



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Maestría en Artes en Energía y Ambiente**

## **REDUCCIÓN Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE VIDRIO CLARO EN GUATEMALA**

**Ing. Carlos Alberto Spiegelner Benítez**

Asesorado por el Ing. Ms. Eder Luis Maldonado

Guatemala, octubre de 2017



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDUCCIÓN Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE VIDRIO  
CLARO EN GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y LA ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
POR

**ING. CARLOS ALBERTO SPIEGELER BENITEZ**

ASESORADO POR EL ING. MS. EDER LUIS MALDONADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN ARTES EN ENERGÍA Y AMBIENTE**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



### **NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |  |
|------------|--|
| DECANO     | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco     |
| VOCAL I    | Ing. Ángel Roberto Sic García          |
| VOCAL II   | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III  | Ing. José Milton de León Bran          |
| VOCAL IV   | Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez      |
| VOCAL V    | Br. Oscar Humberto Galicia Núñez       |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López      |

### **TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|              |  |
|--------------|--|
| DECANO       | MSc Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco     |
| EXAMINADOR/A | MSc Ing. Murphy Olympos Paiz Recinos       |
| EXAMINADOR/A | MSc Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque    |
| EXAMINADOR/A | MSc Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| SECRETARIO/A | MSc Inga. Lesbia Magalí Herrera López      |



**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**Reducción y reutilización de residuos de vidrio claro en Guatemala**

Tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, con fecha 29 de junio de 2017.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above the printed name.

**Ing. Carlos Alberto Spiegeler Benitez**





## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Por darme la vida y siempre cuidar de mí, por la sabiduría para cumplir con mis objetivos y por proporcionarme la capacidad que hoy me permite alcanzar este triunfo.

### **Mi abuela**

**María Catalina Mérida Ramírez**, por el tiempo, sacrificio y sabios consejos, que hoy han hecho de mí, un hombre de principios y valores.

### **Mi madre y padre**

**Ana María Benítez de Spiegeler y Ricardo Spiegeler García**, por hacer de mí una persona honesta y de carácter, por darme la oportunidad de cumplir mis sueños, gracias a su paciencia y sobre todo, por el apoyo incondicional que siempre me han brindado en la vida.

### **Mis hermanos**

Por formar parte de mi vida y por compartir los momentos significativos durante mi carrera profesional.

### **Mi novia**

**Blanca Dalila Peraza Oliva**, por ser mi pilar en los momentos más difíciles en la maestría.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Dios**

Por regalarme la vida.

**Mi madre**

Por todo el esfuerzo realizado para mi superación

**MA. Ing. José Antonio Rosal Chicas**

**Ms. Ing. Eder L. Maldonado Rivas**

Por la asesoría y apoyo recibido durante el tiempo de la investigación, acatando todas las observaciones y recomendaciones para lograr desarrollar el proyecto de la mejor manera posible.

**Universidad de San Carlos de Guatemala**

Mi alma máter y querida universidad, por la formación académica y profesional que me ha brindado; por forjar en mí el espíritu universitario y darme la oportunidad de ser san carlista.



FACULTAD DE  
INGENIERÍA - USAC  
**EP**  
ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO

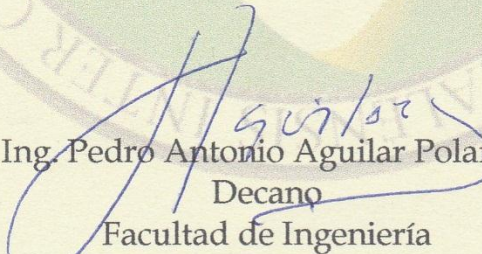
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2017-021

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al Trabajo de Graduación de la Maestría en Artes en Energía y Ambiente titulado: **"REDUCCIÓN Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE VIDRIO CLARO EN GUATEMALA"** presentado por el Ingeniero Industrial **Carlos Alberto Spiegel Benítez**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Guatemala, octubre de 2017.

Cc: archivo/la

**Doctorado:** Sostenibilidad y Cambio Climático. **Programas de Maestrías:** Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Estructuras, Energía y Ambiente Ingeniería Geotécnica, Ingeniería para el Desarrollo Municipal, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería de Mantenimiento. **Especializaciones:** Gestión del Talento Humano, Mercados Eléctricos, Investigación Científica, Educación virtual para el nivel superior, Administración y Mantenimiento Hospitalario, Neuropsicología y Neurociencia aplicada a la Industria, Enseñanza de la Matemática en el nivel superior, Estadística, Seguros y ciencias actuariales, Sistemas de información Geográfica, Sistemas de gestión de calidad, Explotación Minera, Catastro.



FACULTAD DE  
INGENIERÍA - USAC

ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2017-021

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del Trabajo de Graduación titulado **"REDUCCIÓN Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE VIDRIO CLARO EN GUATEMALA"** presentado por el Ingeniero Industrial **Carlos Alberto Spiegelер Benítez**, correspondiente al programa de Maestría en Artes en Energía y Ambiente; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Director

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, octubre de 2017.

Cc: archivo/la

**Doctorado:** Sostenibilidad y Cambio Climático. **Programas de Maestrías:** Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Estructuras, Energía y Ambiente Ingeniería Geotécnica, Ingeniería para el Desarrollo Municipal, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería de Mantenimiento. **Especializaciones:** Gestión del Talento Humano, Mercados Eléctricos, Investigación Científica, Educación virtual para el nivel superior, Administración y Mantenimiento Hospitalario, Neuropsicología y Neurociencia aplicada a la Industria, Enseñanza de la Matemática en el nivel superior, Estadística, Seguros y ciencias actuariales, Sistemas de información Geográfica, Sistemas de gestión de calidad, Explotación Minera, Catastro.





FACULTAD DE  
INGENIERÍA - USAC  
ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

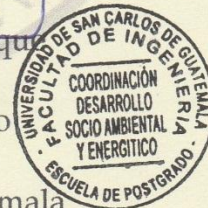
APT-2017-021

Como Coordinador de la Maestría en Artes en Energía y Ambiente del Trabajo de Graduación titulado **"REDUCCIÓN Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE VIDRIO CLARO EN GUATEMALA"** presentado por el Ingeniero Industrial **Carlos Alberto Spiegel Benítez**, apruebo y recomiendo la autorización del mismo.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

MSc. ~~Juan Carlos Fuentes Montepeque~~  
Coordinador de Maestría  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, octubre de 2017.

Cc: archivo/la

**Doctorado:** Sostenibilidad y Cambio Climático. **Programas de Maestrías:** Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Estructuras, Energía y Ambiente Ingeniería Geotécnica, Ingeniería para el Desarrollo Municipal, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería de Mantenimiento. **Especializaciones:** Gestión del Talento Humano, Mercados Eléctricos, Investigación Científica, Educación virtual para el nivel superior, Administración y Mantenimiento Hospitalario, Neuropsicología y Neurociencia aplicada a la Industria, Enseñanza de la Matemática en el nivel superior, Estadística, Seguros y ciencias actuariales, Sistemas de información Geográfica, Sistemas de gestión de calidad, Explotación Minera, Catastro.

# ÍNDICE GENERAL

|  |           |
|--|-----------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....                                | V         |
| INDICE DE TABLAS .....                                       | VI        |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....                                      | VII       |
| GLOSARIO .....   | IX        |
| RESUMEN .....  | XI        |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                             | XIII      |
| OBJETIVOS .....  | XV        |
| RESUMEN MARCO METODOLÓGICO .....                             | XVII      |
| INTRODUCCIÓN .....   | XIX       |
| <br>   |           |
| <b>1. MARCO TEÓRICO .....</b>                                | <b>1</b>  |
| 1.1. Generalidades de los compuestos del vidrio .....        | 1         |
| 1.1.1. Propiedades de los compuestos del vidrio .....        | 9         |
| 1.1.2. Manipulación de los compuestos del vidrio .....       | 12        |
| 1.1.3. Funciones de los compuestos del vidrio .....          | 16        |
| 1.2. Clasificación general del vidrio .....                  | 22        |
| 1.2.1. Separación del vidrio según dimensiones .....         | 22        |
| 1.2.2. Maquinaria y equipo de manipulación .....             | 25        |
| 1.3. Desperdicios y desechos de vidrio, vidrio en masa ..... | 26        |
| 1.3.1. Manejo de desperdicios y desechos .....               | 26        |
| 1.3.3. Transporte de los desperdicios y desechos .....       | 29        |
| 1.3.4. Los vertederos de desechos sólidos .....              | 30        |
| 1.4. Reducción y reutilización de los desechos .....         | 31        |
| <br>   |           |
| <b>2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>               | <b>33</b> |
| 2.1. Descripción del vidrio claro .....                      | 33        |



|  |           |
|--|-----------|
| 2.2. Datos para el uso del vidrio claro.....                               | 37        |
| 2.4. Variables y muestreo .....  | 40        |
| 2.4.1. Variables .....   | 40        |
| 2.4.2. Muestreo .....  | 41        |
| 2.4.3. Técnicas.....   | 42        |
| 2.5. Tablas de máximos y mínimos de reutilización de desperdicios .....    | 42        |
| 2.5.1. Encuestas del antes, durante y después de aplicar las mejoras ..... | 43        |
| <b>3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....</b>                                 | <b>45</b> |
| 3.1. Reducción total de desperdicios y desechos.....                       | 45        |
| 3.2. Caracterización de la demanda energética.....                         | 51        |
| 3.3. Propuesta de reducción y reúso de los desechos del vidrio .....       | 52        |
| 3.3.1. Proceso de mejora continua .....                                    | 52        |
| 3.3.2. Acondicionamiento de espacio para la reutilización .....            | 52        |
| 3.3.3. Programa de mantenimiento.....                                      | 53        |
| 3.4. Planes de reducción.....  | 53        |
| 3.4.1. Planificación .....   | 54        |
| 3.4.2. Diseño .....  | 54        |
| 3.4.3. Proceso .....   | 54        |
| 3.5. Reúso .....   | 55        |
| 3.5.1. Clasificación .....   | 55        |
| 3.5.2. Reciclaje.....  | 55        |
| 3.5.3. Resultados de encuesta Buen Manejo y Reutilización del Vidrio.....  | 56        |
| <b>4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>                                     | <b>57</b> |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>  | <b>61</b> |
| <b>RECOMENDACIONES .....</b>   | <b>63</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                                     | <b>65</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>   | <b>67</b> |



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| 1. Descripción del vidrio 5 mm .....                       | 33 |
| 2. Descripción del vidrio 6 mm .....                       | 34 |
| 3. Descripción del vidrio 8 mm .....                       | 34 |
| 4. Descripción del vidrio 10 mm .....                      | 35 |
| 5. Descripción del vidrio 12 mm .....                      | 35 |
| 6. Descripción del vidrio 15 mm .....                      | 36 |
| 7. Descripción del vidrio 19 mm .....                      | 36 |
| 8. Aprovechamiento actual de la plancha.....               | 37 |
| 9. Utilización de plancha.....                             | 39 |
| 10. Máximo, mínimo y promedio de desperdicio semanal ..... | 46 |
| 11. Mal acondicionamiento del residuo .....                | 54 |

## TABLAS

|        |   |    |
|--------|---|----|
| I.     | Propiedades de la arena de sílice .....                             | 9  |
| II.    | Propiedades físicas del sodio .....                                 | 9  |
| III.   | Propiedades químicas del sodio .....                                | 10 |
| IV.    | Propiedades termoquímicas del sodio .....                           | 10 |
| V.     | Propiedades termoquímicas de la dolomita .....                      | 10 |
| VI.    | Propiedades químicas de la sienita.....                             | 11 |
| VII.   | Variables de medición .....   | 40 |
| VIII.  | Máximo, mínimo y promedio de residuos.....                          | 45 |
| IX.    | Problema y solución de bodega de almacenaje - bodega corte.....     | 46 |
| X.     | Reducción total de residuos (BA).....                               | 47 |
| XI.    | Problema y solución de bodega de corte manual y automatico.....     | 48 |
| XII.   | Reducción total de residuos (BPC) .....                             | 48 |
| XIII.  | Problema y solución de bodega de producción de pulido (BPP).....    | 49 |
| XIV.   | Reducción total de residuos de bodega (BPP) .....                   | 49 |
| XV.    | Problema y solución de bodega de producción de templado (BPT) ..... | 50 |
| XVI.   | Reducción total de residuos de bodega (BPT) .....                   | 50 |
| XVII.  | Reducción en demanda energética mejora continua .....               | 51 |
| XVIII. | Tareas diarias de mantenimiento.....                                | 53 |
| XIX.   | Resultados de encuestas.....  | 56 |

## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b> | <b>Significado</b> |
|----------------|--------------------|
| °              | Grado              |
| Hab            | Habitante          |
| kW             | Kilowatt           |
| m <sup>2</sup> | Metro Cuadrado     |
| m <sup>3</sup> | Metro Cubico       |
| %              | Porcentaje         |
| Q              | Quetzal            |
| T              | Tonelada           |
| W              | Watt               |



## GLOSARIO

|  |   |
|--|---|
| <b>Arena de sílice (SiO<sub>2</sub>)</b>                 | Arena con alto contenido de silicio, Su composición química está formada por un átomo de silicio y 2 átomos de oxígeno, identificada como SiO <sub>2</sub> que es una molécula muy estable que es insoluble en el agua. |
| <b>Carbonato de sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)</b> | El carbonato de sodio o carbonato sódico es una sal blanca y translúcida de fórmula química Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , usada entre otras cosas en la fabricación de jabón, vidrio y tintes.                      |
| <b>Caustificación</b>                                    | Proceso por el cual, añadiendo un compuesto de sodio a un cierto hidróxido, obtenemos un hidróxido diferente al anterior.   |
| <b>Contaminación</b>                                     | Es la introducción de sustancias u otros elementos físicos en un medio que provocan que éste sea inseguro o no apto para su uso.  |
| <b>Desperdicio</b>                                       | Es el mal aprovechamiento que se realiza de alguna cosa o de alguien.   |
| <b>Diseño</b>  | Actividad creativa que tiene por fin proyectar objetos que sean útiles y estéticos.   |

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| <b>Fabricación</b>                    | Producción de objetos que implica transformación de materia prima.  |
| <b>Lote</b>                           | Grupo de cosas de los varios que se hacen en un todo para distribuirlo.   |
| <b>Procedimientos</b>                 | Término que hace referencia a la acción que consiste en proceder, que significa actuar de una forma determinada.  |
| <b>Residuos</b>                       | Material que pierde utilidad tras haber cumplido con su misión o servido para realizar un determinado trabajo.  |
| <b>Roca caliza (CaCO<sub>3</sub>)</b> | Es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> ), aunque frecuentemente presenta trazas de magnesita (MgCO <sub>3</sub> ) y otros carbonatos. |
| <b>Textura</b>                        | Forma en que están entrelazadas las fibras de un tejido, lo que produce una sensación táctil o visual.  |
| <b>Vidrio</b>                         | Sustancia transparente o translúcida, dura y frágil a la temperatura ordinaria, que se obtiene fundiendo una mezcla de sílice, carbonato de sodio y roca caliza.                              |



## RESUMEN

Actualmente Guatemala es un país donde el vidrio se trabaja en distintas áreas de la construcción como en la fabricación de bebidas carbonatadas, al año se procesan 39.081 toneladas de vidrio, es el líder de la región; se recicla 15.084 toneladas al año, esto indica que también debería ser los pioneros en la reducción y reutilización de los residuos a gran escala, utilizando procesos que no solo conllevará a la reducción de costos innecesarios en la producción para la industria guatemalteca sino para mantener al ambiente libre de desechos que tardarían siglos en degradarse. (VICAL, 2012).

Para la reducción y reutilización de los residuos del vidrio, se contó con la implementación de mecanismos y procedimientos que indican cuáles son los pasos a seguir para el buen manejo de estos y cuál es su destino final para la creación de nuevos productos que tendría un impacto positivo para la industria del vidrio de la nación.

Al reutilizar el residuo de vidrio, implica una reducción de energía e impide que una importante cantidad de desechos sólidos lleguen a vertederos y/o al ambiente, también se redujo el uso de combustibles para nuevos lotes de fabricación. Una vez que el vidrio fue clasificado, se reutilizó en un 100 % para crear nuevas piezas de distintas formas y tamaños para el uso que sea requerido por el grande y pequeño comerciante. “El vidrio es el único material reutilizable y reciclable de manera infinita, sin importar su forma, color o textura de manera que no afecta a la naturaleza”.



## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El planeta está siendo afectado fuertemente a causa de la contaminación en general, por diversos tipos de residuos que el ser humano se encarga día a día al desechar a nivel industria como personal en lugares donde se reciente más la naturaleza, por parte del vidrio este tiene un gran efecto en el medio ambiente si se desecha en lugares inadecuados, ya que es de muy lenta degradación, hasta por cientos de años.

El uso inadecuado y el aprendizaje a medias del reciclaje del vidrio, conllevan a dañar fuertemente al ecosistema, que conforme pasa el tiempo sino se actúa para la reducción de esta problemática, se llegará a un punto donde no se podrá hacer nada para sus efectos con la naturaleza.

La ausencia de métodos de sistemas cuantitativos para la reducción y reutilización del vidrio, y manuales de procedimientos y de funciones para el buen manejo de desechos, las cuales son herramientas de calidad, se mantendrá el desperdicio sin control en la industria del vidrio de Guatemala, con la aplicación de los métodos y manuales se beneficiará la empresa, con los cuales se apoyarán para que en conjunto continuamente aprendan y reduzcan el impacto negativo al ambiente.

## **Pregunta principal**

¿De qué forma se podrá reducir y reutilizar el vidrio claro en la industria arquitectónica, para contribuir a la reducción de residuos sólidos?

## **Preguntas auxiliares**

1. ¿Qué cantidad de residuos genera el trabajo de operación en el área de producción de vidrio crudo y templado?
2. ¿Qué métodos de reducción y reutilización de residuos en la industria del vidrio se utilizarán para ayudar a la empresa y el ambiente?
3. ¿Qué impacto tendría en la cantidad de residuos emitidos la técnica propuesta en la industria del vidrio en la región?

# OBJETIVOS

## General

Evaluar las técnicas de reúso y reducción de residuos de vidrio en la industria arquitectónica.

## Específicos

1. Cuantificar los residuos que genera el trabajo de operación en el área de producción.
2. Establecer los métodos de reducción y reutilización de residuos en la industria del vidrio, que se utilizarán en beneficio de la empresa y el ambiente.
3. Estimar qué impacto tendrá en la cantidad de residuos emitidos la técnica propuesta.



## RESUMEN MARCO METODOLÓGICO

El presente estudio se considera de tipo cuantitativo descriptivo, ya que busca especificar procedimientos, tiempos y características de un proceso, que con el cual se pueda proceder con la reducción y reutilización de residuos de vidrio claro en Guatemala.

Se realizó una recolección de datos y casos del historial por estaciones de trabajo, identificando la cantidad de materia prima desperdiciada por el mal manejo de los diseños o movimientos de trabajo del cual se obtienen grandes cantidades de residuos sólidos.

Para hacer esto se eligió una muestra de los residuos sólidos que estaban ya desechadas, para identificar qué tipos de medidas y cuáles eran las características del vidrio.

El estudio que comprende es un análisis del vidrio, de las cantidades que se generan por el mal proceso de producción, mal manejo de herramientas y equipo, mala distribución de las áreas, mal planificación de trabajo por estaciones y mal manipulación de la materia prima en los distintos procedimientos laborales.

Posteriormente, se fue a las mesas de trabajo para conocer los movimientos y cuáles son los tipos de diseño que comúnmente se echan a perder las piezas de vidrio, para la detección de la ineficiencia en las órdenes de trabajo por estación, realizando un estudio para determinar las cantidades

de vidrio y cómo se puede mejorar el proceso para que este no termine como disposición final.

Con los datos obtenidos por medio de tablas dinámicas se propuso una mejor distribución en las estaciones por tipos de procesos, que conlleva la manufactura de las órdenes de trabajo utilizando técnicas como el muestreo de aceptación, inspección rectificadora y cantidad de residuos a reutilizar para mantener la calidad de entrega final.

Se cuantificó el residuo total por semana obteniendo un dato más adecuado, para fines de identificar cuánto ha sido el residuo de todas las áreas en general del acondicionamiento en el espacio físico otorgado por la gerencia con fines de cumplir con información más exacta al momento de dar a conocer que tan eficiente y eficaz ha sido la empresa en la operación.

Se tabularon los resultados obtenidos a partir de las pruebas y se realizaron comparaciones con el estudio previo a la investigación, para demostrar que los métodos implementados se mantendrán eficientes en los procesos.



## INTRODUCCIÓN

El vidrio es un material compuesto por diferentes minerales, el cual en altas temperaturas produce un compuesto vítreo. Debido a cambios en la tecnología y en busca de reducir el impacto hacia el ambiente, se ha identificado que el material tiene un potencial de reciclaje, lo que representa una reducción de utilización de materia prima virgen y reduce el impacto hacia el medio ambiente, reduciendo el volumen de disposición en los vertederos controlados, así como se conocen sus propiedades punzocortantes, estos lugares deben de contar con características especiales para reducir el daño hacia los seres vivos.

Se identificó que existe oportunidad para generar cambio en la industria guatemalteca que se dedica al proceso de vidrio estructural, se tiene en cuenta que el país es solamente procesador. Con la búsqueda de un proceso adecuado de reciclaje enfoca los procedimientos de las empresa; las cuales transforman las láminas de vidrio con tamaños de estándares internacionales a las medidas que los clientes requieren. Genera remanentes, los cuales con un manejo adecuado y una comprensión por parte del equipo de trabajo de esta industria se pudieron entregar productos con una valorización, la cual representaría un beneficio a la empresa estudiada y al punto donde actualmente se coloca los residuos como disposición final.

Los procedimientos necesarios para la implementación de un nuevo proceso de reutilización en distintas piezas se adecuaron en aquellas que sean las más idóneas para el campo de trabajo de la empresa para vidrio arquitectónico.

La Implementación de principios de ingeniería de valor y reingeniería fueron parte de las herramientas requeridas para obtener resultados favorables al estudio y al desarrollo del mismo.

La inadecuada utilización de los subproductos del vidrio que representan parte del reciclaje en Guatemala, significa una oportunidad de mejora para el impacto hacia el medio ambiente. Para ello, se intensificó el trabajo de identificación de los residuos y se propusieron puntos de mejora dentro de las instalaciones donde se realiza la conversión de la materia prima, para reducir el impacto desde el inicio de la línea de producción. Se planteó detectar y cuantificar los desechos desde un inicio, a través de métodos de sistemas cuantitativos y herramientas de calidad, donde se elaboró un manual en el cual la empresa se apoyó para que en conjunto continuamente aprendieran a reducir el impacto negativo hacia el medio ambiente.

En el capítulo uno, se revisó y se analizó toda la bibliografía adecuada para la explicación del tema de estudio y con todos sus componentes. En el capítulo dos, se tomó una muestra para influir en la eficacia del plan de muestreo de aceptación. En el capítulo tres, se formuló una mejor distribución en las estaciones por tipos de procesos que conlleva la manufactura de las órdenes de trabajo donde se pueda proteger y mantener la calidad de entrega final. En el capítulo cuatro, se realizó una propuesta del método con el cual se pueda ejecutar un estudio de reducción y reutilización del vidrio claro, para terminar se presentaron conclusiones y recomendaciones como finalización del proyecto.

# 1. MARCO TEÓRICO

El vidrio es una sustancia amorfa fabricada sobre todo a partir de arena de sílice, fundida a altas temperaturas con boratos o fosfatos. El vidrio es una sustancia amorfa, porque no es ni un sólido ni un líquido, sino que se halla en un estado vítreo en el que las unidades moleculares, aunque están dispuestas de forma desordenada, tienen suficiente cohesión para presentar rigidez mecánica. El vidrio se enfría hasta solidificarse sin que se produzca cristalización; el calentamiento puede devolverle su forma líquida. Suele ser transparente, pero también puede ser traslúcido u opaco.

Su color varía, según los ingredientes empleados en su fabricación. A continuación se detallan los aspectos más importantes de cada uno de los componentes que son utilizados para su creación.

## 1.1. Generalidades de los compuestos del vidrio

Generalidades de la arena de sílice

La arena sílice está compuesta primordialmente de silicio, bajo la forma de óxido de silicio, la cual es conocida como "Arena de Cuarzo". El silicio que se obtiene de la arena sílice es una materia prima muy valiosa para la elaboración de productos industriales. La capacidad de controlar las propiedades eléctricas del silicio y su abundancia en la naturaleza han posibilitado su desarrollo y aplicación en diferentes industrias, como en la electrónica, utilizada para la elaboración de los transistores y circuitos integrados.

En general, la arena sílice es un recurso razonable con perspectivas geológicas que se explotan en volúmenes de producción de mediana y baja escala.

La “arena o grava silícea” si el contenido de  $\text{SiO}_2$  es más de un 85 %. Bajo el concepto de “arenas industriales” se entienden, según WEISS (1984) arenas de cuarzo con un contenido de  $\text{SiO}_2$  de >98 %. Todas estas definiciones se refieren al contenido de  $\text{SiO}_2$  que puede determinarse relativamente simple por análisis químico. Una calificación más detallada incluiría el contenido de cuarzo, puesto que no cada materia silícea ha de presentarse en forma de cuarzo, sino también en forma de silicato.

Las arenas silíceas también se pueden definir como rocas sedimentarias formadas por agregados naturales de fragmentos de minerales (en este caso principalmente de cuarzo) y de rocas, sin consolidar o pobremente 26 consolidadas. El tamaño de grano está entre 0,0625 mm y 2 mm de diámetro. Cuando los granos están sin consolidar se llaman arenas y cuando lo están, se llaman areniscas.

Las arenas tienen una composición muy diversa, pero las de uso comercial contienen, principalmente, cuarzo o algunas de sus variedades mineralógicas, fragmentos de rocas silíceas y cantidades menores de feldespatos, micas, óxidos de hierro y minerales pesados (arenas negras). Son de estructura compacta, tiene un elevado punto de fusión, son químicamente inertes, son un elemento ligante y agente antideslizante y tiene propiedades de abrasión.

La arena de sílice es un compuesto resultante de la combinación del silicio con el oxígeno. Es decir, está formado por un átomo de silicio y dos átomos de oxígeno, convirtiéndose en una molécula muy estable.

Es insoluble en agua, se encuentra en la naturaleza en forma de cuarzo: si está cristalizada se denomina Cristal de Roca.

Generalidades del carbonato de sodio:

El carbonato de sodio o carbonato sódico es una sal blanca y translúcida de fórmula química  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , usada entre otras cosas en la fabricación de jabón, vidrio y tintes. Es conocido comúnmente como barrilla, natrón, sosa Solway, soda Solvay, sosa Ash, ceniza de soda y sosa (no se ha de confundir con la soda cáustica, que es un derivado del carbonato sódico, mediante un proceso conocido como caustificación).

El proceso Leblanc implicaba las siguientes reacciones químicas:

Reacción de sal común con ácido sulfúrico:  $2 \text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{HCl}$

Reacción de calcinación de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  con caliza y carbón:  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3 + 2 \text{C} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaS} + 2 \text{CO}_2$

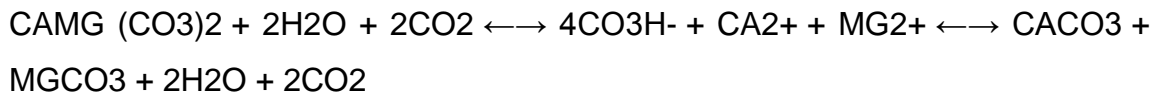
Más adelante este método fue sustituido por el ideado por el químico belga Ernest Solvay. Solvay fundó en 1863 la compañía Solvay donde utilizó profusamente su método que conseguía abaratar aún más el proceso y eliminar algunos de los problemas que presentaba el método Leblanc.

Este método utiliza como materias primas el cloruro de sodio (sal común), el amoníaco y el carbonato de calcio (piedra caliza).

Generalidades de la dolomita:

La dolomita, denominada de esa forma en honor al geólogo francés Déodat Gratet de Dolomieu, es un mineral compuesto de carbonato de calcio y magnesio  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ . Se produce una sustitución por intercambio iónico del calcio por magnesio en la roca caliza ( $\text{CaCO}_3$ ).

La disociación natural de la dolomita por la acción del agua carbónica en rocas sedimentarias (dolomías) da lugar a numerosas formaciones cársticas, para dar calcita y magnesita pura, según la reacción reversible:



También se utiliza como fundente en metalurgia, manufactura de cerámica, pinturas y cargas blancas y como componente para fabricar el vidrio. Está totalmente proscrita como mineral en el clinker del hormigón por el contenido en MGO ya que da una alta expansividad.

En cambio como árido de hormigón valdría, siempre que se analice su reacción con el cemento.

#### Generalidades de nefelina sienita:

La nefelinita es una roca plutónica holocristalina que se compone principalmente de nefelina y feldespato alcalino. Las rocas son en su mayoría de color pálido, gris o rosa, y con un aspecto general que no las diferencia del granito.

La roca es holocristalina, generalmente granular en igual sentido, y gruesas con tamaño de grano de 2 mm a 5 mm. En algunos casos raros, la roca contiene feldespato alcalino fenocristales de 2 cm a 5 cm de largo y 5 mm a 2 cm de grosor.

Los fenocristales demuestran la orientación y finalmente, muestran la textura acumulativa. Rocas nefelina-normativas, se producen en estrecha asociación con el Complejo Bushveld ígnea, posiblemente formada por la fusión parcial de las rocas de la pared para que las grandes capas de intrusiones ultramáficas.

Las peculiaridades químicas de la nefelina-sienita están bien marcadas. Ellos son extremadamente ricos en álcalis y en alúmina (de ahí la abundancia de feldspaths y feldespatos alcalinos) con sílice variando desde 50 hasta 56 %, mientras que la cal, la magnesia y hierro nunca están presentes en gran cantidad, aunque algo más variable que los otros componentes.

#### Generalidades del sulfato de sodio:

El sulfato de sodio o sulfato sódico ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) es una sustancia incolora, cristalina con alta solubilidad en el agua y baja solubilidad en la mayoría de los disolventes orgánicos con excepción de la glicerina El sulfato de sodio

decahidratado ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) se disuelve en el agua bajo enfriamiento de la solución por efecto entrópico. La sal deshidratada, sin embargo, libera energía (exotérmica) al hidratarse y disolverse. Al enfriarse una solución saturada, a menudo se observa sobresaturación, es altamente contaminante.

El sulfato de sodio anhidro tiene propiedades higroscópicas y, por lo tanto, se utiliza como desecante en el laboratorio o la industria química. Se emplea en la fabricación de la celulosa y como aditivo en la fabricación del vidrio.

Generalidades de la roca caliza:

Las calizas son rocas carbonatadas, compuestas de calcita, aunque la dolomita puede ser un constituyente importante. El carbonato de calcio en la gran mayoría de los casos se ha extraído del agua del mar por acción de organismos diminutos y luego depositado en capas que finalmente se consolidan en rocas.

Estas rocas son de estructura de grano fino y uniforme, a veces bastante densas. Algunas calizas son casi calcita pura, mientras que otras contienen materiales parecidos a la arcilla y varios óxidos como impurezas. Los principales usos de la caliza son en la construcción, productos químicos, fundición, y agroquímicos.

La caliza u otras rocas calcáreas se calientan en hornos hasta  $903\text{ }^\circ\text{C}$ , de forma que expulsa el  $\text{CO}_2$  y queda la cal viva ( $\text{CaO}$ ). Esta se apaga con agua, mezclada con arena, forma el mortero. Comúnmente, la cal se prepara en forma de cal hidratada ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), añadiendo agua. Cien kilos de caliza pura



producen 56 kilos de cal. Puede emplearse también dolomita que da CaO-MgO, se apaga más lentamente y despide menos calor que la cal viva.

También puede contener pequeñas cantidades de minerales como arcilla, hemetita, siderita, cuarzo, que modifican (a veces sensiblemente) el color y el grado de coherencia de la roca.

El carácter prácticamente mono mineral de las calizas permite reconocerlas fácilmente gracias a dos características físicas y químicas fundamentales de la calcita: es menos dura que el cobre (su dureza en la escala de Mohs es de 3) y reacciona con efervescencia en presencia de ácidos tales como el ácido clorhídrico.

El reciclaje de vidrio es uno de los materiales que permiten reutilizar una gran parte del material desechado, de ahí su importancia. La forma ideal para reciclar vidrio, consiste en almacenar en nuestros hogares, todo tipo de tarros, botellas o envases de vidrio, para después depositarlos en los contenedores o iglús, de color verde.

Es importante tener en cuenta que se debe retirar cualquier otro material de estos productos, como tapones, anillas, y si es posible, el papel de las etiquetas. De esta forma, facilita en gran medida el proceso de reciclaje del vidrio, siendo este mucho más rápido y económico.

Proceso de la manipulación del vidrio:

Este proceso del reciclaje del vidrio, tiene un ciclo circular tal como se ve en la imagen. Como ve, tras el uso de este material, y si lo depositamos en los contenedores verdes, el vidrio pasa por una fase de recogida, para su posterior tratamiento en una planta de reciclaje.

Se ve como de esta sencilla forma, se hace que el vidrio pueda tener muchas más vidas y por tanto genera una menor cantidad de residuos.

Su fabricación se conoce desde hace más de tres mil años. El vidrio, sustancia dura y transparente que se raya con dificultad, se fabrica con la mezcla de arena y otros minerales naturales que luego se funde en hornos especiales. Este proceso requiere de una gran cantidad de energía y recursos naturales. Se puede re-utilizar, debido a que es impermeable y no sufre transformaciones.

Guatemala es uno de los países de América que recicla más vidrio. La industria vidriera nacional recicla hasta el 51 % del total que se utiliza. Sólo se reciclan botellas y frascos, lo cual es denominado casco; no se recupera vidrio plano, esmerilado, espejo, refractario o de seguridad. Los envases de vidrio deben separarse por colores, siendo los más populares el blanco, el verde, el ámbar y el café.

En la producción del vidrio sucede algo similar al papel el vidrio es fabricado a partir de ciertos minerales que son recursos naturales no renovables siendo ahí la importancia del reuso del material, que las nuevas generaciones puedan elaborar un nuevo plan para el aprovechamiento del vidrio en todos los aspectos siendo numerosas veces el uso y así se podrá ahorrar energía en

gran cantidad como el agua que son necesarios en gran cantidad para la fabricación.

### 1.1.1. Propiedades de los compuestos del vidrio

Propiedades de la arena de sílice:

Tabla I. **Propiedades de la arena de sílice**

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Densidad                  | 1,650 Kg/m <sup>3</sup>                 |
| Porosidad                 | 0.03 Vacíos                             |
| Resistencia a la presión  | 1.500 Kp/m <sup>2</sup>                 |
| Resistencia a la abrasión | 8,5 cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> |

Fuente: corporación arena sílice.

El sílice aumenta la consistencia, dureza, resistencia a la temperatura, dureza de superficie y resistencia al rayado en los polímeros.

Propiedades del carbonato de sodio:

Tabla II. **Propiedades físicas del sodio**

| <b>Parámetro</b>     | <b>Valor</b>                                    |
|----------------------|---|
| Apariencia:          | Sólido blanco                                   |
| Densidad:            | 2540 Kg/m <sup>3</sup> ; 2.54 g/cm <sup>3</sup> |
| Masa Molar:          | 105.9885 g/mol                                  |
| Punto de Fusión:     | 1124 K(851 °C)                                  |
| Punto de Ebullición: | 1873 K(1600 °C)                                 |

Fuente: Lenntech sa.

Tabla III. **Propiedades químicas del sodio**

| <b>Propiedades Químicas</b> |                                       |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| Acidez                      | 10,33 pK <sup>3</sup>                 |
| Solubilidad en Agua         | 30.7 g por cada 100 g de agua (25 °C) |

Fuente: Lenntech sa.

Tabla IV. **Propiedades termoquímicas del sodio**

| <b>Propiedades Termoquímicas</b> |              |
|----------------------------------|--------------|
| $\Delta fH_0$ líquido            | -1102 kJ/mol |
| $\Delta fH_0$ sólido             | -1131 kJ/mol |

Fuente: Lenntech sa.

Propiedades de la dolomita:

Tabla V. **Propiedades termoquímicas de la dolomita**

| <b>Propiedades Físicas</b> |                               |
|----------------------------|-------------------------------|
| Color                      | Sin color, rosa               |
| Raya                       | Blanca                        |
| Lustre                     | Vítreo, perlado               |
| Sistema Cristalino         | Trigonal, en romboedros       |
| Dureza                     | 3,5 – 4 (Mohs)                |
| Densidad                   | 2,86 a 3,10 Kg/m <sup>3</sup> |

Fuente: Lenntech sa.

Propiedades de la nefelina sienita:

Ellos son considerablemente ricos en álcalis y en alúmina, con sílice variando desde 50 hasta 56 %, mientras que la cal , la magnesia y hierro nunca están presentes en gran cantidad, Silicato de Aluminio se caracteriza por una alta proporción de  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{SiO}_2$  y  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ , representados.

**Tabla VI. Propiedades químicas de la sienita**

|                                |         |
|--------------------------------|---------|
| SiO <sub>2</sub>               | 54.99 % |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.60 %  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 20.96 % |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2.25 %  |
| CaO                            | 2.31 %  |
| FeO                            | 2.05 %  |
| K <sub>2</sub> O               | 5.58 %  |
| MgO                            | 0.77 %  |
| H <sub>2</sub> O               | 1.47 %  |
| MnO                            | 0.15 %  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.13 %  |
| Na <sub>2</sub> O              | 8.23 %  |

Fuente: Lenntech sa.

Propiedades del sulfato de sodio:

Propiedades físicas

Fórmula:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

Masa molecular: 142,04 g/mol

Punto de fusión: 884 °C ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ); 32 °C ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ )

Nº CAS: [7757-82-6] ([7727-73-3] como  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ )

Densidad: 2,70 g/ml

LD50: 6.000 mg/kg; 4.470 mg/kg

Solubilidad:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  en 100 g de agua a 0 °C 4,76 g; 100 °C 42,7 g.

Propiedades generales:

El sulfato de sodio decahidratado ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ) se disuelve en el agua bajo enfriamiento de la solución por efecto entrópico. La sal deshidratada, sin embargo, libera energía (exotérmica) al hidratarse y disolverse. Al enfriarse una solución saturada a menudo se observa sobresaturación.

Propiedades de la roca caliza:

La caliza es una roca sedimentaria que permite el paso del agua, es decir, es una roca permeable. Cuando el agua penetra en la caliza se lleva a cabo el proceso de disolución, mediante el cual se disuelve el carbonato de calcio. Fractura, exfoliación sistema cristalino, dureza, color, color de raya, densidad y brillo. Contiene silicatos y sílice en diversas proporciones; solubles en agua.

### **1.1.2. Manipulación de los compuestos del vidrio**

Manipulación de la arena de sílice:

El material con arena de sílice (para arenado) contiene polvo fino. La respiración de este polvo puede causar daño pulmonar grave irreversible y muerte (silicosis).

Algunos informes médicos señalan que la inhalación del polvo de sílice podría causar cáncer de pulmón. Los informes médicos también vinculan la respiración del polvo de sílice con artritis incapacitante e irritación en la piel y los ojos.

No debe usarse este material nunca sin un respirador. El área de trabajo también debe estar bien ventilada, mediante aire forzado durante y después del uso de este material.

Manipulación del carbonato de sodio:

Para la eficiente y eficaz manipulación del carbonato de sodio, se debe evitar la formación de polvo. No fumar, comer o beber durante su manipulación. Procurar higiene personal adecuada después de su manipulación.

Se debe almacenar en un área fresca, seca, y bien ventilada. Sus contenedores deben estar altamente sellados, debido a que estos pueden ser peligrosos cuando están vacíos, ya que, retienen residuos de productos (polvos, sólidos); observar toda advertencia y precaución listada para este producto. Y Mantener alejado de fuentes de calor y humedad.

Manipulación de la dolomita:

Es conviene respetar las precauciones generales relativas a la manipulación de productos químicos, con el almacenaje se debe conservar en embalajes bien cerrados y mantenerlo alejado de los ácidos. Se aconseja almacenar en los envases originales para tener una mayor precaución, en la zona de almacenaje debe estar exenta de materiales incompatibles, fresca, seca, ventilada y protegida.

Entre los riesgos especiales se debe tomar en cuenta que no combustible Medios de extinción adecuados se tienen permitidos todos los agentes extintores, teniendo en cuenta y se aconseja que los controles de la exposición deban usarse todos los métodos disponibles para prevenir y controlar la exposición. Si no son efectivos, es aconsejable usar equipos de protección individual.

Para la protección respiratoria se debe utilizar mascarilla para polvo; a su vez en protección de las manos para estos no son requeridos guantes de protección pero se aconsejan para prevenir la sequedad e irritación, debido a las alergias. Con la protección de ojos, se debe utilizar gafas de seguridad cerradas y por ultimo respecto a protección de la piel se debe utilizar ropa de trabajo adecuada.

Manipulación de nefelina sienita:

Para una manipulación segura evite la generación de polvo transportable por el aire. Asegúrese de que existe una ventilación de evacuación adecuada en los lugares en que se genere polvo transportable por el aire. En caso de ventilación insuficiente, lleve un equipo adecuado para la protección de las vías respiratorias.

Manipule con cuidado los productos embalados para evitar roturas accidentales. Si necesita asesoramiento sobre técnicas de manipulación seguras, póngase en contacto con su asesor externo o consulte la Guía de Buenas Prácticas. Evite que se produzcan derrames de la mezcla espesa en el equipo de procesamiento.



No comer, ni beber ni fumar en las zonas de trabajo. Lavarse las manos después de cada utilización, y despojarse de las prendas de vestir y equipos de protección contaminados, antes de entrar en las zonas para comer.

Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades, medidas técnicas y precauciones. Reducir al máximo la generación de polvo transportable por el aire y evite su dispersión por el viento durante la carga y la descarga.

Mantenga cerrados los contenedores del material y almacene los productos embalados de modo que se eviten las roturas accidentales, no olvidar realizar el almacenamiento en una zona cubierta y seca.

Manipulación de sulfato de sodio

Mantener alejado de contenedores de aluminio, lavar las manos antes de comer, quitar y lavar la ropa contaminadas antes de la reutilización, esto ayudará a reducir al mínimo la generación y acumulación del polvo en el cuerpo humano, se debe evitar el contacto con los ojos, la piel y la ropa.

Por lo anterior descrito, la utilización de lentes de seguridad en condiciones de polvo excesivo, se tiene, la protección de la piel no requiere protección para la piel, salvo que ésta se encuentre con algún daño. Respecto a las manos que son nuestro principal instrumento de trabajo no se requiere protección para ello, salvo que éstas tengan algún daño. Para estas funciones y terminar de proteger otras partes, se recomienda mantener disponibles duchas y estaciones lava ojos en el área de trabajo y sus alrededores.

Manipulación de roca caliza:

La roca caliza es una de las más delicadas a comparación de las otras, según su manipulación, su tipo de piedra por sus complementos son de características muy sensibles al intemperie, lo cual hace que su trabajo sea de manera especial en el aspecto de movimientos en la superficie, para ello, se debe de tomar en cuenta que se debe tener el equipo o maquinaria para llevar la pieza o piezas al lugar de la maniobra.

Tomar en cuenta que al inicio del contacto se debe tener los órganos vitales protegidos con su equipo, en la parte visual tener gafas protectoras de un material fuerte para que no exista quebradura y lastimar los ojo, se debe limpiar por intervalos de tiempos para tener una mejor visual, no se debe comer en los lugares de trabajo por el tipo de mineral que es, dentro de nuestros cuerpos será un problema mayúsculo de limpieza para estas funciones y terminar de proteger otras partes se recomienda mantener disponibles duchas y estaciones lava ojos en el área de trabajo y sus alrededores.

### **1.1.3. Funciones de los compuestos del vidrio**

Funciones de la arena de sílice:

Por sus características y versatilidad, la arena sílica suele tener las siguientes funciones:

- Fabricación de ladrillo refractario
- Agregado inerte en pozos de geotermia de altas temperaturas
- Fabricación de ferroaleaciones
- Fabricación de piezas de fundición

- Industria de resinas y vidrio
- Morteros para construcción
- Material filtrante en plantas de tratamiento y purificación

Funciones tan diversas como:

- Fabricación de piezas de fundición de la producción de pozos productores en la industria petrolera de ferro aleaciones de moldes
- Corazones de diferentes piezas fundida son del ladrillo refractario relleno en plástico, en hule ornamento
- En pastas de alta resistencia para revocar murosón de resinas de protección al desgaste.

A partir de las arenas silíceas, se pueden producir fracciones granulométricas específicas destinadas a mercados industriales tan diversos como: filtros de agua, perforaciones, fundición, vidrio, morteros, plantas potabilizadoras, arenados, pisos de cerámica, pinturas, resinas, loza, epoxi, campos deportivos (futbol, golf, paddle, tenis, entre otros.) y piletas de natación.

Funciones del carbonato de sodio:

Entre las funciones más Importantes del carbonato de sodio se tienen:

El carbonato de sodio en la fabricación de vidrio

El carbonato de sodio se usa como fundente en los hornos de vidrio para:

- Envases de vidrio

- Vidrio plano
- Fibras aislantes
- Cristalería

El carbonato de sodio en la Química:

Como fuente de alcalinidad y de ion sodio en la fabricación de productos químicos:

- Tripolifosfatos
- Vidrio de silicato soluble
- Metasilicato de sodio
- Ortosilicato de sodio
- Bicarbonato de sodio
- Compuestos de cromo
- Pigmentos

Para proveer alcalinidad e ion de sodio en industrias y procesos diversos, como:

- Tratamiento de agua
- Fabricación de papel
- Fabricación de textiles
- Procesamiento de alimentos
- Minería

Funciones de la dolomita:

Entre sus funciones principales, es la utilización como fuente de magnesio y para la fabricación de materiales refractarios (es una roca sedimentaria química). También se utiliza como fundente en metalurgia, manufactura de cerámica, pinturas y cargas blancas y como componente para fabricar el vidrio.

Está totalmente proscrita como mineral en el clinker del hormigón por el contenido en MgO ya que da una alta expansividad. En cambio como árido de hormigón valdría, siempre que se analice su reacción con el cemento.

Funciones de la nefelina sienita:

Se debe analizar que la nefelina sienita carece de cuarzo y es rica en feldespato y nefelina, entre sus funciones más importantes es ser utilizada en la fabricación de vidrio y cerámica. También se emplea para fabricar pigmentos.

Para la industria de la construcción, superior al granito, ya que tiene propiedades resistentes al fuego, como fundente en la producción de acero y arrabio, como agente de sinterización en la industria del acero para procesar mineral de hierro, como piedra de fábrica, la fabricación de cemento, para el agregado de carreteras, hacer cemento natural, fabricación de magnesio y dolomita refractarios.

Funciones del sulfato de sodio:

El sulfato de sodio se utiliza en numerosas aplicaciones, tales como las que se detallan a continuación:

Detergentes en polvo: el sulfato de sodio, es una de las siete principales clases de constituyentes en detergentes.

- Papel y pulpa

Vidrio: es uno de los constituyentes menores en la producción de vidrio.

Teñido: el sulfato de sodio es usado para diluir tinturas.

Manufactura de químicos: es utilizado en la manufactura de numerosos químicos, incluyendo sulfato de potasio, sulfito de sodio, silicato de sodio, hiposulfito de sodio y sulfato de aluminio sodio.

También se usa en el proceso Solvay para producir carbonato de sodio:

- Celdas solares.
- Regeneración de desulfuración de fluidos de gas.
- Plantas de polvo de carbón quemado.

Otros usos menores:

- Manufactura de esponjas viscosas
- Suplementos en alimentación

- Tratamientos de agua

Funciones de la roca caliza:

Principales funciones de sus derivados de la caliza:

La caliza u otras rocas calcáreas se calientan en hornos hasta 903 °C, de forma que expulsa el CO<sub>2</sub> y queda la cal viva (CaO). Esta se apaga con agua, mezclada con arena, forma el mortero. Comúnmente, la cal se prepara en forma de cal hidratada (Ca (OH)<sub>2</sub>), añadiendo agua.

Cien kilos de caliza pura producen 56 kilos de cal. Puede emplearse también dolomita que da CaO-MgO, se apaga más lentamente y despiden menos calor que la cal viva.

Variedades comerciales:

Cal viva: Material obtenido de la calcinación de la caliza que al desprender anhídrido carbónico, se transforma en óxido de calcio. La cal viva debe ser capaz de combinarse con el agua para transformarse de óxido a hidróxido y una vez apagada (hidratada), se aplique en la construcción, principalmente en la elaboración del mortero de albañilería.

Cal hidratada: Se conoce con el nombre comercial de cal hidratada a la especie química de hidróxido de calcio, la cual es una base fuerte formada por el metal calcio unido a dos grupos hidróxidos. El óxido de calcio al combinarse con el agua se transforma en hidróxido de calcio.

Cal hidráulica: cal compuesta principalmente de hidróxido de calcio, sílica (SiO<sub>2</sub>) y alúmina Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) o mezclas sintéticas de composición similar. Tiene como función principal fraguar y endurecer incluso debajo del agua.

## **1.2. Clasificación general del vidrio**

### **1.2.1. Separación del vidrio según dimensiones**

La fabricación del vidrio con carácter industrial ha aumentado considerablemente en nuestro siglo, gracias a las mejoras técnicas conseguidas con los nuevos hornos eléctricos y los materiales refractarios usados en su construcción; todo lo cual, unido a los progresos de la química, ha permitido la fabricación de diversas fórmulas, según la finalidad a que van destinados, con gran pureza, uniformidad y propiedades físicas muy apreciables.

Desde el punto de vista de su aplicación, el vidrio se clasifica en industrial y doméstico.

Desde el punto de vista de su aplicación, el vidrio se puede aplicar en el arte, posiciones artísticas (fachadas de vidrio), como vidrio industrial que se entiende como el utilizado para envase para productos alimenticios (almacenamiento de productos químicos, biológicos, vidrio plano: ventanas, cristales blindados, fibra óptica, bombillas, entre otros). Vidrio doméstico Se entiende como vidrio doméstico el que se emplea para almacenar productos alimenticios (conservas, vinos, yogures, entre otros); aunque de una manera más generalizada, es el vidrio que el ciudadano deposita en los contenedores destinados a este fin.



Desde el punto de vista del color los más empleados son:

El verde (60 %) Utilizado masivamente en botellas de vino, cava, licores y cerveza, aunque en menor cantidad en este último.

El blanco (25 %) Usado en bebidas gaseosas, zumos y alimentación en general.

El extra claro (1 %) Empleado especialmente en aguas minerales, tarros y botellas de decoración.

El opaco (5 %) Aplicado en cervezas y algunas botellas de laboratorio.

Más del 42 %, del vidrio reciclado procede del doméstico, siendo el sector principal de producción de vidrio recuperable.

Desde el punto de vista industrial, de acuerdo con los sistemas de fabricación y aplicaciones, el vidrio puede clasificarse de la siguiente manera:

Vidrio plano, cuya fabricación se efectúa generalmente por los métodos de Fourcault o de Colburn (vidrio de ventanas) o bien por laminado, rodando un cilindro de hierro sobre la masa en estado pastoso, colada en una mesa del mismo material para obtener una lámina que, una vez fría, no requiere ulterior tratamiento (vidrio colado).

Vidrio prensado, se obtiene moldeando en prensas una cierta cantidad de masa en estado pastoso, para fabricar botones, bolas, placas, baldosas y otros objetos similares, así como cuerpos huecos de formas sencillas.

Si estos objetos se enfrían en el mismo horno, resultan de aspecto rugoso y opaco, pero calentándolos de nuevo en un horno especial, adquieren la apariencia brillante.

Vidrios para óptica, aunque en algunas aplicaciones ópticas de menor importancia puede utilizarse el vidrio para lunas, cuando se trata de instrumentos de precisión, como objetivos fotográficos, lentes para microscopios, etc. La estructura laminiforme de aquel y su falta de total diafanidad, por el matiz ligeramente verdoso que tiene, perturban las observaciones. Por tales motivos, el vidrio para instrumentos de gran precisión se deja enfriar durante varias semanas en el crisol, para eliminar totalmente las tensiones internas.

Vidrios para aplicaciones especiales, existen numerosos tipos, como los vidrios para laboratorios, que deben resistir fuertes cambios de temperatura y se fabrican bajo fórmulas especiales, como el “pírex” y el “dúrales”, nombres comerciales generalizados; para termómetros se usan composiciones con muy pequeño coeficiente de dilatación; para automóviles y usos similares se usan los de seguridad y los inastillables, fabricados los primeros con un tratamiento térmico especial, que hace que al romperse se fragmente en granos y no en agujas y los segundos a base de hojas de vidrio de ventanas o de cristal de lunas, con una lámina elástica interpuesta, de celuloide o compuestos orgánicos no saturados polimerizables (triples); los vidrios acorazados son de gran grosor, compuestos por varias hojas de diferentes grosores con láminas elásticas interpuestas.

### **1.2.2. Maquinaria y equipo de manipulación**

Son los equipos que responden a la necesidad de manipular grandes volúmenes de mercancías en un reducido tiempo. En general poseen una amplia movilidad, lo que les permite también trasladarse horizontalmente, liberando una gran parte del trabajo manual y aumentando la productividad del trabajo.

Generalidades y uso:

El montacargas es el equipo más generalizado en la actividad de manipulación de las cargas. Sus características han ido evolucionando progresivamente, aumentando con ello cada vez más el aprovechamiento del área y el volumen del almacén, debido a la reducción del área de pasillos de trabajo y al incremento de la capacidad de elevación del mismo. Es el medio más dinámico de los procesos de carga, almacenamiento y descarga, incidiendo su empleo en la modificación de los almacenes y medios de transporte terrestres y marítimos, por lo que su correcta selección tiene una gran repercusión económica.

Para su utilización racional se deben seleccionar atendiendo a sus características de diseño, siendo lo más importante: la fuente de energía, capacidad (nominal) de carga, altura máxima de elevación (altura de izaje), radio de giro y la forma de tomar la carga.

Otros equipos de manipulación:

Además dentro de los equipos de manipulación se encuentra la transpaleta que puede ser eléctrica o hidráulica y eleva la carga solo a 25 o 40

cm del piso, por lo que se utiliza para trasladar cargas paletizadas fundamentalmente en zonas de recepción y despacho y en zonas de estiba donde se almacene a un solo nivel o en el nivel inferior.

### **1.3. Desperdicios y desechos de vidrio; vidrio en masa**

#### **1.3.1. Manejo de desperdicios y desechos**

Los desperdicios y desechos de vidrio, de cualquier clase, que constituyan residuos de la fabricación de objetos de vidrio (incluso la espuma de vidrio formada por materias procedentes de la proyección del vidrio fuera de los crisoles o de la rotura de estos mismos objetos). Se caracterizan generalmente por sus aristas cortantes.

El vidrio en masa, es decir, en bloques, lingotes o formas similares, más o menos regulares, sin destino determinado. La variedad de vidrio llamada esmalte consiste en un vidrio más fusible y denso que la mayor parte de los vidrios comunes, generalmente opaco, pero que también puede ser transparente, incoloro o coloreado.

Esta variedad de vidrio se presenta en masa (en tortas o en panes). Se utiliza para colorear u opacificar vidrios de otra naturaleza, para la fabricación con soplete de artículos de adorno personal o de fantasía, para esmaltar la cerámica, etc.

Se clasifica aquí también la vitrita en masa. Con el término de vitrita, se designa un tipo de vidrio impuro con bajo punto de fusión, que se utiliza en la construcción eléctrica para aislar uno de otro los bornes de contacto situados en la base del casquillo de las bombillas.

Presenta la característica de contener una proporción elevada de dióxido de manganeso que le da un tinte muy oscuro próximo al negro, que permite de este modo ocultar a la vista el dispositivo interior del casquillo.

Desperdicios de origen humano como el vidrio ha sido encontrado en casi 700 especies de animales marinos, de acuerdo con el estudio de impacto más completo en más de una década.

Investigadores encontraron evidencias de 44.000 animales y organismos enredados o que ingirieron desperdicios, tras estudiar los informes registrados de todo el mundo.

En total, encontraron que se habían documentado 693 especies donde se habían encontrado desechos, de las que casi 400 habían sufrido ingestión.

Por estas razones entre otras la sociedad, instituciones y personas individuales están trabajando en la reducción, reutilización y reciclaje del vidrio para ayudar al planeta y seres vivos en su entorno para una mejor vida sin dañar el medio ambiente.

### **1.3.2. Manipulación de desperdicios y desechos**

El buen manejo de desechos sólidos es la gestión de los residuos, la recogida, el transporte, tratamiento, reciclado y eliminación de los materiales de desecho.

El término generalmente se refiere a los materiales producidos por la actividad humana, y, en general, para reducir sus efectos sobre la salud y el medio ambiente. La gestión de los desechos es también llevada a cabo para

recuperar los propios recursos de dichos residuos. La gestión de los desechos puede implicar tanto estados sólidos, líquidos, gases o sustancias radiactivas, con diferentes métodos y técnicas especializadas para cada uno.

El manejo adecuado de residuos sólidos y procesos de reciclaje busca generar una conciencia de reducción y consumo responsable, mostrando que la elevada generación de residuos sólidos, comúnmente conocidos como basura y su manejo inadecuado son uno de los grandes problemas ambientales y de salud, los cuales se han acentuado en los últimos años, debido al aumento de la población y a los patrones de producción y consumo, mostrando algunas alternativas y usos que se pueden dar a materiales que comúnmente son desechados como “basura”.

El aprovechamiento y valorización de los residuos es un compromiso de corresponsabilidad tanto de las autoridades ambientales, de los entes territoriales y de la comunidad. Con el único fin de salvaguardar y proteger el ambiente, con todos sus recursos naturales, renovables que se encuentran a disposición de los seres vivos que habitan el planeta.

Para el tema del reciclaje diseña planes de gestión ambiental, con el objetivo de poner en marcha un plan de acción para el manejo de residuos, con recomendaciones y acciones para la implementación del sistema de reciclaje.

Manejo de residuos de aparatos electrónicos y eléctricos, a través de campañas de pos consumo. Manejo de residuos de riesgo biológico como los desechos de veterinarias, peluquerías, odontologías y estéticas entre otros.

Los cuales se depositan en bolsa roja para que el operador de aseo realice un adecuado manejo de ellos. Se debe analizar y establecer rutas diferenciadas internas y externas para el manejo de los residuos. Adecuar cuarto de almacenamiento de residuos con las especificaciones vigentes.

### **1.3.3. Transporte de los desperdicios y desechos**

Para fines de la presente investigación se debe de tomar en cuenta el buen manejo de los residuos del vidrio. El riesgo de lesiones en el almacenamiento, manejo y desecho de artículos de vidrio o vidrios rotos existe en la mayoría de los sitios de trabajo. Los vidrios rotos pueden ocasionar laceraciones, cortaduras y heridas por piquete que pueden resultar en arterias o tendones cortados, amputaciones, lesiones a los ojos o exposición a enfermedades.

En situaciones que involucren vidrios rotos, los trabajadores deben conocer los procedimientos seguros de manejo, la necesidad de usar equipos de protección y la importancia de obtener primeros auxilios rápidos y efectivos en caso de recibir lesiones.

Los trabajadores deben saber que es necesario mantener los recipientes de vidrio alejados de maquinarias, bancos de trabajo o soleras de ventanas, y no dejarlos sobre el suelo. Nunca se deben tirar artículos de vidrio, estén rotos o no, en recipientes abiertos. Siempre existe el peligro de que salte un pedazo de vidrio por el impacto.

Se deben usar guantes y protección para los ojos aprobados en ambientes donde se manejan vidrios con frecuencia y donde exista la

posibilidad de exposición a enfermedades, sustancias tóxicas o sustancias irritantes nocivas.

Donde ocurran roturas de vidrios ocasionalmente, la forma segura de recoger los vidrios rotos es con pedazos de cartón, papel grueso o escoba y recogedor. Nunca debe hacerse con las manos. Los pedazos más pequeños deben recogerse con varias capas de toallas de papel húmedas y desecharse. Para recipientes de vidrio que contengan líquidos y se rompan, una escoba y recogedor o una escobilla de goma común de largo alcance es lo más seguro. Hasta que se puedan recoger todos los vidrios rotos, se debe poner un aviso en el área para informar a otras personas del peligro existente.

Los paquetes que contengan vidrios rotos no se deben colocar dentro de un basurero o lata de basura donde pueda lesionar a otros. Los vidrios rotos siempre se deben separar de otros desperdicios para evitar lesiones serias, especialmente si se encuentran contaminados con materiales peligrosos. Se deben colocar al lado del basurero e identificados claramente.

#### **1.3.4. Los vertederos de desechos sólidos**

Poner un vertedero de desechos ha sido durante mucho tiempo un punto de vista práctico y barato. Las desventajas de los vertederos son las molestias para el vecindario, los riesgos de filtraciones en el suelo.

Además, condenan grandes áreas que, incluso después del cierre del sitio y del relleno posterior, no son aptos para muchas actividades. Los residuos enterrados siguen deteriorándose durante muchos años, la producción de lixiviados y de gas (metano) tienen que ser evacuados y tratados por períodos de hasta varias décadas.



Con fines de la investigación, se da a conocer que empresas del medio que trabajan con vidrio en Guatemala dan la oportunidad a pequeñas entidades o recolectores de desperdicio con el fin de limpiar las áreas de trabajo, estos a su vez llevan todo tipo de residuos del vidrio a grandes recicladoras para la nueva formación del vidrio, recordemos que el vidrio es uno de los materiales que tiene reciclajes sin fin y es a provechoso para el desarrollo y claro que es fundamental para la vida humana en el medio ambiente

#### **1.4. Reducción y reutilización de los desechos**

Reducir es lo primero que tenemos que tratar de hacer, ya que es la mejor forma de prevenir y no curar. Quiere decir que hay que evitar que se generen desechos comprando o fabricando más teniendo en mente que se puede reutilizar sabiamente de nuevo para la creación del mismo producto o para varios que sean necesarios en la sociedad.

Este concepto puede que sea el más importante de todos, se inicia reduciendo o evitando que se genere basura innecesaria y utilizando los productos correctamente podremos evadir una gran cantidad de problemas medio ambientales.

Reducir, es decir, hacer uso de la menor cantidad de recursos naturales posibles, es la acción más importante que los consumidores pueden hacer por el medio ambiente. El objetivo no es que no se consuma nada, sino hacerlo de forma sostenible. Los productos de usar y tirar o los que llevan un empaquetado excesivo son los primeros que se deben evitar. En nuestra vida cotidiana se puede reducir con distintas medidas beneficiosas de ahorro para el medio ambiente. Dentro de la industria de procesos con vidrio debemos tomar encuenta estos factores; agua, no dejar grifos abiertos, arreglar los que goteen,

instalar sistemas de ahorro o reducir el consumo de los productos que más agua necesitan para su creación (agua virtual) disminuirán el gasto de este recurso en el lavado de las piezas de vidrio en su proceso.

Energía, las medidas que se pueden hacer son muy variadas, como aislar bien las conexiones a los equipos eléctricos, no abusar de los sistemas de climatización, utilizar aparatos eficientes. Darles a los productos la máxima vida útil posible.

Con la reutilización, además de generar menos residuos y menos impacto ambiental, las empresas ahorran dinero en todos los procesos. Reutilizar aguas grises: el agua usada en la colada, fregaderos, regaderas, etc, se puede aprovechar de nuevo gracias a varios sistemas de reusó en diferentes áreas de trabajo o por estaciones según procesos.

Reusar se refiere al proceso mediante el cual se aprovecha algún bien que ya ha sido utilizado pero que aún puede ser empleado en alguna actividad secundaria, también es toda operación en la que el vidrio diseñado para realizar un número de propósitos y usos a lo largo de su ciclo de vida, sea utilizado nuevamente para sus fines de darle una nueva función antes de desecharla como punto final. A modo de ejemplo y a los efectos de aproximarnos a una alternativa viable al actual “problema de la basura” enumeramos que se podría y debería hacer con desechos de vidrio: reutilización luego de lavado de otros productos de vidrio mediante otros procesos que le da nueva vida al vidrio para los usos que sean de interés.

## 2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.1. Descripción del vidrio claro

Tipos y tamaños de vidrio claro:

Se cuenta con distintos tipos de vidrio claro, los cuales se dividen según su grosor en el mercado:

Vidrio claro de 5 mm

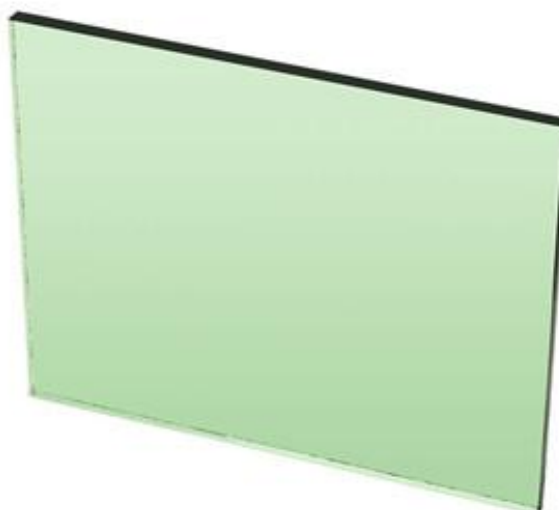
En esta especialidad se tienen las medidas de:

3.30 x 2.44 m

2.44 x 1.83 m

2.44 x 1.65 m

Figura 1 . Descripción del vidrio 5 mm



Fuente: elaboración propia.

Vidrio claro de 6 mm

En esta especialidad se tienen las medidas de:

3.30 x 2.44 m

Figura 2 **Descripción del vidrio 6 mm**



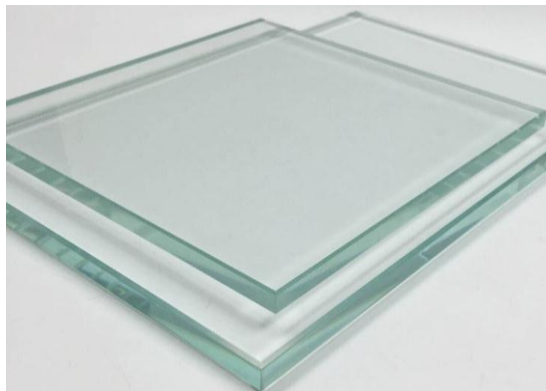
Fuente: elaboración propia.

Vidrio claro de 8 mm

En esta especialidad se tienen las medidas de:

3.30 x 2.44 m

Figura 3. **Descripción del vidrio 8 mm**



Fuente: elaboración propia.

Vidrio claro de 10 mm

En esta especialidad se tienen las medidas de:

3.30 x 2.44 m

Figura 4. **Descripción del vidrio 10**



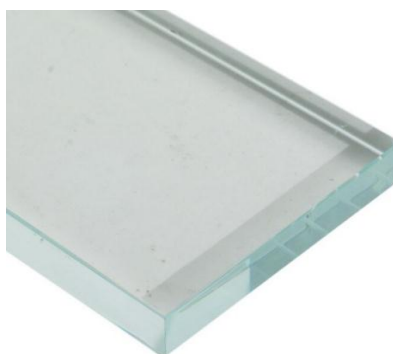
Fuente: elaboración propia.

Vidrio claro de 12 mm

En esta especialidad se tienen las medidas de:

3.30 x 2.44 m

Figura 5. **Descripción del vidrio**



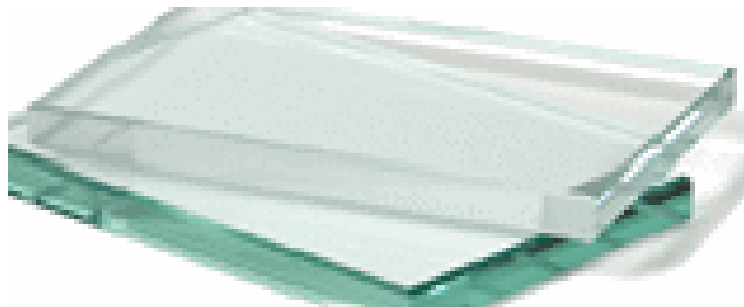
Fuente: elaboración propia.

Vidrio claro de 15 mm

En esta especialidad se tienen las medidas de:

3.30 x 2.44 m

**Figura 6. Descripción del vidrio 15 mm**



Fuente: elaboración propia.

Vidrio claro de 19 mm

En esta especialidad se tienen las medidas de:

3.30 x 2.44 m

**Figura 7. Descripción del vidrio 19**



Fuente: elaboración propia.

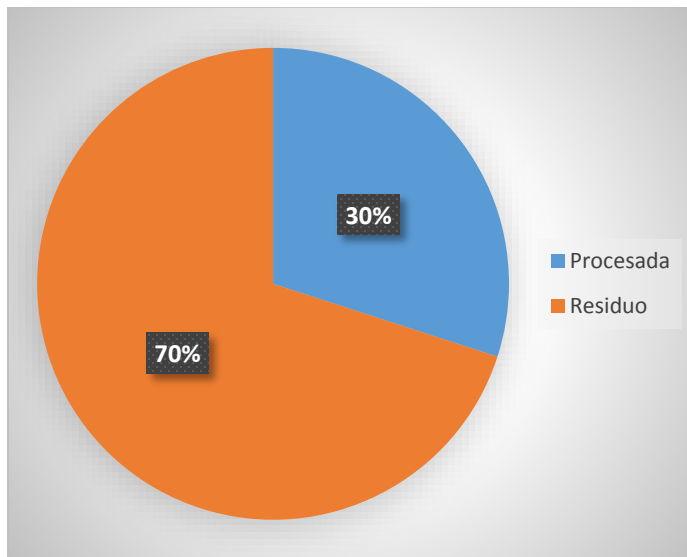
## 2.2. Datos para el uso del vidrio claro

El vidrio claro con el que se cuenta dentro de la organización proviene de México y China, por medio de plataformas y contenedores respectivamente, por calidad y servicio ellos han trabajado por más de 20 años con estos proveedores.

Estas vienen en los tamaños mencionados anteriormente por el manejo y tipos de proyectos que se requieren en el mercado global, estas son procesadas según lo requiera el cliente, la demanda actual se refiere al tipo arquitectónico para la utilización de puertas, ventanas, techos y pisos en cualquier área de nuestro país.

En la actualidad la empresa se encuentra en la meseta central con sucursales en distintas área del país con mayor demanda y punto estratégico por región de Guatemala.

Figura 8. **Aprovechamiento actual de la plancha**



Fuente: elaboración propia.

Se puede dar el valor real de las grandes cantidades de residuos que eran desechados inconscientemente por el mal manejo del recurso de forma administrativa como operativa, oscilando claramente por arriba del 60 % de la plancha no utilizable para el proyecto en curso, el resto del vidrio por control de calidad se arrojaba en el área de desperdicios.

### **2.3. Corte manual y automático**

Para los cortes de las piezas seleccionadas según la programación de producción se requiere del siguiente equipo de trabajo:

Corte manual:

- Corta vidrio Toyo
- Corta vidrio Yokra
- Corta vidrio shilvershit

Corte automático:

- Master 45
- Vertmax
- Yongda
- Water JET
- Bavelloni Rev

Para el corte manual se requiere de espacio idóneo para la correcta manipulación del cristal, no importando el tamaño y grosor de las planchas a trabajar así evitando el roce entre compañeros que podría generar algún tipo de incidente en el área de trabajo.

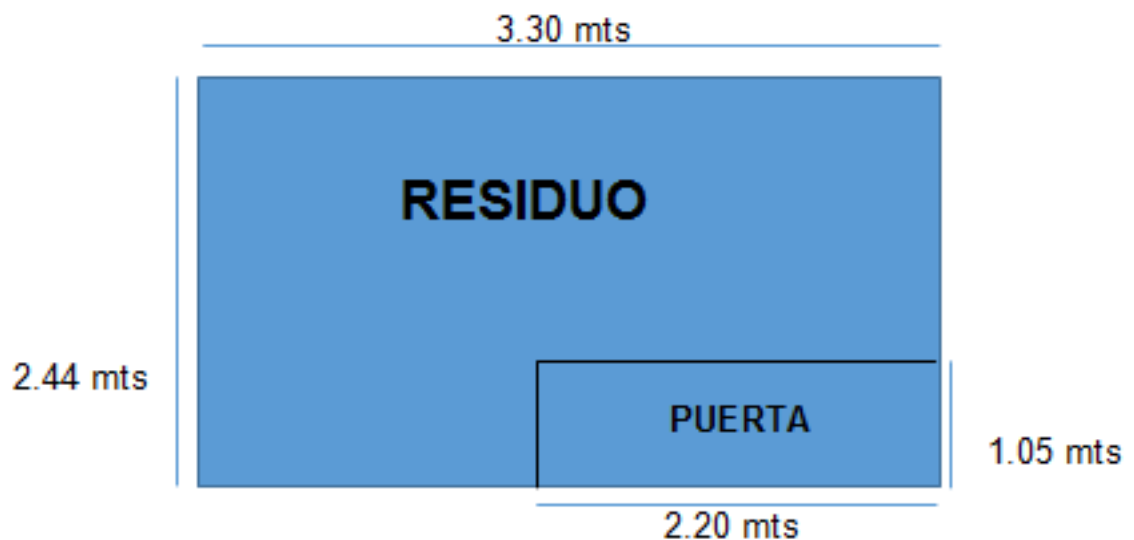


Se pudo constatar que los empleados tienen una mentalidad errónea de los recursos principales con los que se cuentan para ejercer los proyectos, siendo la principal las cantidades de vidrio que se tienen en bodegas para ser procesadas.

Con el ejemplo a continuación se da a conocer la forma de trabajo que vienen realizando los colaboradores de tiempo atrás:

Para la creación o fabricación de una puerta de 2.20 m de altura y 1.05 m de ancho, se utilizó una plancha de vidrio de 5 mm de 3.30 x 2.44 m, pudo utilizar una plancha de claro de 5 mm con medidas de 2.44 x 1.65 m, esta no fue utilizada con la excusa de que las planchas de estas medidas se encontraban atrapadas (otro tipo de vidrio encima del requerido), como era de carácter urgente y no se encontraba disponible el montacargas se dio la autorización de tomar la pieza utilizada.

Figura 9. Utilización de plancha



Fuente: elaboración propia.

Área plancha =  $3.30 \times 2.44 = 8.052 \text{ m}^2$

Área puerta =  $2.20 \times 1.05 = 2.31 \text{ m}^2$

% utilizado = 28 %

% residuo = 72 %

Como este caso hay muchos parecidos que obligan a la empresa a tomar decisiones que por sistemas de calidad a tirar grandes cantidades de vidrio que pueden ser reutilizados para nuevos proyectos que lo requieran.

## 2.4. Variables y muestreo

### 2.4.1. Variables

Para fines para el proyecto; las variables en el estudio serán:

Tabla VII. **Variables de medición**

| <b>Variable</b> | <b>Dimensional</b>       | <b>Instrumento</b> |
|-----------------|--------------------------|--------------------|
| Volumen         | $\text{m}^3$             | Recipiente aforado |
| Temperatura     | $^{\circ}\text{C}$       | Termómetro         |
| Humedad         | %                        | Calculadora        |
| Tiempo          | Horas, minutos, segundos | Cronometro         |
| Acidez          | pH                       | Tiras reactivas    |
| Peso            | Kg                       | Balanza            |
| Espesor         | mm                       | Vernier            |

Fuente: elaboración propia.

### 2.4.2. Muestreo

Para conocer la cantidad de residuos y desperdicio que se generan dentro de la empresa, se tomó un promedio por lotes de las distintas áreas de trabajo, iniciando en bodega de almacenaje, pasando por bodegas de producción y terminando en bodega de entrega de producto terminado, a esto se le agrego un promedio de piezas quebradas en transporte diario de entregas a clientes potenciales.

Para dar el promedio general de residuos generados por día, semana y mes se realizó la siguiente operación:

- BA = Bodega de almacenaje
- BPC = Bodega de producción de corte
- BPP = Bodega de producción de pulido
- BPT = Bodega de producción de templado
- BAE = Bodega de almacenaje de entrega
- BE = Bodega de entregas
- TT = Tiempo de trabajo
- RT = Residuo total

$$RT = (RBA + RBPC + RBPP + RBPT + RBAE + RBE) * TT$$

Se cuantificó el residuo total por semana para tener un dato más adecuado para fines de identificar cuanto ha sido el residuo de todas las áreas en general para su acondicionamiento en el espacio físico otorgado por la gerencia para fines de cumplir con información más exacta al momento de dar a conocer que tan eficiente y eficaz ha sido la empresa en la operación.

También se tomaron muestras al día de las distintas áreas para tener una idea más concreta de cómo identificar cuáles han sido los errores que se han cometido e identificar que los colaboradores estén haciendo eficiente su trabajo. Para ello se estimaron las cantidades en toneladas métricas.

De manera más cotidiana se puede concientizar a los colaboradores de realizar su trabajo con responsabilidad y ética para la empresa que les otorga la oportunidad de empleo como para el planeta que las futuras generaciones lo agradecerán.

### **2.4.3. Técnicas**

La información de los estudios previos será catalogada de acuerdo a los puntos en común, para establecer la reutilización y reducción de desechos de vidrio claro en la industria.

## **2.5. Tablas de máximos y mínimos de reutilización de desperdicios**

Con la información de los máximos y mínimos se identificara la información de que tanto se ha mejorado en términos de eficiencia por departamentos y cuanto ha sido la reducción de residuos y como esto puede dar a conocer datos más reales. Estos se trabajaron en cantidad por tonelada (T).

### **2.5.1. Encuestas del antes, durante y después de aplicar las mejoras en producción**

Se prepararon encuestas donde se pudo corroborar varios aspectos, entre ellos el gusto por el trabajo de los colaboradores, cantidades de residuos que se arrojaban con autorización de las autoridades, el tiempo en que se prepara una pieza según producción; para analizar también que tan fuerte era el consumo de energía eléctrica por operación.

En las siguientes encuestas, después de poner en práctica las implementaciones para el reúso y reducción de residuos, se constató que piezas casi en su totalidad fueron reutilizadas para crear nuevos productos beneficiándose la empresa no solo en el ahorro de la materia prima sino en capital por preparación de nuevos lotes para la producción en diferentes áreas de trabajo según sus estaciones.

Dio como resultado que los colaboradores se sienten más a gusto sabiendo que sus opiniones tienen efecto para con la ayuda a la organización y el entusiasmo de contribuir a evitar más daño a la naturaleza casi eliminando los residuos de vidrio en la empresa.



### 3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. Reducción total de desperdicios y desechos

Con la tabla descrita en el inciso 2.2.1, se obtuvieron los datos de cuanto es el desperdicio por área de trabajo, cantidades que fueron medidas por semanas hasta llegar a una cifra favorable en la reducción de residuos.

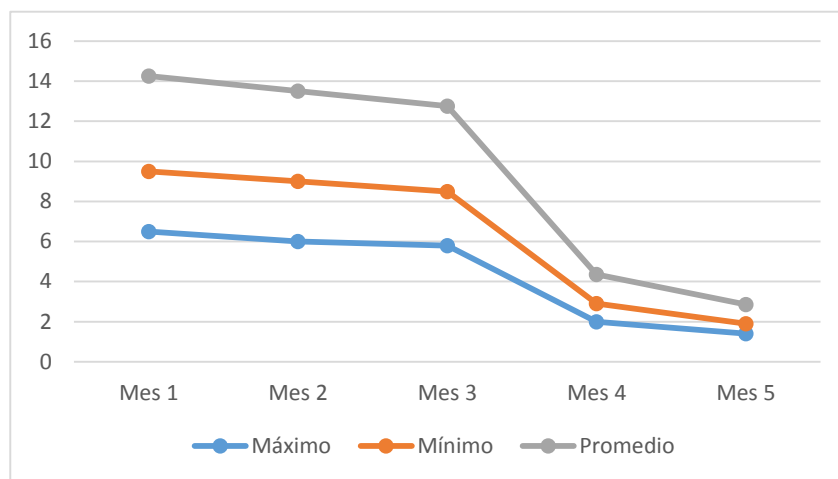
A continuación se presentan los valores de máximos, mínimos y promedio de las cantidades de residuos de vidrio que la empresa genera, los cuales fueron reutilizados para nuevos proyectos en producción:

Tabla VIII. **Máximo, mínimo y promedio de residuos**

| <b>Variable</b> | <b>Mes 1</b> | <b>Mes 2</b> | <b>Mes 3</b> | <b>Mes 4</b> | <b>Mes 5</b> |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Máximo          | 6.5          | 6            | 5.8          | 2            | 1.4          |
| Mínimo          | 3            | 3            | 2.7          | 0.9          | 0.5          |
| Promedio        | 4.75         | 4.5          | 4.25         | 1.45         | 0.95         |

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Máximo, mínimo y promedio de desperdicio semanal**



Fuente: elaboración propia.

Durante 5 meses se estableció con la cantidad inicial promedio de residuos que salían a puntos de vertederos, basureros o algún lugar específico donde arrojar el desperdicio.

Operación bodega de almacenaje - bodega de producción y corte

Tabla IX. **Problema y solución de bodega de almacenaje - bodega corte**

| Grupo | Problema   | Solución  |
|-------|--|---|
| I     | Quebradura por mal manipulación                      | Separación entre planchas con duroport y hules                            |
| II    | Quebradura por mal manipulación                      | Pasillos libres de obstáculos y señalización                              |
| III   | Quebradura por mal manipulación / equipo de traslado | Protección con hule en la plataforma del camión                           |
| IV    | Quebradura por mal manipulación / equipo de traslado | Protección con hule en la plataforma del camión y carretas de movimientos |

Fuente: elaboración propia.



Se presentan los resultados por grupo de trabajo aplicando la reducción y reutilización de residuos en BA

Tabla X. **Reducción total de residuos (BA)**

| <b>Bodega</b> | <b>Estación</b>  | <b>Motivo</b>  | <b>Cantidad T</b> | <b>Incidencia</b> |
|---------------|------------------|--|-------------------|-------------------|
| <b>BA</b>     | <b>Grupo I</b>   | Quebradura por mala manipulación de planchas de vidrio | 1.5               | Casi nula         |
| <b>BA</b>     | <b>Grupo II</b>  | Quebradura por mala manipulación de planchas de vidrio | 0.4               | Casi nula         |
| <b>BA</b>     | <b>Grupo III</b> | Quebradura por mala manipulación de planchas de vidrio | 0.8               | Casi nula         |
| <b>BA</b>     | <b>Grupo IV</b>  | Quebradura por mala manipulación de planchas de vidrio | 0.5               | Casi nula         |

Fuente: elaboración propia.

En bodega de almacenaje (BA) se estimó en el primer mes que la cantidad de residuos de vidrio fue de 44 toneladas, reducido a 3.2 toneladas que equivale al 7.27 % del 100 %.

Operación bodega de producción de corte (BPC)

Tabla XI. **Problema y solución de bodega de producción corte manual y automático**

| <b>Estación</b> | <b>Problema</b>                                      | <b>Solución</b>  |
|-----------------|--|--|
| I               | Corte por mal manipulación y espacio                 | Ergonomía adecuada para los colaboradores                |
| I               | Corte por equipo erróneo de trabajo                  | Supervisión matinal del equipo adecuado de trabajo       |
| I y II          | Corte por mal planificación de trabajo de producción | Documentación con visto bueno del cliente y vendedor     |
| II              | Corte por mal programación de máquinas               | Revisión matinal de la programación adecuada de máquinas |

Fuente: elaboración propia.

Se presentan los resultados por estación de trabajo aplicando la reducción y reutilización de residuos en BPC

Tabla XII. **Reducción total de residuos (BPC)**

| <b>Bodega</b> | <b>Estación</b> | <b>Motivo</b>   | <b>Cantidad T</b> | <b>Incidencia</b> |
|---------------|-----------------|---|-------------------|-------------------|
| BPC           | I               | Quebradura por mal plan de trabajo                                    | 0.9               | Casi nula         |
| BPC           | II, III         | Quebradura por mal plan de trabajo e ineficiente trabajo del operario | 1.2               | Casi nula         |

Fuente: elaboración propia.

En bodega de producción de corte (BPC), se estimó en el primer mes en la estación I que la cantidad de residuos de vidrio fue de 12 toneladas métricas, reducido a 0.9 toneladas que equivale al 7.5 % del 100 % y en estación II y III automático la cantidad de 30 toneladas reducido a 1.2 toneladas equivalente al 4 % del 100 %.

Operación bodega de producción de pulido (BPP)

Tabla XIII. **Problema y solución de bodega de producción de pulido (BPP)**

| <b>Estación</b> | <b>Problema</b>                 | <b>Solución</b>                           |
|-----------------|---------------------------------|---|
| <b>I</b>        | Quebradura por mal manipulación | Ergonomía adecuada para los colaboradores |
| <b>II</b>       | Quebradura por mal manipulación | Ergonomía adecuada para los colaboradores |

Fuente: elaboración propia.

Para las estaciones de pulido las piezas llegan con visto bueno del cliente, al inicio se mantenían casi las 2 toneladas de residuos al mes, finalmente se redujo al 0 % la cantidad de residuos.

Tabla XIV. **Reducción total de residuos de bodega (BPP)**

| <b>Bodega</b> | <b>Estación</b> | <b>Motivo</b>                                   | <b>Cantidad T</b> | <b>Incidencia</b> |
|---------------|-----------------|---|-------------------|-------------------|
| <b>BPP</b>    | <b>I</b>        | Quebradura por ineficiente trabajo del operario | 0                 | Nula              |
| <b>BPP</b>    | <b>II</b>       | Quebradura por ineficiente trabajo del operario | 0                 | Nula              |

Fuente: elaboración propia.

Operación bodega de producción de templado (BPT)

Tabla XV. **Problema y solución de bodega de producción de templado (BPT)**

| <b>Estación</b> | <b>Problema</b>                       | <b>Solución</b>                  |
|-----------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| <b>I</b>        | Quebradura por atasco en la maquina 1 | Revisión matinal de las máquinas |
| <b>II</b>       | Quebradura por atasco en la maquina 2 | Revisión matinal de las máquinas |

Fuente: elaboración propia.

Para las estaciones I y II de templado, el inconveniente más regular fue que las maquinas tenían atasco de vidrio por no revisar que las maquinas se encontrarán libres de obstáculos, al inicio se mantenían de 5 a 6 toneladas de residuos, reducida al 0 % de residuos por procesos implementados.

Tabla XVI. **Reducción total de residuos de bodega (BPT)**

| <b>Bodega</b> | <b>Estación</b> | <b>Motivo</b>                                   | <b>Cantidad T</b> | <b>Incidencia</b> |
|---------------|-----------------|---|-------------------|-------------------|
| <b>BPT</b>    | <b>I</b>        | Quebradura por ineficiente trabajo del operario | 0                 | Nula              |
| <b>BPT</b>    | <b>II</b>       | Quebradura por ineficiente trabajo del operario | 0                 | Nula              |

Fuente: elaboración propia.

### 3.2. Caracterización de la demanda energética

El consumo energético que se necesita en las áreas de trabajo se puede medir de manera semejante a la de los costos, se hizo dirigido esencialmente por mantenimiento y operación de las maquinas involucradas en la producción de los productos terminados según planificación diaria.

La demanda energética para el mantenimiento de todas las instalaciones incluye la iluminación y regulación de la temperatura y humedad según sea el diseño, si mencionamos la demanda energética por operación, se incluyó el encendido, uso y apagado de las máquinas, este también fue afectado por el tipo y modelo de máquinas utilizadas en producción de nuevos productos terminados.

Con las mejoras realizadas en el transcurso de los cinco meses en todas las áreas mencionadas en los incisos 2.1, 2.2.2 y 4.1 hubo variación radical en la factura de energía eléctrica, momento en que fue impacto positivo para los interesados dentro de la empresa.

Tabla XVII. Reducción en demanda energética mejora continua

| <b>MES/AÑO</b>       | <b>Octubre<br/>2016</b> | <b>Noviembre<br/>2016</b> | <b>Diciembre<br/>2016</b> | <b>Enero<br/>2017</b> | <b>Febrero<br/>2017</b> | <b>Marzo<br/>2017</b> |
|----------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Consumo<br>Eléctrico | 9648<br>kWh             | 9183<br>kWh               | 8495<br>kWh               | 6730<br>kWh           | 4271<br>kWh             | 2692<br>kWh           |

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro se visualiza la reducción en consumo de energía eléctrica, en las facturas extendidas por la empresa local, se plasma la reducción de las cantidades de energía que podrá ser utilizada para nuevos proyectos en curso.

Reducción en demanda energética mejora continua

### **3.3. Propuesta de reducción y reúso de los desechos del vidrio**

Con la propuesta sugerida a las autoridades de la organización se redujo a cifras positivas considerables al momento que interpretar los números del antes y del después de la aplicación de los métodos.

#### **3.3.1. Proceso de mejora continúa**

Para el proceso se mantuvo la toma de datos históricos e información de cual eran los métodos de trabajo y analizar las posibles causas que afectaban en ese entonces la operación de la empresa.

Se trabajó con la autoevaluación, que se ha hecho mal durante un período y cuales han sido sus debilidades que por consecuencia provocaban un mal manejo de los recursos. Con ello se detectaron puntos fuertes que se deben tratar de mantener y como mejorara, siendo el objetivo primordial de la empresa.

#### **3.3.2. Acondicionamiento de espacio para la reutilización**

Con la propuesta de reacondicionamiento se sacó provecho del espacio físico total de la bodega, dando la oportunidad de colocar 20 burros para la colocación de los nuevos lotes de piezas de vidrio recuperado para nuevos proyectos.

### 3.3.3. Programa de mantenimiento

Se enumeraron distintas tareas que las personas de mantenimiento deben realizar cada 24 horas para ser más exactos, con la aprobación del jefe de área de mantenimiento.

Tareas diarias por estaciones de trabajo:

Tabla XVIII. Tareas diarias de mantenimiento

| <b>Actividad</b>                    | <b>Si</b> | <b>No</b> |
|-------------------------------------|-----------|-----------|
| Orden                               | X         |           |
| Limpieza                            | X         |           |
| Área de trabajo despejada           | X         |           |
| Posición correcta de sostenedores   | X         |           |
| Revisión fuga de aceite             | X         |           |
| Revisión fuga de agua               | X         |           |
| Revisión de fuga de aire            | X         |           |
| Observación completa de los equipos | X         |           |

Fuente: elaboración propia.

### 3.4. Planes de reducción

Para la reducción de las grandes cantidades de desperdicios del vidrio se trabajó conjuntamente con las personas encargadas de la planificación, diseño y procesos de producción, para implementar procedimientos que fueron parte fundamental de los resultados obtenidos descritos.

### **3.4.1. Planificación**

Se tomaron medidas exactas a solicitud del cliente, para evitar posibles, se implementó que el cliente debe de firmar de conformidad de lo que se enviará a producción y pagar el 50 % por anticipado, garantizando que el trabajo no tendrá demoras y se cumplirá con lo establecido.

### **3.4.2. Diseño**

No contaban con patrones de formatos para realizar los cortes según la planificación, lo producían con planos a escalas que el colaborador no entendía, para mejorar estos procesos fue necesaria la implementación a escala real de las piezas a fabricar por medio de plantillas aprobadas por el cliente como el asesor de ventas para garantizar un eficiente trabajo.

### **3.4.3. Proceso**

En los procesos estudiados, los colaboradores cometían errores de corte por mala manipulación del vidrio y herramientas de trabajo, la posición de la mesa de corte manual se acondiciono de acuerdo a la ergonomía de los empleados



### 3.5. Reúso

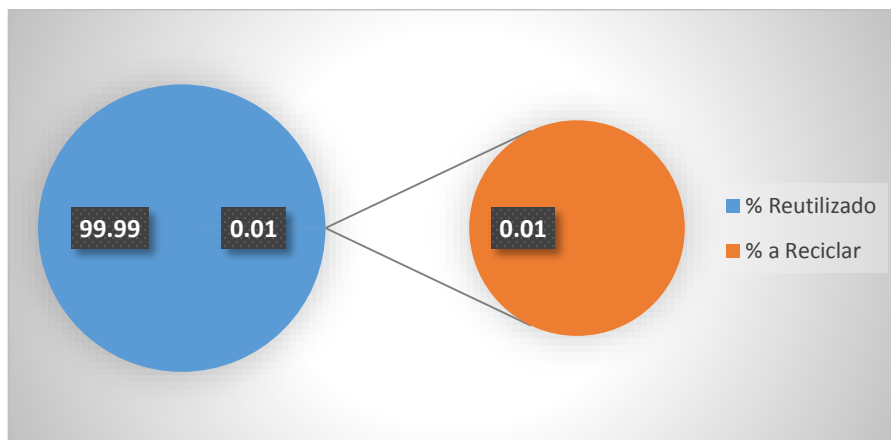
#### 3.5.1. Clasificación

Se clasificó el vidrio, según el tamaño de las piezas a reutilizar, en el área de reúso se pueden identificar cuáles son las piezas y en que se pueden reutilizar según lo requerido para el nuevo proyecto. Cabe mencionar que estas fueron divididas por el grosor del vidrio para que el colaborador llegue y tome el vidrio que necesita sin la necesidad de rebuscar por el diámetro y grosor.

#### 3.5.2. Reciclaje

El residuo más pequeño que sobra luego de trabajar paletas para ventanas, que es el último proceso de uso que se le da a las piezas de reutilización, en la actualidad es prácticamente nulo; ya que se está aprovechando el 99.99 % de la pieza original, mientras que el 0.01 % se envía a VIGUA (Vidrios de Guatemala) para su respectivo reciclaje, así se evita el daño al planeta al no llevar el desperdicio a vertederos de la ciudad.

Figura 11. Reducción y reutilización del vidrio claro



Fuente: elaboración propia.

### 3.5.1. Resultados de encuesta buen manejo y reutilización del vidrio en producción

Tabla XIX. Resultados de encuestas

| Preguntas a evaluar   | Antes del estudio  | Después del estudio          |
|---|--------------------|------------------------------|
| ¿Cuántas piezas de vidrio en buen estado desechan por turno?                      | 123                | 0                            |
| ¿El traslado de las planchas de vidrio es adecuado hacia las máquinas?            | No                 | Sí                           |
| ¿La alimentación del vidrio a las máquinas es eficiente y no peligra el operario? | No                 | Sí                           |
| ¿Por qué desechan el vidrio sin un correcto control?                              | Poco Interés       | No se desecha                |
| ¿Es correcto el traslado del sobrante de vidrio hacia su lugar de salida?         | No                 | No hay sobrantes             |
| ¿Reciclan el vidrio en algún momento?   | No                 | El 0.01 %                    |
| ¿Por el mal corte de las planchas de vidrio las desechan?                         | Si                 | No hay mal corte             |
| ¿Por qué no le sacan provecho al vidrio en excelente estado?                      | Mal administración | Se saca el 100 % de provecho |

Fuente: elaboración propia.

## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las condiciones de logística, operativa y técnicas de los procesos de producción de la empresa en estudio, no se encontraban en una situación óptima, tampoco contaban con procedimientos para detener el consumo no eficiente de vidrio para las actividades a las que se dedican, en las áreas de producción se tenía un descontrol en los lineamientos que se requerían para trabajar proyectos, según la planificación, esto mantenía desorden en las áreas de trabajo.

Se obtuvo al inicio del estudio que la generación de residuos eran grandes cantidades en toneladas (T) de vidrio, en la mayoría de casos eran piezas con un 70 % de su capacidad para ser procesada nuevamente con un nuevo plan de trabajo, al término de la investigación, las cantidades de residuos cesaron al 100 %.

En bodega de almacenaje (BA), donde se recolectaba la mayor parte de residuos por la mal manipulación de las planchas de vidrio y espacios reducidos, se ordenó, limpió y se señaló correctamente para que las operaciones fluyan con normalidad, evitando incidentes que en ocasiones peligraron vidas de colaboradores.

En la operación de estaciones de corte manual e hidráulico fue necesaria la implementación de ergonomía para que los colaboradores trabajaran de una manera cómoda en la utilización de las herramientas como en las plantillas de los proyectos a ejecutar, mejorando los cortes manuales, con la

correcta programación de las máquinas automáticas con las normas de reducción y la reutilización de las piezas en excelente estado.

En la operación de producción de pulido (BPP) y de templado (BPT) se hicieron cambios con la operación y servicio de la maquinaria, se mejoró la ergonomía de los operadores como la programación de limpieza de las máquinas antes y después de iniciar labores para cerciorar que se encuentran libres de obstáculos y mantener la eficiencia de las mismas, para seguir manteniendo la reducción total de los residuos que se generaban todos los días.

Todos creen que el consumo de energía eléctrica retomará sus puntos iniciales en el estudio, fue necesaria la asistencia de un ingeniero eléctrico para dar a conocer que al conservar los nuevos procesos implementados, se llegará a un punto de equilibrio donde se mantendrá el consumo energético con la demanda promediada.

La importancia de realizar el estudio en las fechas de fin de año. Ayudó a identificar el promedio máximo en consumo, ya que de octubre a enero es el período en donde se obtiene la mayor demanda en producción.

Con la obtención de cifras significativas en la reducción y reutilización de residuos de vidrio con el proceso mejorado, se puede interpretar que será aprovechada en su totalidad la pieza completa de vidrio para el proyecto que se le requiera.

Con el reacondicionamiento del área seleccionada, se obtuvieron resultados positivos no esperados por la gerencia, ellos tenían en mente que no habría lugar para mejorar el espacio físico dentro de la bodega de almacenaje (BA) por las grandes cantidades de nuevos lotes de vidrio que entran mensualmente.

Se cambió la idea de resistencia al cambio cuando se detalló de la mejora del acondicionamiento del espacio; reutilizando todas las piezas de vidrio que daban como perdidas.

Situación que motivo a los interesados dentro de la organización a mantener las propuestas realizadas como procesos, normas y procedimientos estandarizados por la gerencia general.

Se mantienen los resultados positivos por una excelente planificación, diseño, procesos y clasificación de los residuos del vidrio para la creación de nuevos lotes de cristal arquitectónico para el público en general.

La aplicación de la presente investigación, no solo es útil para la empresa en estudio, sino que es el principio para el análisis y aplicación en las otras empresas que se dedican a la manipulación y producción del vidrio claro, en Guatemala, la cual contribuiría a la reducción en gran porcentaje de residuos de vidrio en lugares menos esperados por el ser humano.

Para fines del estudio se considera que es viable la propuesta implementada, ya que se redujo y reutilizó el residuo de vidrio en su totalidad, se da por satisfecha la investigación, por parte de la empresa y mi persona como investigador del tema en apoyo e implementación de mejoras que se le puede otorgar al planeta.



## CONCLUSIONES

1. Durante el estudio realizado, se determinaron las técnicas de reducción y reutilización de residuos del vidrio claro en la industria arquitectónica, donde se identificó el déficit en operaciones de las estaciones de trabajo.
2. Al cuantificar las cantidades de residuos de vidrio en cada área de trabajo, se señaló que no contaban con un plan de reducción de residuos sólidos, con la implementación del nuevo método, los procedimientos fueron más eficientes para contrarrestar el impacto negativo al ambiente.
3. Se determinaron métodos para los nuevos procesos de reducción y reutilización de los residuos del vidrio, con el reacondicionamiento de área, programación de producción y plan correcto de trabajo se tiene el 99.99 % de reúso de los residuos sólidos.
4. Durante el estudio realizado, se estimó que existe un impacto positivo ambiental como económico para el planeta y la empresa, generando nuevos lotes de vidrio en el mercado.





## RECOMENDACIONES

1. Inspeccionar que los equipos de trabajo de todas las áreas, mantengan los lineamientos diseñados para garantizar la eficiencia en los procesos de reducción y reutilización del vidrio claro.
2. Formalizar la implementación de los nuevos procesos de reducción y reutilización de residuos de vidrio claro en las sucursales de la empresa, contribuyendo considerablemente a minimizar el riesgo, que los residuos lleguen a vertederos y basureros del país.
3. Que se divulgue la investigación en la industria vidriera de Guatemala, quienes trabajan en el reciclado del vidrio para que conozcan cuál es la solución para acabar de raíz la problemática del residuo del vidrio.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Allan, D. (2001). *Glass*. Chile: Glass Idition.
2. Aparicio, M. (1999). *Vidrio y El Futuro*. México: Materials Gla.
3. Cardenas, E. (1991). *Vidrio Templado*. México: U.A.N.L.
4. Fernandez, A. C. (2007). *Fisica Del Vidrio*. México: Paredes Salido.
5. Garcia, J. J. (2002). *Vidrio y Ceramica*. México: Renovando.
6. Gonzalez, B. (1998). *Energías Renovables*. Venezuela: Electricas.
7. Jose, M. (2009). *Desperdicio para su Reutilización*. Monterrey México: Valle J.M.
8. Lobo, E. S. (2005). *Técnicas de Fusión*. Madrid España: Pasta.
9. Lozano, M. A. (2010). *Uso de Vidrio de Desecho*. México DF: Peñas.
10. Mendez, F. J. (2002). *Desarrollo Del Vidrio* . México: Ingenierías ITE.
11. Montoro, J. S. (2003). *Lectura Vidrio*. España: UNED.
12. Mussi, J. (2002). *Protección Institucional del Medio Ambiente*. Barcelona España: Atentos.
13. Peitado, M. (2005). *Ceramica y Vidrio*. Madrid España: Materials Science.
14. Perez, A. (2002). *Medio Ambiente*. Sevilla España: Experter Live.
15. Quesada, A. (2008). *Vidrio CSIC* . Colombia: Postdoctoral.
16. Ramon, X. R. (2006). *Estudio de Aplicacion del Vidrio*. Catalunya España: La Universitat.



## ANEXOS

### Anexo 1.

#### **ENCUESTA: Buen Manejo y Reutilización del Vidrio en Producción**

¿Cuántas piezas de vidrio en buen estado desechan por turno?

¿El traslado de las planchas de vidrio es adecuado hacia las maquinas?

¿La alimentación del vidrio a las maquinas es eficiente y no pelagra el operario?

¿Por qué desechan el vidrio sin un correcto control?

¿Es correcto el traslado del sobrante de vidrio hacia su lugar de salida?

¿Reciclan el vidrio en algún momento?

¿Por el mal corte de las planchas de vidrio las desechan?

¿Por qué no le sacan provecho al vidrio en excelente estado?

**Anexo 2.**

Acondicionamiento del vidrio claro quebrado



**Anexo 3.**

Acondicionamiento del vidrio claro quebrado



#### Anexo 4.

Acondicionamiento del vidrio claro quebrado



#### Anexo 5

Cortadora Yongda Water JET

