

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CORTE Y PULIDO DE TWOGLASS, ADAPTANDO UN
DISPOSITIVO PARA LA RECIRCULACIÓN DEL AGUA.

Elaborado por:

Wanda Melisa Cuadros Pineda

Cristian Felipe Galindo Acero

Geraldine Gutiérrez González

Natalia Mateus Casas

Ninibeth Eliana Salamanca Durán

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Especialización en Gerencia de Proyectos

Especialización Gerencia de Procesos de calidad e innovación.

Bogotá

2021

RESUMEN

La empresa Two Glass en sus procesos de corte y pulido, presenta un problema de eficiencia en el uso del agua, por lo cual se busca diseñar un dispositivo para garantizar la optimización del proceso mediante la recirculación del agua. Se tendrán en cuenta estudios de contexto ambiental del reciclaje de las botellas de vidrio, el uso del agua y metodologías de corte y pulido para este tipo de procesos, complementado con teorías de mecánicas de fluidos.

La propuesta de diseño del dispositivo está encaminada a proveer una solución que beneficie a la empresa optimizando sus procesos de corte y pulido al tiempo que la misma pueda reducir su consumo de agua y genere un impacto menor al medio ambiente reduciendo las partículas de vidrio presentes en la misma. El dispositivo que se presenta en el siguiente trabajo parte de una investigación concreta con la maquinaria y el proceso de la empresa Two Glass, pero provee un marco teórico y conceptual, así como un diseño experimental, que puede aportar a la investigación en otros escenarios similares.

Palabras clave: corte, pulido, recirculación, fluido, vidrio y reciclaje

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Antecedentes del problema.

Las problemáticas derivadas de la inadecuada disposición de residuos sólidos son cada vez más preocupantes en materia ambiental, “Colombia genera aproximadamente 9.488.204 toneladas al año de residuos sólidos, donde se están reciclando aproximadamente 1.775.191 ton/año entre vidrio, cartón, papel, chatarra y la mayoría de plástico.” (Ministerio de Ambiente, 2015)

El vidrio es uno de los materiales que en los últimos años ha tomado fuerza para reemplazar el uso de plástico en diferentes escenarios por su menor impacto ambiental. Este tiene características que lo hacen 100% reciclable y su recuperación puede llegar a representar por cada tonelada de vidrio el ahorro de una tonelada de arena silíceo, el 60% del consumo de agua y de 2.400 Kw/h de energía. Sin embargo, la alta producción de diferentes tipos de productos genera residuos que van directamente a los rellenos sanitarios ocupando volumen en los mismos y contribuyendo a su sobrecarga y por tanto a una crisis sanitaria.

El vidrio recuperado se puede reciclar fundamentalmente de dos maneras: por un lado, se le puede dar un segundo uso transformando su forma para cumplir una nueva función. En un formato de gran escala, se lleva a diferentes plantas donde debe ser seleccionado y clasificado según su color y forma y allí se tritura para ser convertido en vidrio molido con el cual se pueden fabricar nuevas piezas de vidrio como envases, algunos apliques en baldosas o para insumos de construcción. Si bien el reciclaje de vidrio contribuye a la disminución del impacto ambiental, este implica el uso de nuevos recursos, como lo es el agua, para procesos de lubricación, refrigeración y captura de partículas pequeñas de vidrio.

En Colombia existe una política pública que reglamenta el uso eficiente del agua en la que se busca directamente un cuidado bajo leyes y decretos que promuevan la sostenibilidad del agua (Ministerio de Ambiente, 2010). La Huella Hídrica Gris dada por el volumen de agua total utilizada durante un año respecto al número de habitantes, industrias y comercios que operan en la ciudad de Cali, marcan una Huella Hídrica (HH), el 17% que se genera por el agua residual direccionada por el alcantarillado sanitario que no es tratada en la Planta de Tratamiento (Water foot print, 2015), en el marco del buen uso y cuidado del agua, las

empresas deben aportar al cuidado de la huella hídrica y crear procesos limpios para su tratamiento y reúso (Ministerio de Ambiente, 2010).

Para TwoGlass, una empresa dedicada a la recuperación del vidrio a través de la transformación en elementos decorativos para el hogar y la oficina, uno de los factores más relevantes es el cuidado de la salud de sus colaboradores ya que el trabajo de corte y pulido del vidrio puede generar unas partículas “que pueden producir irritación de los ojos y la piel conocida como comezón de lana de vidrio. También puede irritar las vías respiratorias superiores (la nariz y la garganta) y partes del pulmón, produciendo dolor de garganta, congestión nasal y tos” (ATSDR, 2004), por lo que es de gran importancia que se implementen medidas para evitar estas enfermedades laborales.

Descripción del problema.

La empresa TwoGlass inicia como emprendimiento valluno en el 2019 y se consolida como empresa ante cámara de comercio el 3 de enero de 2020. TwoGlass nace de las ganas de ayudar al medio ambiente mediante la recuperación de botellas de vidrio en Cali, Valle del Cauca, dándoles una segunda oportunidad para convertirlas en objetos decorativos para el hogar u oficina. TwoGlass buscó la forma de hacer cortes, pulido y cambios de forma, mediante aplicación de altas temperaturas a las botellas. El proceso inició con cortes manuales mediante el uso de resistencias eléctricas y pulido manual con lijas de agua, pero a medida que los clientes fueron aumentando se vio la necesidad de optimizar los procesos para responder a la demanda. Para agilizar la producción de diferentes productos la empresa mecanizó los procesos a través de la réplica de una máquina de corte y una de pulido (Alejo, Entrevista proceso corte y pulido TwoGlass, 2021).

La máquina de corte cuenta con un disco diamantado dispuesto de forma vertical sobre una mesa de trabajo horizontal, al cual se le transfiere el movimiento de un motor trifásico a través de poleas y eje. El proceso de corte debe tener una inyección de agua constante, con un caudal significativo que capture las partículas de vidrio y mantenga las temperaturas de trabajo. La máquina de pulido es semejante a la *Pulidora de Vidrio Modelo Flor* (Moreira & Gómez, 2019). Cuenta con un volante de plato horizontal con un disco de acero al cual se le adhiere

una lija, mediante tornillos, para cada fase de pulido, la máquina está dotada con 3 discos y 3 niveles de pulido diferente. Actualmente se aplica agua mediante manguera, para desplazar las partículas pequeñas de vidrio y para garantizar la lubricación y temperaturas de trabajo de 27°C a 28°C (Alejo, Entrevista proceso corte y pulido TwoGlass, 2021).

El proceso de corte y pulido genera diferentes impactos para el ambiente y la salud humana, por un lado, la salud se ve afectada si se tiene contacto o se inhala el polvo de vidrio que se genera en los procesos de pulido. Según Kemmerer y Ruibal se puede generar diferentes enfermedades como fibrosis pulmonar y mesotelioma, carcinoma de células renales y daño a los tejidos pulmonares entre otros (Kemmerer & Ruibal, 2016). Para evitar la aparición de estas enfermedades, derivadas de las malas prácticas del proceso, se han implementado técnicas de pulido con agua, las cuales evitan que se levanten las partículas de vidrio al aire, pero esto genera contaminación del agua que desemboca, por lo general, en fuentes hídricas cercanas.

Adicionalmente, luego de montar la línea de producción con la implementación de estas máquinas se observó un elevado consumo de agua potable. Con base en los tiempos de fase de corte y de pulido, que son de 3 minutos, y considerando el caudal de un grifo convencional de 0.2 L/seg, se determinó que el consumo de agua para cortar y pulir un vaso es de 36 L/seg. Es por esta razón que se ve la necesidad de crear un sistema de recolección, filtrado, enfriamiento y recirculación del agua para reducir los consumos de este recurso y hacer el proceso de TwoGlass sostenible.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

¿Cómo optimizar el proceso de corte y pulido de la empresa TwoGlass para reducir el consumo de agua?

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar un dispositivo para el proceso de corte y pulido de vidrio de la empresa TwoGlass que garantice la optimización y calidad del agua mediante la recirculación y filtración de la misma.

Objetivos específicos

- Analizar el proceso de corte y pulido de la empresa TwoGlass para determinar los consumos reales de agua.
- Calcular el peso de las partículas de vidrio en el agua residual del proceso de corte y pulido a través del pesaje después de su sedimentación.
- Identificar los materiales más adecuados para el dispositivo de recirculación y filtrado del agua en el proceso de corte y pulido permitiendo su diseño.
- Describir las ventajas que tiene la optimización del proceso de corte y pulido de vidrio de TwoGlass en relación con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

JUSTIFICACIÓN

Esta investigación cuenta con tres conveniencias. La financiera, que se medirá en menores costos por consumo de agua, pérdida de producción por alta temperatura en los procesos y por la posibilidad de aprovechar las partículas de vidrio obtenidas del proceso de filtrado. La operacional, al mejorar el flujo de trabajo y las condiciones de elaboración de los productos. Finalmente, la ambiental al disminuir el agua residual en el proceso y dando la posibilidad de utilizar el agua remanente del dispositivo en actividades afines.

Para la definición de estas conveniencias se tuvieron en cuenta criterios como:

- **Su relevancia:** al tener un impacto positivo para la empresa TwoGlass y el ambiente.
- **Implicaciones prácticas:** Podría ser replicado por emprendimientos similares o empresas del sector del vidrio.
- **Utilidad metodológica:** Se ayudará a crear un análisis en sector empírico que carece de documentación.
- **Valor teórico del proyecto.** Permitirá tener una base conceptual sobre cuidado del agua, la salud y mejora de proceso de corte y pulido de vidrio.

MARCO TEÓRICO

Estado del arte

La investigación realizada hace referencia al proceso empírico de corte y pulido de botellas de vidrio recicladas, realizado por la empresa Two Glass, en la que se busca diseñar un dispositivo para el proceso que garantice la optimización y calidad del agua mediante la recirculación y filtración de la misma. Por lo que a continuación se presentan frente a la baja documentación de un proceso tan empírico y puntual las investigaciones encontradas y relacionadas con el problema.

En el campo internacional se puede identificar en la tesis de Gutiérrez Andrade (2015), a través de su estudio describe la búsqueda para generar un producto de cristalería con la utilización de botellas de vidrio desechadas, mediante diferentes procesos de corte y pulido, la metodología de investigación utilizada es cualitativa y la metodología del despliegue de la función de la calidad, donde por medio de diferentes pruebas y estudios concluyo que para el corte se pueden usar diferentes técnicas como cortes térmica, físicos o por fricción pero que siempre se debe dar un proceso de esterilización y pulido, para el pulido mención el uso de agua y lija de forma manual pero que resulta peligroso para el operario, por lo que el más eficiente es el de piedra de pulido que permite un acabado también más puro pero que si estresa mucho el material puede generar fracturas.

Así mismo en Chile, Vergara Sepúlveda, desarrolló en su tesis una propuesta de diseño y fabricación de máquina cortadora de botellas de vidrio provenientes del reciclaje para fabricación de lámparas, con la inclusión de los procesos de corte y pulido mediante la implementación de un motor eléctrico en un proceso en seco, usando una metodología cuantitativa describe las observaciones y procesos tenidos en cuenta, donde concluye que la mejor forma para realizar el corte es de forma mecánica usando un cortador de discos, mas no excluye los otros métodos de corte como el de lubricación o el térmico, frente al pulido no profundiza, más solo exalta su necesidad para evitar accidentes (Vergara Sepúlveda, 2018).

A nivel nacional se puede identificar en la tesis de Manzano Gómez , a través de su estudio “Aprovechamiento del vidrio en relación a la filosofía Up-Cycling”, busca diversificar la actual producción de artículos con botellas de vidrio recicladas a través del diseño de producto, aprovechando las tecnologías transformadoras encontradas sobre la reutilización, en su investigación de tipo cualitativo y experimental, se enfoca en el reconocimiento de las propiedades del vidrio y los mejores procesos para su transformación y llegar a diseños diferenciales para la decoración del hogar, en las técnicas descritas de manipulación del material en corte hace una relación de los diferentes procesos estudiados concluyendo que el mejor procesos es con el uso de resistencias eléctricas, generando un menor proceso de pulido, mas también describe que es un proceso lento y costoso, pero de gran utilidad y acabado (Manzano Gómez, 2018).

De acuerdo a los estudios relacionados en el estado del arte, el proceso de corte y pulido de las botellas de vidrio no se encuentra debidamente documentado en la forma que actualmente lo desarrolla Two Glass, por lo que no se encuentran con facilidad tesis o artículos científicos que trabajen el tema en profundidad, sin embargo se evidencia que el proceso se trabaja en ámbitos latinoamericanos en la búsqueda de dar un segundo uso a las botellas de vidrio con fines decorativos o prácticos, para el uso cotidiano, de igual forma se identifica que hay un conceso para el corte y pulido para las botellas de vidrio reciclado el cual depende de las características identificadas en cada metodología, mas no una descripción de cuál debe ser la usada, por lo que se deja una puerta abierta a la optimización del proceso por medio la lubricación por agua como lo genera Two Glass, proceso que se optimizara con la investigación aquí contextualizado.

Marco conceptual

1. Vidrio

Muchos han escrito acerca del vidrio a lo largo de la historia. Plinio el viejo (23-79) relataba que el origen del mismo se produjo en el camino hacia Egipto, en algún lugar a orillas del rio Belus en Fenicia. Mientras un grupo de hombres preparaba su comida, hicieron fuego con natrón (material usado para el aseo, que también disuelto en agua se

utilizaba como desengrasante de loza). A la mañana siguiente descubrieron que el natrón combinado con la arena había formado un material vitreo y brillante que se conoce estos días como el vidrio (Antopolos, 2004).

La historia menciona muchas veces el cristal. Eshabon (58 a.C-25 d. C) habla sobre un sarcófago realizado en vidrio. El griego Herodoto (484-410 a.C.) también cuenta como los etíopes embalsamaban a sus muertos para ponerlos en sarcófagos de vidrio (Antopolos, 2004).

También debemos remontarnos a Oriente Medio y hacia el IV o V milenio a.C., para hablar de técnicas ya que utilizadas en la fabricación de metales se imitaron rápidamente en cerámica y derivaron después en barnices con los que se impermeabilizaban los objetos de arcilla. La decoración en ladrillos vitreos llegó posteriormente y su técnica fue desarrollada en Egipto. Testigos de estos son antigua joyas de composición vítrea, vasos y ladrillos, que son los primeros pasos en dónde está presente el vidrio (Antopolos, 2004).

En la actualidad, se conoce que “el vidrio es un material amorfo que no tiene un orden estructural de largo alcance y puede definirse como un estado de materia condensado, no equilibrado y no cristalino. Sin embargo, en el límite del tiempo infinito, el destino de los vidrios es cristalizar, es decir, formar estructuras ordenadas a partir de su estructura amorfa. No obstante, con una adecuada composición química y ciclos específicos de tratamiento térmico, es posible favorecer la formación de cristales en la estructura amorfa del vidrio, obteniendo materiales vitrocerámicos “. (Fellipi de Lima, E.m Zorzi, & Cruz, 2020)

Gracias a ello, surge la duda ¿de dónde surgen los productos vitrocerámicos? “obtenidos a partir de la fusión y el tratamiento térmico de rocas tienen un gran mercado y son una excelente alternativa para reemplazar los materiales tradicionales. Se pueden aplicar como revestimiento debido a su alta resistencia al desgaste por abrasión y se pueden utilizar ampliamente en la construcción civil en aplicaciones como pavimentos y paneles de revestimiento. (Fellipi de Lima, E.m Zorzi, & Cruz, 2020)

Como base para la investigación, es clave tener presente que el vidrio es “un silicato que está constituido por silicio en combinación con elementos fundentes y estabilizadores como el calcio, sodio, potasio, óxido de aluminio (alúmina) entre otros” (Marín, 2015), los cuales le proporcionan sus propiedades fisicoquímicas.

Está caracterizado como un producto inorgánico, cuyos componentes provienen mayormente de la naturaleza, como lo son la arena de sílice, el carbonato de sodio, la caliza y hoy en día, incluso vidrio reciclado. (Tirapé & Agila, 2019).

La fabricación del vidrio no ha variado mucho desde sus inicios, ya que se mantienen las materias primas y la temperatura de cocción, sin embargo, si se han optimizado los procesos de producción y consecuentemente la calidad del material (Cevallos, 2015).

Para su fabricación, es necesario mezclar las materias primas y fundirlas en un horno a temperaturas entre 1300 y 1500°C. De aquí, el vidrio es vertido en diferentes moldes de acuerdo con el uso, donde mediante una serie de procesos industriales se da forma a los nuevos envases utilizando una temperatura aproximada a los 1200°C (Tirapé & Agila, 2019).

La vida útil del vidrio puede alcanzar incluso los 4000 años para degradarse, esto es independiente a su tamaño o forma. Lo anterior se atribuye a sus componentes naturales, lo que realiza que el trabajo de descomposición por parte de microorganismos sea más complejo. (Tirapé & Agila, 2019).

Cevallos describe en 2015 que las cualidades únicas del vidrio, como la transparencia, el brillo, su juego con la luz y su interacción con otros materiales en condiciones frías o calientes, son lo que le permite al material ser empleado en una amplia gama de usos, que van desde lo funcional hasta lo artístico (Cevallos, 2015).

2. Industria del vidrio

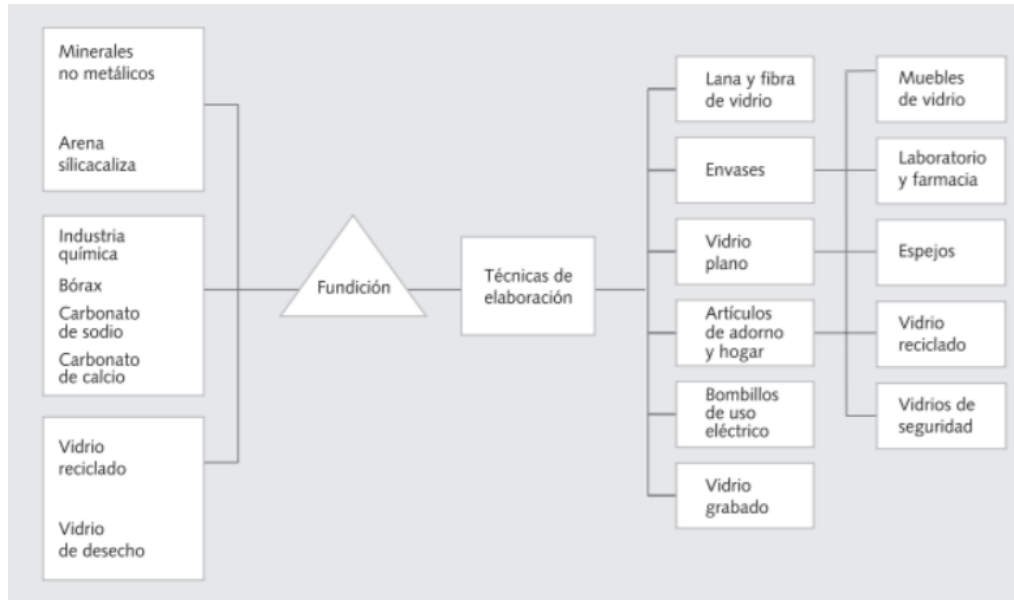
El vidrio llegó a Colombia como un material importado, en la época de la colonia y gran parte de la república, los primeros vestigios de la creación del vidrio se remontan al

siglo XVI, llegaban desde España o Filipinas (Castro, 2009). la primera industria de la cual se tiene registro fue la del señor Juan María Caballero, que, mediante decreto del 22 de mayo de 1834, se le otorgaron los permisos para fabricar vidrios y cristales en Bogotá, Neiva, Mariquita, Tunja, Vélez, Socorro y Antioquia (Castro, 2009). Estas pequeñas industrias del vidrio no fueron muy productivas en la época y quebraron a los pocos años. En 1896 la empresa Bavaria inicio con un proyecto de creación de una empresa de vidrio para suplir la necesidad que tenia de envases y disminuir costos y fue en 1897 que inicio producción de envases (Castro, 2009).

Actualmente la industria del vidrio en Colombia está muy diversificada debido al sin número de usos que se pueden dar, como por ejemplo en la industria automotriz, construcción, muebles, alimentos entre otras, además el vidrio es un elemento cotidiano que hace parte de la vida de las personas (Marulanda, 2017). En Colombia las empresas nacionales fabricantes de video en los últimos años han pasado a ser absorbidas por multinacionales, lo que se traduce en más competencia y búsqueda de ventajas competitivas dentro del sector, donde la innovación es un factor determinante (Marulanda, 2017).

El Departamento Nacional de Planeación (DNP) resalta que la industria del vidrio depende del sector minero y químico, debido que en su elaboración se necesita materias primas arena sílica, dolomita, soda, bórax, entre otros (Marulanda, 2017), lo que hace que su cadena productora esté constituida por componentes nacionales, “desde las materias primas básicas hasta el producto final” (Marulanda, 2017).

Figura 1 Cadena para la elaboración de vidrio en Colombia



Fuente: Departamento Nacional de Planeación (DNP)

Dentro de las líneas de producción que se destacan para Colombia están la fabricación de vidrio plano liso, vidrio plano grabado, envases, cristalería, vidrio TR para alumbrado, vidrio de seguridad templado y lana de vidrio, además “de acuerdo con la información publicada en el nuevo Sistema de Inteligencia Comercial (SIC), el tamaño de la producción nacional por ingresos operacionales del sector de vidrio totalizó en COP8.885,93 millones para el 2015” (Marulanda, 2017), esto demuestra que la industria del vidrio es importante dentro de la economía nacional.

Es importante resaltar que esta industria realiza exportaciones de sus productos, “de acuerdo con el Sistema de Inteligencia Comercial de Legiscomex.com (SIC), en el segundo semestre del 2016, las exportaciones colombianas del sector de vidrio fueron de USD91,7 millones” (Marulanda, 2017). Esto no significa que no importemos productos de vidrio, desafortunadamente aun dependemos mucho de las importaciones como se demuestra con las cifras del segundo semestre del 2016, en el cual las importaciones colombianas del sector vidrio fueron de USD105,4 millones (Marulanda, 2017).

3. Contaminación del agua por partículas de vidrio

Para la industria del vidrio, el agua es uno de los recursos naturales más utilizados, ya sea en los procesos de sistema de refrigeración o corte de vidrio. Durante estos procesos, el agua es contaminada por pequeñas partículas de vidrio y residuos del material empleado, por lo que se produce una transformación de agua potable a agua residual industrial. (Hoyos & Yepes, 2019)

4. Transformación del vidrio

La posibilidad del reciclaje del vidrio se presenta hoy como una de las alternativas más indicadas a la hora de reducir el impacto ambiental por los altos volúmenes de residuos sólidos que terminan su vida útil en rellenos sanitarios o fuentes hídricas. Para el año 2018, la industria del vidrio informó que se habían reciclado alrededor de 27 millones de toneladas de este material en el mundo, lo cual representaba un 21% de la producción total del vidrio solo para ese año. Para el caso de Colombia, se reciclan anualmente 120.000 toneladas de vidrio (Acevedo, 2020).

La producción de vidrio requiere gran cantidad de energía, y teniendo en cuenta que su degradación puede tardar hasta 4000 años, se hace necesario reciclar este material, no solo por su impacto ambiental, sino también económico, ya que se ha evidenciado que al reciclar el vidrio, se están ahorrando tiempos en el proceso productivo, lo cual se traduce en reducción de costos e impacto ambiental (Cevallos, 2015).

La producción original de un kilo de vidrio requiere 4.200 Kilocalorías de energía, pero el proceso para su reciclaje necesita del 25% al 32% menos que eso. Por otra parte, es importante mencionar que, con el reciclaje del vidrio, se estaría disminuyendo en un 20% la contaminación atmosférica respecto al proceso tradicional y entre un 40% y 50% la contaminación de agua (Cevallos, 2015) (Acevedo, 2020) (Arce, y otros, 2020).

El reciclaje del vidrio consiste en fundirlo para fabricar los mismos artículos u otros diferentes. El vidrio es un material que por sus características es fácilmente reciclable.

Además, no hay un límite en la cantidad de veces en la que puede ser reciclado. (Arce, y otros, 2020). Es decir que, a partir de un envase utilizado, puede obtenerse un envase nuevo que tenga prácticamente las mismas características del primero. Es así como, esta habilidad del material de vidrio le permite a los recolectores y empresas relacionadas con esta actividad, no solo aprovechar al máximo su uso, sino también la oportunidad de mejorar su economía al tiempo que se disminuye el impacto ambiental que produce (Castañón, 2020).

El reciclaje de vidrio permite convertir los residuos en productos que se pueden reincorporar al ciclo productivo y se pueden volver a usar bien sea a través de su reutilización directa, posterior a un proceso de higienización, o a través de su fundición para elaborar productos iguales o similares (Carrasco, 2017).

El proceso de reciclaje del vidrio más básico es el siguiente: recolección del vidrio, separación de impurezas, lavado, trituración y tamizado y retiro de residuos metálicos con imanes. Posterior al proceso anteriormente descrito el material se lleva a fundición para elaboración de nuevos materiales (Gutiérrez, 2015).

5. Corte y pulido de botellas

A través de los procesos de corte y pulido se da la forma deseada al vidrio, al eliminar cierta cantidad de una superficie real. El corte de vidrio busca provocar estrés término sobre el concentrador de esfuerzo, para generar fractura y así obtener la forma deseada. Esto se puede lograr utilizando distintos mecanismos que permiten trabajar el vidrio sin importar que sea curvo o plano, teniendo en común una herramienta para llevar a cabo este proceso, son los discos de carburo de tungsteno (Ver Figura 2), cuyos bordes se afilan a unos 135°C y posee 4.5 mm de diámetro. Adicionalmente, tiene una vida útil expresada en 5000 metros de corte, aproximadamente. (Tirapé & Agila, 2019)

Figura 2 Disco de carburo de Tungsteno



Fuente: discos de carburo de tungsteno corte vidrio - Bing images

Entre los cortadores de vidrio de botellas cilíndricas más utilizados se encuentran: el cortador con estructura de platinas (Ver Figura 3), el cual posee una regla transversal, que se puede regular de acuerdo con el diámetro de la botella. En un extremo de esta, cuenta con un apoyo de tipo trapezoidal para sostener el pico de la botella y, en el otro extremo, con una platina paralela al eje de la botella, lo que permite regular la altura del corte a efectuar, en donde está sujeto el *glass cutter* o “cortador de vidrio”. Una vez ajustados todos los parámetros, simplemente se debe rotar la botella sobre su eje, efectuando una leve presión con el *glass cutter*, obteniendo así un concertador de esfuerzo en toda la periferia de la misma. (Tirapé & Agila, 2019).

Figura 3 Cortador de botellas de vidrio con Estructura de platinas



Fuente: glass bottle cutter AGPTEK, - Bing images

También existe el cortador tipo abrazadera, el cual posee una estructura de polímero que rodea a la botella, con dos varillas roscadas en ambos lados, que permiten su sujeción. Incluye en la periferia interior rodillos que facilitan la rotación de la botella, reduciendo así la fricción. Una vez ajustada a la altura deseada, se procede a efectuar la vuelta completa, para que la rueda del carburo de tungsteno que viene equipada efectúe un concentrador de esfuerzo por toda la periferia de la misma (Tirapé & Agila, 2019).

Figura 4 Cortador de botellas de vidrio tipo abrazadera



Fuente: cortador botellas de vidrio con abrazadera - Bing images

El proceso de pulido, por su parte, se encarga de realizar como su nombre lo indica, el pulido de los bordes o pulimentado, de una porción de vidrio, después de haber sido cortado, ya que puede presentar aristas para así obtener un borde más suave. (Tirapé & Agila, 2019). Entre los métodos más destacados de pulido se encuentra el pulido clásico, el cual es realizado por una herramienta que se encuentra montada en el brazo de una máquina pulidora. Para esto, se rota y desplaza la herramienta sobre el vidrio, colocando entre la herramienta y el vidrio, una mezcla de agua y abrasivo (Roldán, 2015).

Figura 5 Pulidora clásica de vidrio



Fuente: pulido de botellas de vidrio - Bing images

Otra de las máquinas que se emplea para este proceso es la pulidora para vidrio MAG 30 (Ver Figura 6), la cual posee en su plano horizontal, una base circular con un diámetro de 12 pulgadas. En esta se sujetan los discos magnéticos que realizan el pulido de vidrio a una velocidad que puede oscilar entre los 100 y 130 rpm (revoluciones por minuto). La máquina también cuenta con un sistema de suministro de agua a través de una manguera para evitar que las partículas de vidrio generadas durante el proceso sean inhaladas por el personal de trabajo, afectando así su salud (Tirapé & Agila, 2019).

Figura 6 Pulidora para Vidrio MAG 30



Fuente: mag flat bed polisher - Bing images

También se encuentra la pulidora de vidrio Modelo Flor, la cual cuenta con un volante, en donde se adhiere un disco de acero inoxidable con 30 cms de diámetro, que es el que va a realizar la función de pulir. La rotación del mismo se logra a través de un eje apoyado de forma vertical y que se acciona al presionar un motor eléctrico en la parte inferior, mediante un sistema de transmisión por banda y polea, como se aprecia en la Figura 6. (Tirapé & Agila, 2019). Esta máquina también posee un sistema de enfriamiento con sistema de agua interno en el eje.

Figura 7 Pulidora para vidrio modelo Flor



Fuente: Pulidora para Vasos Reciclados modelo Flor Pro (vitrofusionmaterialesyequipos.com)

6. Filtrado y reutilización del agua

La industria del vidrio, si bien no de las que más genera contaminación, si genera impactos desfavorables en el medio ambiente como lo es la contaminación del agua. Las partículas constituyen contaminantes significativos generados por las instalaciones de fabricación de vidrio (Corporación Financiera Internacional, 2007). El proceso de corte y pulido también genera partículas de vidrio que se van a parar al agua y para ello existen algunas técnicas de tratamiento de las aguas como son la sedimentación para reducir los sólidos, el filtrado para los residuos sólidos no sedimentables (Corporación Financiera Internacional, 2007).

7. Mecánica de fluidos

Un fluido es una sustancia (considerada como un medio continuo) que carece de forma propia, por lo que adopta la forma del recipiente que lo contiene. De esta manera, los diferentes elementos de un fluido homogéneo pueden reordenarse libremente sin afectar a las propiedades macroscópicas del fluido, es decir, hay un movimiento relativo entre los distintos elementos del fluido. Existen principalmente tres clases de fluidos (Gonzales & Castellano, 2014):

- Los líquidos son fluidos de muy baja compresibilidad
- Los gases son fluidos de alta compresibilidad
- Los plasmas, son fluidos en los que una determinada proporción de sus partículas está cargada eléctricamente

La Mecánica de Fluidos estudia las leyes del movimiento de los fluidos y sus procesos de interacción con los cuerpos sólidos. La Mecánica de Fluidos como hoy la conocemos es una mezcla de teoría y experimento que proviene por un lado de los trabajos iniciales de los ingenieros hidráulicos, de carácter fundamentalmente empírico, y por el otro del trabajo de básicamente matemáticos, que abordaban el problema desde un enfoque analítico, la característica fundamental de los fluidos es la denominada fluidez. Un fluido cambia de forma de manera continua cuando está sometido a un esfuerzo cortante, por muy pequeño que sea éste, es decir, un fluido no es capaz de soportar un esfuerzo cortante sin moverse durante ningún intervalo de tiempo. Unos líquidos se moverán más lentamente que otros, pero ante un esfuerzo cortante se moverán siempre. La medida de la facilidad con que se mueve vendrá dada por la viscosidad que se trata más adelante, relacionada con la acción de fuerzas de rozamiento (Domingo, 2016).

Dentro de los fluidos, la principal diferencia entre líquidos y gases estriba en las distintas compresibilidades de los mismos, pero en este trabajo nos centraremos solamente en los líquidos (Domingo, 2016).

La compresibilidad de los líquidos es muy débil. Esto es debido a que las fuerzas atractivas entre las moléculas del líquido vencen al movimiento térmico de las mismas, colapsando las moléculas y formando el líquido. Al contrario que en el caso de los gases, que tendían a ocupar todo el volumen que los contiene, los líquidos tienden a formar una superficie libre (Domingo, 2016).

Entre otras propiedades de los fluidos para tener en cuenta para su estudio son, la densidad de un fluido, la Estática de fluidos, viscosidad de un fluido, tensión superficial y la dinámica de fluidos.

Marco institucional

La empresa en la cual se va a desarrollar el diseño del dispositivo de recirculación y filtrado de agua, para el proceso de corte y pulido de botellas de vidrio se llama TwoGlass, la cual está ubicada en Cali, Valle del Cauca, perteneciente a la división 47, del grupo 475 y clase 4752 correspondiente a “Comercio al por menor de artículos de ferretería, pinturas y productos de vidrio en establecimientos especializados” (DANE, 2012). TwoGlass es “Un equipo de trabajo amante al vidrio recuperado y el cuidado del planeta, buscamos que el mundo entienda la importancia de cerrar el ciclo en los residuos sólidos. ¡Hacemos parte de la economía circular y la economía naranja!” (TwoGlass, 2021). La empresa está legalmente constituida desde 3 de enero de 2020, su visión es: “Para el 2025 ser los mejores en la transformación de botellas de vidrio recicladas para darles su segundo uso.” (TwoGlass, 2021), su misión; “Dar la segunda oportunidad a las botellas de vidrio por medio de la transformación creativa, para promover conciencia ambiental a través de la experiencia en la reutilización del vidrio” (TwoGlass, 2021) y sus valores “A la vanguardia ambiental, apasionados con la reutilización del vidrio, compartir conciencia para cuidar el planeta, creemos en las segundas oportunidades de calidad, familiarmente eco-amigable, responsables con lo que usamos y reutilizamos.” (TwoGlass, 2021).

Esta empresa se alinea con los principios y valores institucionales de la Universidad EAN, así como con los lineamientos del equipo investigador, ayudando a realizar un adecuado uso

de los recursos y promoviendo el reciclaje y reutilización de los elementos. TwoGlass cuenta con productos como: vasos, bandejas, velas y terrarios. En el proceso de transformación de las botellas de vidrio en objetos decorativos, se implementan procesos artesanales de lavado, corte, pulido, personalización, empaque y entrega, así como la tercerización de pasos dentro de la cadena productiva, como por ejemplo el lavado, en el cual se involucra al personal de gestores ambientales de la ciudad de Cali, a los cuales se les compra la materia primas (botellas de vidrio) lavadas sin ningún tipo de desecho solido o liquido en su interior y sin etiquetas. Por su parte el equipo de TwoGlass pasa las botellas por un proceso de segundo lavado con jabón, cloro, abundante agua y secado al sol para garantizar las condiciones de higiene.

Paso seguido el equipo de trabajo procede a hacer los cortes de las botellas acuerdo el pedido que tenga la empresa, específicamente en el caso de pedidos de vasos para cantidades entre 1 a 20 entregas se hace de forma manual, para pedidos macro, de restaurantes o cafeterías con demanda de más de 50 vasos se utilizan las máquinas de corte y pulido que la empresa mando a hacer como una réplica adaptada de unas máquinas encontradas en internet.

METODOLOGÍA

Primer nivel

Enfoque, alcance y diseño de la investigación

El enfoque de investigación para la “Optimización del Proceso de Corte y Pulido de Twoglass, Adaptando un Dispositivo para la Recirculación del Agua” es de enfoque cuantitativo considerando que es un proceso constituido, estableciendo y ejecutado de acuerdo con un plan (Sampier & Torres, 2018). El alcance de la investigación es exploratorio, considerando que el problema a solucionar no ha sido documentado en artículos, tesis o diferentes publicaciones académicas o científicas que respalden el proceso de corte y pulido de botellas de vidrio, el cual se quiere profundizar con esta investigación. Por último, el diseño de la investigación es No experimental transversal, teniendo en cuenta que la recolección de información se realizara en un momento determinado cuyo propósito es evaluar una situación en la empresa TwoGlass.

Definición de Variables:

En la Tabla 1 se presentan las variables definidas para la optimización del proceso de corte y pulido de Twoglass, adaptando un dispositivo para la recirculación del agua, así como su definición conceptual, operacional y correspondiente dimensión.

Tabla 1 Definición de variables para la Optimización del Proceso de Corte y Pulido de Twoglass, Adaptando un Dispositivo para la Recirculación del Agua

Ítem	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones
1	Consumo (l) de agua en el proceso de corte y pulido	El proceso de corte y pulido de botellas de vidrio requiere un flujo constante de agua, para garantizar la recolección de partículas, las condiciones de temperatura y lubricación para que el material no se quiebre. Se calcula teniendo en caudal de un grifo convencional y el tiempo empleado para el corte y pulido de una botella.	Se recolectarán los datos por medio de un cuestionario, donde se tratará la siguiente información: <ol style="list-style-type: none"> 1. Número de botella 2. Proceso 3. Tiempo del proceso (segundos) 4. Producto funcional 5. Producto dañado 	Proceso Producto
2	Partículas de vidrio en el agua (gr) en el proceso de corte y pulido sin filtrar	El proceso de corte y pulido de botellas de vidrio genera partículas de vidrio que son recuperadas por el flujo de agua evitando perjuicios en la salud de los colaboradores.	Se recolectarán los datos por medio de un cuestionario, donde se tratará la siguiente información: <ol style="list-style-type: none"> 1. Numero de botella 2. Volumen de agua recuperada (gramos) 	Proceso

Ítem	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones
3	Características físicas y mecánicas de los materiales para el dispositivo de recirculación y filtrado del agua en el proceso de corte y pulido	El proceso de corte y pulido de botellas de vidrio en la empresa Two Glass se desarrolla con dos máquinas ornamentales	Se recolectarán por medio de un cuestionario, donde se tratará la siguiente información: <ol style="list-style-type: none"> 1. Alto de la máquina de corte / pulido 2. Ancho de la máquina de corte / pulido 3. Largo de la máquina de corte/ pulido 4. Diámetro del disco de pulido 5. Material de la máquina de corte/ pulido 6. Potencia del motor eléctrico de la máquina de corte / pulido 7. Voltaje nominal del motor eléctrico de la máquina de corte / pulido 	Caracterización de las maquinas

Fuente: Elaboración Propia

Para la obtención de la información se diseñaron tres cuestionarios denominados así:

1. Instrumento de producto y proceso, el cual puede consultar en el anexo A y mediante el siguiente link:

https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=WbVvwGgbhEuhT0fQ2DelqycQ9u_J9FVKktF-RUc9IOFUMjdVR1cyNIBDTDBaOTVZWUREWTMxSTBPMS4u

2. Instrumento de partículas, el cual puede consultar en el anexo B y mediante el siguiente link:

https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=WbVvwGgbhEuhT0fQ2DelqycQ9u_J9FVKktF-RUc9IOFURTY4OUxQT0ZZVIRHVILQjJKV1NIRU1GQy4u

3. Instrumento de caracterización de máquinas, el cual puede consultar en el anexo C y mediante el siguiente link:

https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=WbVvwGgbhEuhT0fQ2DelqycQ9u_J9FVKktF-RUc9IOFURDVLWEdQMTA5Mk9MWTY0QkpQV1BZWjFBMC4u

Población y Muestra:

Para la investigación la población que va a generar los insumos de información son los operarios de las máquinas de corte y pulido de la empresa Two Glass, actualmente son 2 personas. Two Glass al ser un emprendimiento familiar no cuenta con empleados, la gerente de la empresa ejerce las funciones de operaria de una de las máquinas, bien sea la de corte o la de pulido, y su esposo, el encargado de mercadeo y publicidad, es el segundo operario.

En la actualidad la empresa Two Glass maneja stock de productos muy limitados y realiza su producción bajo demanda, de esta forma los operarios no cuentan con horarios de trabajo fijos y su disponibilidad de tiempo, al igual que sus productos, es acuerdo a los pedidos. Para desarrollar sus labores como operarios utilizan los elementos de protección personal adecuados para manejo de vidrio, incluyendo tapabocas, gafas y careta para evitar el contacto con las partículas de vidrio volátiles y pechera de plástico con el fin de reducir el agua que cae al cuerpo por salpicadura de los procesos de corte y pulido.

Por otro lado, y considerando lo anteriormente expuesto, se establece que la muestra para esta investigación es una muestra censal, lo que se considera, según Chávez (2007, pág. 205) como: “la muestra censal es aquella porción que representa toda la población”.

Segundo nivel

Selección de métodos o instrumentos para recolección de información

El trabajo de investigación postulado propone un proceso de recolección de datos para contrastar los conceptos previamente mencionados con la práctica del corte y pulido de botellas de vidrio. Para la investigación la fuente principal del cuál se obtendrán los datos será a través de tres cuestionarios de registros del ejercicio experimental con las variables de 1) consumo de agua en el tiempo, 2) la presencia de partículas de vidrio en el agua y 3) las características físicas y mecánicas de los materiales del dispositivo de recirculación.

El diseño experimental para esta investigación se basa tal como lo expresan los autores Hernández, Fernández y Baptista con diversos ejercicios que “manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control” (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2014).

Los cuestionarios de registro de información propuestos para la investigación permiten recolectar el comportamiento del corte y pulido de las botellas de vidrio y de esta manera identificar cuál es la mejor versión del sistema de recirculación para el cumplimiento de los objetivos. Los instrumentos fueron validados por dos expertos, los cuales recomendaron unos cambios en cuanto a la redacción de los objetivos específicos, mediante reunión y concertación con el equipo de trabajo se adoptaron algunos cambios y se procede a aplicar los instrumentos.

La evidencia de la validación se encuentra en el anexo D.

Técnicas de análisis de datos

Para las técnicas de análisis en la empresa intervenida se observó que la implementación de 3 instrumentos de recolección de información (cuestionarios) es vital para la obtención de datos que guíen al equipo investigador sobre la situación actual de la compañía y las posibles inferencias que se puedan obtener para mejorar los procesos de recirculación de agua.

De acuerdo con las variables a analizar para los instrumentos de *Proceso-Producto* y *Partículas* empleados para los operarios de la empresa TwoGlass, se determinó que:

Las técnicas de estadística descriptiva son las adecuadas para el análisis requerido por los investigadores, ya que se tienen datos históricos que permiten describir y analizar el rendimiento de un grupo de datos sin extraer conclusiones sobre la población a la que pertenecen por medio de variables estadísticas que dan hincapié a la descripción de cada individuo de la población.

A su vez, se concluyó que la implementación de la distribución por frecuencias permite organizar y representar la información recolectada, por medio de gráficos e histogramas dando la oportunidad de realizar un análisis más profundo, de fácil entendimiento y explicación.

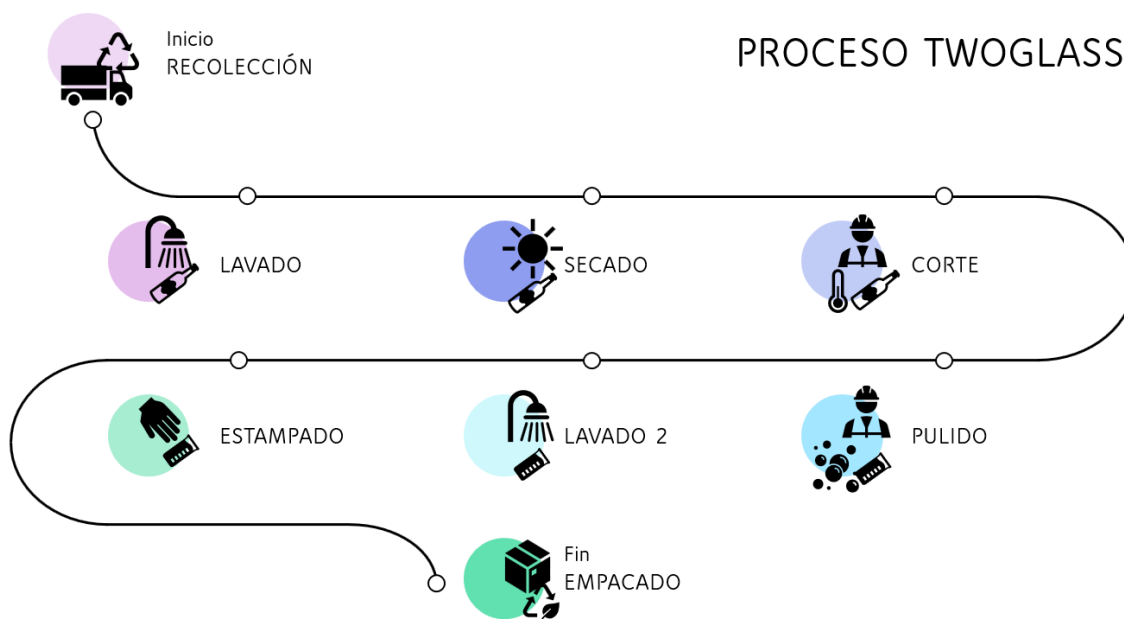
Mientras que, para el instrumento de *Caracterización de máquinas*, es necesaria la aplicación e interpretación de la estadística inferencial, ya que es necesario deducir los mejores materiales para el diseño del dispositivo de recirculación de agua teniendo en cuenta los datos obtenidos en la recolección de información.

Análisis y discusión de los resultados

Dimensión producto y proceso:

Para la creación de los productos de TwoGlass, se han diseñado diferentes procesos empíricos que con el tiempo y la experiencia han ido mejorando, estos procesos incluyen desde la recolección de la materia prima en sus diferentes presentaciones como lo son las botellas de cerveza, vino entre otras, hasta la entrega final de sus productos, a continuación, se presenta un diagrama del proceso general de la empresa, el cual esta descrito por la empresa en su página web:

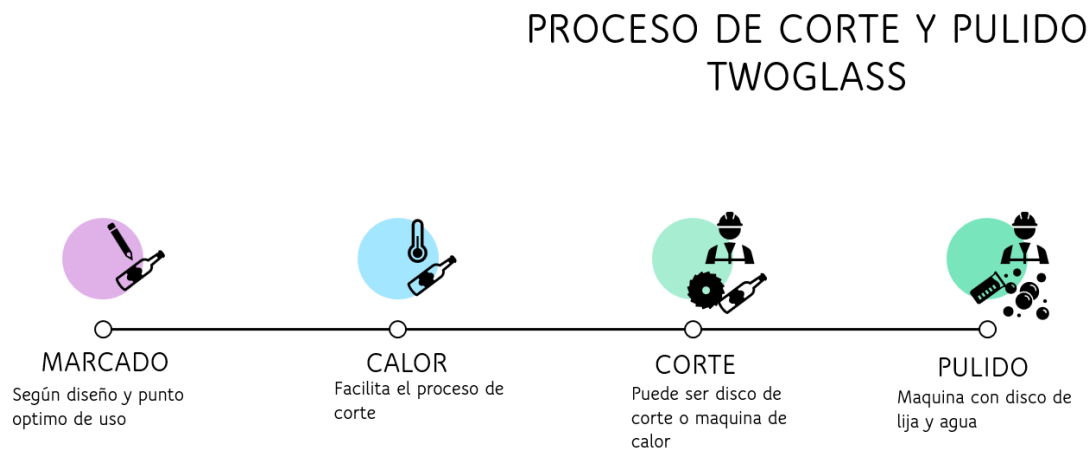
Figura 8 Proceso general TwoGlass



Fuente: Creación del equipo trabajo.

El proceso que se busca optimizar es el de corte y pulido, el cual fue constituido de manera empírica, por lo que se analizó en profundidad con el apoyo del instrumento de recolección de información y la entrevista con la gerencia donde describe la actividad con mayor detalle, esto permitió caracterizar y visualizar cada etapa de este para su comprensión y adaptación a la solución propuesta.

Figura 9 Proceso corte y pulido TwoGlass



Fuente: Creación del equipo trabajo.

En la caracterización se puede identificar que actualmente el proceso de corte y pulido de botellas de vidrio de la empresas TwoGlass, necesita tener el grifo abierto, en el proceso de corte principalmente cuando lo hacen con disco de corte, este permite mayor productividad para grandes lotes y aumenta su eficiencia por lo que lo usan en el 99% de la operación (Alejo, Entrevista proceso corte y pulido TwoGlass, 2021), en pulido usan el agua para evitar el levantamiento de partículas y contralar la temperatura de las botellas evitando que estas se puedan quebrar o fracturar, actualmente el agua se desecha detonando la gran importancia del proyecto para el cuidado de este insumo elemental, el agua solo un poco es recolectada para el proceso de separación de partículas pero que posteriormente va a ser desechada.

El estudio permite identificar un alto porcentaje en la eficiencia del proceso dado que del lote de 50 botellas presentadas en el instrumento, solo se quebraron 5, es decir el 90% de las botellas procesadas se convirtieron en vasos de forma satisfactoria, la causa identificada por la que las botellas se quebraron fue exceso de presión por el operario con el disco de corte o pulido, siendo esta causas algo que se puede controlar con la experticia del operador en el proceso y que según la entrevista la falta de agua en el proceso generaría al menos un 50% de rupturas por el aumento de calor y la falta del control que esta genera.

Como se dijo anteriormente el 90% del proceso es eficiente es decir que de las 8.352 botellas recuperadas por la empresa hasta la actualidad (Artesanos por el planeta TwoGlass, 2021)7516,8 botellas se trasformaron en vaso de forma satisfactoria

Por otro lado, según los resultados obtenidos del instrumento de recolección de información el grifo no se cierra a menos que se vaya a cambiar el disco de pulido de la máquina de pulido por lo que se puede afirmar que el tiempo promedio de corte y pulido de botellas de cerveza es de 181 segundos con el grifo abierto de forma constante.

Tabla 2 Duración del Proceso de corte y pulido

Proceso	Tiempo	Fuente
Corte	60 segundos	Instrumento Proceso y Producto
Pulido	Más de 91 segundos	Instrumento Proceso y Producto
TOTAL≈	181 segundos	

Fuente: elaboración propia

El estudio realizado presenta los tiempos para un lote de 50 botellas de cerveza de las cuales se logra una estimación de tiempo promedio por botella de 181 segundos. Para un análisis más extenso por medio del método de regla simple de tres, se estima el tiempo para otros tipos de botellas con la variable de tamaño del diámetro según tipo, por lo que se toma el diámetro estándar de diferentes botellas y se proyecta la duración para cada una, esto permite identificar el tiempo promedio que se tiene flujo de agua directo para diferentes productos que la empresa también produce.

Tabla 3 Estimación de tiempo del proceso de corte y pulido en diferentes presentaciones

Botella	Diámetro (cm)	Tiempo (Seg)	Fuente
Cerveza 330 ml	20	181	Instrumento Proceso y Producto
Vino 750ml	30	271.5	Análisis equipo de trabajo
Ron 750ml	30	271.5	Análisis equipo de trabajo

Fuente: elaboración propia

Luego de determinar los tiempos en los que se tiene un flujo de agua constante con el suministro de agua abierto, se puede analizar el consumo promedio de agua y sus costos, el

consumo de agua para el proceso de corte y pulido es de aproximadamente ≈ 36 litros por botella, como se puede identificar en la siguiente formula, donde se tiene en cuenta el caudal de agua en litros por segundo y su despeje con el tiempo estimado del proceso:

$$0.2 \frac{l}{s} = \frac{volumen}{181 s} \rightarrow volumen = 0.2 \frac{l}{s} * 181s$$
$$volumen \approx 36 l$$

Lo que permite identificar que para el lote en estudio de 50 botellas de cerveza el consumo de agua es de 1800 litros y en proporción para un mismo lote otro tipo de botellas con un mayor grosor podría llegar consumir hasta 2715 litros de agua pura a ser desechada, lo que soporta la necesidad de la empresa de optimizar sus procesos e implementar alternativas como la que propone este documento, para la recircular el agua o aprovecharla de mejor manera el recurso hídrico.

Profundizando en el análisis se calculan los costos del agua en la zona donde está ubicada la empresa, que es la ciudad de Cali en un estrato 3 donde se le asigna una tarifa \$2347 pesos por metro cubico de agua, (EMCALI, 2021) estimando un costo de agua para un lote de 50 botellas entre \$4248 pesos y \$6372 según el tamaño de las botellas, de igual forma se tienen costos de alcantarillado que para esta misma cantidad de agua desechada tendría un valor de entre \$ 4736 y \$ 7105, de igual forma se deben asociar los costos de tarifa de cargo fijo para un costos total entre \$19587 y\$ 24080 para un lote de 50 botellas, con la optimización del proceso daría una mejora a las finanzas de la empresa para lotes de mayor tamaño.

El instrumento también permitió inferir que el corte de las botellas con la máquina se realiza solo a cortes transversales, de acuerdo con la información de los operarios de forma verbal mediante entrevista de proceso y producto, los demás cortes con la maquina implican una dificultad mayor con aumento de probabilidad de dañar la botella por lo que esos cortes se realizan de forma manual. De igual forma la generación de partículas contaminantes se da en este proceso y se debe hacer su respectivo análisis para medir su control y manejo

Dimensión partículas:

Actualmente el proceso de partículas de vidrio en el agua durante el proceso de corte y pulido de la empresa TwoGlass no es controlado, no se tiene un proceso establecido dentro de la línea de producción para recolectar dichas partículas, en gran parte porque implica mucho tiempo y no genera ningún aporte de valor a la marca o al producto, ya que el sedimento de partículas, al no ser un proceso continuo, no genera cantidades significativas que se puedan comercializarse o que impliquen un aporte de valor a la marca. Actualmente el proceso de recolección de partículas de vidrio es aleatorio y se realiza de forma ornamental (Alejo, Aporte proceso de separacion de Particulas de vidrio en el agua, 2021)

El proceso actualmente inicia con la colocación de un valde de aproximadamente 5 litros en la salida de la bandeja inclinada que tiene las máquinas, para desviar el agua del motor eléctrico, se comienza el proceso de corte o pulido y cuando se tiene el valde lleno de agua residual, se interrumpe el proceso de corte o pulido, se cierra el grifo de agua, se espera unos minutos que decante el agua, se desecha la mayoría de agua, mucha con partículas aun en ella, y se deja el agua más contaminada, se retoma el proceso de corte o pulido y se repite el proceso hasta terminar el lote de botellas a cortar, en el caso documentado mediante el Instrumento Partículas, el lote fue de 25 botellas de cerveza, 24 en el proceso de corte y 26 en el proceso de pulido (Alejo, Aporte proceso de separacion de Particulas de vidrio en el agua, 2021).

De acuerdo con la información suministrada por el Instrumento Partículas, el volumen de agua recolectado es de 1 a 5 litros, considerando el tiempo de corte y pulido del Instrumento de Producto y Proceso que es más o menos de 3 minutos, es decir 181 segundos, y con un caudal promedio de un grifo convencional de 0.2 l/s, el consumo real (teórico) de los dos procesos es de:

$$0.2 \frac{l}{s} = \frac{volumen}{181 s} \rightarrow volumen = 0.2 \frac{l}{s} * 181s$$

$$volumen \approx 36 l$$

Es decir que solo el 13.88% del agua es recolectada en el proceso ornamental de recolección de partículas de vidrio actual, por lo tanto, la probabilidad de que haya dichas partículas en el agua desechada y no recogida en este proceso es elevada.

Por otro lado, mediante el “Instrumento de Partículas” se pudo estimar la duración del proceso de recolección de partículas de vidrio del agua residual así:

Tabla 4 Duración del Proceso de Recolección de Partículas de vidrio

Proceso	Tiempo	Fuente
Corte	60 segundos	Instrumento de Producto y Proceso
Pulido	Mas de 91 segundos	Instrumento de Producto y Proceso
Sedimentación	86.400 segundos	Instrumento de Partículas
Secado	86.400 segundos	Instrumento de Partículas
TOTAL	172.981 segundos	Instrumento de Partículas
TOTAL	48,05 horas	

Fuente: elaboración propia

Si la empresa TwoGlass implementara un dispositivo de recirculación de agua con procesos de filtrado, podría realizar la recolección de todas las partículas de vidrio presenten en el agua producto del proceso de corte y pulido y reduciría el tiempo, al quitar del proceso la fase de sedimentación, así como los tiempos muertos no calculados de colocar el valde, suspender el proceso de corte o pulido para ir desechando agua al rebosarse el valde; esta reducción sería de más de 24 horas es decir más del 49.95% del tiempo del proceso.

En la siguiente figura se podrá observar el proceso ornamental de separación de partículas de vidrio del agua residual del proceso de corte y pulido de la empresa TwoGlass actual, así mismo la proyección de mejora del proceso al implementar un dispositivo de recirculación y filtración de agua.

Figura 10 Proceso de separación de partículas de vidrio del agua residual en el proceso de corte y pulido de la empresa TwoGlass



Fuente: www.twoglass.co

Figura 11 Proyección Proceso de separación de partículas de vidrio del agua residual en el proceso de corte y pulido de la empresa TwoGlass



Fuente: adaptación del equipo de trabajo

Teniendo en cuenta que la empresa TwoGlass le facilito al equipo de trabajo, las partículas recolectadas de un lote de 25 botellas cortadas y pulidas, el equipo investigador logro pesar las partículas de vidrio obteniendo un gramaje aproximado de 4 g

Figura 8 Peso del recipiente de las partículas



Fuente: Captura tomada por el equipo trabajo.

Figura 9 Peso de las partículas con recipiente



Fuente: Captura tomada por el equipo trabajo.

Es importante aclarar que las partículas recolectadas bajo este proceso ornamental no corresponden al gramaje de las partículas realmente presente en el agua del proceso de corte y pulido de TwoGlass, considerando los factores de desperdicio y falta de eficiencia en el proceso actual.

Aplicando una regla de tres al proceso actual y considerando que el gramaje de 4 g corresponde a solo el 13,88% del agua implementada en el corte y pulido, se tiene una aproximación de partículas de vidrio de:

$$\text{Gramaje real} = \frac{4 \text{ g} * 100\%}{13.88\%}$$
$$\text{Gramaje real} = 28.81 \text{ g}$$

De forma teórica se puede afirmar que el gramaje de partículas de vidrio presente en el proceso de corte y pulido de botellas de la empresa TwoGlass en un lote de 25 botellas de cerveza es de 28.81 gramos. Es decir que para las 8.352 botellas recuperadas hasta el momento por la empresa (3.18 toneladas de botellas) (Artesanos por el planeta TwoGlass, 2021), tendría 9.624,84 gramos de partículas de vidrio recuperadas y 300.672 litros de agua libre de partículas de vidrio que podrían haber sido utilizados en procesos de riego de jardines, agua para sanitarios, lavado de fachadas, etc., para todo proceso que no implique el consumo del agua por un ser vivo, considerando la posibilidad de presencia de diminutas partículas de agua que no hayan sido captadas por el proceso de filtrado del dispositivo.

Dimensión Maquinas:

Posterior a la implementación del instrumento de caracterización de máquinas, se logró identificar la composición y medidas de las maquinas actuales usadas en el proceso de corte y pulido, donde sus principales componentes son dados por una estructura física en metal acero, con un motor de 1 caballo de fuerza y 110 voltios en el voltaje nominal de los motores.

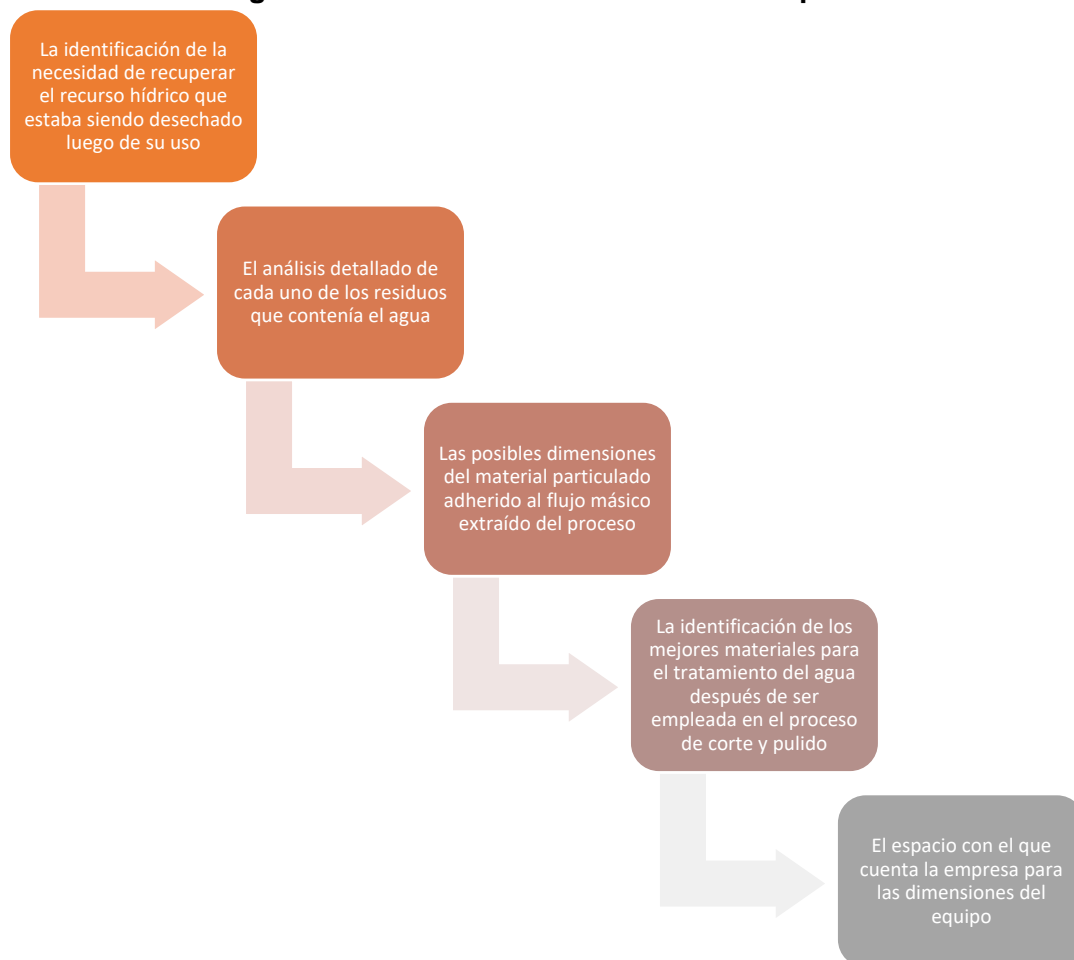
De igual forma se suministraron las medidas para cada máquina, lo que permitió al equipo de trabajo generar una propuesta de diseño para el dispositivo de recirculación en la que se

tienen en cuenta las maquinas actuales evitando un cambio de estas por la implementación del dispositivo.

A continuación, se presentarán los materiales y el diseño del dispositivo de recolección de agua para la empresa Twoo-Glass, el cual está especializado para la recepción y recirculación del recurso hídrico que ha sido empleado en las actividades de corte y pulido de botellas para la elaboración de nuevos productos.

Para ello, es importante identificar como se presentó el surgimiento de las ideas para la elaboración de las partes y el diseño por completo del equipo los cuales fueron.

Figura 10 Proceso de ideación diseño dispositivo



Fuente: Elaboración propia.

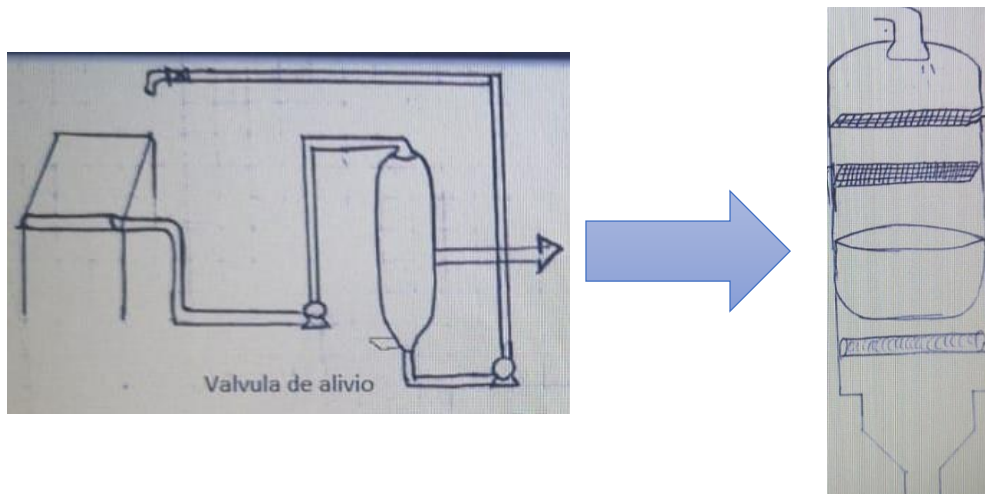
Teniendo en cuenta los parámetros establecidos anteriormente, se puede observar que para la determinación de los materiales y la diagramación del diseño del equipo buscan ofrecer una solución efectiva y de calidad al desperdicio del recurso hídrico.

En primer lugar, se planteó un bosquejo de la estructura del equipo teniendo en cuenta los espacios de trabajo empleados por la empresa, se identificó cuáles eran los puntos clave y de desahogue luego del proceso, se identificaron cuáles serían los insumos necesarios para el dispositivo, encontrando los siguientes:

- Ductos/ canaletas para el direccionamiento del agua
- Bombas hidráulicas para la generación de la recirculación del agua
- Tanque de almacenamiento
- Cuatro filtros de diferentes tamices

Luego de ello se planteó la primera propuesta de diseño teniendo en cuenta los insumos mencionados anteriormente como se puede ver en la siguiente imagen.

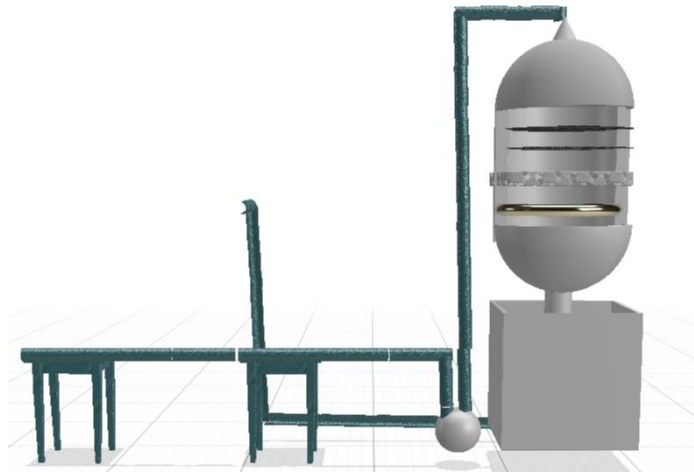
Figura 11 Boceto a mano alzada



Fuente: Elaboración propia.

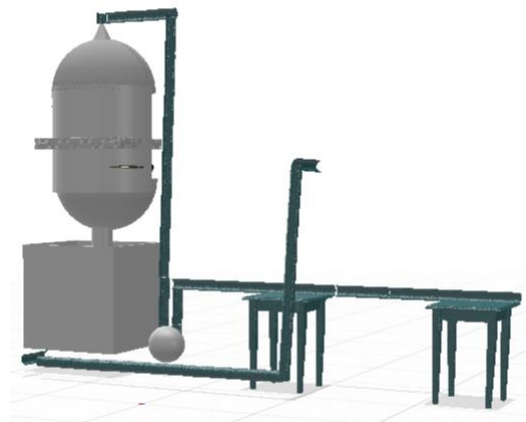
Seguido del bosquejo, el equipo investigador utilizó el software “*adobe dimensión*” para la ejecución del prototipado, con los materiales especializados en cada una de las partes del diseño, como se puede observar:

Figura 12 Vista frontal estructura del dispositivo de recolección de agua.



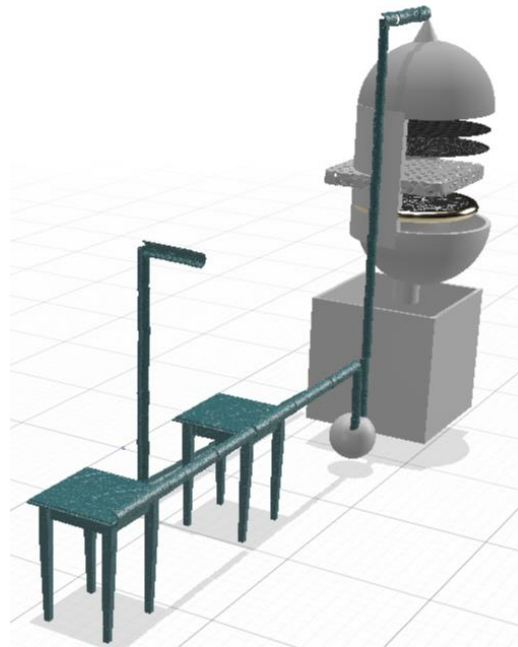
Fuente: Elaboración propia

Figura 13 Vista trasera estructura del dispositivo de recolección de agua.



Fuente: Elaboración propia

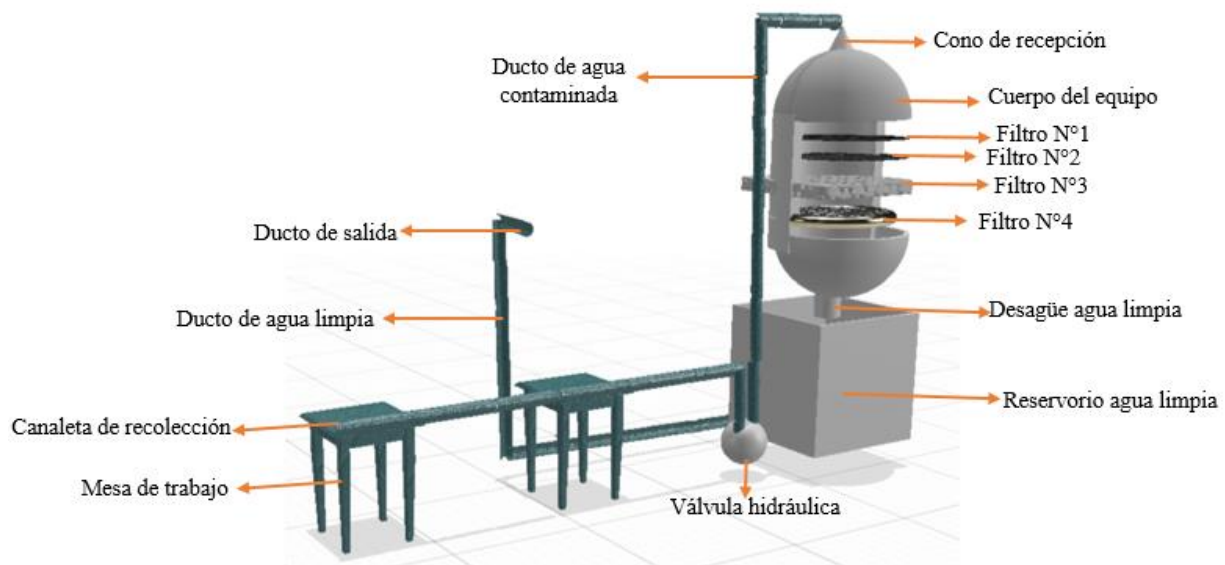
Figura 14 Vista diagonal superior estructura del dispositivo de recolección de agua.



Fuente: Elaboración propia

Frente al diseño del equipo se determinó que este está conformado por las siguientes partes:


Figura 15. Composición de equipo.



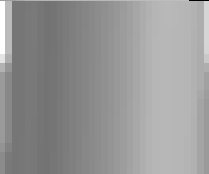


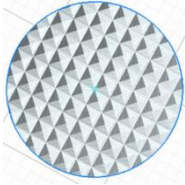

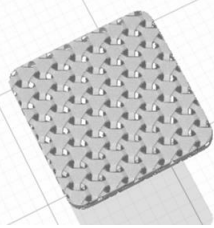

Fuente: Elaboración propia

Finalmente y teniendo en cuenta la sostenibilidad del equipo y preservando el cuidado del medio ambiente, el equipo investigador requiere implementar materiales que no generen un impacto negativo para su elaboración, a continuación se presentan los componentes principales del dispositivo y su finalidad.

Tabla 5 Materias y composición del diseño

Parte del equipo	Imagen	Material/Descripción
Ductos de agua		<p>Material de PVC Se estableció este cloruro de polivinilo ya que es conocido en la industria y de fácil acceso para la elaboración e implementación dada las siguientes características</p> <p>Resistencia y flexibilidad: ya que las tuberías en este material se convierten en productos altamente flexibles. Además, de ello son resistentes, soportando el flujo másico con el que viaja el agua a través de estos.</p> <p>Material reciclable. Este material permite su uso ininidad de veces, evitando realizar cambios a través del tiempo</p> <p>De bajo mantenimiento y coste. Este polímero al ser uno de los plásticos más ligeros, su manutención es sencilla y de bajos costos.</p>

Parte del equipo	Imagen	Material/Descripción
Bomba Hidráulica		<p>Bomba en acero inoxidable/ hierro dúctil con características de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Facilidad del montaje • Diseño modular • Facilidad de intercambiar piezas • Manejo de una amplia gama de líquidos
Cuerpo del dispositivo		<p>La elaboración del prototipo de recirculación de agua debe ser en acero inoxidable dadas las características que este material poseen como lo son:</p> <p>Resistencia a la corrosión: teniendo en cuenta que es un equipo el cual trabajará con agua</p> <p>Resistencia a temperaturas: Teniendo en cuenta la ubicación de la planta, es importante tener en cuenta que el material seleccionado no se vea afectado por la temperatura del ambiente.</p>
Cono		<p>Menor inversión en mantenimiento: El acero inoxidable es uno de los materiales que menor costo representa frente a su mantenimiento</p>
Desagüe		<p>También lo acompañan particularidades como: durabilidad, dureza, ductilidad, tenacidad, sostenibilidad, higiénico, estético</p>

Parte del equipo	Imagen	Material/Descripción
Filtro N°1		<p>Filtros en Acero inoxidable</p> <p>Este material aporta la eficiencia del tamizaje ya que su dureza garantiza que el material no sufra alteraciones en su forma y garantiza la estabilidad para la obtención de un filtrado adecuado.</p>
Filtro N°2		
Filtro N°3		<p>Filtro de bolsa Microfibra</p> <p>Este material de segunda generación tiene una eficiencia del 99%, cuenta con un diseño híbrido lo cual permite combinar características de cartucho y bolsas regulares</p> <p>Este tipo de material cuenta con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fácil adaptación e instalación • Resistente a temperaturas esperadas de trabajo, sin perder su condición de micraje • No contiene bordes, lo que permite una mayor calidad en la separación • Profundidad adecuada para que su cambio no sea tan frecuente
Filtro N°4		<p>Filtro de Carbón activado</p> <p>Este material al ser poroso cuenta con una capacidad de adsorción elevada y se utilizan para la limpieza y purificación del recurso hídrico en el proceso de corte y pulido de las botellas.</p>

Fuente: Elaboración propia con referencias de (Retsch GMBH, 2021), (Universidad Nacional de Costa Rica , 2017), (RUHRPUMPEN, 2020) y (El blog de Materials World, 2021)

Ventajas que tiene la optimización del proceso de corte y pulido de vidrio de TwoGlass en relación con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), fueron acogidos por los Estados Miembros de las Naciones Unidas en 2015, relacionados con desafíos ambientales, políticos y económicos que enfrenta nuestro mundo y que incluyen desde la eliminación de la pobreza, hasta combatir el cambio climático, promover la educación, la igualdad de la mujer, la defensa por el medio ambiente o el diseño de nuestras ciudades para el 2030 (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2021).

En la siguiente tabla se presentan las ventajas identificadas derivadas de la optimización del proceso de corte y pulido de vidrio de TwoGlass en relación con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

Tabla 6 Ventajas de la optimización del proceso de corte y pulido de vidrio de TwoGlass en relación con los ODS

Objetivo de Desarrollo Sostenible	Ventajas identificadas
Objetivo 8: Trabajo decente y crecimiento económico	Con la implementación del dispositivo de recirculación de agua con procesos de filtrado, se podría realizar la recolección de todas las partículas de vidrio producto de los procesos de corte y pulido de una manera segura y sostenible y evitar que las mismas queden en el aire y puedan generar algún riesgo para la salud de las personas que manipulan las máquinas. De esta manera se están tomando medidas para la protección de los empleados y a la vez fomentando la productividad laboral, así como el crecimiento económico.
Objetivo 9: Industria, Innovación e Infraestructura	A través de la optimización del proceso de corte y pulido con el uso del dispositivo de recirculación de

Objetivo de Desarrollo Sostenible	Ventajas identificadas
	agua con procesos de filtrado, se está fomentando la aplicabilidad del conocimiento e innovación a favor del emprendimiento TwoGlass y también fomentando que sus procesos sean sostenibles.
Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles	La optimización del proceso de corte y pulido de vidrio de TwoGlass contribuye a la construcción de espacios urbanos y empresas sostenibles y apoya al desarrollo sostenible de las mismas.
Objetivo 12: Producción y consumo responsable	Con la adaptación del dispositivo de recirculación de agua con procesos de filtrado, se logra optimización del proceso de corte y pulido de vidrio de TwoGlass y de esta manera modificar su proceso productivo, reduciendo de esta manera su huella ecológica en cuanto ahorro del recurso hídrico y también aprovechamiento de residuos sólidos, lo que significa que la empresa está dando prioridad a su desarrollo sostenible.
Objetivo 13: Acción por el clima	Con la optimización del proceso de corte y pulido de vidrio de TwoGlass se está promoviendo mecanismos para aumentar la capacidad de producción y a la vez gestión eficaces en relación con el cambio climático.
Objetivo 14: Vida submarina	Con la adaptación del dispositivo de recirculación de agua con procesos de filtrado, se logra optimización del proceso de corte y pulido de vidrio de TwoGlass y con esto no solo se está evitando la contaminación del recurso hídrico sino también procurando su ahorro en el proceso productivo de esta empresa.

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

En conclusión, la implementación del dispositivo diseñado por el equipo de investigación para la recirculación y filtrado de agua en el proceso de corte y pulido de la empresa Two Glass representa una oportunidad significativa en la optimización de la calidad del agua ya que retira de la misma un porcentaje importante de partículas de vidrio que con un sistema más ornamental y sencillo no se podría lograr. También representa la oportunidad de un ahorro importante de agua al permitir limpiarla y recircularla para ser aprovechada para el corte y pulido de otros lotes de botellas.

El estudio permitió identificar para un lote de 50 botellas, que el consumo de agua aproximado es de 1800 litros, los cuales son desechados y vertidos al desagüe de manera inmediata. El dispositivo, entonces, permitiría recircular gran parte de esta agua lo que representaría menor consumo y un ahorro en el pago del servicio para la empresa y también un menor impacto ambiental.

Como se evidenció en la investigación, el sistema de recolección de agua y sedimentación ornamental recoge una porción pequeña del total de desechos de vidrio lo que genera que muchas de estas partículas sigan en el agua y sean desechadas de esta manera. La propuesta del dispositivo permitirá filtrar una mayor cantidad de partículas de vidrio lo que generará dos efectos positivos; por un lado, el agua podrá ser reutilizada y adicionalmente, una vez se deseché, no contaminará en una alta medida los cuerpos de agua donde será vertida.

Frente a los materiales óptimos para la construcción y adecuación del dispositivo se evidencia que la estructura podría ser una combinación entre ductos de agua en PVC y acero inoxidable. Los filtros, así mismo, serán de materiales diversos dentro de los cuales se contempla acero inoxidable, microfibra y carbón activado. Los materiales anteriormente mencionados comparten cualidades físicas que los vuelven óptimos para operar en el sistema de corte y pulido, como lo son: resistencia, durabilidad, resistencia al calor, absorción y resistencia a la corrosión.

Finalmente, el diseño del dispositivo no solo contribuye a la optimización, calidad y ahorro del agua utilizada en el proceso de corte y pulido de la empresa Two Glass, sino que

contribuye a avanzar en la producción de conocimiento de cara a seis Objetivos de Desarrollo Sostenible: Objetivo 8- Trabajo decente y crecimiento económico al ser un emprendimiento. Objetivo 9 – Industria, innovación e infraestructura y proponer un diseño funcional para optimizar un proceso. Objetivo 11- Ciudades y comunidades sostenibles al ser un emprendimiento cuya base es la reutilización de botellas de vidrio y adicionalmente con la posibilidad de disminuir su consumo de agua y la contaminación de la misma. Objetivo 12- Producción y consumo responsable procurando minimizar su impacto consumiendo de manera de manera racional el recurso del agua. Objetivo 13 – Acción por el clima al ser una iniciativa que tiene un impacto directo en el medio ambiente. Objetivo 14 – Vida submarina al cuidar el recurso vital del agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, L. F. (2020). *Escalamiento a nivel semi-industrial del proceso de adecuación del tamaño de partícula de residuos de corte de vidrio para el esmaltado y decoración de baldosas cerámicas*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Alejo, A. (08 de Noviembre de 2021). Aporte proceso de separacion de Particulas de vidrio en el agua. (W. Cuadros, Entrevistador) Cali, Cali, Colombia.
- Alejo, A. (2021). Entrevista proceso corte y pulido TwoGlass. (W. M. Pineda, Entrevistador)
- Alizo, N. C. (2007). Introducción a la investigación educativa. En N. C. Alizo, *Introducción a la investigación educativa* (pág. 205). Maracaibo: Gráfica González.
- Antopolos, S. (2004). *Vitrofundición utilitarios y accesorios, el arte de trabajar el vidrio*. Albatros Ediciones.
- Arce, M. C., De la Rocha, A., Morales, J., Gutiérrez, E., Trejo, A., & Vázquez, E. (2020). *Ecovitral: Reciclado de vidrio*. Yucatán: Gestión Medioambiental y Energética INDUSTRIAMBIENTE.
- Artesanos por el planeta TwoGlass. (12 de Noviembre de 2021). *TwoGlass, blog botellas recuperadas*. Obtenido de <https://www.twoglass.co/blog/cual-ha-sido-el-impacto-al-reciclar-botellas-de-vidrio/>
- ATSDR. (Septiembre de 2004). *Resumen de Salud Pública: Fibras Vítreas Sintéticas*. ATSDR - Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Obtenido de Resúmenes de Salud Pública - Fibras vítreas sintéticas .
- Carrasco, T. (2017). El reciclaje de vidrio y su impacto en la conservación del medio ambiente. *Explorador digital*, 22-31.
- Castañón, J. F. (2020). El impacto económico y social de la gestión productiva en las empresas relacionadas al reciclaje de botellas de vidrio: una revisión sistemática de la literatura en Latinoamérica de los últimos diez años. *Repositorio de la Universidad Privada del Norte*.
- Castro, C. O. (2009). *Botellas de vidrio: bases para un catálogo arqueológico de Colombia*. Bogotá D.C.: Ediciones Uniandes.
- Cevallos, D. F. (2015). *El reciclaje de vidrio como generador de nuevas propuestas de arte utilitario*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Chavez, N. (2007). Instrucción a la investigación educativa. En N. C. Alizo, *Introducción a la investigación educativa* (pág. 205). Maracaibo: Gráfica González.
- Corporación Financiera Internacional. (2007). Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la fabricación de vidrio. *Grupo del Banco Mundial*, 1-20.
- DANE. (31 de Enero de 2012). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de Todas las Actividades Económicas*. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/nomenclaturas/CIU_Rev4ac.pdf
- Domingo, A. M. (4 de Junio de 2016). *Apuntes de mecánica de fluidos*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/148682177.pdf>
- El blog de Materials World. (11 de junio de 2021). *Tubos PVC: usos, características, y aplicaciones* . Obtenido de Especial cañería plásticas: <https://www.mwmaterialsworld.com/blog/tubos-de-pvc-usos-caracteristicas-y-aplicaciones/>
- EMCALI. (12 de 11 de 2021). *Tarifas año 2021*. Obtenido de <https://www.emcali.com.co/web/acueducto/tarifas>
- Faraldo, P., & Pateiro, B. (2013). *Estadística y metodología de la investigación*. España: Universidade de Santiago de Compostela.

- Fellipi de Lima, L., E.m Zorzi, J., & Cruz, R. C. (11 de Agosto de 2020). Basaltic glass-ceramic: A short review. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*.
- Gutiérrez, M. (2015). *Cristalería a base de botellas de vidrio recicladas. (Tesis de pregrado)*. Obtenido de Repositorio institucional Universidad Central del Ecuador.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metología de la Investigación "sexta edición"*. México DF: McGrawHill.
- Hoyos, D. M., & Yepes, J. G. (2019). *Diseño de un sistema de control automático para una planta de tratamiento de aguas residuales, aplicado a una Industria de templado y laminado de vidrio*. Medellín: INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO.
- Juan Luis, G., & Golria, c. (2014). *Fundamento de mecánica de fluidos*. San Vicente (Alicante): Club universitario .
- Kemmerer, F. O., & Ruibal, A. (2016). *Análisis y Mejora de Procesos en Planta Industrial de vidrio*. Córdoba: Universidad Católica de Córdoba.
- Manzano Gómez, D. (2018). *Aprovechamiento del vidrio en relación a la filosofía Up cycling*. Pereira: Universidad Católica de Pereira.
- Marín, D. F. (2015). *El reciclaje de vidrio como generador de nuevas propuestas de arte utilitario*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Marulanda, S. (2017). *VIDRIO EN COLOMBIA*. Bogotá D.C.: Legiscomex.
- Ministerio de Ambiente. (Diciembre de 2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico.
- Ministerio de Ambiente. (Marzo de 2015). Colombia celebra Día Mundial del Reciclaje.
- Moreira, V. S., & Gómez, A. R. (2019). *Diseño de línea de corte, pulido e impresión de botellas de vidrio*. Guayaquil: Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Retsch GMBH. (2021). *WOVEN WIRE MESH*. Obtenido de SIEVES - OTHER SIZES: <https://www.retsch.es/es/productos/tamizado/tamices-analiticos/mesh-sieves-other-sizes/funcionamiento-caracteristicas/>
- Roldán, C. H. (2015). Análisis del movimiento de una herramienta de pulido. *Research Gate*.
- RUHRPUMPEN. (2020). *Bombas Industriales para agua* . Obtenido de <https://www.ruhrpumpen.com/es/mercados/agua-y-aguas-residuales/bombas-para-el-sector-de-agua>
- Sampier, R. H., & Torres, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación. Las Rutas Cuantitativas, Cualitativas y Mixtas*. Ciudad de Mexico: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V.
- Tirapé, V. S., & Agila, A. R. (2019). *Diseño de línea de corte, pulido e impresión de botellas de vidrio recicladas*. Guayaquil: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.
- TwoGlass. (25 de 08 de 2021). *TwoGlass*. Obtenido de <https://www.twoglass.co/>
- Universidad Nacional de Costa Rica . (2017). *Construcción de un filtro domestico de carbón activado posible* . Obtenido de https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14486/filtro_de_carbon_activado.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Para%20construir%20el%20filtro%20se,una%20de%20carb%C3%B3n%20activo%20posible.&text=Este%20material%20tiene%20como%20funci%C3%B3n,que%2
- Vergara Sepúlveda, H. (2018). *Propuesta de diseño y fabricación de máquina cortadora de botellas de vidrio para fabricación de lámparas*. . Concepción, Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.
- Water foot print. (2015). *Anexo 3. Análisis de Sostenibilidad de la Huella Hídrica de la ciudad de Cali*. Cali.

ANEXO A INSTRUMENTO PRODUCTO Y PROCESO

[Microsoft Forms](#)



Microsoft Forms

ANEXO B INSTRUMENTO PARTÍCULAS

[Microsoft Forms](#)



Microsoft Forms

ANEXO C INSTRUMENTO CARACTERIZACIÓN DE MAQUINAS

Microsoft Forms



Microsoft Forms

ANEXO D VALIDACIÓN DE EXPERTOS

Información de la investigación				
Objetivo General: Diseñar un dispositivo para el proceso de corte y pulido de vidrio de la empresa <u>TwoGlass</u> que garantice la optimización y calidad del agua mediante la recirculación y filtración de la misma.				
Objetivos Específicos	Variable o categoría a Estudiar u Observar.	Definición Conceptual	Dimensiones/Sub categorías por objetivo	Número de ítems o preguntas
Analizar el proceso de corte y pulido de la empresa <u>TwoGlass</u> , para determinar los consumos reales de agua. Evidencia validación de expertos: Determinar mediante un análisis del proceso de corte y pulido de vidrio reciclable los consumos reales de agua.	Consumo (l) de agua en el proceso de corte y pulido	El proceso de corte y pulido de botellas de vidrio requiere un flujo constante de agua, para garantizar la recolección de partículas, las condiciones de temperatura y lubricación para que el material no se quiebre. Se calcula teniendo en cuenta el caudal de un grifo convencional y el tiempo empleado para el corte y pulido de una botella.	Se recolectarán los datos midiendo las siguientes dimensiones por medio de un cuestionario	Instrumento producto y proceso
			Proceso	4,5,6,7,9,8,10
			Producto	2,3
Calcular el peso de las partículas de vidrio en el agua residual en el proceso de corte y pulido a través del pesaje después de su sedimentación. Evidencia validación de expertos: Determinar (cambiar por Calcular) el peso de las partículas de vidrio en el agua residual del proceso de corte y pulido a través del pesaje después de su sedimentación.	Partículas de vidrio en el agua (gr) en el proceso de corte y pulido sin filtrar	El proceso de corte y pulido de botellas de vidrio genera partículas de vidrio que son recuperadas por el flujo de agua evitando perjuicios en la salud de los colaboradores.	Se recolectarán los datos midiendo las siguientes dimensiones por medio de un cuestionario:	Instrumento partículas
			Numero de botella	1
			Volumen de agua recuperada	2,3,4,5
Identificar los materiales más adecuados para el dispositivo de recirculación y filtrado del agua en el proceso de corte y pulido.	Características físicas y mecánicas de los materiales para el dispositivo de recirculación y filtrado del agua en el proceso de corte y pulido	El proceso de corte y pulido de botellas de vidrio en la empresa <u>Two Glass</u> se desarrolla con dos máquinas ornamentales	Se recolectarán los datos midiendo las siguientes dimensiones por medio de un cuestionario:	Instrumento caracterización de maquinaria
			Característica de las maquinas	1,2,3,4,6,7,8,9,10,11,13,14
			Materiales de las maquinas	5,12

Información sobre la aplicación de los instrumentos

Característica de la muestra	Se le aplica a los operarios de las máquinas de <u>Two Glass</u>
Tipo de muestreo	Muestra Censal
Lugar de aplicación	Google <u>Forms</u>

HOJA DE EVALUACIÓN – INSTRUMENTO 1 - Instrumento de Producto y Proceso

Los planteamientos deben ir con sus respuestas, si estas son explícitas en el instrumento

Planteamientos		Alternativas			Recomendación			Observaciones
Nº	Ítem	B	R	D	M	C	E	
1	¿La botella que se va a transformar es de? Cerveza Licor de 750 ml a 1 l redonda Licor de 750 ml a 1 l cuadrada Licor en forma ovalada	X			X			Se pueden utilizar todas.
2	La botella en la que realizo el proceso se: Quebró Estallo Realizo el proceso sin novedad (pasar a preguntan No.4)	X			X			Se realizó el proceso sin novedad.
3	Si la botella se quebró o estallo, ¿Cuál fue la causa? Falta de agua Exceso de presión entre la botella y el disco de corte o pulido Defecto en la botella Presencia de partículas extrañas en el proceso	x			x			Se supone que no hubo estallido ni quebradura. La redacción no es clara.
4	¿Cuál es el proceso a desarrollar? Corte Pulido	x			x			Separar corte de pulido
5	¿Qué corte se le va a realizar a la botella? Transversal Diagonal Perpendicular	x			x			Separar ítems

Planteamientos		Alternativas			Recomendación			Observaciones
Nº	Ítem	B	R	D	M	C	E	
6	¿Cuánto tiempo invirtió en el proceso de CORTE con el grifo del agua abierto? 30 a 60 segundos 61 a 90 segundos 91 segundos o más	x			x			Separar ítems
7	De los siguientes EPP ¿cuáles usa para el proceso corte? Guantes de carnaza Caretas Gafas Botas de seguridad industrial Tapa bocas Overol / pechera plástica Gorro / sujetador de cabello	x					x	No aporta a la dimensión seleccionada
8	¿Cuánto tiempo invirtió en el PULIDO con disco? 30 a 60 segundos 61 a 90 segundos 91 segundos o más	x			x			Separar ítems
9	¿Cerro el grifo en el cambio de disco de pulido? NO SI	x			x			Separar ítems
10	De los siguientes EPP ¿cuáles usa para el proceso pulido? Guantes de carnaza Caretas Gafas Botas de seguridad industrial Tapa bocas Overol / pechera plástica Gorro / sujetador de cabello	x					x	No aporta a la dimensión seleccionada

HOJA DE EVALUACIÓN – INSTRUMENTO 2 - Instrumento Partículas

Los planteamientos deben ir con sus respuestas, si estas son explicitas en el instrumento

Planteamientos		Alternativas			Recomendación			Observaciones
Nº	Ítem	B	R	D	M	C	E	
1	¿De cuantas botellas recolecto el agua para la cuantificación de peso de partículas de vidrio?	x			x			
2	¿Qué volumen de agua recolecto? Menos de 1 litro De 1 a 5 litros De 5 a 10 litros	x			x			Separar ítems
3	En promedio ¿cuánto tiempo duro el proceso sedimentación de las partículas? De 12 a 24 horas Más de 24 horas	x			x			Separar ítems
4	Luego de desechar el agua residual y dejar solo las partículas asentadas, ¿Cuánto tiempo se demora el secado de las mismas? 24 horas De 24 a 36 horas Más de 36 horas	x			x			Separar ítems
5	¿En dónde se realiza el proceso de secado de las partículas? A la intemperie Espacio parcialmente cubierto Bajo techo Bajo techo con protección para evitar ingreso de otras partículas	x			x			Separar ítems

HOJA DE EVALUACIÓN – INSTRUMENTO 3 - Caracterización de Máquinas

Los planteamientos deben ir con sus respuestas, si estas son explícitas en el instrumento

Planteamientos		Alternativas			Recomendación			Observaciones
Nº	Ítem	B	R	D	M	C	E	
1	Máquina que se va a caracterizar Máquina de Corte Máquina de Pulido	x			x			Son dos procesos, dos máquinas.
2	¿Cuál es el alto de la máquina de corte?	x			x			
3	¿Cuál es el ancho de la máquina de corte?	x			x			
4	¿Cuál es el largo de la máquina de corte?	x			x			
5	¿Cuál es el Material de la máquina de corte?	x			x			
6	¿Cuál es la potencia del motor eléctrico de la máquina de corte?	x			x			
7	¿Cuál es el Voltaje nominal del motor eléctrico de la máquina de corte?	x			x			
8	¿Cuál es el alto de la máquina de pulido?	x			x			
9	¿Cuál es el ancho de la máquina de pulido?	x			x			
10	¿Cuál es el largo de la máquina de pulido?	x			x			
11	¿Cuál es el diámetro del disco de pulido?	x			x			
12	¿Cuál es el Material de la máquina de pulido?	x			x			
13	¿Cuál es la potencia del motor eléctrico de la máquina de pulido?	x			x			
14	¿Cuál es el Voltaje nominal del motor eléctrico de la máquina de pulido?	x			x			

Observación: ¿Este tipo de preguntas se las van a realizar a expertos?

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, NUBIA ELENA PINEDA DE CUADROS, titular de la Cédula de Ciudadanía N° 20735981 profesión docente universitario con título de Doctor en Historia, ejerciendo actualmente como validador de los instrumentos. Hago constar que he revisado el instrumento desde un punto de vista de contenido.

Luego de realizar la observación, puedo formular las siguientes apreciaciones de forma general.

	Valoración Cuantitativa (0-5)	Valoración Cualitativa
Redacción de los ítems	4.5	Muy bien
Calidad de los ítems	4.8	Muy bien
Pertinencia de los ítems	5.0	Excelente
Observaciones adicionales		

En Tunja, a los veinte y seis (26) días del mes de octubre de dos mil veintiuno (2021)


NUBIA ELENA PINEDA DE CUADROS
Nombre completo o Firma

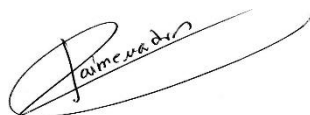
CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, JAIME CUADROS DÁVILA, titular de la Cédula de Ciudadanía N° 6764484 profesión docente universitario, Rector, catedrático y titulado como Doctor en Ciencias de la Educación, ejerciendo actualmente como validador del instrumento. Hago constar que he revisado el instrumento desde un punto de vista de contenido.

Luego de realizar la observación, puedo formular las siguientes apreciaciones de forma general.

	Valoración Cuantitativa (0-5)	Valoración Cualitativa
Redacción de los ítems	4.5	Muy bien
Calidad de los ítems	4.7	Muy bien
Pertinencia de los ítems	4.8	Excelente
Observaciones adicionales		

En Tunja, a los veinte y seis (26) días del mes de octubre de dos mil veintiuno (2021)



JAIME CUADROS DÁVILA
Nombre completo o Firma