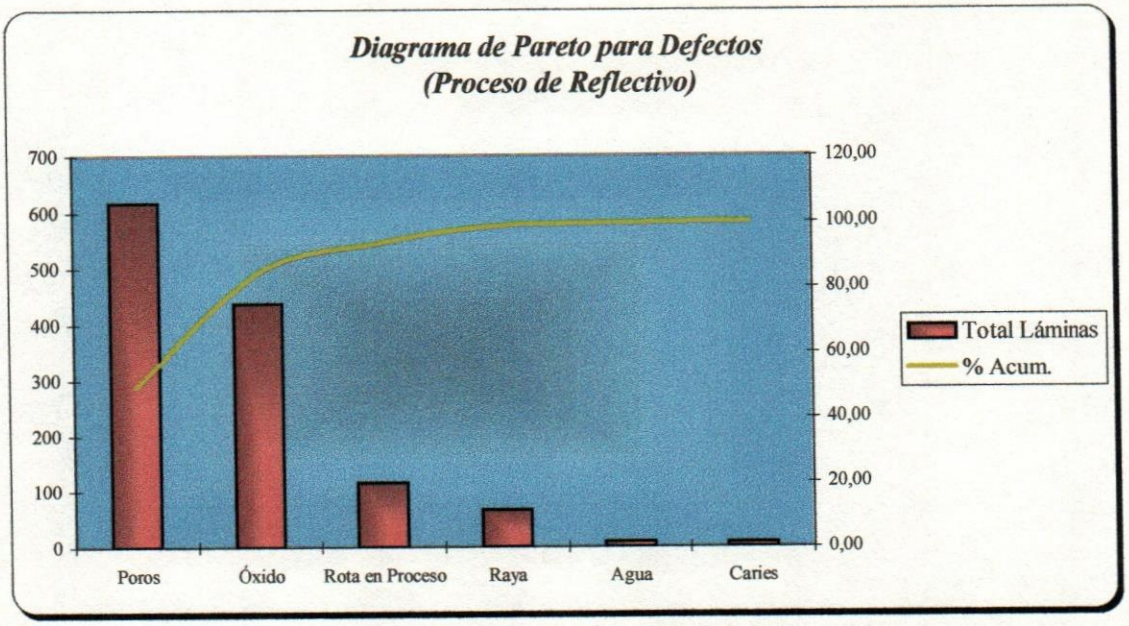
Las causas que pueden generan un problema de calidad son diversas y dependen, en este caso, del proceso que se está estudiando, por lo que se realizará un análisis por separado.

VI.1. ANÁLISIS DE DATOS EN EL PROCESO DE REFLECTIVO

Con ayuda del formato establecido (*Anexo VI*) para la determinación de cantidad de scrab obtenido en cada producción, se puede verificar el porcentaje de scrab producido durante el año, cuya evolución puede verse en la *Gráfica #1*. Esta evolución muestra que en los últimos tres meses el porcentaje de scrab ha disminuido significativamente. Según el Diagrama de Pareto (*Gráfica #2*) se evidencias las causas que provocan el scrab, siendo las dos más importantes, Poros (49,24%) y Óxido (34,88%).



Gráfica #1. Evolución del Scrab (Reflectivo)



Gráfica #2. Diagrama de Pareto para Defectos

La primera de las causas más influyentes se puede en parte corregir en el proceso ya que haciendo un diagrama causa-efecto de estas causa se tiene que:

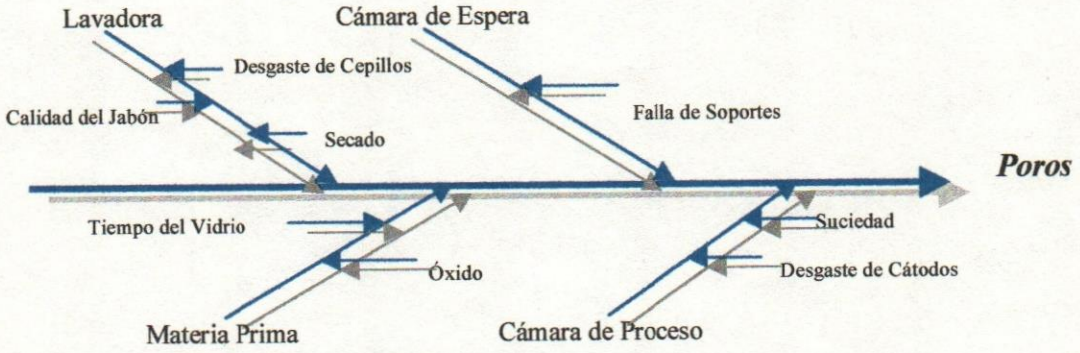


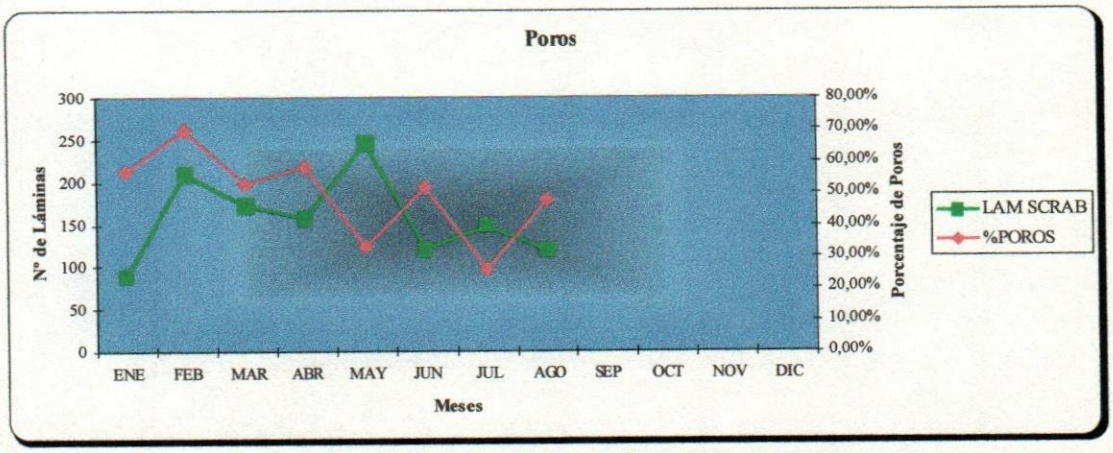
Figura #2. Diagrama Causa – Efecto para Poros

Estas causas pueden ser controladas en su mayor parte en planta, pero en el caso de materia prima, es una variable no controlable en el proceso, por lo que no está en manos del productor el mejoramiento de la calidad de la materia prima.

En otro orden de ideas, el proceso no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo, por lo que se producen problemas de calidad debido a esto. En lo que va de año se tiene que el mayor número de paradas del proceso se debe a problemas eléctricos

y mecánicos, que afectan directamente la producción y la calidad, en un tercer lugar se encuentra control de calidad, lo que se refleja en el número de scrab por poros, pero lo que se refiere a mantenimiento preventivo, es una de las causas menos frecuentes.

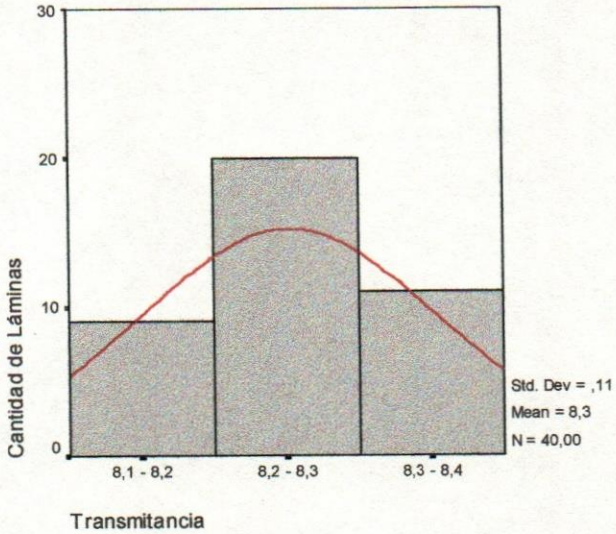
Por otro lado, la *Gráfica #3* muestra la evolución del scrab poro, donde se evidencia un descontrol en el tratamiento de su mejora, ya que durante todo el año ha venido sufriendo fluctuaciones, sin tener una tendencia definida a la disminución o al crecimiento.



Gráfica #3. Evolución del Defecto Poro

En lo que respecta al proceso, éste se encuentra fuera de control y descentrado, con una alta variabilidad, según se puede observar en la *Gráfica #4* (se muestra un modelo SM-08 como referencia, en el *Anexo V* se puede observar para otros modelos), donde se ve que el proceso tiende a irse hacia la tolerancia superior. A pesar de esto se cumple con la distribución Normal.

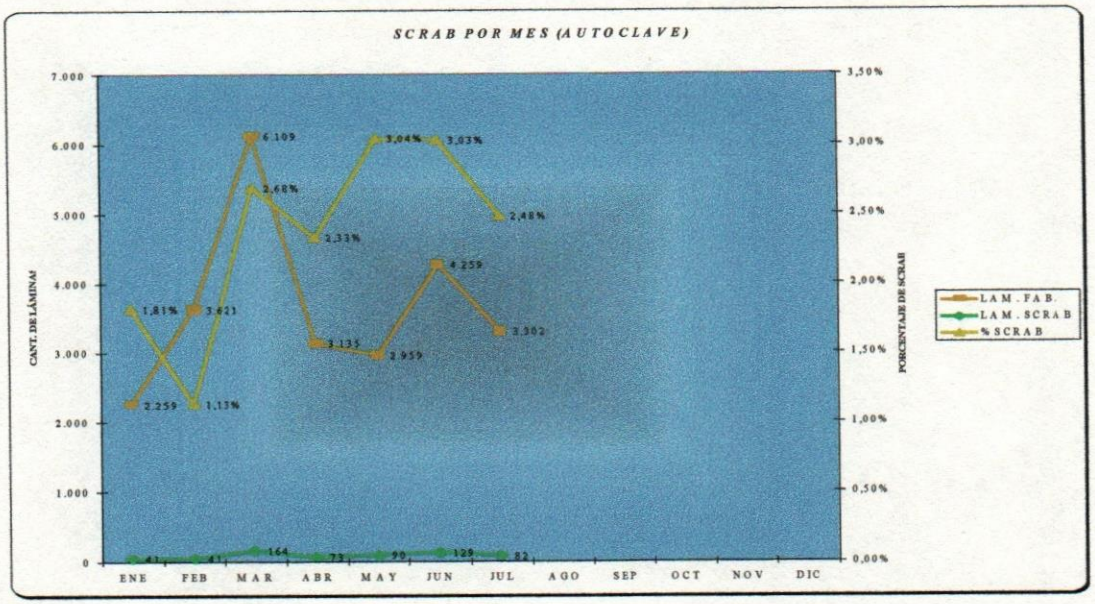
Existe un problema que causa defectos y paradas de la máquina, las caídas de tensión por parte del suplidor de energía a la planta, lo cual genera la pérdida del vacío necesario para el funcionamiento de la máquina, trayendo como consecuencia que se debe esperar aproximadamente 12 horas, tiempo que tarda en llegar a vacío de nuevo.



Gráfica #4. Histograma de Transmitancia

VI.2. ANÁLISIS DE DATOS EN EL PROCESO DE LAMINADO

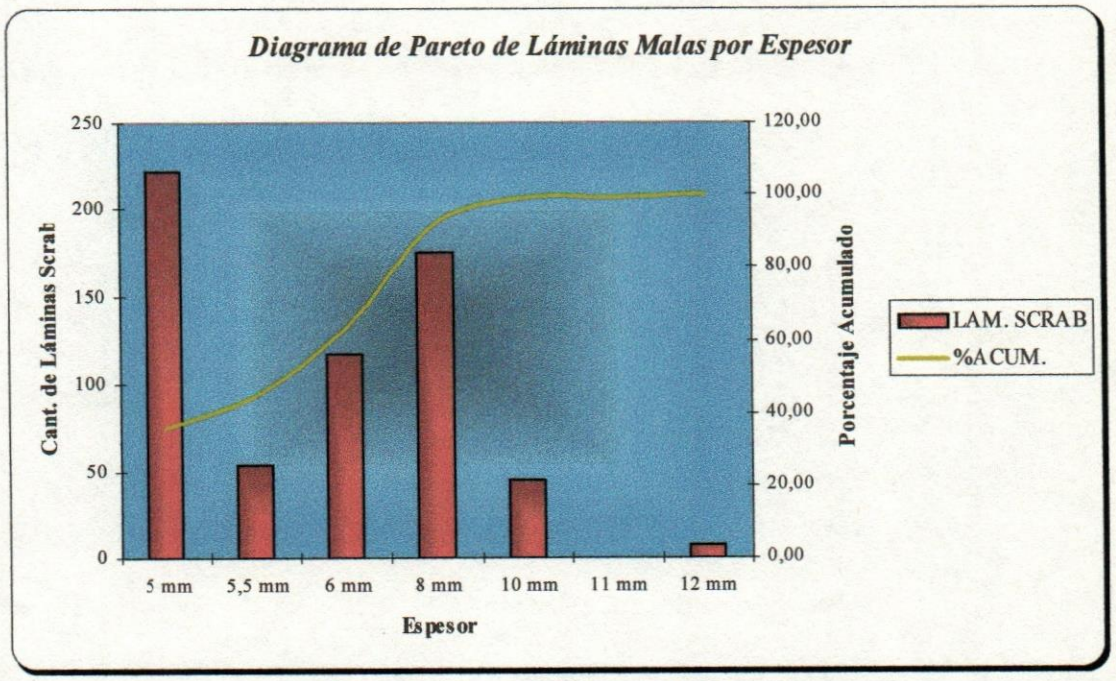
Por medio de la hoja de datos establecida (*Anexo VI*), para determinar el número de láminas malas, definido como scrab, se pudo realizar un gráfico para ver la evolución del scrab a lo largo del año (*Gráfico #5*), la única dificultad que se presenta es que no especifica el tipo de causa para clasificar como scrab la lámina.



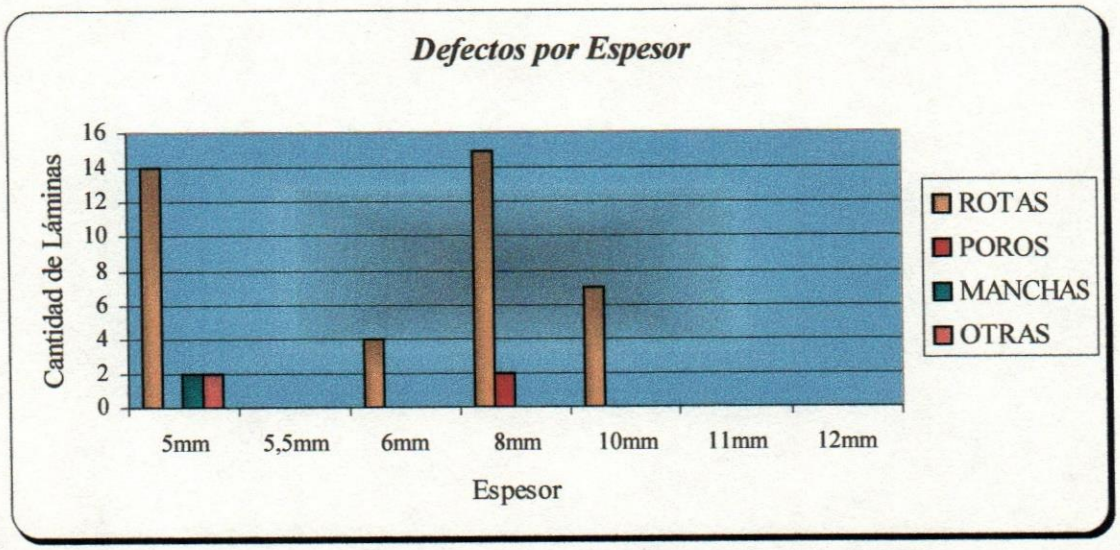
Gráfica #5. Evolución del Scrab (Laminado)

También se pudo conocer que el espesor que presenta más problema es el de 5mm, esto puede observarse en el diagrama de pareto (*Gráfica #6*) hecho para los espesores de láminas. También se presenta en láminas de 8mm pero en menor cantidad. Esto en parte se debe a que estos son los espesores con mayor producción en lo que va de año. Es necesario destacar que el espesor con mayor producción es el de 8mm pero existe mayor scrab en el 5mm.

Para solventar este problema, se diseñó un nuevo formato donde se hace la acotación del tipo de defecto que origina el scrab, de manera de conseguir mayor información acerca de este problema. Dicho formato fue utilizado en el último mes del estudio, arrojando como resultado que el defecto más frecuente es el de lámina rota, para la mayoría de los espesores laminados en ese mes. En la *Gráfica #7* se demuestra lo dicho anteriormente.



Gráfica #6. Diagrama de Pareto para Espesores



Gráfica #7. Defectos por Espesores

Debido a esto, se realizó un diagrama causa – efecto para las láminas rotas, considerando únicamente aquellas que son ocasionadas en la zona del autoclave. Se obtuvo el siguiente resultado:

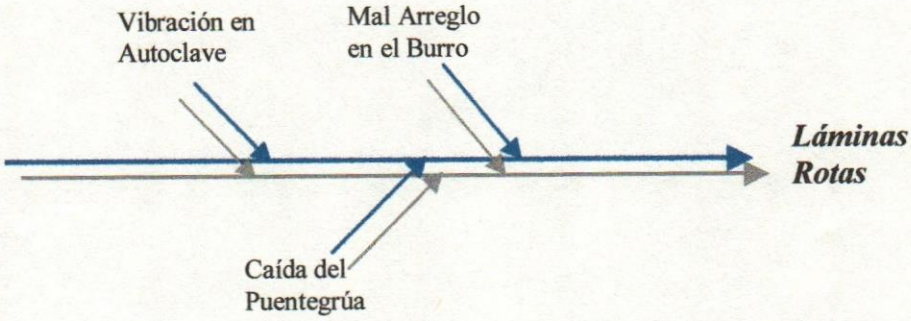


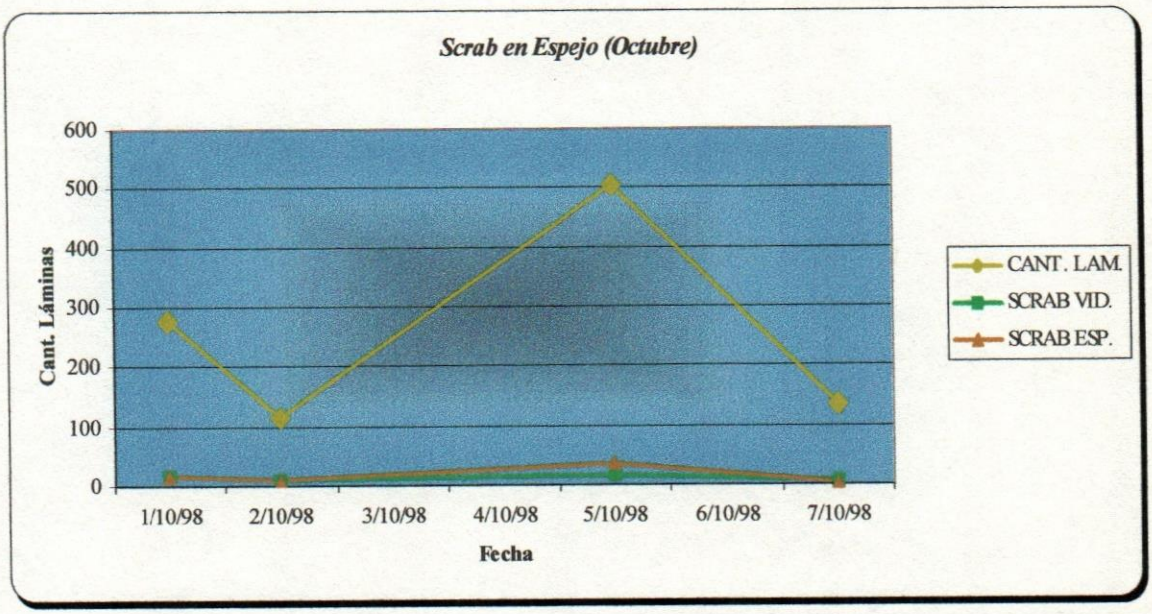
Figura #3. Diagrama Causa-Efecto para Láminas Rotas

Para este proceso no fue posible verificar la normalidad del mismo y si está o no centrado, ya que su estudio se realizó por medio de la inspección visual del producto final.

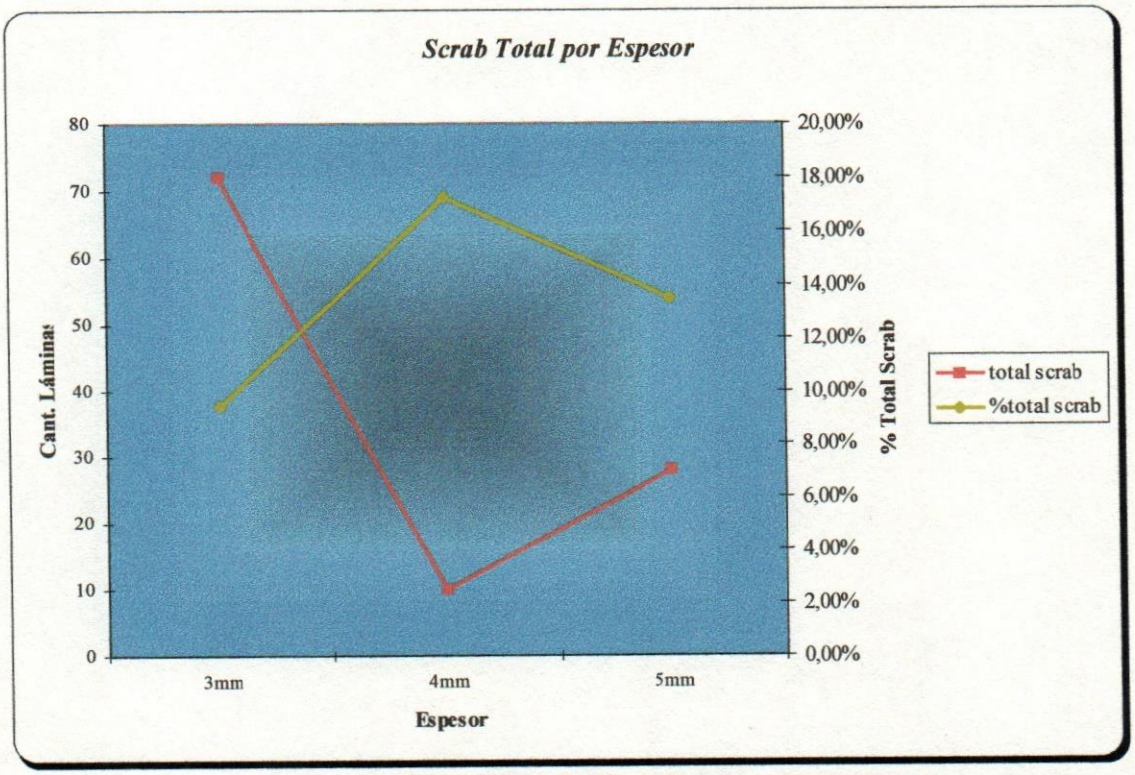
VI.3. ANÁLISIS DE DATOS EN EL PROCESO DE ESPEJO

Para este proceso se realizó un pequeño estudio del scrab, debido a la poca producción que tuvo en los últimos meses. Las producciones tomadas en cuentas son las realizadas en este mes. Como resultado se observó, que existe un porcentaje alto de scrab, entre el vidrio claro monolítico, el momento de introducirlo al proceso, y el espejo ya terminado (10.68%). Su evolución se puede ver en el *Gráfico #8*.

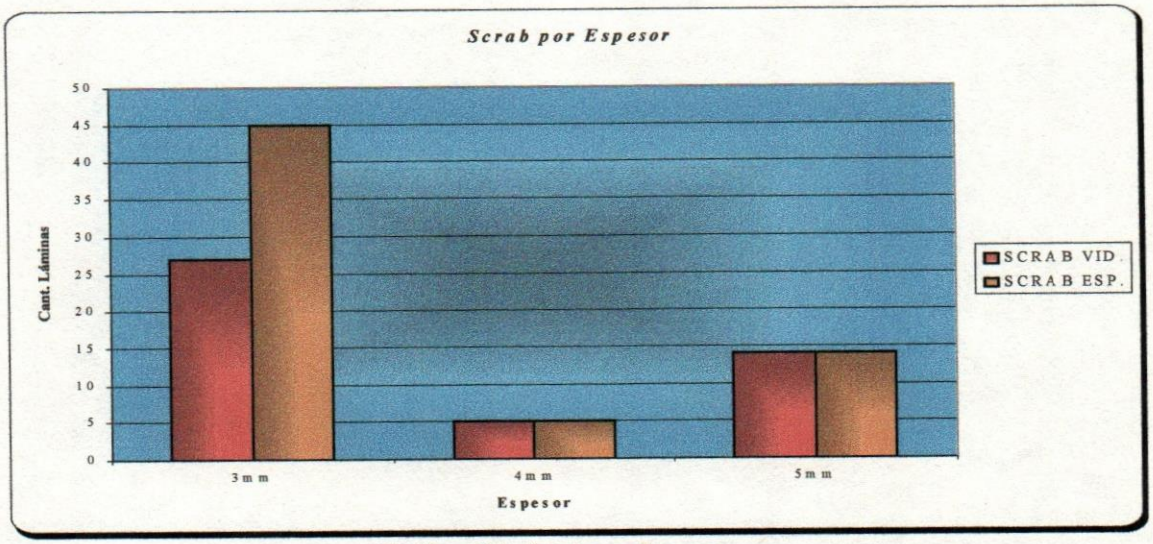
Por otro lado, vemos que el espesor (4mm) menos producido tiene el mayor porcentaje de scrab (17.24%), como observamos en la *Gráfica #9*. De la misma forma, el mayor número de scrab que se produce ocurre cuando el espejo ya ha sido producido, generalmente, pero existe el caso de que las láminas perdidas antes de la producción sean iguales a las láminas de vidrio producidas. En la *Gráfica #10*, se observa la cantidad de scrab producida por espesor en las producciones del mes de Octubre.



Gráfica #8. Evolución del Scrab (Espejo)



Gráfica #9. Scrab Total por Espesor



Gráfica #10. Scrab por Espesor

Como puede observarse, no se tiene información acerca del defecto en sí que ocurre, por lo que no se puede especificar más. Esto es debido al poco tiempo disponible para profundizar el estudio.

CAPÍTULO VII

DECISIONES ORIENTADAS POR LOS DATOS

Los datos adquiridos, tanto a nivel gerencial, de oficinas, como de planta, dan la información pertinente como para desarrollar parte de la política de calidad de la empresa. Estos datos, junto con el estudio realizado en planta, conforman el primer paso para el mejoramiento de la calidad, así como para el desarrollo de una metodología para su comprobación.

VII.1. ESTANDARIZACIÓN DE PARÁMETROS PARA LA COMPROBACIÓN DE LA CALIDAD

Estos parámetros son conocidos como especificaciones, los cuales además de tener un valor específico, deben poseer una tolerancia razonable, debido a que los procesos no son capaces de arrojar un mismo valor, a lo largo del tiempo, para un mismo parámetro.

VII.1.1. ESPECIFICACIONES PARA LA MATERIA PRIMA

Como ya se sabe, existen dos tipos de materias primas: Bruta y Procesada. Del primer tipo sólo existen dos materias primas que son de especial importancia, el vidrio claro monolítico y el polyvinyl butyral, y las condiciones que deben cumplir son las siguientes:

- ✓ Para el vidrio Claro Monolítico:
  - a) Planimetría casi perfecta.
  - b) Producción reciente, no mayor a un mes.
  - c) Buen empaquetamiento para controlar la humedad del mismo.
  - d) Certificado de calidad al momento de la entrega del lote.

Para cumplir esto, se idea un formato donde se reporta el resultado de una inspección visual del lote al momento de su llegada a la planta (*Ver Anexo VI*). En esta inspección deben ser tomadas en cuenta las condiciones del contenedor donde vienen las cajas de los vidrios, las condiciones de las cajas y del empaque del vidrio.

- ✓ Para el Polyvinyl Butyral:
  - a) En el caso de polyvinyl refrigerado, humedad baja del mismo.
  - b) Buen empaquetamiento.
  - c) Certificado de calidad del lote al momento de su llegada a la planta.

De la misma manera, se diseña un formato para llevar la información de la inspección visual del lote al momento de su llegada a la planta, en esta inspección se toma en cuenta si el producto es refrigerado o no, de serlo se debe verificar el funcionamiento del equipo que mide la temperatura y humedad del contenedor. Además,

se debe verificar, tanto del contenedor como del empaque del material. En caso contrario, se revisa únicamente las condiciones del empaque y del contenedor.

Ambos formatos deben ser llenados por la persona que recibe el material.

VII.1.2. ESPECIFICACIONES PARA EL VIDRIO MONOLÍTICO REFLECTIVO

Para este producto se tienen dos tipos de especificaciones, las que deben ser tomadas en cuenta al momento de realizar la inspección visual y la efectuada en el laboratorio para verificar las características del vidrio. Estas son definidas de la siguiente manera:

✓ Para Inspección Visual:

a) Es aceptable aquella lámina que posea poros no mayor de 0.3mm de diámetro y a menos 3 pies del borde de la lámina, estos poros no deben verse a una distancia menor de tres metros de separación del vidrio.

b) Si posee un gran número de poros en una zona de 3 pies cuadrados debe ser rechazada la lámina.

c) Si posee gran número de poros mayores de 0.5mm de diámetro esparcidos por toda la lámina, la misma debe ser rechazada y verificar el proceso para buscar la causa de dicho defecto.

El control de producto que se desecha como scrab o el enviado para reproceso se llevará por medio de informes diarios junto con el informe de producción.

✓ Para Inspección en Laboratorio:

Se miden cuatro parámetros fundamentales: Transmitancia Visible, Reflectancia Visible (Exterior e Interior), Color y Adhesión (medida desde la pérdida de cubrimiento hecha por media de abrasión y luego con la diferencia de Transmitancia).

Los valores a ser tomados como especificaciones son los siguientes:

MODELO	TRANSMITANCIA VISIBLE	REFLECTANCIA VISIBLE		COLOR	
		Vidrio	Cubrimiento	a	b
SS-08	8%	35%	38%	-3	-3
SS-14	14%	33%	29%	-2	-3
SS-25	25%	18%	30%	0	-1
TS-20	20%	32%	21%	-3	-5
TS-30	30%	34%	18%	-2	-9
TS-40	40%	24%	10%	-2	-9
SM-08 (Prisma)	8%	38%	53%	-1	0

Tabla #2. Especificaciones de Diseño para el Vidrio Monolítico Reflectivo

Nota: Valores positivos de "a" representan *rojo*, y valores negativos *verde*. Valores positivos de "b" representan *amarillo*, y valores negativos *azul*.

El valor de estos parámetros deben cumplir con la siguiente tolerancia para poder ser aceptados como producto de buena calidad:

MODELO	TRANSMITANCIA VISIBLE	REFLECTANCIA VISIBLE		COLOR	
		Vidrio	Cubrimiento	a	b
SS-08	± 1%	± 2%	± 2%	± 1	± 1
SS-14	± 1.5%	± 2%	± 2%	± 1	± 1
SS-25	± 2%	± 2%	± 2%	± 1	± 1
TS-20	± 2%	± 2%	± 2%	± 1	± 1
TS-30	± 2.5%	± 2%	± 2%	± 1	± 1
TS-40	± 3%	± 2%	± 2%	± 1	± 1
SM-08 (Prisma)	± 1%	± 2%	± 2%	± 1	± 1

Tabla #3. Tolerancias para Especificaciones del Diseño para el Vidrio Monolítico Reflectivo

Para el caso de la medición de la adhesión, el patrón para aceptar o rechazar es el siguiente:

MODELO	AUMENTO PROMEDIO DE %TRANSMITANCIA	CAMBIO PROMEDIO DE %TRANSMITANCIA
SS-08	2.5%	30%
SS-14	4.0%	30%
SS-25	7.5%	30%
TS-20	2.0%	10%
TS-30	3.0%	10%
TS-40	4.0%	10%

Tabla #4. Especificaciones para Adhesión

Para el caso del modelo SM-08, no se puede estimar este valor, ya que es un cubrimiento con muy poca adhesión. Actualmente, se están preparando experimentos con combinación de gases para lograr un mejor anclaje, pero el equipo de bombas con que se cuenta no está en condiciones para hacerlo en estos momentos.

No se realizan otros ensayos para este producto en el laboratorio. Los resultados de los ensayos serán reportados en planillas especiales para esto, en el *Anexo Nº VII* se muestra el formato para tal fin.

VII.1.3. ESPECIFICACIONES PARA EL VIDRIO LAMINADO

Para estos vidrios existen dos tipos de inspecciones, la visual y la de laboratorio, para ambos casos se deben cumplir ciertos parámetros:

- ✓ Para la Inspección Visual: El producto debe cumplir con especificaciones dadas en la Norma COVENIN 2719-90 (*Ver Anexo XII*):

a) Tres burbujas en la parte central de la lámina de 0.8mm separadas entre si una distancia mínima de 30cm, siempre y cuando sea observada a un metro de distancia. Dos burbujas de 1.6mm en la zona superior de la lámina, un máximo de tres burbujas de 1.6mm en la zona inferior del vidrio, siempre y cuando sean observables a una distancia de un metro de distancia y con una separación entre ellas de 30cm.
b) De existir grietas, es rechazado el vidrio laminado.
c) No se permiten piedras o incrustaciones con un diámetro superior a 0.8mm en la zona central de la lámina, y en los bordes con un diámetro superior a 1.6mm.
d) No son permisible raspaduras en cualquier zona de la lámina.
e) No se permiten en un radio de 75mm, una partícula de vidrio fundido cuyo diámetro sea mayor de 1.5mm; ni dos partículas de diámetro mayor a 0.75mm cada una o tres de diámetro mayor a 0.5mm cada una, o más de tres que interfieran la visión.
f) En la zona central de la lámina, no se permitirán más de tres puntos luminosos separados por una distancia de 30cm observados a un metro de distancia. En la zona inferior del vidrio no se aceptarán más de tres puntos y en la zona superior dos puntos luminosos de 1.8mm de diámetro separados 30cm vistos a un metro de distancia.
g) No son admisibles manchas observables a un metro de distancia.
h) Se permiten rayas ligeras cuando sean de una longitud no mayor de 100mm y separadas entre sí. Se aceptan rayas medias si su longitud no excede los 50mm y se encuentran ampliamente separadas. En lo que respecta a rayas fuertes, no se admiten si se encuentra en la zona central de la lámina.
i) El ojo de buey no se permite si se encuentra en la zona central de la lámina y es visible a un metro de distancia de la misma. Si se encuentra en la zona inferior o superior, no se permitirán más de tres, cuya sumatoria de diámetro sea superior de 5mm separados entre sí por lo menos 30cm y visibles a un metro de distancia.

✓ Para la Inspección en Laboratorio:

Se medirán tres parámetros importantes: Transmitancia Visible, Reflectancia Visible (Interior y Exterior) y Color para la parte exterior. Los valores a ser tomados como especificaciones de diseño se resumen en la *Tabla #5*.

MODELO	TRANSMITANCIA VISIBLE	REFLECTANCIA VISIBLE		COLOR	
		Interior	Exterior	a	b
Lam. Ref. Prisma Verde AA20	5.34	18.53	41.74	-31.93	7.86
Lam. Ref. Morado AA20	5.82	28.03	5.81	5.23	-12.52
Lam. Hielo Gris	19.88	8.28	6.55	-0.19	-1.43
Lam. Ref. SS-14 78 Verde	14.67	33.48	22.66	-8.26	-0.26
Lam. Hielo Bronce	23.19	8.75	7.16	0.580	0.32
Lam. Ref. Negro SM	5.10	42.11	10.89	1.24	1.78
Lam. Ref. Prisma Ambar	5.74	41.57	18.52	28.48	15.43
Lam. Ref. Verde AA20	12.09	28.89	12.65	-19.69	4.38
Lam. Ref. Gris SS-14	15.52	29.91	36.57	-1.49	-2.40
Lam. Ref. Prisma Rojo 78%	9.80	39.49	30.98	11.76	-0.99
Lam. Ref. Negro SS-08	10.43	15.42	23.95	0.39	-2.74
Lam. Morado	23.50	5.20	4.71	1.96	-4.51
Lam. Azul 50%	51.54	5.96	6.22	-3.06	-4.60
Lam. Hielo	43.91	13.51	13.77	-1.53	-0.01
Lam. Ref. TS-30 Azul 50%	22.32	17.31	11.01	-9.15	-16.28
Lam. Gris Oscuro	22.07	4.50	4.90	0.24	-0.34
Lam. Ref. Prisma Plata	10.64	40.94	42.13	-1.15	0.48
Lam. Bronce	53.15	9.57	5.91	0.28	0.49
Lam. Verde AA20	43.23	5.93	5.83	-5.2	-0.78
Lam. Rojo 78%	75.78	7.17	7.35	2.02	-0.58
Lam. Claro	88.15	8.08	8.03	-0.45	-0.14
Lam. Verde	73.66	6.91	7.05	-1.28	-0.55
Lam. Gris	44.25	5.66	5.36	0.19	-0.66
Lam. Ref. SS-25 Azul 78%	27.67	20.49	15.84	-5.17	-2.55
Lam. Ref. SS-14 Azul 50%	6.54	41.06	20.58	-21.81	-20.34
Lam. Ref. TS-30 Azul 78%	32.81	17.14	14.68	-5.23	-10.4
Lam. Ref. Gris SS-08	9.66	31.35	43.07	-1.57	-1.59
Lam. Ref. Prisma Negro SM-08	5.36	41.12	13.41	0.75	-2.47
Lam. Ref. Prisma Verde 78%	7.97	44.22	34.51	-11.38	-5.11

Tabla #5. Especificaciones de Diseño para el Vidrio Laminado

Nota: Valores positivos de "a" representan *rojo*, y valores negativos *verde*. Valores positivos de "b" representan *amarillo*, y valores negativos *azul*.

La tolerancia exigida para estos parámetros será la siguiente, según sea el caso:

PARÁMETRO DE CALIDAD	TOLERANCIA	
Transmitancia Visible	%T ± 1%	Sí 5% ≤ %T ≤ 12%
	%T ± 1.5%	Si 13% ≤ %T ≤ 17%
	%T ± 2%	Si 18% ≤%T ≤ 25%
	%T ± 2.5%	Si 26% ≤ %T ≤ 34%
	%T ± 3%	Si 35% ≤ %T ≤ 44%
	%T ± 3.5%	Si %T mas de 45%
Reflectancia Visible (Externa e Interna)	%R ± 2%	
Color	a ± 1	
	b ± 1	

Tabla #6. Tolerancias para Especificaciones de Diseño del Vidrio Laminado

En lo que se refiere a la Adhesión, el tipo de ensayo a aplicar en la empresa, Ensayo Ponmel de adhesión, requiere de una serie de estándares, los cuales deben ser proporcionados por los proveedores del polyvinyl butyral. En cualquier caso, el nivel de adhesión comienza en uno (1), correspondiente a la menor adhesión posible; y culmina en diez (10), representando el nivel más alto de adhesión. Para el producto que se fabrica en esta empresa, se determina, según requerimientos de la gerencia y del cliente, que el nivel de adhesión este por encima de 5. Esta prueba es exigida en la Norma COVENIN 2719-90.

Con respecto a la Humedad, este valor depende del espesor de las láminas empleadas en la fabricación del producto. Las especificaciones que se establecen, corresponden a láminas de 6mm de espesor final, donde el porcentaje de humedad relativa debe estar comprendido entre 0.23% y 0.52%, para el vidrio laminado claro.

No se realizan otros ensayos para este producto en el laboratorio. Los resultados de los ensayos serán reportados en planillas especiales, en el *Anexo Nº VII* se muestra el formato para el mismo.

Se comenzarán a practicar ensayos del tipo destructivo, pero aún no se han implementado; más adelante se hará una explicación más específica acerca de este punto.

VII.1.4. ESPECIFICACIONES PARA EL ESPEJO

Para este producto, las especificaciones de diseño se encuentran mundialmente estandarizadas, pero se intenta mejorar dichos parámetros, teniendo las siguientes características de calidad:

- Espesor de la película de Plata: 71 – 78 mg/pie^2 ± 5 mg/pie^2.
- Espesor de la película de Cobre: 20 – 25 mg/pie^2 ± 5 mg/pie^2.
- Reflectancia: Mayor que 86%.

Para este producto también se realiza la inspección visual. Principalmente, el espejo puede ser desechado si se encuentra en toda la superficie rayas, manchas y óxido.

VII.2. ENSAYOS RECOMENDADOS

VII.2.1. VIDRIO MONOLÍTICO REFLECTIVO

Para este producto se recomienda realizar ensayos no destructivos, en el laboratorio, donde se mida la Transmitancia Visible del vidrio, al igual que la Reflectancia Visible, tanto del lado del vidrio como del cubrimiento, y el Color.

También se requiere de un ensayo donde se realice la abrasión del vidrio.

- *Equipos a utilizar*: Para la realización de las mediciones de transmitancia visible, reflectancia visible y color, se requiere de un *Espectrofotómetro*, capaz de medir en el rango visible de la luz, de 380nm a 780nm. En el caso del ensayo de abrasión, se utiliza un *Taber Abrader*.
- *Muestra*: Probetas de vidrio reflectivo de 10cm por 10cm, para ambas pruebas. Esta muestra debe ser extraída de la producción en distintos niveles, para poder medir la variación del proceso, además de comprobar la calidad del producto.
- *Procedimientos de medición*: En el caso de las medidas de transmitancia visible, reflectancia visible y color, el equipo posee un software, el cual incluye la manera de medición al igual que la calibración del equipo. En el caso de la prueba de abrasión, primeramente se limpian los rodillos del equipo con el plato limpiador por 25 ciclos y luego se limpian con escobilla, seguidamente se coloca la muestra, completamente limpia, sobre la porta muestra circular fijada con cinta adhesiva por la parte inferior. Después se ponen en contacto los rodillos con la parte del vidrio donde se encuentra el cubrimiento, por un lapso de 300 ciclos.
- *Manejo de los resultados de los ensayos*: Los resultados se reportarán, por parte de la persona que ejecute los ensayos, a través de un documento llamado Reporte de Ensayo, en que se darán los resultados, junto con el análisis de los mismos. Estos informes serán entregados a la jefatura de Control de Calidad para su archivo y será entregada una copia a la gerencia de planta.

VII.2.2. VIDRIO LAMINADO

Para este producto se tienen diferentes tipos de ensayo, los destructivos y los no destructivos. Para ellos se tiene un tratamiento distinto, tanto para el manejo de la muestra como para el manejo de la información.

✓ Ensayos Destructivos: Estos ensayos son requeridos en la Norma COVENIN 2719-90 (*Ver Anexo XII*):

➢ De Impacto:

- Equipo:
  a) Marco de Prueba. Fabricada por lo menos con perfiles U de 100mm x 40mm y un peso mínimo de 10.9 Kg de perfil.
  b) Objeto Impactante, debe ser un saco de perdigones rellenado por balines N° 7-1/2 para obtener un peso final de 45.4 Kg ± 0.2 Kg.
- Muestra: Cuatro muestras de las mayores medidas introducidas al autoclave. Las muestras deben dejarse en reposo hasta adquirir una temperatura uniforme entre 21°C y 29°C.
- Procedimiento:
  1) Colgar el objeto impactante de un soporte en la parte superior, en forma tal que cuando se encuentre en reposo, la sección correspondiente a su máximo diámetro de encuentre a una distancia no mayor de 13mm de la superficie de la muestra y a no más de 50mm de su centro.
  2) Centrar la muestra.
  3) Golpear cada muestra en el centro con el objeto impactante, haciéndolo oscilar a lo largo de un arco pendular desde una altura de caída de 300mm.
  4) De no existir rotura, la altura de caída debe incrementarse a 450mm, de persistir la muestra sin romperse, se aumentará la altura de caída a 1.20m.
- Resultados: Cuando ocurran roturas a los 0.30m, 0.45m o 1.20m, numerosas grietas o fisuras pueden ocurrir, pero no pueden desarrollarse ningún corte o abertura a través de la cual pueda pasar libremente una esfera de 75mm de diámetro.

➢ De Temperatura:

- Equipo:
  a) Un recipiente "A" capaz de mantener la temperatura del agua a 66°C + 3.1°C.

b) Un recipiente "B" capaz de mantener la temperatura del agua a 100°c por un período de 2 horas.

c) Un calibrador.

- Muestra: Tres muestras de (300 x 300) ± 2 mm.
- Procedimiento:
  1) Se determina el espesor de la muestra.
  2) Se sumergen verticalmente las tres muestras en el recipiente "A" durante 3 minutos.
  3) Se introducen inmediatamente el recipiente "B" durante dos horas y luego se retiran.
- Resultados: No pueden aparecer burbujas u otros defectos a una distancia mayor de 13mm del borde externo de la muestra o cualquier grieta que pueda aparecer.

➢ De Humedad:

- Equipo: Analizador de Humedad, Quadra - Beam.
- Muestra: Una muestra de (100 x 100) ± 2 mm
- Procedimiento:
  1) Se coloca la muestra bajo el rayo de luz del analizador de humedad.
  2) Se lee la lectura dad por el indicador del equipo.
  3) Se compara el resultado con los estándares establecidos.
- Resultados: Tolerancia máxima admisible de humedad relativa es de 52%.

➢ De Adhesión:

- Equipo:
  a) Un martillo de 500 gr.
  b) Un congelador de capacidad de enfriamiento de –32°C.
  c) Una lámina de hierro de (600 x 600)mm y 12mm de espesor.
- Muestra: Cuatro muestras de (210 x 210) mm.
- Procedimiento:
  1) Se colocan las cuatro muestras en el congelador, separadas una de otra.
  2) Utilizando un par de guantes, se retiran del congelador y se colocan sobre la lámina de hierro, la cual debe estar colocada de forma tal que forme 45° con respecto al piso.
  3) Pulverizar la muestra con el martillo. Esperar que la muestra este a temperatura ambiente.

4) Se compara ambas caras de la muestra con los estándares.

➢ De Penetración de Agua:

- Equipo:
  a) Un recipiente "A" capaz de mantener la temperatura del agua a 66°C + 3.1°C.
  b) Un recipiente "B" capaz de mantener la temperatura del agua a 100°c por un período de 2 horas.
- Muestra: Una muestra de aproximadamente 30 x 30 cm.
- Procedimiento:
  1) Se introduce en forma vertical la muestra en el recipiente "A", por un lapso de 3 minutos.
  2) Se transfiere rápidamente al recipiente "B", durante 2 horas
  3) Se saca el material y se observa la existencia de alguna burbuja o algún otro defecto.
- Resultados: Se pueden presentar grietas, pero no deberá existir ningún otro defecto, a más de 13mm del borde de la muestra o de cualquier grieta.

Los resultados de estos ensayos destructivos, son reportados en formatos especiales para ello, junto con el análisis de los mismos. Se debe entregar a la jefatura de control de calidad y entregar una copia a la gerencia de planta.

✓ Ensayos No Destructivos: Estos ensayos se realizan en el laboratorio, donde se realizan las mediciones de la Transmitancia Visible, Reflectancia Visible (interna como externa) y Color, por media del Espectrofotómetro. El procedimiento, tanto para la muestra, el método de ensayo y los resultados, es el mismo que el utilizado para el vidrio reflectivo monolítico.

VII.2.3. ESPEJO

Para este producto se realizan cuatro ensayos, tres de los cuales son para comprobar el cumplimiento de las características de calidad establecidas, y el último, para comprobar la adhesión de los elementos al vidrio.

➢ Prueba de Adhesión:

- Equipo: Cinta adhesiva.
- Muestra: Vidrio cobrizado y plateado, de las primeras láminas de producción.
- Procedimiento:
  1) Se retira el vidrio del proceso.

2) Se pega la cinta adhesiva a la superficie cubierta por los elementos.
3) Se retira, en forma brusca la cinta adhesiva.

- Resultados: Si los elementos se separan, junto con la cinta adhesiva, de la superficie del vidrio, se debe rechazar el producto y revisar las concentraciones de las soluciones que intervienen en el proceso.

➢ Análisis del Cobre:

- Equipo e instrumentos:
  a) Amoniaco reactivo.
  b) Frasco lavador.
  c) Bandeja plástica.
  d) Agua destilada.
  e) Espátula.
  f) Indicador "Black Sulphon".
  g) Bureta.
  h) Tritriplex III (EDTA), 0.01 molar.
- Muestra: Vidrio cobrizado y plateado, sin pintura de 6 x 6 pulgadas (o 10 x 10cm).
- Procedimiento:
  1) Se toma la muestra y se le quita la capa de cobre mediante el uso del frasco lavador lleno de amoniaco reactivo.
  2) Se lava con agua destilada.
  3) Se recolecta en una bandeja plástica todo el cobre disuelto junto con lo9s lavados realizados.
  4) Se le agrega a esta solución, con la espátula, una cantidad mínima del indicador, hasta conseguir un color vino tinto claro en la solución.
  5) Se realiza la titulación con ayuda de la bureta, la cual contiene la solución EDTA, agitando continuamente la solución que contiene cobre. Se suspende la titulación, cuando el color de la solución de cobre cambie a un color verde negruzco.
  6) Se toma la medida de la cantidad de solución de EDTA utilizada, y se multiplica por 2.54. Este valor es la cantidad de mg/pie^2 de cobre que posee la muestra.

- Resultados: El valor obtenido en el paso 6) debe ser comparado con las especificaciones.

➢ Análisis de la Plata:

- Equipo o instrumentos:
  a) Ácido nítrico al 30%.
  b) Agua destilada.
  c) Frasco lavador.
  d) Vaso de vidrio.
  e) Indicador de "Sulfato Férrico y Amonio"
  f) Bureta.
  g) Tiocianato de Potasio (KCNS), 0.01 normal.
- Muestra: Vidrio plateado sobrante del análisis anterior.
- Procedimiento:
  1) Se toma la muestra que tiene plata únicamente, y se disuelve la capa de plata mediante el uso de un frasco lavador que contiene el ácido nítrico.
  2) Se lava con agua destilada.
  3) Se recolectan en el vaso de vidrio, la plata disuelta junto con sus lavados.
  4) Se agrega un centímetro cúbico del indicador.
  5) Se procede a realizar la titulación con ayuda de la bureta llena de tiocianato de potasio. Con las primeras gotas y con una agitación permanente, se forma inicialmente una solución blancuzca, la cual, presenta un precipitado blanco cuando se suspende la agitación.
  6) Se continua con la titulación hasta que la solución lechosa comience a cambiar su color a anaranjado claro.
  7) Se mide la cantidad de tiocianato de potasio consumidos en la titulación.
- Resultados: La cantidad de tiocianato de potasio consumido debe estar entre 16.5 a 18.0 cm^3, que equivale a tener la concentración de plata en la muestra especificada.

➢ Ensayo de Reflectancia: Para este ensayo, se sigue las mismas condiciones, tanto para muestra, procedimiento de ensayo y resultados, que para el vidrio reflectivo monolítico, con la variación que se mide la reflectancia del lado donde se encuentra la apariencia especular.

VII.3. DISEÑO DE EXPERIMENTOS Y ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD

V.II.3.1. PROCESO DE REFLECTIVO

En este proceso se experimentó la manera de cuál es la manera más idónea para controlar el proceso, de manera de alcanzar un valor óptimo de los parámetros de trabajo. Las condiciones en que se realizó el experimento fueron las siguientes:

- Vacío: $< 1.0 \times 10^{-5}$ Torr
- Agua destilada para el lavado: $> 1 \times 10^{6}\ \Omega$
- Potencia de Cátodos: Variable
- Velocidad: Variable
- Presión de los gases: 3.0×10^{-6} Torr
- Materia prima. Vidrio importado
- Modelo: SM-08
- Medidas: 3mm de espesor, 321cm de ancho y 220cm de alto.

Los resultados que arrojó el experimento es solamente aplicable a este producto, sin embargo, la influencia de las variables es la misma para cualquier modelo. La metodología empleada para este experimento puede ser empleado para los otros productos de este proceso.

El parámetro medido es la Transmitancia final del producto que debe ser 8% ± 1%, el cual se controló de dos maneras. Para la fabricación se realizan dos electrodeposiciones, a la primera se llama primer pase con el tercer cátodo, el segundo pase se realiza con los cátodos 1 y 2. El experimento constó del control de la transmitancia del primer pase que debe ser aproximadamente 17%, de esta manera, el segundo pase es de mejor calidad, alcanzando una transmitancia final muy cercana a la esperada, y logrando controlar y centrar el proceso. Los resultados obtenidos se resumen en la *Tabla #7*.

Como puede observarse, a pequeñas variaciones de la potencia, cambia la transmitancia final, manteniendo constante la velocidad en ambos pases. Por tal razón, se puede concluir que, controlando de manera efectiva el primer pase, y cuidando la potencia de los cátodos de l segundo pase, con respecto a la potencia del primero, se tendrá un producto de buena calidad, en lo que respecta a la transmitancia.

V(pase 1)	P(cátodo 3)	V(pase 2)	P(cátodo 1)	P(cátodo 2)	Tf
43,7	21,8	43,7	7,6	8,3	8,1
43,7	21,8	43,7	7,5	8,1	8,3
43,7	21,7	43,7	7,6	8,3	8,1
43,7	21,6	43,7	7,6	8,3	8,2
43,7	21,8	43,7	7,6	8,2	8,1
43,7	21,8	43,7	7,6	8,3	8,2
43,7	21,8	43,7	7,6	8,3	8,1
43,7	21,8	43,7	7,6	8,4	8,2
43,7	21,7	43,7	7,6	8,3	8,1
43,7	**21,8**	**43,7**	**7,6**	**8,4**	**8**
42,5	20,2	42,5	7,6	8,3	8,3
42,5	20,2	42,5	7,5	8,1	8,1
42,5	**20,1**	**42,5**	**7,4**	**8**	**8**
42,5	20,2	42,5	7,5	8,1	8,1
42,5	20,1	42,5	7,5	8	8,1
42,5	**20,1**	**42,5**	**7,4**	**8,1**	**8**
42,5	**20,2**	**42,5**	**7,6**	**8,3**	**8**
42,5	**20,3**	**42,5**	**7,6**	**8,2**	**8**
42,5	20,2	42,5	7,5	8,1	7,9
42,5	20,1	42,5	7,3	8	7,9
42,5	**20,2**	**42,5**	**7,3**	**7,9**	**8**
42,5	**20,2**	**42,5**	**7,4**	**8,1**	**8**
42,5	20,2	42,5	7,4	8,1	7,9
42,5	20,2	42,5	7,3	8	7,8
42,5	20,2	42,5	7,3	8	7,9
42,5	20,3	42,5	7,6	8,2	7,8
42,5	20,2	42,5	7,3	8	8,1
42,5	20,3	42,5	7,3	8	7,9
42,5	20,2	42,5	7,5	8,1	7,9

Tabla #7. Resultados del Diseño de Experimentos en el Proceso de Reflectivo

VII.3.2. PROCESO DE LAMINADO

En este proceso se experimento, primero con la velocidad del proceso en el momento de estar en los pre-hornos y en los rodillos de presión. , los resultados fueron verificados en una inspección visual efectuada a la salida del autoclave, tomando las condiciones de la lámina (burbujas, poros, rayas). Los resultados obtenidos se muestran en la *Tabla #8*.

Como puede observar, a menor velocidad, se obtiene un mejor resultado en la lámina, sin embargo, es importante destacar, que dependiendo de la marca del polyvinyl butyral y del espesor final de la lámina, se tendrá una velocidad diferente, lo influyente

en este caso es que la lámina al salir del último rodillo y horno debe tener una temperatura no mayor a 70°C.

VELOCIDAD	RESULTADO
2.4 m/min	Pequeñas burbujas en los bordes de la lámina
2.2 m/min	Sin defecto visible
2.2 m/min	Suciedad, burbujas en los bordes
2.0 m/min	Partícula de vidrio dentro de la laminación
2.0 m/min	Sin defecto visible
1.8 m/min	Sin defecto visible
1.8 m/min	Sin defecto visible

Tabla #8. Resultados del Diseño de Experimentos I en el Proceso de Laminado

Por otro lado, se experimentó cambiando los parámetros de trabajo del autoclave, obteniendo una reducción del número de láminas con burbujas y mejor apariencia del vidrio laminado. Los parámetros cambiados fueron la presión (11 bares) y la temperatura (140°C).

VII.3.3. PROCESO DE ESPEJO

En este proceso se experimentó con el producto Zinc, el cual es agregado al vidrio junto con el cobre. Su función es activador del cobre, de manera de ayudarlo a precipitar sobre la plata.

Se utilizó óxido de zinc al 99% de pureza, el resultado obtenido fue que no se lograba precipitar el cobre sobre la plata, lo que ocasionó una mala adhesión de los productos sobre el vidrio. Las soluciones utilizadas fueron las siguientes:

EXPERIMENTO	SOLUCIÓN
1	262.5 l de H_2O 200 de OZn 80 ml de Alcohol
2	262.5 l de H_2O 400 g de OZn 160 ml de Alcohol
3	296.5 l de H_2O 700 g de OZn 240 ml de Alcohol

Tabla #9. Mezclas utilizadas en el Diseño de Experimento I en el Proceso de Espejo

Luego se probó con polvo de zinc de 200 Mesh, para controlar la precipitación, el resultado fue una buena reacción del cobre y obtener buena adhesión y una reflectancia

final de 90%. Por lo que se concluye que el producto que necesita es polvo de zinc y no, óxido de zinc. La mezcla utilizada para el polvo de zinc fue: 500 l de H_2O, 500ml de Alcohol y 2.2 Kg de polvo de Zinc.

Se puede ver que si no se tiene el producto necesario, o se realiza una mala mezcla de las soluciones que se utilizan en la producción, el producto final presentará fallas en su realización.

VII.4. ESTANDARIZACIÓN DE PARÁMETROS SIGNIFICANTES DE TRABAJO

VII.4.1. PROCESO DE REFLECTIVO

Como resultado del experimento realizado en este proceso, se llega a la conclusión que la potencia y la velocidad son los parámetros más significantes y que se deben de controlar, dependiendo de cual se el producto que se este realizando. En el caso estudiado, modelo SM-08, trabajando con las condiciones utilizadas en el diseño de experimento, se demostró que es un proceso capaz de alcanzar dichas transmitancia, por lo tanto, será capaz de producir otros productos que requieren una transmitancia mayor.

Debido a esto, se requiere que el proceso trabaje en las siguientes condiciones para que el producto SM-08 este dentro de las especificaciones de diseño establecidas:

PARÁMETRO	NIVEL
Vacío	$< 1.0 \times 10^{-5}$ Torr
Agua Destilada	$> 1.0 \times 10^{6}\ \Omega$
Potencia en Cátodos	Cátodo 1: 7.3 – 7.6 Cátodo 2: 7.9 – 8.3 Cátodo 3: 20.1 – 20.3
Velocidad	42.5 pulg/min
Presión de Gases	3.0×10^{-6} Torr

Tabla #10. Estándares para Parámetros de Trabajo en el Proceso de Reflectivo

Para los otros modelos, se deben buscar los valores para la potencia de los cátodos y la velocidad de depositación, para esto se debe tomar en cuenta que el cátodo de acero inoxidable es más influye en la variación de la transmitancia que el de titanio. Para mejorar la eficiencia de este proceso y el producto final, se está proyectando el cambio de la primera lavadora, y cambiar las bombas de inyección de gas.

VII.4.2. PROCESO DE LAMINADO

Este proceso es un poco más delicado, pero a pesar de esto la cantidad de scrab no es alto en comparación a las láminas fabricadas, pero se deben tener en cuenta que se debe mantener a los siguientes niveles los parámetros de trabajo:

PARÁMETRO	NIVEL
Temperatura (Cuarto de ensamblaje)	18°C – 22°c
Humedad Relativa (Cuatro de Ensamblaje)	23% ± 5%
Velocidad en los Pre – Hornos	2.0 – 2.2m/min
Temperatura de Pre – Hornos	250°C
Temperatura de salida de Pre - Hornos	Horno 1: 25°C – 40°C Horno 2: 45°C – 70°C
Presión de Rodillos	Rodillo 1: 1mm menos del espesor del vidrio. Rodillo 2: 2mm menos del espesor del vidrio.
Presión Final de Autoclave	11 Bares
Temperatura Final de Autoclave	135°C – 150°C

Tabla #11. Estándares para Parámetros de Trabajo en el Proceso de Laminado

Se está tratando de llevar la presión final del autoclave a 12 bares, pero el equipo no está diseñado para esa presión. Para mejorar la eficiencia del autoclave, se implementó un intercambiador de calor utilizando los gases de salida de la caldera como el fluido que sede calor al aire que entra al autoclave, de manera que se llegue a la temperatura final, 140°C, en menor tiempo, y utilizando como enfriador del ambiente dentro del autoclave, un chiller de gran capacidad.

VII.4.3. PROCESO DE ESPEJO

En este proceso se debe controlar la realización de las mezclas que intervienen en la producción, por tanto, se debe cumplir con las condiciones que se muestran en la *Tabla #12*, para la preparación de las soluciones. Algunas de ellas, se adquieren ya preparadas según las condiciones requeridas, esto con el fin de reducir el error de preparación.

Además de las soluciones, se debe cumplir con ciertas condiciones de trabajo para tener un buen producto, esto se encuentra agrupado en la *Tabla #13*.

En los actuales momentos, se está buscando elementos de las soluciones de mejor calidad, de manera de asegurar la calidad del espejo.

SOLUCIÓN	PREPARACIÓN
Cerio	Debe ser al 2% - 3% 2Kg Cerio al día Agua Destilada
Sensibilizador (Estaño, Cloruro y Ácido Clorhídrico)	Se compra la solución ya preparada.
Nitrato de Plata(Agua Destilada, Soda, 4XMA, Amoniaco)	Debe ser al 63%, se compra la solución ya preparada.
Zinc	500l de H_2O Destilada 200ml de Alcohol 2.2Kg de polvo de Zinc (200Mesh)
Sulfato de Cobre	Debe ser al 26% 32Kg $CuSO_4$ 2l H_2SO_4 50l H_2O Destilada

Tabla #12. Preparación de Soluciones del Proceso

PARÁMETRO	NIVEL
Presión de salida de Boquillas	3 bares
Presión de Cepillos	2mm por debajo del vidrio
Temperatura de Horno antes de Pintura	40ºC – 45ºC
Filtro de Pintura	75 micras
Velocidad en Pintura	70 m/min
Temperatura de Horno de cocinado de Pintura	140ºC – 160ºC

Tabla #13. Estándares para Parámetros de Trabajo en el Proceso de Espejo

CAPÍTULO VIII
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VIII.1. CONCLUSIONES

Desde hace aproximadamente un año, la empresa ha venido realizando fuertes inversiones para el mejoramiento de sus procesos y, en consecuencia, de sus productos, de manera de obtener la Certificación ISO-9001. Para ello, a pesar de la fuerte crisis financiera que actualmente está sufriendo el país, se ha preocupado en adquirir personal calificado para tal misión.

Para comenzar se realizó este estudio, el cual arroja las siguientes conclusiones:

- Las características de calidad más significativas para la materia prima, son los siguientes:
  - Vidrio Claro Monolítico:
    - ✓ Planimetría.
    - ✓ Tiempo de fabricación, no mayor de un mes.
    - ✓ Empaquetamiento del material por parte del proveedor.
    - ✓ Certificado de Calidad.
  - Polyvinyl Butyral:
    - ✓ Nivel de Humedad.
    - ✓ Buen empaquetamiento por parte del proveedor.
    - ✓ Certificado de Calidad.
- Los parámetros de trabajo que influyen en la calidad del producto, se especifican a continuación:
  - Proceso de Reflectivo: Se deben controlar las variables, *Potencia en los Cátodos* y *Velocidad de Cubrimiento*, los cuales dependen del modelo de fabricación.
  - Proceso de Laminado: Aquí nos encontramos con los siguientes parámetros de influencia:
    - ✓ Temperatura en el Cuarto de Ensamblaje.
    - ✓ Humedad Específica en el Cuarto de Ensamblaje.
    - ✓ Velocidad de los Pre – Hornos (depende del espesor de las láminas).
    - ✓ Temperatura de salida del vidrio laminado de los Pre – Hornos.
    - ✓ Presión de Rodillos.
    - ✓ Presión Final en el Autoclave.
    - ✓ Temperatura Final en el Autoclave.
  - Proceso de Espejo: Se toman en cuenta dos factores, las soluciones y las variables en sí del proceso:

- ✓ Solución de Cerio.
- ✓ Solución de Plata.
- ✓ Solución de Zinc.
- ✓ Solución de Cobre.
- ✓ Presión de salida de las Boquillas.
- ✓ Presión de Cepillos.
- ✓ Temperatura de Horno antes de la pintura.
- ✓ Filtro de Pintura.
- ✓ Velocidad en la Pintura.
- ✓ Temperatura de Horno de cocinada de la pintura.

- Las pruebas recomendadas para la comprobación de la calidad de los productos, son las siguientes:
  - ➢ Vidrio Monolítico Reflectivo:
    - ✓ Medición de la Transmitancia.
    - ✓ Medición de la Reflectancia (cubrimiento y vidrio).
    - ✓ Medición de Color (factores a y b).
    - ✓ Medición de la Adhesión.
  - ➢ Vidrio Laminado: Se tiene dos categorías:
    - ✓ No Destructivas:
      - Medición de la Transmitancia.
      - Medición de la Reflectancia (externo e interno).
      - Medición del Color (factores a y b).
      - Medición de Humedad.
    - ✓ Destructivas:
      - De Impacto.
      - De Temperatura.
      - De Adhesión.
      - De Penetración de Agua.
  - ➢ Espejo:
    - ✓ Prueba de Adhesión.
    - ✓ Análisis del Cobre.
    - ✓ Análisis de la Plata.

- Las características de calidad, Transmitancia, Reflectancia (por el lado del cubrimiento y del vidrio), Color y Adhesión, para los nuevos modelos de vidrio monolítico reflectivo, se establecen en los siguientes niveles:
  - Modelo SS-25:
    - ✓ Transmitancia: 25% ± 2%
    - ✓ Reflectancia:
      - Vidrio: 18% ± 2%
      - cubrimiento: 30% ± 2%
    - ✓ Color:
      - a: 0 ± 1
      - b: -1 ± 1
    - ✓ Adhesión:
      - Aumento Promedio de Transmitancia: 7.5%
      - Cambio Promedio de Transmitancia: 30%
  - Modelo SM-08:
    - ✓ Transmitancia: 8% ± 1%
    - ✓ Reflectancia:
      - Vidrio: 38% ± 2%
      - Cubrimiento: 53% ± 2%
    - ✓ Color:
      - a: -1 ± 1
      - b: 0 ± 1
    - ✓ Adhesión: Para este vidrio no se puede estandarizar debido a que presenta problemas en este sentido, pero se están efectuando experimentos para mejorarlo.
- El nivel de Adhesión para el vidrio laminado, se establece mayor a cinco, para la prueba Ponmel, en la que se tiene una escala del uno al diez, poseyendo menos adhesión si se encuentra en la parte baja de la escala. En lo referente a la Humedad se determina que para vidrios laminados claros de 6mm de espesor (estándar), el nivel de humedad relativa debe estar entre 0.23% y 0.52%.
- Para un mejor control, se reúne la información adquirida, en manuales de Especificaciones de Diseño y Parámetros de Trabajo.

VIII.2. RECOMENDACIONES

1. Inspeccionar la materia prima al momento de su llegada a la planta, por parte de la persona que recibe la mercancía, reportando los resultados a las personas encargadas de abastecimiento, control de calidad y administración, de manera de tomar acciones correctivas de presentarse algún inconveniente.

2. Realizar control de procesos, que incluya al menos, la verificación de los parámetros de trabajo, programas mantenimiento preventivo y correctivo y gráficas de control. Esto debe ser coordinado con la gerencia de planta, ya que involucra varios sectores de la misma, como es mantenimiento y producción.

3. Elaboración de un programa de ensayos, coordinado por el departamento de control de calidad, para todos los productos que se fabrican en la empresa, de manera de garantizar el mejoramiento de la calidad.

4. Realizar inspecciones visuales de los productos, durante el proceso si es posible, y al final del mismo, por parte de una persona entrenada para ello, la cual debe entregar reportes de defectos al momento de terminar la producción.

5. Concientizar a los trabajadores de las líneas de producción, especialmente a los supervisores, de la importancia de la calidad para el mejoramiento de la empresa. Adiestrar a los supervisores de línea, con respecto a las técnicas existentes en el área de control de procesos. Por medio de talleres coordinados por la Gerencia de Recursos Humanos de la empresa.

6. Realizar reuniones periódicas con los responsables de la producción, para informar acerca de los avances realizados en materia de calidad, y consultar nuevas propuestas para el continúo mejoramiento de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- American Society of Heating, Refrigerating and Air – Conditioning Engineers. ***1.997 ASHREA HANDBOOK, FUNDAMENTALS.*** Inc. Atlanta, U.S.A.
- Arvelo L., Angel Francisco. ***LA CAPACIDAD DE LOS PROCESOS, MÉTODOS ESTADÍSTICOS EXIGIDOS POR LAS NORMAS ISO – 9000.*** Primera Edición, Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela, 1.998. p.p. 179 + 10 h.
- Asti Vera, Armando. ***METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.*** Editorial Kapelusz, Primera Edición, Argentina, 1.973. p.p. 195 + 2h.
- Besterfield, Dale H. ***CONTROL DE LA CALIDAD.*** Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., Cuarta Edición, México, 1.995. p.p. 508.
- Eco, Humberto. ***COMO SE HACE UNA TESIS, TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIO Y ESCRITURA.*** Editorial Gedisa, Segunda Edición, Argentina, 1.982. p.p. 267 + 2h.
- Feigenbaum, Armand V. ***CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD.*** Editorial CECSA, Tercera Edición, México. p.p. 922 + 1h.
- Galgano, Alberto. ***LOS 7 INSTRUMENTOS DE LA CALIDAD TOTAL, MANUAL OPERATIVO.*** Ediciones Díaz de Santos, S.A., Primera Edición, Madrid, España, 1.995. p.p. 302 + 2h.
- Miller, Irwin / Freund, John E. ***PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA PARA INGENIEROS.*** Editorial Prentice Hall, Tercera Edición, México, 1.987. p.p 574 + 5h.
- Valbuena, Reina. ***ORIENTACIONES BÁSICAS PARA EL TESISTA.*** Editorial Caracaibo, Segunda Edición, 1.988.
- Vaughn, Richard C. ***CONTROL DE CALIDAD.*** Editorial Limusa / Grupo Noriega Editores. México, 1.993. p.p. 293 + 3h.
- ***NORMA VENEZOLANA COVENIN 2719-90***: Vidrios de Seguridad para Edificaciones.

- ***NORMA VENEZOLANA COVENIN 2534:1994 (ISO/IEC GUIA 25: 1990)***: Requisitos Generales que Permiten Evaluar la Competencia de los Laboratorios de Calibración y Ensayo.
- ***ASTM C 1036-91 (Reapproved 1997)***: Standard Specification for Flat Glass.
- ***ASTM C 1172-96$^{\epsilon 1}$***: Standard Specification for Laminated Architectural Flat Glass.
- ***ASTM E 1300-97***: Standard Practice for Determining Load Resistance of Glass in Buildings.
- ***CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD***. Maraven, Filial de Petróleos de Venezuela, División de Operaciones de Producción, Noviembre 1.987.
- ***RESÚMENES DE TRABASJOS DE GRADO***. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Humanidades y Educación, Comisión de Estudios para Graduados, Caracas, 1.985.
- ***GERENCIA DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD***. Universidad del Zulia, Institución Rental de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Centro de Estudios y Desarrollo (FACES – CED, S.C.), Maracaibo, 1.998.
- ***HERRAMIENTAS BÁSICAS I, MÓDULO 3***. ITESM, División de Graduados e Investigación, Centro de Calidad, Programa FORD – ITESM, Campus Monterrey, 1.990.
- Apuntes de sesiones dictadas por el Ing. Arvelo, Angel Francisco; en la Cátedra de Métodos Estadísticos. Facultad de Ingeniería. Universidad Católica Andrés Bello, 1.998.
- Apuntes de sesiones dictadas por el Ing. Gutierrez, Luis A.; en la Cátedra de Control de Calidad. Facultad de Ingeniería. Universidad Católica Andrés Bello, 1.998.
- Apuntes de sesiones dictadas por el Ing. Rivis, Sebastián; en la Cátedra de Aire Acondicionado. Facultad de Ingeniería. Universidad Católica Andrés Bello, 1.998.
- Consultas a Internet.

ESTANDARIZACIÓN DE PARÁMETROS DE TRABAJO Y DE CONTROL PARA LA COMPROBACIÓN DE LA CALIDAD EN EL PROCESAMIENTO DE VIDRIOS CLAROS MONOLÍTICOS

GLOSARIO

- ***Distribución de Frecuencias:*** Manera de disponer datos para mostrar la repetición de determinados valores en una categoría.
- ***Ensayo:*** Probar las cualidades de algún producto, sometiéndolo a determinadas condiciones.
- ***Especificación:*** Determinación y precisión de las características de calidad de un producto o servicio.
- ***Espectrofotómetro:*** Equipo capaz de medir las condiciones de transmitancia, reflectancia y color de un vidrio, en la zona de luz visible (380 – 780nm).
- ***Gráficas de Control:*** Registro en una gráfica de las variaciones de la calidad de una característica determinada, durante un lapso de tiempo dado.
- ***Grietas:*** Es aquella rotura de aspecto brillante que afecta una parte importante del espesor del vidrio, causada por contacto con una superficie fría o por una presión excesiva, que puede producir la fractura del vidrio.
- ***Histograma:*** Presentación gráfica, mediante barras rectangulares, de una distribución de frecuencias.
- ***Inspección:*** Examinar atentamente ciertas características de un producto o servicio.
- ***Límites de Especificaciones:*** Extremos de una característica, que determinan el límite de aceptación o rechazo de un producto o servicio.
- ***Límites de Control:*** Son los límites de una gráfica de control que sirven para evaluar la variabilidad producida en las características de calidad de un subgrupo a otro.
- ***Manchas:*** Es una opacidad en la superficie o interior del vidrio, causadas generalmente por el contacto con un ambiente húmedo.
- ***Manchas Opacas:*** Es una mancha que no da brillo y se detecta fácilmente al tacto.
- ***Manchas Tornasol:*** Es aquella mancha brillante y que tiene aspecto de arco iris cuando la luz lo atraviesa.
- ***Media:*** Es el promedio de una población.
- ***Mediana:*** Es el valor que divide a una serie de observaciones dispuestas ordenadamente, de manera que el número de observaciones por encima sea igual a las que quedan por debajo de este valor.
- ***Moda:*** Es el valor que más se repite en un conjunto de datos.
- ***Muestra:*** Pequeña porción de la población y que se utiliza para representar al total de ella.
- ***Ojo de Buey:*** Son depresiones pequeñas que se presentan en la superficie del vidrio.

- ***Óxido:*** Defecto que presenta el vidrio claro monolítico, producido cuando éste pasa un tiempo expuesto a humedad.
- ***Partículas de Vidrio Fundido:*** Son pequeñas astillas transparentes de vidrio, que se adhieren a la superficie del mismo.
- ***Pase:*** Indica la cantidad de electrodeposiciones que ha sufrido el vidrio claro monolítico.
- ***Piedras:*** Es cualquier partícula opaca o parcialmente fundida, de roca, arcilla o ingredientes de elaboración del vidrio.
- ***Planimetría:*** Característica del vidrio flotado que indica lo plano del mismo.
- ***Poros:*** Defecto que se presenta en el vidrio monolítico reflectivo cuando no hay una buena depositación del material.
- ***Proceso Centrado:*** Es cuando el proceso sigue una distribución normal y la media, mediana y moda tienen el mismo valor.
- ***Puntos Luminosos:*** Son pequeñas protuberancias en la superficie del vidrio o ausencia de polyvinyl.
- ***Rayas:*** Es cualquier marca o desgarramiento en la superficie del vidrio producido durante la elaboración o transporte del mismo, las cuales se ven como si hubieran sido hechas por un instrumento filoso.
- ***Rayas Fuertes:*** Son las rayas que se observan en la superficie del vidrio y se detectan al tacto con la uña.
- ***Rayas Ligeras:*** Son las rayas que se observan en la superficie del vidrio, pero no se detectan con la uña.
- ***Rayas Medias:*** Son las rayas que se detectan al tacto con la uña.
- ***Raspaduras:*** Es el deterioro de una superficie del vidrio que aparecen bajo determinados ángulos de observación.
- ***Reflectancia Visible:*** Es el porcentaje de luz visible (380 – 780nm) que se refleja en la superficie del vidrio.
- ***Scrab:*** Es el producto aquel que presenta un defecto y no puede ser reprocesado, sino más bien, desechado.
- ***Tolerancia:*** Variación permisible del valor de una característica de calidad.
- ***Transmitancia Visible:*** Es el porcentaje de luz visible (380 – 780nm) que se transmite al ambiente a través del vidrio.

GLOSARIO

- ***Adhesión:*** Fuerza de atracción que mantiene unidas moléculas de distinta especie química. Por ejemplo: Polyvinyl butyral y Vidrio, Metal y Vidrio (Proceso de Reflectivo).
- ***Burbujas:*** Son inclusiones gaseosas, sucios o piedras de forma ovoidal, esferoidal o lenticular en el volumen del vidrio, con condensación o sin ella.
- ***Burro:*** Implementos que portan los vidrios y ayudan a su traslado.
- ***Calidad:*** Es una percepción del usuario, no es un conjunto de características que permitan calificar como bueno o malo el producto o servicio que se genera. Esta percepción del usuario será buena o mala dependiendo del grado en que son satisfechos sus requerimientos sobre el producto o servicio.
- ***Capacidad del Proceso:*** Dispersión de un proceso. Cuando el proceso se encuentra en un estado de control estadístico, su capacidad es igual a seis veces la desviación estándar.
- ***Causas Asignables:*** Son debidas a factores externos al proceso, y éstas de por sí, son capaces de explicar variaciones en la calidad del producto o servicio.
- ***Causas Comunes:*** Son aquellas aleatorias, no controlables, ya que son inherentes al proceso.
- ***Control del Proceso:*** Es cuando en el proceso sólo actúan causas comunes o aleatorias, y que la variabilidad del proceso es natural de él. Se ajusta a la Distribución Normal
- ***Defecto o no conformidad:*** Alejamiento de una característica de la calidad de su nivel determinado, con gravedad suficiente como para que el producto o servicio no satisfaga las especificaciones.
- ***Desviación estándar:*** Medida de la dispersión que se produce en torno a la media de una población o del promedio de una muestra.
- ***Diagrama de Causa – Efecto:*** Figura formada por líneas y símbolos que sirven para representar relaciones entre un efecto y sus causas.
- ***Diagrama de Flujo del Proceso:*** Es un diagrama que muestra el avance de un producto o de un servicio conforme va pasando a través de diversas etapas del proceso.
- ***Diagrama de Pareto:*** Método empleado para identificar las causas más influyentes de una situación determinada.