UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE DE CONCEPCIÓN - REY BALDUINO DE BÉLGICA

PROPUESTA DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINA CORTADORA DE BOTELLAS DE VIDRIO PARA FABRICACIÓN DE LÁMPARAS

Trabajo de Titulación para optar al Título de Ingeniero Ejecución Mecánico de Procesos y Mantenimiento Industrial

Alumno: Hans Vergara Sepúlveda

Profesor Guía: Cristian Zambrano Arango

2018

DEDICATORIA

Gracias totales.

RESUMEN

El propósito de este proyecto es generar un impacto social utilizando elementos de uso cotidiano, en donde pueden ser “procesados” por medios mecánicos para diferentes usos y/o fines.

Nos encontraremos con un diseño que nos permite realizar cortes en una botella, la cual puede ser de diferentes diámetros. La versatilidad de la máquina está dada por su estructura, sus componentes y su fácil utilización.

Actualmente la tecnología mezclada con la creatividad nos permite hacer cosas increíbles, que muchas veces están al alcance de todos, sólo hay que detenerse y pensar en las necesidades que podemos suplir utilizando los conocimientos de la mejor forma.

En la máquina se utilizará un sistema electrónico conocido como Arduino, el cual nos permite programar movimientos controlados y velocidades controladas a placer, esto nos permite el control de la máquina con seguridad de que no hará algo distinto a lo que queremos.

ÍNDICE

RESUMEN **10**
ÍNDICE **11**
SIGLAS **14**
SIMBOLOGÍA **15**
INTRODUCCIÓN **17**
OBJETIVOS **19**
OBJETIVO GENERAL 19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS 19

CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **20**
1.1 ANTECEDENTES 21
1.2 DEFICIÓN DEL PROBLEMA 21
1.3 MOTIVACIÓN 24

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO **26**
2.1. EL VIDRIO 27
2.1.1. Características del vidrio 27
2.1.2. El vidrio como arte 30
2.1.3. Inicios del vidrio 33
2.2. RECICLAJE 34
2.3. BOTELLA DE VIDRIO 35
2.3.1. Partes de una botella de vidrio 35
2.4. SISTEMA DE CONTROL ARDUINO 36
2.4.1. Ventajas del sistema Arduino 36
2.4.2 Protoboard 38
2.5. RESISTENCIA ELÉCTRICA 39
2.5.1. Resistencia de los metales al paso de la corriente 39
2.5.2 ¿Qué es el ohm? 40
2.6. CÁLCULO DE RESISTENCIA ELÉCTRICA DE UN MATERIAL 41
2.7. TEMPERATURA EN LA RESISTENCIA DEL CONDUCTOR 45
2.8. ALAMBRE DE NICROM 45
2.9. CORTADORES DE VIDRIO 46
2.9.1. Cortadores de vidrio manuales 47
2.10. PROPIEDADES DEL DIAMANTE 48

2.11. VELOCIDAD DE CORTE 49
2.12. ALUMINIO 49
2.12.1. Características físicas 50
2.12.2. Características mecánicas 50
2.12.3. Características químicas 50
2.13. MOTORES DC (CORRIENTE CONTINUA) 51

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LA SOLUCIÓN 52
3.1 SELECCIÓN DE MOTOR 53
3.1.1Velocidad de giro 53
3.1.2. Características técnicas 56
3.2 CÁLCULO DE RESISTENCIA ELÉCTRICA 57
3.2.1 ventajas del alambre de nicrom 60
3.3 SELECCIÓN DE HERRAMIENTA DE CORTE 62
3.4 DISEÑO Y ESTRUCTURA 65
3.5 ANALISIS DE FUNCIONAMIENTO 76
3.5.1. Pasos a seguir para el corte de una botella 82

CAPITULO 4: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA 83
4.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA GENERAL 84
4.1.1. Fuente de energía 84
4.1.2. Rangos de corte 84
4.1.3. Formas y tipos de corte 84
4.1.4. Accionamientos 85
4.1.5. Vida útil estimada 85
4.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA 89
4.2.1. ítem 1 base y estructura madera 90
4.2.2. ítem 2 (elementos de aluminio) 90
4.2.3. ítem 3 (motor DC) 91
4.2.4. ítem 4 elementos electrónicos 91
4.2.5. ítem 5 91
4.2.6. ítem 6 92
4.2.7. ítem 7 92
4.2.8.Ítem 8 copla 92
4.3. consumo de energía 93

CONCLUCIONES Y RECOMENDACIONES 98

BIBLIOGRAFÍA 99
LINKOGRAFÍA 99

ANEXOS 100
Anexo 1: Planos diseñados: 100
Anexo 2: Cotizaciones: 105

SIGLAS

CC: Corriente continua

Min: Minutos

UTFSM: Universidad Técnica Federico Santa María

CLP: Peso Chileno

GND: Conexión a tierra

DC: Motor corriente continua

RPM: Revoluciones por minutos

Fr: Fuerza de roce

SIMBOLOGÍA

[N]: Newton

[Nm]: Newton metro

[m]: Metros

[cm]: Centímetros

[mm]: Milímetros

[kw]: kilo watt

[W]: Watt

[Kg]: Kilógramo

[g]: Gramo

[Ø]: Diámetro

[W]: Peso

[%]: Porcentaje

[$]: CLP

°C: Grados Celsius

[Ω]: Ohm

Pa: Pascal

V: Voltaje

A: Amperios

μ: Coeficiente de roce

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la idea de crear nuestro propio emprendimiento y surgir de una forma distinta a la que estamos acostumbrados, es más considerada que hace algunos años, ya que la mentalidad ha ido cambiando en la sociedad y hay más recursos y beneficios a los que se puede optar para emprender algún tipo de negocio, independiente de la razón social de éste.

En base a esta motivación es generada esta tesis, en dar origen a una máquina que suplirá una necesidad y facilitará el trabajo de un emprendimiento que veremos a continuación.

En esta tesis, que es una propuesta de diseño y fabricación de una máquina cortadora de botellas de vidrio, la cual será en su funcionamiento completamente automática, veremos cómo podemos automatizar un trabajo que manualmente sí se puede realizar, pero si buscamos perfección, la única forma es a través de elementos mecánicos de precisión.

La máquina a fabricar constará de distintas partes para que realice de forma eficiente y eficaz el trabajo a realizar, las cuales serán estudiadas y argumentados los elementos que serán parte de la máquina, como lo serán el motor que se utilizará, el tipo de vidrio que la máquina será capaz de cortar, las diferentes formas de botellas, la resistencia eléctrica que será importante en el proceso de corte, ya que será quien aplique el calor suficiente para lograr un buen corte, la herramienta de corte, que entes caso será un diamante que cumplirá la función de demarcado en la botella para luego aplicar calor en la marca del diamante, logrando así de dos formas distintas en un mismo corte.

El material con el que se fabricará la máquina es un punto importante que considerar, ya que debe ser fácil de conseguir y trabajar, además de ofrecer buena resistencia a los esfuerzos que será sometido.

De esta forma, podremos dar origen a un diseño que cumpla con los requerimientos necesarios para que el proceso de corte sea perfecto.

Cabe destacar que a partir de lo mencionado al comienzo de la introducción, éste proyecto de fabricación nace a raíz de un futuro negocio de artículos exclusivos, como lo serán principalmente las lámparas hechas de botellas de vidrio, las cuales serán recicladas, así como también el resto de artículos como: muebles hechos con pallets, mesas, artículos

decorativos con maderas ya utilizadas pero con un tratamiento diferente, dónde se realce un uso diferente de las cosas que nos rodean y que con facilidad desechamos, pero que en verdad podemos aprovechar de forma diferente.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y fabricar una máquina cortadora de botellas de vidrio para fabricar lámparas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Crear diseño de la máquina en inventor.
Seleccionar materiales a utilizar para la fabricación.
Seleccionar el motor ideal para la operación a realizar.
Realizar configuración Arduino del motor.
Calcular y seleccionar resistencia eléctrica.
Calcular costos asociados al consumo de la máquina.
Realizar análisis del vidrio para aplicar temperatura ideal.
Seleccionar herramienta de corte, en este caso una vidia o diamante.
Establecer márgenes de fabricación para el uso de la máquina.

CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

Para poder invertir en un negocio, ya sea de cualquier tipo, lo primero que se debe cuestionar es si tal emprendimiento es viable o no. Para ello se estudian varios factores, siendo uno de ellos, el dinero que se desea invertir conforme a lo que se desea recibir, teniendo ganancias a corto, mediano o largo plazo.

Otro aspecto importante, dependiendo del tipo de proyecto, es cómo y de dónde obtendré las máquinas e implementos para llevar a cabo el proyecto. Bajo éstas dos interrogantes ya puedo visualizar de forma básica como me iría en el desarrollo del negocio.

La idea es siempre simplificar y ahorrar lo máximo posible. Es por ello que el proyecto que se está estudiando en esta tesis tiene lugar, ya que, de esta manera podremos crear nuestra propia máquina sin tener que comprarla, además es una máquina poco común y no muy comercializada, de difícil confiabilidad por parte de las personas que las proveen, ya que no existen industrias que se dediquen a vender esta máquina para el uso específico que le daremos.

1.2 DEFICIÓN DEL PROBLEMA

Perfección es una palabra que, a la hora de comprar un artículo, es la que debería describir dicho objeto.

Eso es lo que cada industria y negocio busca, aparte de calidad y excelencia en sus productos. Es aquello, lo que les da valor a las cosas, y hace que puedan tener un mejor lugar en el mercado. Pero para poder llegar a la perfección en cuanto a la fabricación de productos, sólo es posible utilizando tecnología y máquinas que bajo las instrucciones correctas harán lo que deseemos de forma segura y perfecta; algo que de forma manual no podremos lograr.

El principal motivo de la creación de la maquina cortadora de botellas de vidrio es la búsqueda de un corte perfecto en la botella, donde la probabilidad de provocarse daño al tomarla sea reducida al máximo.

Podemos ver en la siguiente figura un corte realizado de forma manual, y queda demostrado que existe una alta probabilidad de fallar en el corte, y por más que nos esforcemos en hacer un corte 100% derecho, no lo lograremos.

Fuente: Google, imágenes

Figura 1-1: botella cortada de forma manual

Fuente: Google, imágenes

Figura 1-2: botella cortada de forma manual

A raíz de esto, es necesario buscar una forma de obtener resultados confiables y seguros, en pocas palabras, “un corte perfecto”.

La única forma de obtener buenos resultados es cambiar la forma manual y hacerlo todo automático con elementos de precisión, que nos aseguraran un buen trabajo.

En la siguiente imagen podemos ver cómo queda un corte realizado en una máquina.

Fuente: Google, imágenes

Figura1-3: botella cortada de forma automática, con instrumentos de precisión.

Fuente: Google, imágenes

Figura 1-4: botellas cortadas con elementos de precisión dentro de un sistema

La diferencia entre un corte manual y un corte semi-automático, con elementos de precisión dentro de un sistema o estructura, que permita la realización de un corte en una botella de vidrio es notoria, queda a la vista en las imágenes los márgenes de error que dentro de un corte manual a los que se puede llegar.

Lo que se busca en esta tesis es poder lograr un corte en la botella el cual tenga características que a simple vista se pueda apreciar la perfección de un corte en la botella, para su posterior utilización.

1.3 MOTIVACIÓN

La idea de tener que fabricar una máquina para cortar botellas tiene un trasfondo totalmente artístico, ya que lo que se busca es realizar trabajos artesanales con las botellas cortadas, en donde además de aplicar el conocimiento adquirido durante el proceso como estudiante de ingeniería, hacemos una pequeña ayuda al medio ambiente realizando el reciclaje de elementos que normalmente desechamos como lo es el vidrio, de esta forma se mezcla la ingeniería con artesanía, logrando realizar artículos poco comunes como los que se muestran en las siguientes imágenes:

Fuente: Pinterest

Figura 1-5: lámpara de botellas de vidrio con diseño rectangular

Fuente: Pinterest

Figura 1-6: lámpara de botellas de vidrio con diseño circular

Existe un sinfín de ideas que se pueden realizar con el uso de botellas, las cuales serán reutilizadas con un fin totalmente distinto al que fueron creadas, dando uso a lo que usualmente tiramos a la basura.

Este enfoque es lo que motiva, no tan sólo con botellas, sino que también con otros elementos que podemos darle un segundo uso de forma profesional y de excelencia, con el fin de comercializar los productos realizados y formar un negocio exclusivo, con artículos que llaman la atención por su autenticidad, por la dedicación y por hacer de algo sencillo algo totalmente sofisticado y de excelencia, como lo vemos en la figura

Fuente: Pinterest

Figura 1-7: candelero colgante, hecho de botellas de vidrio

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. EL VIDRIO

La técnica de fabricación del vidrio se descubrió en Oriente Medio hacia el año 3.000 a.C. En esa época siempre se trabajaba a mano, usando moldes, y desde entonces el ser humano lo ha utilizado con diversos fines: para fabricar objetos utilitarios y decorativos, entre los que se incluyen trabajos de joyería. También tiene aplicaciones en la arquitectura y la industria.

El vidrio es una sustancia amorfa fabricada sobre todo a partir de sílice (SiO_2) fundida a altas temperaturas con boratos o fosfatos. También se encuentra en la naturaleza, por ejemplo, en la obsidiana, un material volcánico, o en los enigmáticos objetos conocidos como tectitas.

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.

El vidrio fundido es maleable y se le puede dar forma mediante diversas técnicas. En frío, puede ser tallado. A bajas temperaturas es quebradizo y se rompe con fractura concoidea (en forma de concha de mar).

2.1.1. Características del vidrio

Cristal y vidrio normalmente son utilizados como sinónimos y se definen de la siguiente manera:

Se nombra cristal, al cuerpo geométrico cuya superficie está compuesta por una infinidad de polígonos planos formando un volumen limitado entre caras planas.

El término vidrio, se atribuye a un material duro, frágil, estructura desordenada periódica y transparente que, a pesar de comportarse como un sólido, es un líquido sobre enfriado, sin estructura cristalina y que se obtiene a unos 1250°C.

Estos materiales pueden ser formados de manera natural (vidrios volcánicos) ó artificial.

El origen del vidrio es el resultado de experiencias adquiridas del proceso de los metales, material que con sus cualidades y ductilidad ofrece una gama infinita de posibilidades para su aplicación entre las que se encuentran el campo doméstico, medico, industrial, óptico e incluso el arte.

El vidrio resulta común en la sociedad contemporánea y sería difícil imaginar la vida moderna sin él. Su presencia es fundamental para que los focos irradien la luz eléctrica; igualmente necesario resulta en la manufactura de televisores, computadoras y vehículos de transporte; mientras que en el rubro científico y de precisión, cabe citar al vidrio utilizado en anteojos, microscopios y telescopios.

El tamaño, propiedades y características de un vidrio, influirán en la forma de maquinarlo, es decir si en más delgado o duro, e incluso si está grabado o no.

El vidrio común utilizado en las ventanas no posee un grosor uniforme debido a su proceso de fabricación y esas variaciones distorsionan la visión de los objetos a través de las hojas de vidrio. El método tradicional para solucionar estos defectos ha sido utilizar vidrio de luna esmerilado y pulido.

El éxito en la manufactura del vidrio radica en controlar la temperatura del proceso, para regular las fuerzas internas que lo hacen quebradizo. Estas fuerzas internas también se aprovechan para producir vidrio de extrema dureza y resistencia si se emplea la técnica del templado*.

*(Templar un vidrio es someterlo a un calentamiento controlado y después enfriarlo rápidamente).

La superficie queda en un estado permanente de compresión, de modo que las fuerzas que se apliquen al objeto tendrán que vencer primero las tensiones de comprensión. Por diversos experimentos se ha comprobado que la tensión en un vidrio puede ser menor cuando éste ha sido templado dentro de cierto rango de temperatura.

Dentro de las propiedades térmicas podemos definir cuatro temperaturas de referencia en función de la viscosidad del vidrio. El punto de trabajo, donde la viscosidad del vidrio caliente es lo suficientemente baja como para poder darle forma utilizando métodos ordinarios. El punto de reblandecimiento, temperatura a la cual el vidrio empieza a deformarse de manera visible. El punto de recocido, que es cuando las tensiones internas existentes son desvanecidas, y que corresponde a la temperatura más alta de recocido. Por último, el punto de deformación, donde el vidrio es un sólido rígido y puede enfriarse rápidamente sin introducir ningún tipo de tensiones externas.

El vidrio tiene una resistencia excelente a los ácidos, excepto al fluorhídrico, y a las soluciones alcalinas frías. En la tabla 2-2 se en listan las dimensiones estándar de fabrica, mientras que en la tabla 2.3 se muestran los espesores más utilizados en la industria del vidrio.

Tabla 2-2 Tabla de dimensiones estándar de fabricación del vidrio

Tamaño	Espesor
1150 * 850 mm	0,7 a 0,21 mm
1700 * 1300	1,6 a 21 mm
2300 * 1700	3,3 a 15 mm

Fuente: elaboración propia

Tabla 2-3 Tabla de espesores utilizados usualmente

Espesor (mm)	Tolerancia (mm)
1,75	±0,2
2,00	±0,2
2,25	±0,2
2,75	±0,2
3,30	±0,2
3,80	±0,2
5,00	±0,2
5,50	±0,2
6,50	±0,2
7,50	±0,3
8,00	±0,3
9,00	±0,3
11,00	±0,3
13,00	±0,3
15,00	±0,3
16,00	±0,5
17,00	±0,5

Fuente: Elaboración propia

2.1.2. El vidrio como arte

Las técnicas que se utilizan para cortar y manufacturar el vidrio son diversas, esto depende del giro de la empresa dedicada a dicha actividad. Para este caso en particular se mencionan los procesos antiguos y modernos, artesanales e industriales utilizados para la manufactura de los vidrios.

Los antiguos artesanos vidrieros adaptaron las técnicas de corte, tallado o grabado en piedra al vidrio logrando piezas de considerable belleza. La técnica del cristal de camafeo consiste en unir dos estratos de vidrio de diferente color, tallando después la capa externa para que queden al descubierto partes de la capa interior y establecer una decoración en relieve que resalta por el contraste cromático.

En la edad media, el vidrio se coloreaba o se laminaba con color y después se cortaba según las formas que requiriera el diseño.

Los detalles se pintaban sobre el cristal con un esmalte pardusco. Las piezas se encajaban en varillas de plomo y se colocaban en una estructura de hierro. El arte de la fabricación de vidrieras decayó al final del renacimiento, pero volvió a recuperarse en el siglo XIX.

Particularmente adecuada para el vidrio sódico fue la práctica del grabado al diamante, técnica predilecta de los artesanos holandeses durante el siglo XVII, que, martilleando la punta de diamante, lograban elaborados diseños de efecto punteado.

Caspar Lehmann fue uno de los responsables del gran desarrollo del grabado a principios de 1600 en la corte del emperador del Sacro Imperio Romano Germánico, Rodolfo II en Praga. Los talladores y grabadores de vidrio de Nuremberg y Potsdam se hicieron famosos por sus hábiles diseños de estilo barroco.

El desarrollo del vidrio durante el siglo XIX se caracteriza por los rápidos avances tecnológicos de esta industria y por el redescubrimiento y adaptación de métodos antiguos.

Bohemia mantuvo la primacía en la decoración tallada a la rueda gracias a artesanos como Dominik Biemann, y también practicó otras técnicas, como la del cristal encajado, que copiaron las fábricas europeas y estadounidenses. Los avances químicos facilitaron el desarrollo de nuevos vidrios coloreados opacos semejantes a piedras semipreciosas.

Después de la Primera Guerra Mundial surgieron nuevos intereses en las texturas y formas decorativas, como queda reflejado en los diseños de René Lalique y Maurice Marinot. En la década de 1930 comenzaron a adquirir prestigio los cristales de plomo incoloros y de exquisita transparencia, por lo general con dibujos grabados, producidos por fábricas escandinavas y estadounidenses.

El vidrio artesanal es manufacturado por diversos métodos entre los que se encuentran: soplado, colado, prensado y rodillo. Es decorado por técnicas como: modelado, laminado y fundido.
Además, puede ser modificado por inspiraciones artesanales, por un tratamiento químico o mecánico como: grabado, acidado, tallado y otros.

Se muestra una descripción de los diferentes procesos que se llevan a cabo para la manufactura del vidrio:

Tallado: Para obtener cristal tallado se realizan facetas, estrías y surcos sobre la superficie mediante discos giratorios de distinto tamaño, material y forma, o con un chorro de agua con un abrasivo. Los pasos que se siguen son la aplicación del dibujo, el tallado en bruto, el esmerilado y el pulido. Los diseños pueden tallarse con una punta de diamante, con aguja de metal o utilizando ruedas o muelas giratorias, por lo general de cobre.

Grabado: Para grabar una decoración se puede recurrir al ácido, con el que pueden obtenerse resultados que van desde un acabado en bruto hasta el acabado mate. Para el grabado por chorro de arena se proyectan finísimos granos de arena, sílex molido o hierro pulverizado a gran velocidad sobre la superficie del cristal que deja un acabado mate. En la decoración en frío se pinta el objeto con laca u óleos sin recurrir al horno para su posterior fijación. En la pintura con esmalte, una vez aplicada la pintura en frío, se fija a la superficie introduciendo el objeto decorado en un horno a una temperatura inferior a la de la fundición del vidrio.

Grabado con arena: Para grabar con el chorro de arena, se requiere que la pieza de vidrio sea cubierta con cinta adhesiva, sobre la cual se traza y corta el dibujo deseado, para dejar desprotegidas las áreas de la superficie vítrea que serán atacadas por la acción erosionante de la arena lanzada a presión. De esta manera se desgasta el vidrio y se obtienen efectos de volumen que favorecen al diseño

Grabado con ácido: Para esta técnica se utiliza el ácido fluorhídrico. Como es sumamente peligroso y tóxico, se recomienda trabajarlo en un ambiente muy ventilado.

Grabado a la rueda, tallado o biselado: Este medio mecánico de grabar el vidrio, es aplicable sobre todo a objetos de formas redondeadas, como copas, bomboneras o botellas. Consiste en rozar su superficie con ruedas de piedras de diamante cobre y lubricadas con agua, que giran rápidamente mediante un mecanismo.

Dicho método se utiliza generalmente para grabar iniciales o monogramas, así como para realizar el llamado vidrio de pepita. Otra manera de obtener estos resultados consiste en emplear una muela vertical de fundición movida de manera mecánica, sobre la cual se deslizan gotas de agua mezcladas con arena muy fina. Aplicado el vidrio a estas muelas, se tallan facetas o biseles en la forma que se deseen, los cuales se suavizan luego por medio de un esmeril más fino, y finalmente se les da brillo con discos recubiertos de fieltro. El vidrio decorado por otro lado se modifica de la parte externa mediante diferentes procesos como el esmaltado, incrustaciones, grisalla lustre, prensado y a rodillo. El vidrio estirado es aquel que tiene como técnica el estiramiento y deformación del vidrio bajo su propio peso, mediante el horneado; perdiendo su uniformidad de su espesor cuando la temperatura supera su punto de ablandamiento.

El vidrio colado también es utilizado en el área artesanal para modelar por fundición de vidrios piezas en volúmenes o planas, según los métodos de moldeado, vaciado, prensado, centrifugado y vertido libre.

Dentro del área industrial podemos encontrar los siguientes tipos de vidrios y técnicas. El vidrio curvado, que es una técnica de moldeado de una pieza de vidrio a una temperatura baja, para retener sus características físicas sin modificar el espesor de sus bordes.

El vidrio flotado es una técnica exclusiva para la fabricación industrial del vidrio plano trasparente. Este tipo de vidrio se lo denomina comercialmente "cristal", se caracteriza por la obtención de mayor trasparencia en sus caras planas paralelas.

El vidrio fundido es una técnica de unión por calentamiento de varias piezas de cristal, o de otros elementos sobre el vidrio, método por el cual se forma también el vidrio de doble acristalamiento.

Fuente: Google, imágenes

Figura 2-1: mosaicos con vidrio

La clase de vidrio industrial es realizado con métodos automáticos, en forma continua, aplicado a la construcción. Según las superficies obtenidas, lisas o grabadas se distinguen dos métodos de procesamiento: flotado e impreso.

El vidrio laminado tiene un proceso de pegado entre capas de vidrios a temperatura media, por el cual retienen las características sus formas, con bordes redondeados. Se ubica entre los procesos de soldado y fundido. Los socadales son vidrios industriales de uso cotidiano, son llamados popularmente cristales o vidrios artesanales, y de los vidrios borosilicatos, en base de sílice y bórax, de uso industrial como el "pirex" y artículos de laboratorio.

2.1.3. Inicios del vidrio

La técnica de fabricación del vidrio se descubrió en Oriente Medio hacia el año 3.000 a.C. Probablemente al encender una fogata en las orillas arenosas de un lago seco, en el que se había depositado carbonato sódico. Este y la sílice se combinó con la acción del calor, formando gotitas de vidrio.

Su fabricación a gran escala comenzó después de 1500 a.C. con vasijas y adornos. Los artesanos egipcios fueron quienes aprendieron a colorear el vidrio.

Actualmente, los principales yacimientos provechosos para la elaboración del vidrio se localizan en los desiertos occidental, oriental y área meridional de la primera catarata del Nilo, al sur de Nubia y Sudán. Otros filones existen en Aswan, al sur de Egipto, y algunos más en Guadi Gulán y en la Costa del Mar Rojo. Como podemos observar, de toda la zona de la media luna fértil, es Egipto el que cuenta con los más grandes yacimientos geológicos

de materia prima para la elaboración del vidrio, sobre todo de arena, que por su alto contenido de calcio es muy apreciada en esos procedimientos.

En la década de 1980 se desarrolló en la Universidad de Florida un método para fabricar grandes estructuras de vidrio sin tener que usar altas temperaturas. Conocida como sol-gel, esta técnica consiste en mezclar agua con una sustancia química como el tetrametoxilano para producir un polímero de óxido silíceo; un aditivo químico retarda el proceso de condensación y permite que el polímero se construya uniformemente. Esta técnica puede llegar a ser muy útil para la fabricación de vidrios de formas complejas de gran tamaño con propiedades específicas.

2.2. RECICLAJE

El vidrio es un material que por sus características es fácilmente recuperable, por lo tanto, no tienes que tirarlo a la basura. Concretamente el envase de vidrio es 100% reciclable, es decir, que, a partir de un envase utilizado, puede fabricarse uno nuevo que puede tener las mismas características del primero.

El vidrio se clasifica según su color, entre los más comunes se encuentran el transparente, el verde y el azul. Una tonelada de vidrio reutilizada varias veces ahorra 117 barriles de petróleo.

Aunque el vidrio se elabora con materias primas relativamente baratas y abundantes (arena, sosa, cal), la extracción de los materiales provoca un impacto importante en el paisaje. Reciclar reduce este problema y también aleja el vidrio, un material que no se biodegrada, de los vertederos.

A lo largo de la historia, los restos de vidrio se han reutilizado de forma muy diversa. Por ejemplo, el cristal fundido sirve para hacer bisuterías, cortado en pequeñas piezas, para hacer vidrieras de colores. El creciente interés por el diseño ha hecho renacer la artesanía tradicional. El vidrio también puede reprocesarse en otros materiales; puede sustituir al cuarzo en la fabricación de porcelana de gran resistencia o utilizarse para fabricar aislantes.

Los vidrios que se pueden reciclar se distinguen en tres categorías:

Botellas de bebidas (gaseosas, jugos, licores, vinos) enteras, es decir sin defectos. Estos pueden ser reutilizados por la misma empresa embotelladora y tienen un valor económico más alto. Esta retornabilidad significa un ahorro de energía, lo que es beneficioso para la empresa y para el medio ambiente.

Envases (frascos) para cualquier tipo de alimento (conservas, mayonesa, yoghurt, jarabes, medicamentos, etc.), de perfumes o colonias y de aceite. Estos envases tienen que estar intactos también. Todos estos envases tienen su valor propio, por unidad.

Vidrio roto, se entrega separado por kilo y por color.

Los vidrios que no sirven para el reciclaje son:

- Vidrio (roto) de auto (parabrisas)
- Vidrio (roto) de ventana
- Espejos
- Ampolletas y fluorescentes
- Lozas (que no son de vidrio)

2.3. BOTELLA DE VIDRIO

Se suele utilizar para aquellos productos cuyas propiedades no se alteran bajo los efectos de la luz. En caso contrario, se precisa utilizar envases opacos como latas o bricks.
La botella de vidrio debe llevar pegada una o varias etiquetas de papel en las que se específica el producto y la marca así como las informaciones legales: composición, razón social del fabricante, fecha de caducidad, etc.

2.3.1. Partes de una botella de vidrio

La botella se compone de las siguientes partes (de arriba abajo):

- Boca, orificio por donde se vierte el líquido
- Hilo o hélice
- Anillo
- Espalda
- Cuerpo
- Fondo
- Anillo de apilamiento
- Tapa (recipiente)

cierra tradicionalmente con tapón de corcho. Por ello se recomienda que se mantenga en posición horizontal durante su almacenaje para mantener húmedo el corcho ya que, si se seca, permite la entrada de aire y el vino corre el riesgo de oxidarse.

Fuente: Google

Figura 2-2: botella de vidrio tradicional

2.4. SISTEMA DE CONTROL ARDUINO

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Está pensado para artistas, diseñadores, como hobby y para cualquiera interesado en crear objetos o entornos interactivos.

Arduino puede sentir el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos. El microcontrolador de la placa se programa usando el *Arduino Programming Language* (basado en Wiring) y el *Arduino Development Environment* (basado en Processing). Los proyectos de Arduino pueden ser autonomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador.

Las placas se pueden ensamblar a mano o encargarlas preensambladas; el software se puede descargar gratuitamente. Los diseños de referencia del hardware (archivos CAD) están disponibles bajo licencia open-source, por lo que eres libre de adaptarlas a tus necesidades.

2.4.1. Ventajas del sistema Arduino

Hay muchos otros microcontroladores y plataformas microcontroladoras disponibles para computación física. Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard, y muchas otras ofertas de funcionalidad similar. Todas estas herramientas toman los desordenados detalles de la programación de microcontrolador y la encierran en un paquete fácil de usar. Arduino también simplificael proceso de trabajo con microcontroladores, pero ofrece algunas ventajas para profesores, estudiantes y aficionados interesados sobre otros sistemas:

Barato: Las placas Arduino son relativamente baratas comparadas con otras plataformas microcontroladoras. La versión menos cara del módulo Arduino puede ser ensamblada a mano.

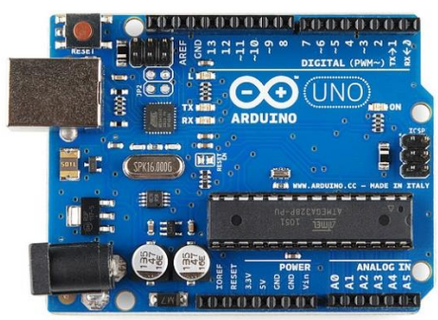
Multiplataforma: El software de Arduino se ejecuta en sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y GNU/Linux. La mayoría de los sistemas microcontroladores están limitados a Windows.

Entorno de programación simple y claro: El entorno de programación de Arduino es fácil de usar para principiantes, pero sucientemente flexible para que usuarios avanzados puedan aprovecharlo también. Para profesores, está convenientemente basado en el entorno de programación Processing, de manera que estudiantes aprendiendo a programar en ese entorno estarán familiarizados con el aspecto y la imagen de Arduino.

Código abierto y software extensible: El software Arduino está publicado como herramientas de código abierto, disponible para extensión por programadores experimentados. El lenguaje puede ser expandido mediante librerias C++, y la gente que quiera entender los detalles técnicos pueden hacer el salto desde Arduino a la programación en lenguaje AVR C en el cual está basado. De forma similar, puedes añadir código AVR-C directamente en tus programas Arduino si quieres.

Código abierto y hardware extensible: El Arduino está basado en microcontroladores ATMEGA8 y ATMEGA168 de Atmel. Los planos para los módulos están publicados bajo licencia Creative Commons, por lo que diseñadores experimentados de circuitos pueden hacer su propia versión del módulo, extendiéndolo y mejorándolo. Incluso usuarios relativamente inexpertos pueden construir la versión de la placa del módulo para entender cómo funciona y ahorrar dinero.

A continuación, se muestra en la siguiente imagen la forma del sistema Arduino:



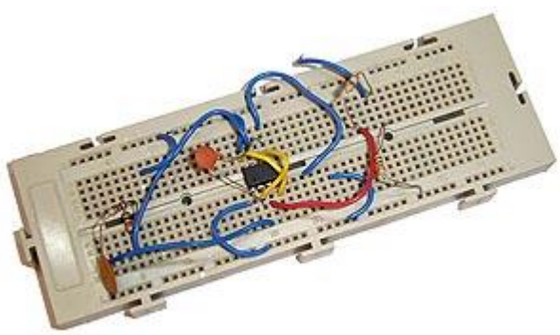
Fuente: Google

Figura 2-3: placa Arduino UNO

2.4.2 Protoboard

Es un tablero con orificios que se encuentran conectados eléctricamente entre sí de manera interna, habitualmente siguiendo patrones de líneas, en el cual se pueden insertar componentes electrónicos y cables para el armado y prototipado de circuitos electrónicos y sistemas similares. Está hecho de dos materiales, un aislante, generalmente un plástico, y un conductor que conecta los diversos orificios entre sí.
Uno de sus usos principales es la creación y comprobación de prototipos de circuitos electrónicos antes de llegar a la impresión mecánica del circuito en sistemas de producción comercial.

Una placa de pruebas está compuesta por bloques de plástico perforados y numerosas láminas delgadas, de una aleación de cobre, estaño y fósforo, que unen dichas perforaciones, creando una serie de líneas de conducción paralelas.
Las líneas se cortan en la parte central del bloque para garantizar que dispositivos en circuitos integrados de tipo dual in-line package (DIP) puedan ser insertados perpendicularmente y sin ser tocados por el proveedor a las líneas de conductores. En la cara opuesta se coloca un forro con pegamento, que sirve para sellar y mantener en su lugar las tiras metálicas. A continuación, se muestra una placa donde se aprecian las conexiones que hay en ella.



Fuente: Google

Figura 2-4: Protoboard para sistema Arduino

2.5. RESISTENCIA ELÉCTRICA

Resistencia eléctrica es toda oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones. Cualquier dispositivo o consumidor conectado a un circuito eléctrico representa en sí una carga, resistencia u obstáculo para la circulación de la corriente eléctrica.

Normalmente los electrones tratan de circular por el circuito eléctrico de una forma más o menos organizada, de acuerdo con la resistencia que encuentren a su paso.
Mientras menor sea esa resistencia, mayor será el orden existente en el micromundo de los electrones; pero cuando la resistencia es elevada, comienzan a chocar unos con otros y a liberar energía en forma de calor. Esa situación hace que siempre se eleve algo la temperatura del conductor y
que, además, adquiera valores más altos en el punto donde los electrones encuentren una mayor resistencia a su paso.

2.5.1. Resistencia de los metales al paso de la corriente

Todos los materiales y elementos conocidos ofrecen mayor o menor resistencia al paso de la corriente eléctrica, incluyendo los mejores conductores.
Los metales que menos resistencia ofrecen son el oro y la plata, pero por lo costoso que resultaría fabricar cables con esos metales, se adoptó utilizar el cobre, que es buen conductor y mucho más barato.
Con alambre de cobre se fabrican la mayoría de los cables conductores que se emplean en circuitos de baja y media tensión.
También se utiliza el aluminio en menor escala para fabricar los cables que vemos colocados en las torres de alta tensión para transportar la energía eléctrica a grandes distancias.

Entre los metales que ofrecen mayor resistencia al paso de la corriente eléctrica se encuentra el alambre nicromo (Ni-Cr), compuesto por una aleación de 80% de níquel (Ni) y 20% de cromo (Cr).

Ese es un tipo de alambre ampliamente utilizado como resistencia fija o como resistencia variable (reóstato), para regular la tensión o voltaje en diferentes dispositivos eléctricos.

Además, se utilizan también resistencias fijas de alambre nicromo de diferentes diámetros o grosores, para producir calor en equipos industriales, así como en electrodomésticos de uso muy generalizado.

Entre esos aparatos o quipos se encuentran las planchas, los calentadores o estufas eléctricas utilizadas para calentar el ambiente de las habitaciones en invierno, los calentadores de agua, las secadoras de ropa, las secadoras para el pelo y la mayoría de los aparatos eléctricos cuya función principal es generar calor.

Entre los aparatos más comunes de calefacción por medio de resistencia eléctrica encontramos un calefactor, como se muestra en la siguiente imagen.

Fuente: Google, imágenes

Figura 2-5: calefactor con resistencia eléctrica

2.5.2 ¿Qué es el ohm?

El ohm es la unidad de medida de la resistencia que oponen los materiales al paso de la corriente eléctrica y se representa con el símbolo o letra griega "Ω" (omega). La razón por la cual se acordó utilizar esa letra griega en lugar de la "O" del alfabeto latino fue para evitar que se confundiera con el número cero "0"

El ohm se define como la resistencia que ofrece al paso de la corriente eléctrica una columna de mercurio (Hg) de 106,3 cm de alto, con una sección transversal de 1 mm2, a una temperatura de 0o Celsius.

De acuerdo con la “Ley de Ohm”, un ohm (1 Ω) es el valor que posee una resistencia eléctrica cuando al conectarse a un circuito eléctrico de un volt (1 V) de tensión provoca un flujo de corriente de un amper (1 A). La fórmula general de la Ley de Ohm es la siguiente:

$$I = \frac{E}{R}$$

La resistencia eléctrica, por su parte, se identifica con el símbolo o letra (R) y la fórmula para despejar su valor, derivada de la fórmula general de la Ley de Ohm, es la siguiente:

$$R = \frac{E}{I}$$

2.6. CÁLCULO DE RESISTENCIA ELÉCTRICA DE UN MATERIAL

Para calcular la resistencia (R) que ofrece un material al paso de la corriente eléctrica, es necesario conocer primero cuál es el coeficiente de resistividad o resistencia específica “ ρ” (rho) de dicho material, la longitud que posee y el área de su sección transversal.

A continuación, se muestra la tabla 2-4 donde se puede conocer la resistencia específica en $\Omega \cdot mm^2 / m$, de algunos materiales, a una temperatura de 20° Celsius.

Tabla 2-4 Tabla de resistividad de algunos materiales

Material	**Resistividad (Ω*mm^2/m) a 20º C**
Aluminio	0,028
Carbón	40,0
Cobre	0,0172
Constatan	0,489
Nicromo	1,5
Plata	0,0159
Platino	0,111
Plomo	0,205
Tungsteno	0,0549

Fuente: elaboración propia

Para realizar el cálculo de la resistencia que ofrece un material al paso de la corriente eléctrica, se utiliza la siguiente fórmula:

$$R = \wp \frac{I}{S}$$

Donde:

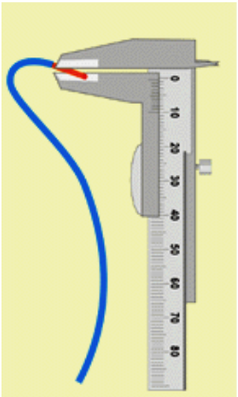
R = resistencia del material en ohm (**Ω**).

$\wp$ = coeficiente de resistividad o resistencia específica del material, a una temperatura dada.

I = longitud del material en metros.

S = superficie o área transversal del material en mm^2

Veamos ahora un ejemplo práctico para hallar la resistencia que ofrece al paso de la corriente eléctrica un conductor de cobre de 500 metros de longitud. Como la "fórmula 1" exige utilizar el valor del área del alambre del conductor, si no tenemos ese dato a mano, habrá que medir primero el diámetro del alambre de cobre con un "pie de rey" o *vernier*, teniendo cuidado de no incluir en la medida el forro aislante, porque de lo contrario se obtendría un dato falseado. En el caso de este ejemplo, el supuesto diámetro de la parte metálica del conductor, una vez medido con el pie de rey, será de 1,6 mm.



Fuente: Google

Figura 2-6: Medición de diámetro con un pie de metro

Para hallar a continuación el área del conductor de cobre, será necesario utilizar la siguiente fórmula:

$$A = \pi * r^2$$

Donde:

A = Área de la circunferencia de la parte metálica del conductor de cobre, (cobre en este caso)
π = Constante matemática equivalente a “3,1416”
R = radio de la circunferencia (equivalente a la mitad del diámetro)

Antes de comenzar a sustituir los valores en la fórmula 2, tenemos que hallar cuál es el radio **(r)** de la circunferencia del alambre de cobre. Como ya medimos su diámetro **(d)** con el pie de rey y sabemos también que el radio siempre es igual a la mitad de esa medida, realizamos el siguiente cálculo:
1,6 / 2 = 0,8 mm
Elevamos después al cuadrado el valor del radio hallado, para lo cual multiplicamos el número resultante de la operación (0,8 mm) por sí mismo:
0,8 mm * 0,8 mm = 0,64 mm^2
Sustituimos seguidamente, en la fórmula 2, el resultado de este valor y lo multiplicamos por el valor de "π" *(pi)*.
A= 3,1416* 0,64 mm^2
A= 2 mm^2
Por tanto, una vez finalizada esta operación, obtenemos que el valor del área del alambre de cobre es igual a 2 mm^2.

A continuación, procedemos a sustituir valores en la fórmula 1, para hallar la resistencia que ofrece al paso de la corriente el conductor de alambre de cobre del ejemplo que estamos desarrollando:
ρ = 0,0172 Ω * mm^2
L= 500 metros (longitud alambre de cobre)
S= 2 mm^2 (área del alambre de cobre)

Sustituyendo estos valores en la primera ecuación, tendremos:

$$R = 0{,}0172\ \frac{\Omega * \mathrm{mm2}}{\mathrm{m}} * \frac{500\mathrm{m}}{2\mathrm{mm2}}$$

$$R = \frac{0{,}0117\Omega * 500}{2}$$

$$R = \frac{8{,}6}{2} = 4{,}3\Omega$$

Por tanto, la resistencia (R) que ofrece al paso de la corriente eléctrica un alambre de cobre de 2 mm^2 de área y 500 metros de longitud, a una temperatura ambiente de 20º C, será de 4,3 ohm.

Veamos ahora otro ejemplo, donde calcularemos la resistencia que ofrece, igualmente, al paso de la corriente eléctrica, un alambre nicromo, de 1 metro de longitud, con una sección transversal de 0,1 mm^2, sabiendo que la resistencia específica del nicromo a 20º Celsius de temperatura es de 1,5 $\Omega \cdot mm^2 / m$.

Volvemos a utilizar la primera fórmula y sustituimos los valores.

$$R = \rho * {}^{l}/_{s}$$

$$R = 1{,}5\frac{\Omega * mm2}{m} * \frac{1m}{0{,}1mm2}$$

$$R = \frac{1{,}5 * 1}{0{,}1}$$

$$R = 15\Omega$$

De esa forma hemos calculado que la resistencia (R) que ofrece al de la corriente eléctrica un alambre de nicromo de 0,1 mm^2 de área y 1 metro de longitud, a una temperatura ambiente de 20°C, es de 15 ohm.

En estos dos ejemplos podemos notar que un alambre de nicromo de sólo un metro de largo, con una sección transversal 20 veces menos que la del conductor de cobre, tiene una resistencia mayor (15Ω), superando en 3,5 veces la resistencia que ofrecen al paso de la corriente eléctrica los 500 metros de alambre de cobre.

Este resultado demuestra que el nicromo es peor conductor de la corriente eléctrica que el cobre.

2.7. TEMPERATURA EN LA RESISTENCIA DEL CONDUCTOR

La temperatura influye directamente en la resistencia que ofrece un conductor al paso de la corriente eléctrica. A mayor temperatura la resistencia se incrementa, mientras que a menor temperatura disminuye.

Sin embargo, teóricamente toda la resistencia que ofrecen los metales al paso de la corriente eléctrica debe desaparecer a una temperatura de 0 °K (cero grados Kelvin), o "cero absoluto", equivalente a – 273,16 ºC (grados Celsius), o – 459,69 ºF (grados Fahreheit), punto del termómetro donde se supone aparece la superconductividad o “resistencia cero" en los materiales conductores.

En el caso de los metales la resistencia es directamente proporcional a la temperatura, es decir si la temperatura aumenta la resistencia también aumenta y viceversa, si la temperatura disminuye la resistencia también disminuye; sin embargo, si hablamos de elementos semiconductores, como el silicio (Si) y el germanio (Ge), por ejemplo, ocurre todo lo contrario, pues en esos elementos la resistencia y la temperatura se comportan de forma inversamente proporcional, es decir, si una sube la otra baja su valor y viceversa.

2.8. ALAMBRE DE NICROM

El nicromo o nicrom es una aleación de níquel y cromo. La aleación tipo está compuesta de un 80% de níquel y un 20% de cromo. Es de color gris y resistente a la corrosión, con un punto de fusión cercano a los 1400 °C.

Por su gran resistividad y su difícil oxidación a altas temperaturas, es muy utilizado en la confección de resistencias para elementos telefónicos como chips de teléfonos móviles o cubiertas de motores de tractores.

Generalmente son preferibles los cables de nicrom con aislantes para evitar pequeños cortocircuitos, pero los que no llevan aislante deberían funcionar igualmente bien si se toman las medidas adicionales necesarias para aislar los cables.

También se usa la cinta Kapton o bien la cinta de teflón para un mejor aislamiento.

Las características principales del nicromo son las siguientes:

Composición Química Aproximada	
Ni	80%
Cr	20%

Propiedades		
DENSIDAD	8.31 g/cm^3	
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA A 20 ºC (microhms · cm) A 20 ºC (ohms • mil circular/pie)	 108 650	
TEMPERATURA DE OPERACIÓN MÁXIMA	1200 ºC	2200 ºF
PUNTO DE FUSIÓN	1400 ºC	2550 ºF
COEFICIENTE DE EXPANSIÓN	12.5 µm/m °C (20 - 100 °C)	

Factor Resistencia-Temperatura (F) A:												
20 ºC	100 ºC	200 ºC	300 ºC	400 ºC	500 ºC	600 ºC	700 ºC	800 ºC	900 ºC	1000 ºC	1100 ºC	1200 ºC
1.00	1.006	1.015	1.028	1.045	1.065	1.068	1.057	1.051	1.052	1.062	1.071	1.080

Fuente: Google, metalurgia física 2

Figura 2-7: tabla factores de resistencia

2.9. CORTADORES DE VIDRIO

Los cortadores utilizados en la industria para el corte de vidrio son de punta de diamante o carburo de tungsteno, por su gran durabilidad los primeros son los más factibles. Para realizar los relieves en el cristal se hará el uso de los cilindros adiamantados.

El tipo de cortador de vidrio más utilizado es el tipo Fletcher, la cual es una herramienta utilizada por un vidriero para realizar cortes precisos en el vidrio plano. Generalmente lo usa el personal que construye casas y edificios, para cortar las medidas exactas de los vidrios de las puertas y ventanas.

Sin embargo, también es utilizado por vidrieros artesanos o cuando se necesita cortar vidrio para alguna otra tarea. Con él se corta toda clase de vidrio plano, de cualquier grosor, desde el más delgado de 3mm hasta el de 20 mm.
La herramienta está compuesta por un asa que puede ser de madera, plástico o metálica y una cabeza de acero o carburo de tungsteno.

La cortadora de carburo de tungsteno tiene un periodo de vida útil más largo que la de acero ya que es más resistente y mantiene su filo por más tiempo.

Fuente: Google

Figura 2-8: Cortador de vidrio tradicional

2.9.1. Cortadores de vidrio manuales

Los cortadores de vidrio manuales son unos dispositivos similares en su forma y tamaño a un bolígrafo o a un pincel; que en un extremo tienen un material filoso que permite marcar el vidrio para su corte, y en el otro extremo del mango suelen tener un dispositivo que nos ayuda a quebrar el vidrio o golpearlo de forma segura. Es importante comprender que este tipo de herramientas no producen un corte de lado a lado del cristal, lo que hacen es hacer una marca profunda en el mismo, llamada línea de fractura, que nos permite luego quebrarlo de forma prolija y segura. Estas herramientas difieren de acuerdo a las siguientes características:

2.9.1.1. Por su forma

Pueden tener un mango largo y delgado como un pincel, o mango tipo pistola. Los de mango recto son más pequeños y prácticos, mientras que los que tienen forma de pistola necesitan menos presión para realizar el corte. Otra ventaja de los cortadores de mango recto es que la punta opuesta a la rulina está diseñada para, al colocarla debajo del vidrio, elevarlo de forma que se lo pueda quebrar de manera sencilla. Algunos modelos tienen una pequeña bola de material blando que sirve para golpear el cristal y forzar una ruptura controlada.

2.9.1.2. Por el material de corte

Éste puede ser acero o carburo. Cada material tiene un grado de dureza diferente que incide su tiempo útil, siendo el carburo –específicamente, el carburo de tungsteno-, el que tiene una duración más prolongada

2.9.1.3. Por el método de lubricación

Algunos cortadores de vidrio poseen pequeñas válvulas en el mango que permiten esparcir el lubricante a medida que se realiza el corte. Algunos modelos vienen con una pequeña almohadilla en la punta que puede ser empapada en aceite. Los cortadores de vidrio tradicionales requieren que la lubricación se haga aparte.

2.9.1.4. Por el método de corte

Algunos cortadores de vidrio poseen rulinas móviles y otros fijos, mientras que otros cortadores utilizan una cuchilla en forma de punta. Los de rulinas móviles son los más comunes.

Los cortadores de vidrio son piezas que sufren un desgaste con el tiempo. La forma de saber si el filo está bueno y se puede utilizar, es prestar atención al sonido que hace mientras corta, debe ser un sonido uniforme y preciso. Si se producen alteraciones o un ruido demasiado granulado, eso quiere decir que hay que reemplazar el filo. En la jerga del oficio, se dice que la rulina debe “cantar bien”.

2.10. PROPIEDADES DEL DIAMANTE

El diamante es carbono cristalino, de transparente a opaco, ópticamente isótropo. Es el material natural más duro conocido, gracias a su enlace covalente, aunque su tenacidad no es tan buena debido a importantes defectos estructurales. Se desconoce su resistencia a la tensión exacta. Sin embarrientación del cristal. Este mineral tiene un índice de refracción muy elevado (2,417) y una dispersión moderada (0,044), propiedades que son muy tenidas en cuenta durante el corte, y que le dan al diamante bien cortado su brillo y se clasifican en tipos y subtipos, dependiendo de la naturaleza de los defectos cristalográficos presentes.

Las impurezas a nivel de traza que sustituyen a los átomos de carbono en la red cristalina, y que en ocasiones dan lugar a defectos estructurales, son las responsables de la amplia gama de colores presentes en estos. La mayoría de los diamantes son dieléctricos pero muy buenos conductores del calor. La gravedad específica del diamante monocristalino (3,52) es muy constante. Pese a la creencia popular, la forma más estable del carbono no es el diamante sino el grafito.

2.11. VELOCIDAD DE CORTE

Se define como velocidad de corte la velocidad lineal de la periferia de una herramienta acoplada a una máquina herramienta. Su elección viene determinada por el material de la herramienta, el tipo de material a mecanizar y las características de la máquina. Una alta velocidad de corte permite realizar el mecanizado en menos tiempo, pero acelera el desgaste de la herramienta.

La velocidad de corte se expresa en metros/minuto. La velocidad adecuada de corte depende de varios factores y en ningún caso se debe superar la que aconsejan los fabricantes de las herramientas.

2.12. ALUMINIO

El aluminio es un elemento químico, de símbolo Al y número atómico 13. Se trata de un metal no ferromagnético. Es el tercer elemento más común encontrado en la corteza terrestre. Los compuestos de aluminio forman el 8 % de la corteza de la tierra y se encuentran presentes en la mayoría de las rocas, de la vegetación y de los animales. En estado natural se encuentra en muchos silicatos (feldespatos, plagioclasas y micas). Como metal se extrae únicamente del mineral conocido con el nombre de bauxita, por transformación primero en alúmina mediante el proceso Bayer y a continuación en aluminio metálico mediante electrólisis. Este metal posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en ingeniería de materiales, tales como su baja densidad (2700 kg/m^3) y su alta resistencia a la corrosión. Mediante aleaciones adecuadas se puede aumentar sensiblemente su resistencia mecánica (hasta los 690 MPa).

Es buen conductor de la electricidad y del calor, se mecaniza con facilidad y es muy barato. Por todo ello es desde mediados del siglo XX el metal que más se utiliza después del acero.
Fue aislado por primera vez en 1825 por el físico danés H. C. Oersted. El principal inconveniente para su obtención reside en la elevada cantidad de energía eléctrica que requiere su producción. Este problema se compensa por su bajo coste de reciclado, su extendida vida útil y la estabilidad de su precio.

2.12.1. Características físicas

El aluminio es un elemento muy abundante en la naturaleza, solo aventajado por el oxígeno y el silicio. Se trata de un metal ligero, con una densidad de 2700 kg/m³, y con un bajo punto de fusión (660 °C). Su color es blanco y refleja bien la radiación electromagnética del espectro visible y el térmico. Es buen conductor eléctrico (entre 35 y 38 m/ (Ω mm²)) y térmico (80 a 230 W/(m·K)).

2.12.2. Características mecánicas

Es un material blando (escala de Mohs: 2-3-4) y maleable. En estado puro tiene un límite de resistencia en tracción de 160-200 N/mm² (160-200 MPa). Todo ello le hace adecuado para la fabricación de cables eléctricos y láminas delgadas, pero no como elemento estructural. Para mejorar estas propiedades se alea con otros metales, lo que permite realizar sobre las operaciones de fundición y forja, así como la extrusión del material. También de esta forma se utiliza como soldadura.

2.12.3. Características químicas

La capa de valencia del aluminio está poblada por tres electrones, por lo que su estado normal de oxidación es III. Esto hace que reaccione con el oxígeno de la atmósfera formando con rapidez una fina capa gris mate de alúmina Al2O3, que recubre el material, aislándolo de posteriores corrosiones. Esta capa puede disolverse con ácido cítrico. A pesar de ello es tan estable que se usa con frecuencia para extraer otros metales de sus óxidos. Por lo demás, el aluminio se disuelve en ácidos y bases. Reaccionan con facilidad con el ácido clorhídrico y el hidróxido sódico.

2.13. MOTORES DC (CORRIENTE CONTINUA)

Un motor de corriente continua es cualquiera de una clase de máquinas eléctricas rotativas que convierte la energía eléctrica de corriente continua en energía mecánica. Los tipos más comunes se basan en las fuerzas producidas por los campos magnéticos. Casi todos los tipos de motores de CC tienen algún mecanismo interno, ya sea electromecánico o electrónico, para cambiar periódicamente la dirección del flujo de corriente en una parte del motor.

Los motores de CC fueron el primer tipo ampliamente utilizado, ya que podrían ser alimentados por sistemas de distribución de energía de iluminación de corriente continua. La velocidad de un motor de CC se puede controlar en un amplio rango, ya sea utilizando una tensión de alimentación variable o cambiando la intensidad de la corriente en sus devanados de campo. Los pequeños motores de CC se utilizan en herramientas, juguetes y electrodomésticos. El motor universal puede operar con corriente continua, pero es un motor liviano que se usa para herramientas y electrodomésticos portátiles. Los motores de corriente continua más grandes se utilizan en la propulsión de vehículos eléctricos, elevadores y elevadores, o en accionamientos para trenes de laminación de acero. La llegada de la electrónica de potencia ha hecho posible el reemplazo de motores de CC con motores de CA en muchas aplicaciones.

Fuente: Google

Figura 2-9: Motor DC

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

A grandes rasgos ya se puede tener una idea de cómo se puede empezar a diseñar nuestra máquina, ya que sabemos los elementos a utilizar, sólo debemos utilizar los cálculos y estudios necesarios para seleccionar dichos elementos.

3.1 SELECCIÓN DE MOTOR

Para comenzar a seleccionar los elementos empezaremos por el motor, que será la parte más importante en nuestra máquina, ya que será la que le da el giro a la botella, de esta manera será necesario saber la velocidad correcta para la rotación del corte.

3.1.1Velocidad de giro

No existe una velocidad determinada específica para el corte del vidrio, especialmente para el corte de una botella de vidrio, es por lo que debemos reunir argumentos necesarios y confiables para determinar una velocidad apropiada conforme a lo que queremos lograr. La velocidad de giro del motor será de regulada y tendrá cierto rango de velocidad. Los motivos de selección de esta velocidad son los siguientes:

- La velocidad de corte sin duda debe ser muy baja, primero porque buscamos perfección y no una alta producción en un corto tiempo.
- El tener una velocidad baja nos permitirá tener un corte con menos fricción, lo que nos ayuda a tener menos irregularidades dentro de la línea de corte.
- También tendremos un desgaste del diamante mucho menor, el cual durará mayor tiempo.
- Un factor importante para realizar el corte es la temperatura que aplicaremos a la línea de corte, la cual se llevará a cabo a través de una resistencia eléctrica, donde debe entregar la temperatura de forma constante y uniforme. La forma correcta de aplicar calor de esta forma es a una velocidad baja, además de los motivos de seguridad pertinentes.

Cabe señalar que la velocidad será controlada por un potenciómetro, ya que el motor será configurado por el sistema Arduino, lo que significa que podremos ir de 1 rpm hasta los 10 que tendremos disponibles.

Lo siguiente a considerar para seleccionar nuestro motor será el torque que deberá tener para hacer girar nuestra botella, para ello utilizaremos el caso con mayor necesidad de torque.

El tipo de botella que la máquina podrá cortar es muy variado, pero existirán ciertas restricciones, para ello diremos que vamos a considerar la masa de la botella, la presión de la herramienta de corte y la fricción de la botella con la resistencia eléctrica.

El rango de diámetro será de 60 mm hasta 140 mm, lo que significa que consideraremos la botella de mayor diámetro para considerar su masa. En cuanto a botellas, la que tiene mayor diámetro es la botella de vino de 1.5 litros, con un diámetro de 144 mm. Su masa es equivalente a 0,635 kg.

Teniendo la principal masa a vencer, nos queda calcular el roce que ofrecerá una oposición al giro del motor. Para ello consideraremos los materiales que entrarán en contacto, que es el vidrio y cobre. A continuación, se muestra en la imagen una tabla de coeficientes de rozamientos entre distintos elementos.

Materiales en contacto	Coeficiente de rozamiento estático μ_s	Coeficiente de rozamiento cinético μ_k
Hielo-Hielo	0.1	0.03
Vidrio-Vidrio	0.9	0.4
Madera-Cuero	0.4	0.3
Madera- Vidrio	0.25	0.2
Madera-Madera	0.4	0.3
Madera-Acero	0.34	0.3
Acero-Hielo	0.03	0.02
Acero-latón	0.5	0.4
Acero-Teflón	0.04	0.04
Teflón-Teflón	0.04	0.04

Fuente: trabajo de investigación rozamiento estático y cinético

Figura 3-1: Tabla de coeficientes de roce

Seleccionaremos el coeficiente de fricción estática, ya que es mayor al coeficiente cinético, esto quiere decir que existirá más fricción al momento de mover el elemento cuando está detenido, mientras que la fricción será menor mientras el movimiento sea constante. En resumen, para nuestro caso más difícil será necesario vencer la fricción estática.

La fórmula para calcular la fuerza de roce es la siguiente:

$$Fr = W * \mu$$

Donde:
Fr = fuerza de roce
W = masa
μ = coeficiente de rozamiento (cobre – vidrio)

reemplazando:
Fr = 0,635 kg * 0,25
Fr = 0,1587 kg

Despreciando el roce entre la herramienta de corte (diamante) y el vidrio tenemos la masa de la botella 0,635 kg, más la fuerza de roce 0,1587 kg tenemos una masa de 0,793 kg que vencer. Esto quiere decir que necesitaremos un torque superior a 1 kg.

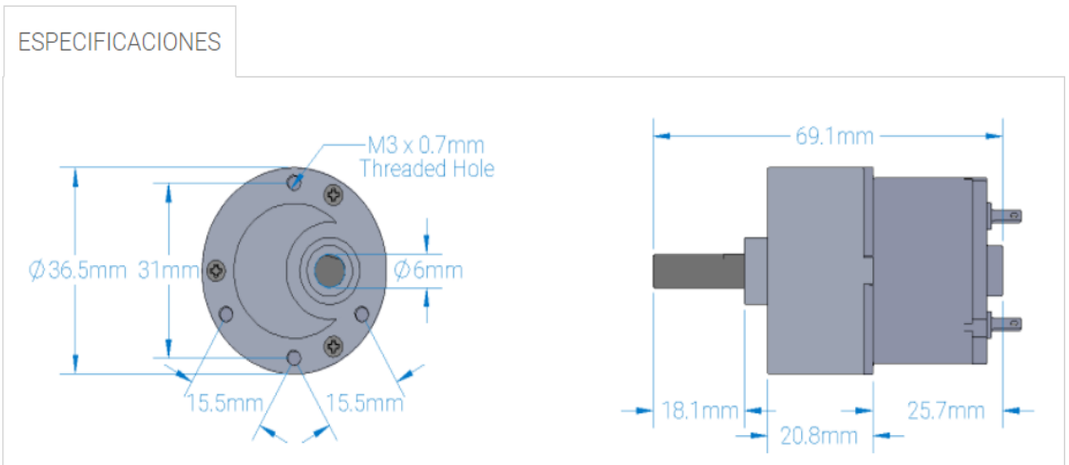
Con estos datos ya podemos seleccionar nuestro motor, el cual debe ser un motor de corriente continua de baja velocidad, pero de alto torque, siendo los motorreductores de 12v los que cumplen con estos requisitos.

Es muy complejo encontrar motores con baja RPM y alto torque, para ello tenemos dos opciones, las cuales las presentaré a continuación.

Como primera opción consideraremos un motor de 12v de 10 rpm, con un torque de 7 kg, el cual cumple con los requerimientos.

Por otra parte, tenemos un motor de 12v de 10 rpm con un torque de 11 kg, cual también cumple con los requisitos, pero ofrece un mayor torque, la diferencia radica en que el primer motor se encuentra en Santiago de Chile y el segundo se debe pedir a Estados Unidos, lo que implica un mayor costo.

Independiente de la opción que escojamos, las características del motor serán las siguientes:



Fuente: servocity

Figura 3-2: Dimensiones de un motor DC

3.1.2. Características técnicas

Tabla 3-1 Características técnicas motor 12v

Voltaje	12V
Rango de voltaje	3V – 12V
Velocidad	10 rpm
Corriente (sin carga)	45mA
Corriente (stall)	500mA
Torque	11kg-cm
Relación de transmisión	300:1
Estilo de la caja de cambios	Espuela de corte recto
Tipo de motor	Corriente continua
Salida diámetro del eje	6 mm
Estilo del eje salida	D-eje
Soporte de salida del eje	Cojinete
Conexión eléctrica	Terminal spade male

Estilo de la caja de cambios	Espuela de corte recto
Tipo de motor	Corriente continua
Salida diámetro del eje	6 mm
Estilo del eje salida	D-eje
Soporte de salida del eje	Cojinete
Conexión eléctrica	Terminal spade male
Tamaño de montaje tornillo	M3 x 0,5 mm
Peso del producto	128 g

Fuente: elaboración propia

Ya tenemos el elemento más significativo de nuestra máquina, ahora veremos los elementos que llevarán a cabo el procedimiento de corte, los encargados de efectuar la fractura perfecta en la botella.

3.2 CÁLCULO DE RESISTENCIA ELÉCTRICA

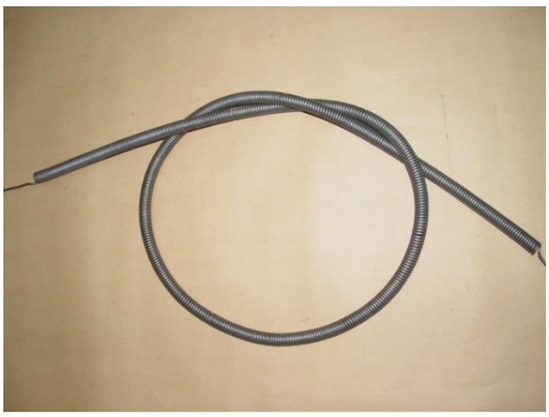
La selección de este elemento es relativamente compleja, ya que tenemos varias opciones de materiales para fabricar o comprar una resistencia eléctrica, pero las diferencias en rendimiento y consumo son grandes, lo que nos ayuda a tener una visión más clara de lo que buscamos, desechando opciones de alto consumo.

Dentro de las opciones que tenemos, contamos con las resistencias calefactoras como las que se muestran en la imagen, pero son complejas de adquirir, además de tener un costo elevado.

Fuente: Google

Figura 3-3: Tipos de resistencias de nicromo

La segunda opción es el alambre de nicromo, el cual es más fácil de conseguir, ya sea como alambre o como resistencia hecha y calibrada.



Fuente: google

Figura 3-4: Alambre de nicromo a utilizar

Para poder seleccionar la resistencia adecuada, debemos entender a que nos enfrentaremos para el uso de esta misma, es por ello, que debemos tener en consideración el material que cortaremos, en este caso el vidrio.

Existen varios puntos importantes en la fabricación y procesados de los vidrios, los cuales veremos a continuación:

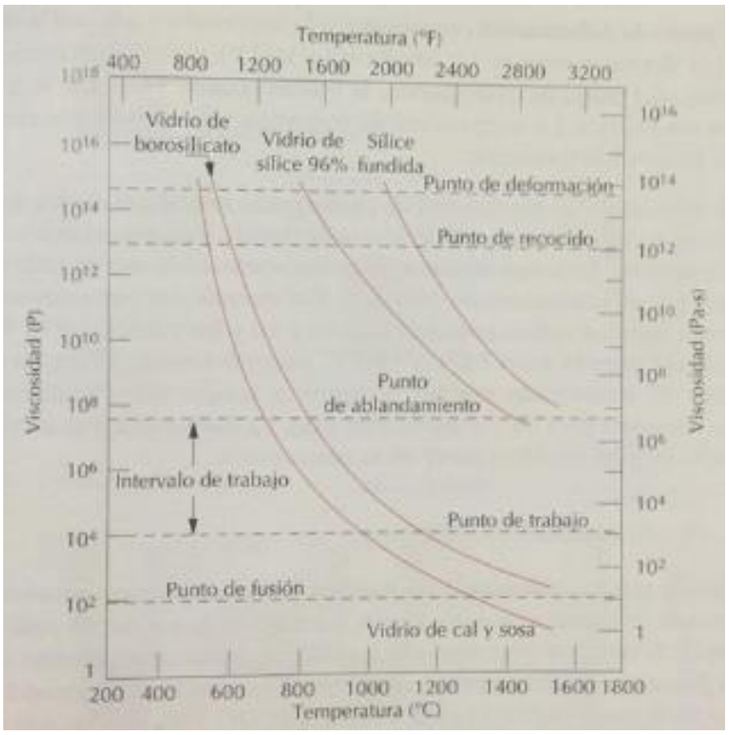
El **punto de fusión** corresponde a la temperatura a la cual la viscosidad es 10 Pa-s (100 P); el vidrio es suficientemente fluido para ser considerado como líquido.

El **punto de trabajo** representa la temperatura a la cual la viscosidad el 10^3 Pa-s (10^4 P); el vidrio es fácilmente deformado a esa viscosidad.

El **punto de ablandamiento**, temperatura a la cual la viscosidad es 4 x 10^6 Pa-s (10^7 P), es la temperatura máxima a la cual una pieza de vidrio puede ser manipulada sin producir alteraciones dimensionales significativas.

El **punto de recocido** es la temperatura a la cual la viscosidad es 10^{12} Pa-s (10^{13} P); a esta temperatura, la difusión atómica es suficientemente rápida para que cualquier tensión residual pueda ser eliminada en aproximadamente 15 minutos.

El **punto de deformación** corresponde a la temperatura a la cual la viscosidad alcanza valores de 3 x 10^{13} Pa-s (3 x 10^{13} P); para temperaturas por debajo del punto de deformación, la fractura ocurre antes que la deformación plástica. La temperatura de transición vítrea estará por encima del punto de deformación.



Fuente: Fundamentos de la ciencia e ingeniería moderna, Mcgraw Hill

Figura 3-5: diagrama de temperatura del vidrio

La temperatura de fusión del vidrio es de 1500°C aproximadamente, por ende, no debemos aplicar una temperatura cercana a esa cantidad de grados Celsius para no fundir la botella, sino que necesitamos una temperatura mucho menor, donde consigamos el corte sin deformar la botella o el vidrio. Para conseguir el quiebre en la botella lo debemos hacer en su punto de deformación, como se indica en los puntos señalados anteriormente, específicamente en el número 5.

La temperatura que debe alcanzar nuestra resistencia eléctrica debe rondar entre los 400 y 800°C aproximadamente. El alambre de nicromo es el material ideal para llevar a cabo esta tarea, ya que es un material resistivo el cual es utilizado para mejorar el desempeño a altas temperaturas de muchos otros materiales a muy altas temperaturas, donde otros elementos presentan problemas y abre la posibilidad de nuevas aplicaciones por la flexibilidad que presenta el alambre nicrom.

3.2.1 ventajas del alambre de nicrom

Mejora la resistencia del material en altas temperaturas, dando:

- Mayor estabilidad del elemento en presencia de calor
- Menor necesidad de elementos de soporte
- Bajo nivel de impedancia
- Vida útil mayor

Excelente coeficiente de oxidación, porque:

- Tiene una buena protección en la mayoría de las atmósferas, especialmente en las corrosivas
- Es libre de impurezas
- Vida útil prolongada

El nicrom alcanza temperaturas máximas de 1200°C

Fuente: google

Figura 3-5: Alambre de nicrom en funcionamiento

El alambre de nicrom existe en distintos diámetros, los cuales se clasifican por su calibre, en nuestro caso utilizaremos un alambre calibre 33, el cual tiene un diámetro de 0,18 mm. Mientras mayor sea el calibre del alambre, menor será su diámetro.

En nuestro caso el uso que le daremos al nicrom es para cortar botellas de vidrio, y según ese uso el calibre recomendado por los fabricantes es el calibre 33. Además de señalar que el alambre de mayor grosor (calibre más bajo) es menos susceptible a la interferencia, posee menos resistencia interna y, por lo tanto, soporta mayores corrientes a distancias más grandes.

En otras palabras, si utilizamos un calibre menor, tendremos que requerir más cantidad de metros para generar la misma cantidad de potencia.

Para realizar los cálculos recurriremos a la ley de ohm y la ley de watt, sus respectivas fórmulas son las siguientes:

Ley de ohm: I=V/R > (Intensidad = Voltios / Resistencia)
Ley de watt: W= I x V > (Vatios = Intensidad x Voltios)

Nuestra resistencia será de 250 W, con un diámetro de 0,18 - 0,20 mm conectada a una red de 220V.

Conocemos los watts (250) y los voltios (220), aplicando ley de ohm tenemos:

$$\frac{250}{220} = 1{,}13\ Amperios$$

Por lo tanto: $\frac{220}{1{,}13} = 194{,}69\ \Omega$

Para saber cuántos metros necesitaremos en nuestra resistencia, será necesario revisar la siguiente tabla:

Diámetro en m/m	Sección m/m^2	Ohmios por Metro Ω *m=ρ	Gramos por metro	Intensidad máxima En Amperios a: 800 º c
3	7	0,166	36	65,4
2,5	4,88	0,20	29	56,2
2	3,14	0,33	26,7	45,3
1,6	2,10	0,53	16	32,4
1,3	1,31	0,83	10	23,4
1,15	1,04	1,10	8,35	19,8
1	0,78	1,35	6,6	16,8
0,9	0,64	1,67	5,2	14,2
0,8	0,50	2,12	4,23	12
0,72	0,408	2,67	3,34	10,20
0,64	0,32	3,38	2,64	8,65
0,57	0,25	4,24	2,10	7,33
0,51	0,204	5,36	1,67	6,20
0,45	0,159	6,76	1,33	5,27
0,40	0,125	8,57	1,02	4,47
0,36	0,102	10,74	0,84	3,80
0,32	0,08	13,64	0,65	3,23
0,28	0,06	16,95	0,52	2,71
0,25	0,049	21,65	0,141	2,30
0,22	0,038	27,33	0,326	1,95
0,20	0,031	33,82	0,263	1,66
0,16	0,02	54,52	0,164	1,18
0,12	0,011	86,59	0,100	0,85
0,1	0,007	135,26	0,067	0,613
0,08	0,005	240,53	0,037	0,439

Fuente: Scribd, nicrom

Figura 3-6: Tabla de especificaciones y valores del nicrom

El calibre 33 corresponde al diámetro comprendido entre los 0,18 y 0,20 mm, dependiendo del fabricante.
Según la tabla, tenemos que por un metro de alambre de nicrom, de 0,20 mm de diámetro tenemos 33,82 ohm (Ω), necesitando en nuestro caso 194,69 Ω.
Hacemos nuestra ecuación para calcular la cantidad de metros:

$$1\text{m} = 33{,}82\Omega$$
$$X = 194{,}69\Omega$$

Despejando X nos queda:

$$X = \frac{194{,}69\Omega}{33{,}82\Omega}$$
$$X = 5{,}75 \text{ metros.}$$

Entonces, necesitaremos 5,75 metros de alambre de nicromo calibre 33 para generar 250W de potencia, conectados a una red de 220V, los cuales serán enrollados en forma de espira conforme al largo que queramos darle.

Todo lo anterior es el cálculo en la teoría, debemos señalar que conseguir el alambre de nicrom es muy complejo, además de tener un costo elevado, a excepción de comprar en el extranjero vía internet, lo cual tarda varios meses en llegar.

Lo más práctico y accesible es comprar un alambre de nicromo estandarizado en alguna tienda de electricidad, es por ello que en nuestro caso se decidió optar por comprar un alambre de 250 watt, en donde se midió la temperatura que genera, la corriente que consume, etc.

3.3 SELECCIÓN DE HERRAMIENTA DE CORTE

Existen distintos tipos de cortadores de vidrio, donde debemos escoger el más apropiado conforme a uso que le daremos, para ello es necesario tener en consideración lo siguiente:

¿Cuál es la función de un cortador de vidrio?

Su función es crear una interrupción delgada, por lo general en una línea recta, a lo largo de un trozo de vidrio. Esta línea, conocida como una partitura, permite que el vidrio se rompa por completo y el artista puede cortar piezas de diferentes formas. Varios cortadores se utilizan para crear formas básicas y formas como círculos más difíciles. Cada uno tiene su propio conjunto de ventajas y desventajas, y muchas veces la decisión de qué cortador para usarlo todo se reduce a preferencias personales del usuario.

Dentro de los cortadores más utilizados encontramos los siguientes:

Cortadores de diamante de cristal: El elemento de trabajo en éste es el cortador de cristal del diamante tamaño pequeño, el cual, por medio de soldadura de plata sostiene con seguridad su posición. Se usa para cortar el vidrio, cuyo espesor es de menos de 1 centímetro. La herramienta tiene una larga vida útil, que se puede cortar en más de 10 kg de vidrio.
El borde de corte de la herramienta se realiza en forma tetraédrica o piramidal curvada. Con esta última opción sólo se debe ejecutar por un cortador cualificado, usuario normal es mejor dar preferencia a cortador de vidrio con una forma curvilínea.

Cortadores de carburo: Hechos de la aleación extremadamente dura, rodillos de cobalto y tungsteno actúan como un elemento de corte en la herramienta de este tipo. Las herramientas más populares con un ángulo de 100 ° y un diámetro de rodillos de 6,6 mm. Número de cilindros de corte durante varios modelos puede diferir. Con el aumento de su número aumentó la calidad de corte, pero incrementa el coste de la herramienta.
Los rodillos cantidad más preferida -4-6 piezas. Por medio de una herramienta de este tipo puede cortar el vidrio a un espesor de 7 mm.

Cortadores lubricados: Es un simple rodillo cortador de vidrio, que está equipado con el sistema de lubricación. Como resultado, el rodillo de fricción se reduce, lo que conduce a un aumento significativo de la vida de la herramienta. Debido a los cortadores de vidrio de aceite de lubricación constante se mueve con suavidad, y mejora la calidad del trabajo con ellos. De los tres tipos de cortadores que se describieron, podemos inferir que cualquiera de ellos nos sirve para nuestro proyecto, pero debemos seleccionar el más idóneo, para ello analizaremos las características técnicas y los costos a través del tiempo conforme a la vida útil de la herramienta.

El cortador que se muestra en la imagen corresponde al segundo descrito anteriormente, siendo el más común y el más utilizado debido a su larga vida útil, aproximadamente 30.000 metros, significando esto para nuestro proyecto el corte de 125.000 botellas.

Fuente: Catálogo carbone

Figura 3-7: Cortador de vidrio con 6 ruedas cortantes

El tercer tipo de cortador de vidrio es el que se muestra en la imagen, el cual tiene en su mango un sistema de lubricación, dicho sistema se acciona cuando se aplica la presión de corte al vidrio. El material del cortador es de carburo de tungsteno, con una vida útil aproximada de 6.000 metros, lo cual significarían 25.000 botellas cortadas.

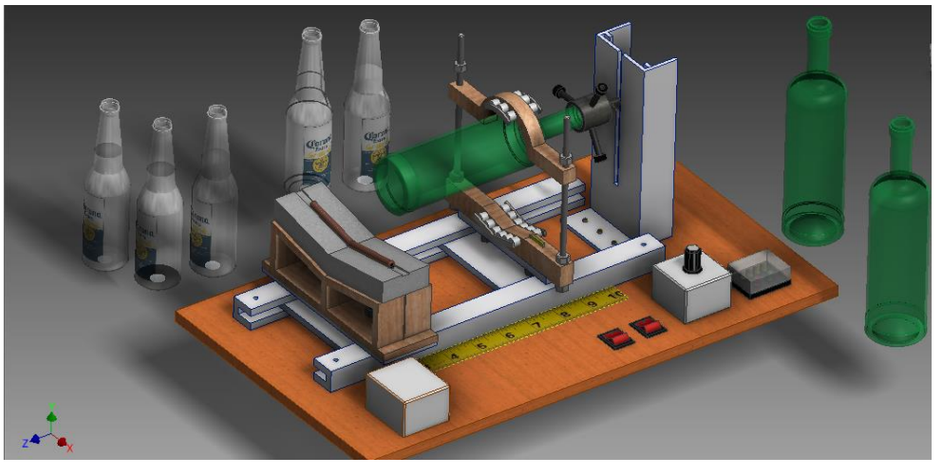
Fuente: Catálogo carbone

Figura 3-8: Cortador de vidrio con lubricación

En base a lo visto anteriormente diremos que el cortador de 6 ruedas es el tipo de cortador ideal para la máquina, ya que, su vida útil es mucho mayor, aunque cualquier tipo de cortador de vidrio nos sirve para nuestro objetivo que sólo es generar un demarcado en la botella para luego aplicar calor y efectuar el corte.

3.4 DISEÑO Y ESTRUCTURA

Luego de distintos diseños analizados, se estimó que el que cumple de forma eficaz y eficientemente el trabajo es el siguiente modelo:



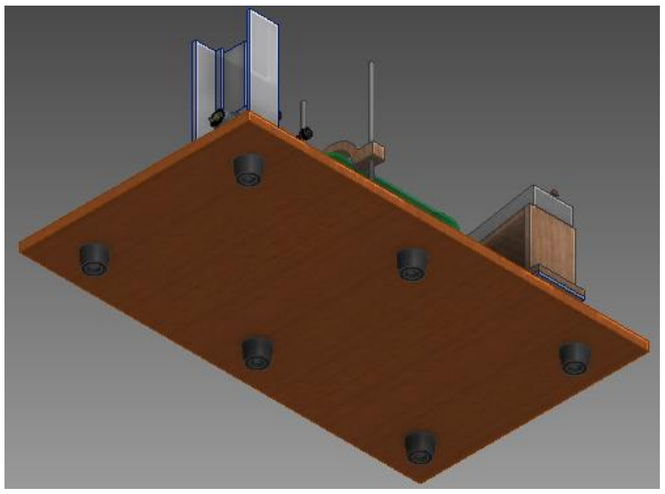
Fuente: Elaboración propia

Figura 3-9: Máquina cortadora de botellas de vidrio

En ella podemos identificar varios elementos que no hemos analizado anteriormente, los cuales se mencionan a continuación:

1. La base (madera).
2. Componentes estructurales (aluminio, madera).
3. Componentes eléctricos (sistema Arduino, transformador, etc.).
4. Componentes de apoyo (base resistencia, topes, etc.).
5. Cinta métrica o huincha.

El conjunto de elementos estará soportado por una base de madera, (MDP melamina acacia), de dimensiones 40 x 70 cm, la cual tendrá 6 apoyos de goma en los extremos laterales, divididos de forma simétrica, para evitar el deslizamiento y asegurar una mayor fijación a la superficie donde se dispondrá la máquina.



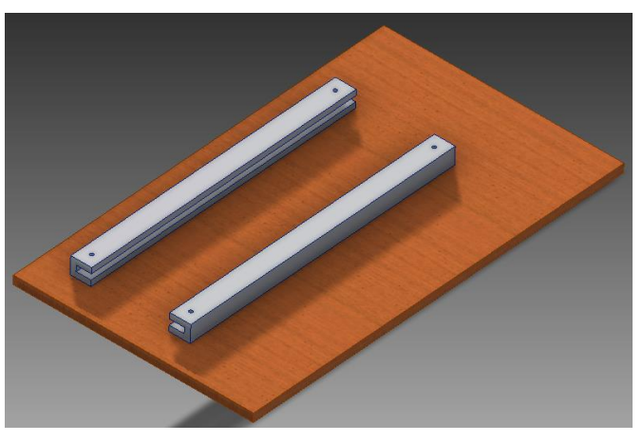
Fuente: Elaboración propia

Figura 3-10: Base con topes de goma antideslizantes

Sobre la base que se ve en la imagen, se encuentra toda la estructura del diseño de la máquina, donde iremos ensamblando cada elemento en detalle.

Existen dos elementos de iguales dimensiones los cuales al estar en cierta posición forman un tipo de riel, que es donde se genera el movimiento lineal del resto de los componentes, esto es posible ya que dichos elementos tienen una forma y figura que permite el movimiento por medio de una pieza que forme una conexión entre ambas.

Para analizar de mejor forma lo explicado anteriormente veremos la siguiente imagen:

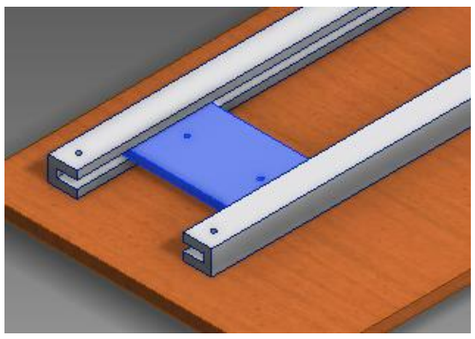


Fuente: Elaboración propia

Figura 3-11: Rieles fijos a la base

El material con el que están construidos ambos elementos es de aluminio, ya que nos proporcionan cierto grado de profesionalismo en el diseño de la máquina, además de ser un material económico. A estos elementos les llamaremos “rieles” e irán fijados por pernos.

Con los dos rieles en posición podemos ensamblar la placa Nº 1, la cual también está fabricada de aluminio. Dicha placa proporcionará el deslizamiento de la estructura entre los rieles, como se observa en la imagen.



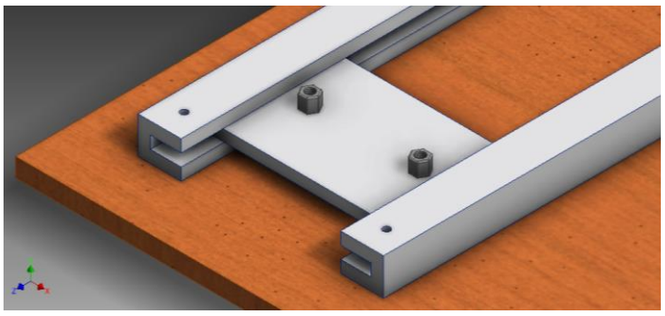
Fuente: Elaboración propia

Figura 3-12: base deslizante en los rieles fijos

Sobre la placa que vimos en la imagen X, irán dos tuercas, las cuales cumpliran dos funciones:

1. Separar la placa Nº 1 de la placa Nº 2 para generar desplazamiento.
2. Unir ambas placas y sistema siguiente.

En la imagen que se muestra a continuación, podemos apreciar las dos tuercas unidas a la placa por medio de un espárrago de 8 mm de diámetro, las cuales darán altura para permitir el movimiento de la estructura que irá sobre ella.



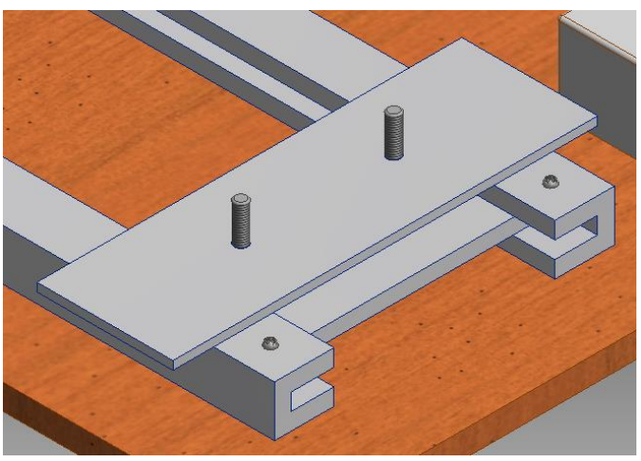
Fuente: Elaboración propia

Figura 3-12: tuercas métricas separadoras

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-13: Detalle de separación entre base movible y base movible 2

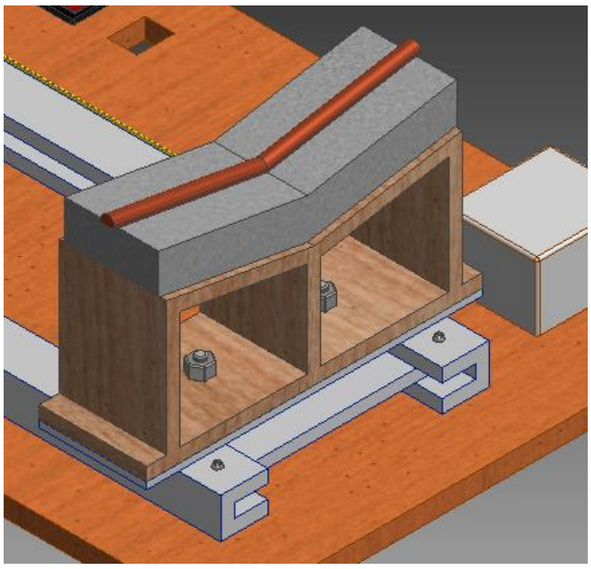
Luego, se dispone a ubicar la placa Nº 2 sobre las tuercas, la cual también será ensamblada por el mismo espárrago de 8 mm.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-14: Espárragos 8mm, sujetadores de bases movibles

Sobre la placa Nº 2 se ensambla una estructura de madera, la cual sostiene dos bloques rectangulares de cemento en donde irá la resistencia eléctrica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-15: Sujeción base resistencia

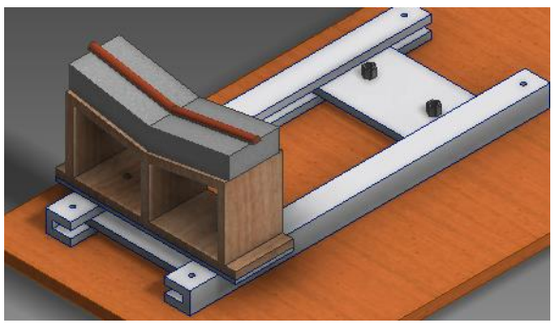
La base de madera tiene una forma en “v”, lo que permite que la botella tenga dos puntos de contacto con la resistencia eléctrica, además de asegurar una mayor fijación durante el giro de esta. Sobre la base de madera irán dos bloques de ladrillo refractario, ya que debe resistir la temperatura del nicromo, en nuestro caso 330 °C.

Fuente: Captura propia

Figura 3-6: Temperatura en °C de la resistencia eléctrica

El siguiente paso en la construcción de la máquina es el ensamble de la segunda parte móvil dentro de la máquina, que corresponde al demarcado del perímetro de la botella por medio del cortador de vidrio. Para ello seguiremos los siguientes pasos:

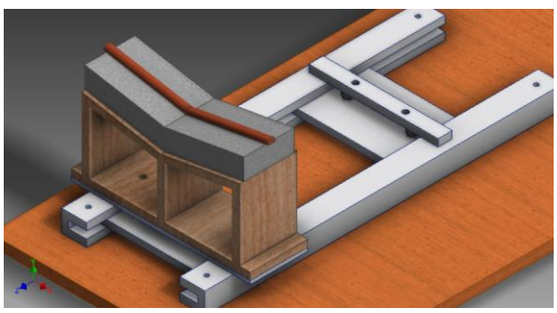
1. Insertar placa Nº 3 (mismas dimensiones de la placa Nº 1) con sus respectivas tuercas unidas al espárrago de 8 mm de diámetro.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-17: instalación segunda estructura de corte

2. Ensamblar placa Nº 4 sobre placa Nº3 separadas por las tuercas.



Fuente: Elaboración propia

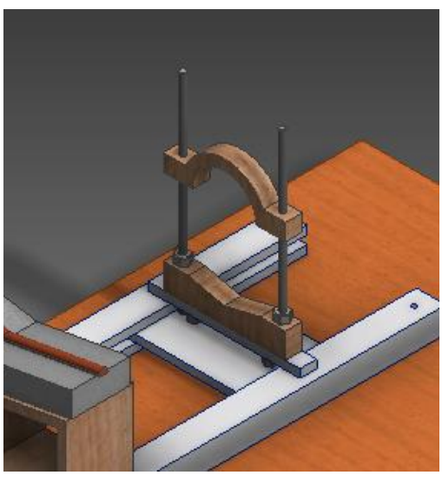
Figura 3-18: Instalación segunda estructura

3. Lo siguiente es ensamblar la estructura donde se llevará a cabo el demarcado de la botella, el cual es ensamblado de forma independiente para luego adjuntarlo a la máquina.

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-19: Diseño para efectuar demarcado en la botella

4. Para finalizar esta parte de la máquina, se une la figura mostrada en la imagen anterior a la placa N° 4.

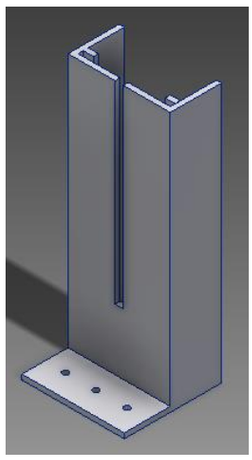


Fuente: Elaboración propia

Figura 3-20: Instalación segunda estructura

El diseño que tenemos hasta este punto nos muestra los dos sistemas de corte que tendrá nuestra máquina, los cuales explicaremos más adelante.

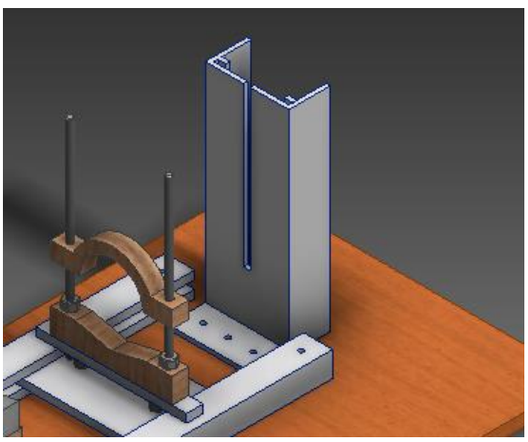
El siguiente paso es ensamblar el soporte del motor, el cual tiene un diseño que permite ajustar la altura del motor, proporcionando así una variedad de diámetros de corte. El elemento tiene la siguiente forma:



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-21: Soporte del motor

Uniendo esta estructura a la máquina, nos queda de la siguiente manera:

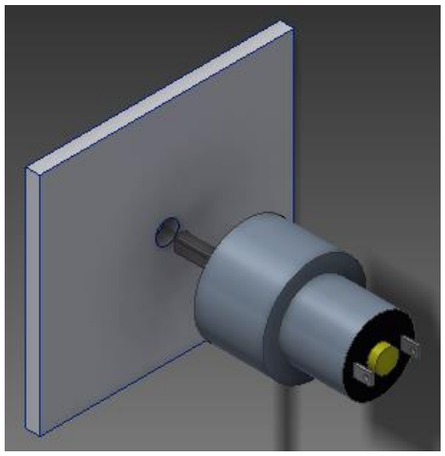


Fuente: Elaboración propia

Figura 3-22: Unión de soporte motor a la base de madera

Como su nombre lo indica, este elemento es quien dará el soporte al motor de nuestra máquina, el cual está diseñado para que el motor sea ajustable en su altura, lo que hace nuestra máquina sea más versátil, permitiendo efectuar el corte de botellas con diferentes diámetros.

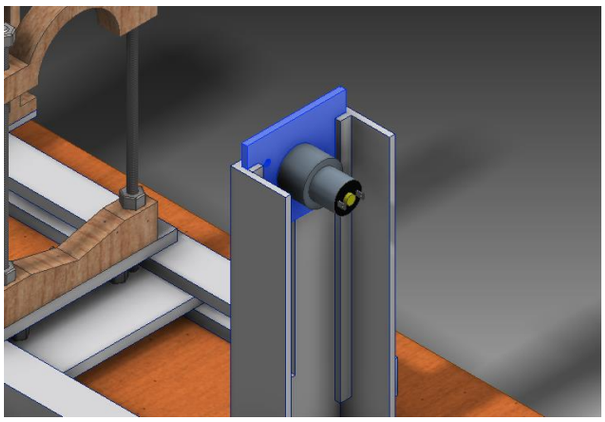
Antes de ubicar el motor en el soporte, debe fijarse a una placa de aluminio (placa Nº 5)



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-23: Unión motor placa movible

El sistema de fijación motor – placa será mediante un pegamento para metales (adhesivo acero líquido). Una vez fijado a la placa, nos resta ubicar el conjunto al soporte del motor, como se muestra en la siguiente imagen:



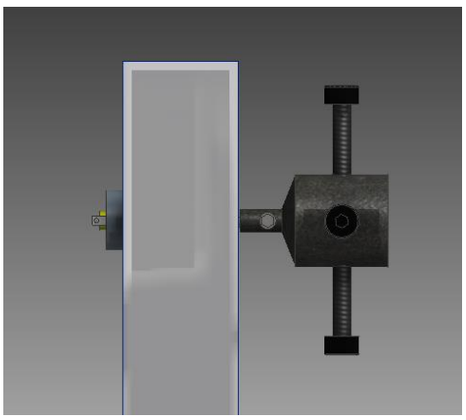
Fuente: Elaboración propia

Figura 3-24: Motor unido a placa instalado en estructura de soporte

El siguiente paso es acoplar el elemento que sostendrá la botella al motor, el cual tiene la siguiente forma:

Fuente: Elaboración propia

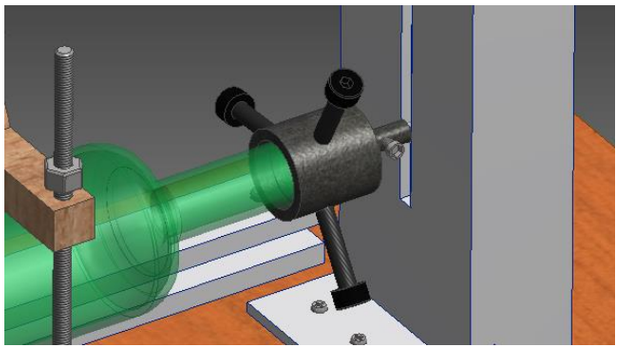
Figura 3:25: Acople motor-botella



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-26: Acople unido a motor

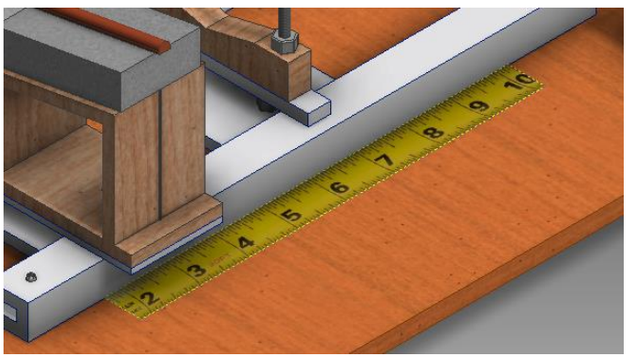
Para finalizar el ejemplo uniremos la botella al acople:



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-27: Botella unida al acople

En cuanto a diseño lo que nos resta es ubicar una cinta métrica, la cual nos ayudará a medir la distancia de corte de nuestra máquina.



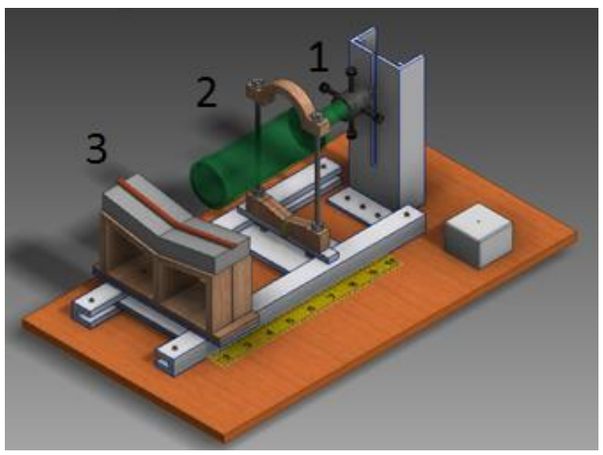
Fuente: Elaboración propia

Figura 3-28: Instalación cinta métrica

3.5 ANALISIS DE FUNCIONAMIENTO

Para empezar a explicar el funcionamiento de nuestra máquina, diviremos la misma en tres partes de funcionamiento:

1- Giro de la botella (motor)
2- Demarcado de la botella (cortador de vidrio)
3- Corte de la botella (resistencia eléctrica)



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-28: Secciones de funcionamiento

El funcionamiento 1 está dado por el giro del motor, el cual tiene una velocidad de 10 RPM, con un torque de 8 kg.

Tener una velocidad de 10 RPM es bueno, pero para sólo una parte del procedimiento, el cual explicaremos más adelante. La velocidad de corte será regulada, ya que, al momento de hacer girar la botella sobre la resistencia eléctrica esta debe ser menor a 10 RPM, estimando una velocidad cercana a los 4 RPM.

Para ello debemos configurar el motor para poder regularlo con un potenciómetro, como también poder controlar su activación a gusto (on – of), sin tener que desenchufar la máquina.

Para ello utilizaremos el sistema electrónico Arduino, el cual nos proporcionará la configuración al motor. Adicionalmente serán agregadas luces led, las cuales nos darán cuenta de 3 cosas:

- El sistema está energizado
- El sistema está en funcionamiento
- Velocidad estimada del motor

El sistema Arduino tiene la siguiente forma y estructura:

Fuente: Arduino

Figura 3-29: Placa Arduino UNO

Este aparato se conecta al puerto USB de un computador, por medio de un cable de red, donde se le entregan distintas programaciones dependiendo de lo que se requiera.
Todo esto se lleva a cabo mediante un programa que se descarga fácilmente desde la página web de Arduino (www.arduino.cc).
Para empezar a programar en nuestro Arduino debemos tener claro lo que queremos lograr en nuestra configuración, para saber qué elementos electrónicos utilizaremos.

La principal función de nuestro Arduino será controlar la velocidad del motor, todo esto por medio de un potenciómetro, siendo este un dispositivo conformado por 2 resistencias en serie, las cuales poseen valores que pueden ser modificados por el usuario.

Logrando regular la velocidad del motor, resulta muy sencillo agregar los leds, dándoles funciones de encendido y apagado conforme a lo que se requiera.

La máquina en sí irá conectada a la corriente de 220V, por lo que es necesario dividir las tareas dentro del sistema, ya que el motor funciona sólo con 12V.

Sabiendo que tenemos un motor de 12V, y que queremos encender leds, los materiales para nuestro proyecto son los siguientes:

- 4 led
- 4 resistencias
- Motor 12V
- Transformador
- Potenciómetro
- L293D (driver motores)
- Cables

La programación de nuestro motor y sus elementos será lo que le dará vida a nuestra máquina, dándonos cuenta de lo que estamos realizando con simplemente ver el panel de led.

A continuación, se indicarán los pasos que se conseguirán por medio del sistema Arduino.

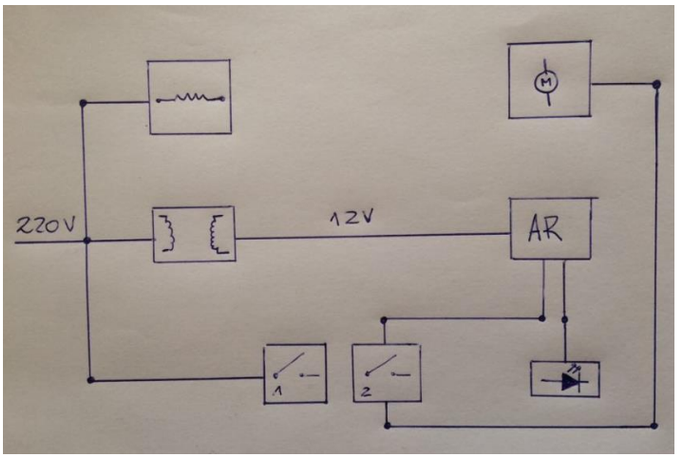
1. Con el sistema energizado se encenderá un led de color rojo, el cual nos hará saber que el sistema tiene energía y que el motor está detenido.

2. Se procede a hacer girar el motor por medio del potenciómetro, esto hará que la luz LED de color rojo se apague, dando funcionamiento a los leds de color amarillo, los cuales serán 4.

3. Conforme se aumente la velocidad del motor por medio del potenciómetro, los leds de color amarillo se irán encendiendo, de tal manera que cuando el motor alcance su máxima velocidad, los 4 leds estarán encendidos, asumiendo que cuando estén dos leds encendidos la velocidad del motor será la mitad de su máxima velocidad, es decir 5 RPM.

4. Cuando se gire el potenciómetro a la velocidad 0, se apagarán los leds amarillos y volverá a encenderse el led rojo.

A simple vista siempre podremos saber lo que está haciendo la máquina, ya sea porque es evidente si la máquina está o no girando, o porque tendremos el panel de leds que nos informa el proceso que se está realizando en cada momento. A continuación, veremos un dibujo a mano alzada de cómo sería el orden eléctrico y su distribución dentro de la máquina.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-30: Mapa del circuito

La programación de nuestro sistema es la siguiente:

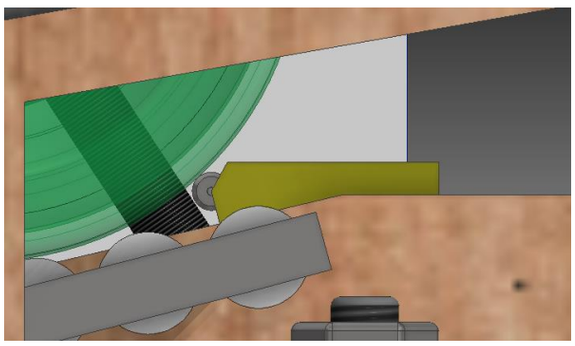
```
/*
  www.diymakers.es
  by A.García
  Control velocidad y sentido motor DC
  Tutorial en: http://diymakers.es/control-velocidad-y-sentido-de-motor-dc/
*/

int pin2=9;   //Entrada 2 del L293D
int pin7=10;  //Entrada 7 del L293D
int pote=A0;   //Potenciómetro

int valorpote;     //Variable que recoge el valor del potenciómetro
int pwm1;          //Variable del PWM 1
int pwm2;          //Variable del PWM 2

void setup()
{
  //Inicializamos los pins de salida
  pinMode(pin2,OUTPUT);
  pinMode(pin7, OUTPUT);
}

void loop()
{

  //Almacenamos el valor del potenciómetro en la variable
  valorpote=analogRead(pote);

  //Como la entrada analógica del Arduino es de 10 bits, el rango va de 0 a 1023.
  //En cambio, la salidas del Arduio son de 8 bits, quiere decir, rango entre 0 a 255.
  //Por esta razón tenemos que mapear el número de un rango a otro usando este código.
  pwm1 = map(valorpote, 0, 1023, 0, 255);
  pwm2 = map(valorpote, 0, 1023, 255, 0); //El PWM 2 esta invertido respecto al PWM 1

  //Sacamos el PWM de las dos salidas usando analogWrite(pin,valor)
  analogWrite(pin2,pwm1);
  analogWrite(pin7,pwm2);

}
```

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-31: Programación Arduino

Una vez finalizada la programación y cargada a nuestro Arduino, podemos decir que finalizamos el procedimiento para llevar a cabo el corte de botellas, pero antes explicaremos el funcionamiento del cortador de vidrio.

El cortador que utilizaremos en nuestra máquina pertenece al grupo de los cortadores de tungsteno, el cual tiene forma de lápiz en su formato original, pero se desprende el cortador del mango y se instala en la máquina como se muestra en la siguiente imagen:



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-32: Demarcado en la botella con cortador de vidrio

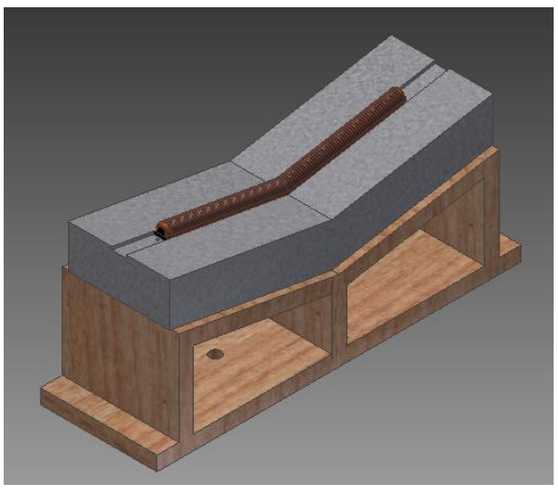
El cortador se fija en la base donde se demarca la botella, en donde se ajusta la distancia para poder cortar diferentes diámetros. De esta forma al tener contacto con el vidrio se demarcará la botella haciendo más fácil el corte en el siguiente paso.

La estructura que presenta el elemento (cortador de tungsteno) permite ajustarse a distintas clases de botellas, es decir, a distintos diámetros, los cuales pueden ir de 60 mm a 150 mm.

El sistema cuenta de dos partes, una fija y una móvil. En la parte fija está ubicado el cortador de vidrio de tungsteno, y la parte móvil será la que dará la fijación a la botella. Una vez ubicada la botella, sólo resta activar el motor y dejar que el cortador demarque el contorno donde queremos efectuar el corte. Una vez finalizado el demarcado, se procede a soltar el ajuste de la botella y alejar la estructura del área demarcada para proceder a ubicar la botella en la sección donde se le aplicará el calor necesario para efectuar el corte en el área demarcada.

Cabe señalar que la máquina cuenta con una cinta métrica, la cual ayudará a controlar la distancia que se necesite para cortar la botella, facilitando un corte en serie disminuyendo el margen de error en cuanto a lo que a la máquina concierne.

El siguiente paso corresponde a la resistencia eléctrica, donde podemos ver la siguiente estructura:



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-33: Base resistencia eléctrica

La estructura cuenta de dos partes, una de madera y la ladrillo, aunque pueden ser bloques hechos de cemento.

Debemos entender que la resistencia trabaja a altas temperaturas, pudiendo alcanzar los 1200 ºC, pero en nuestro caso alcanza aproximadamente entre 300 y 400 ºC. es por ello que la estructura que sostendrá la resistencia deberá ser capaz de soportar este calor sin sufrir daños.

El material ideal para este proceso es el ladrillo refractario, el cual soporta altas temperaturas, pero en caso de no contar con tal material se puede hacer de cemento, lo importante es tener un material que resista altas temperaturas.

Como podemos darnos cuenta en la figura 3-30, la resistencia eléctrica se conecta a la red de 220V, lo cual no implica ninguna configuración o complicación en su uso, sin embargo, esta se activará con un interruptor, el cual se encuentra al lado de la caja que guarda al transformador, dando y cortando el paso de la corriente para el encendido y apagado de nuestra resistencia.

De esta forma concluimos el proceso necesario para efectuar un corte.

3.5.1. Pasos por seguir para el corte de una botella

1. Ubicar y ajustar botella en el acople del eje del motor.
2. Ajustar la distancia de corte (por medio de la estructura de corte).
3. Ajustar estructura de corte a la botella, dando el apriete necesario.
4. Encender motor para efectuar el demarcado de la botella.
5. Detener motor y soltar la estructura de corte, desplazarla para poder ubicar la estructura de la resistencia eléctrica en el área demarcada anteriormente (utilizar nuevamente la cinta métrica para asegurar la misma distancia).
6. Ajustar altura del motor al punto de roce entre el vidrio y la resistencia eléctrica
7. Encender motor y ajustar velocidad a 4 RPM, simultáneamente encender resistencia eléctrica y esperar a que el corte se lleve a cabo.

CAPITULO 4: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

En este capítulo analizaremos los costos asociados a la máquina en cuanto a su fabricación, la idea es argumentar el uso de la máquina, y más que argumentar su uso, realizar un análisis de funcionamiento a través del tiempo, para poder saber que beneficio económico nos entregaría nuestra máquina cortadora de botellas de vidrio.

Antes de comenzar con el análisis económico de nuestra máquina, comenzaremos con algunas restricciones y especificaciones de la máquina, en otras palabras, realizaremos una descripción técnica general de la máquina.

4.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA GENERAL

En este punto analizaremos cada parte de nuestra máquina según su función.

4.1.1. Fuente de energía

La máquina será energizada directamente a la red de corriente eléctrica de 220 voltios, a pesar de tener una distribución dentro de la máquina que nos permite hacer funcionar el motor disminuyendo el voltaje de 220 a 12 voltios para hacer girar el motor, todo esto por medio de un transformador. Cada sistema cuenta un interruptor para los pasos respectivos de corriente a cada elemento a utilizar en el proceso de corte.

4.1.2. Rangos de corte

La máquina está diseñada para tener un rango de corte que va desde los 50 mm de diámetro hasta los 200 mm, los cuales pueden incluso ser menores y mayores en un 20 y un 10% respectivamente.

4.1.3. Formas y tipos de corte

En cuanto al tipo de corte de la máquina, sólo hará cortes rectos en la botella, si bien es cierto, podrá hacer cortes perfectos a diferentes distancias, pero el diseño de corte será siempre el mismo.

La forma de las botellas que podrán ser cortadas por la máquina debe ser redondas, puede existir algún relieve en la forma de la botella, siempre y cuando no afecte su diseño circular. En resumen, hará sólo cortes rectos en botellas circulares.

4.1.4. Accionamientos

La máquina cuenta con tres partes de funcionamiento, los cuales funcionan tanto de forma automática como manual.

La botella se ubica de forma manual al sistema de demarcado (cortador de vidrio), acoplando la botella al eje del motor, el cual será accionado por un interruptor, sólo dando y cortando el paso de la corriente, pero su velocidad será controlada por un potenciómetro.

Seguido de esta acción queda ubicar el sistema de corte por transferencia de calor a la zona demarcada anteriormente (resistencia eléctrica). En este paso la resistencia eléctrica será accionada por un interruptor, el cual será activado y desactivado manualmente.

4.1.5. Vida útil estimada

La máquina en sí no tiene una vida útil estimada, pero sí sus componentes, los cuales analizaremos en particular, ubicándonos en el peor de los casos para estimar un cambio en algún elemento de la máquina.

Los elementos principales que a través del tiempo sufren daños y que a mediano o largo plazo deben tener un mantenimiento o su cambio son los siguientes:

- Cortador de vidrio
- Resistencia eléctrica
- Motor 12V

4.1.5.1. cortador de vidrio

El cortador de vidrio que escogimos para nuestro proyecto tiene un rendimiento o vida útil de 30.000 metros lineales, los cuales, si los llevamos a nuestro caso, sería aproximadamente 95.000 botellas cortadas. Llevando esto más a fondo, y si hacemos una proyección conforme a lo que se estima cortar en una semana, un mes, y en un año, los resultados serían los siguientes:

Primero estableceremos una producción de botellas que cortaremos diariamente, esto va a depender del uso que le daremos a las botellas en cierto día, semana o mes. Sabemos que el uso de las botellas de vidrio será completamente artístico, artesanal, donde se pueden realizar muchos productos de decoración, pero en este caso analizaremos el uso de las botellas para crear lámparas.

Las lámparas serán variadas en su diseño, modelo y tamaño, por lo que implican una cantidad importante de botellas por cada modelo de lámparas, y si consideramos los usos individuales de las botellas a las cuales podemos dar usos diferentes, la cantidad aumenta aún más.
Una lámpara puede contar con una gran cantidad de botellas, estas pueden ir desde 3 hasta 50 en una sola lámpara.

Supongamos que en un mes debamos fabricar 10 lámparas por cada modelo, estableciendo 20 modelos diferentes, de los cuales necesitaremos 5 modelos con 3 botellas, 5 modelos con 6 botellas, 5 modelos con 15 botellas y 5 modelos con 30 botellas.

Esto nos da un total de 510 botellas en un mes, a esto agregaremos las botellas que se utilizarán para otros fines, haciendo un total de 600 botellas mensuales.

Podemos inferir que en un mes tendríamos la cantidad suficiente para fabricar 200 lámparas, y si esto lo dividimos por semana, nos daría un total de 50 lámparas semanales.

Si bien es cierto, esta información nos servirá más adelante, pero ya sabríamos a modo estimativo la cantidad de botellas que necesitaríamos cortar en una semana, siendo esta la cantidad de 120 botellas semanales, unas 30 botellas diarias.

El cortador de vidrio está hecho para cortar 30.000 metros lineales de vidrio, algo así como 95.000 botellas, y si necesitaremos cortar 600 en un mes, esto quiere decir que en un año cortaríamos 7.200 botellas y en 10 años unas 72.000 botellas, estimando la cantidad de botellas por 10 años aun así no alcanzamos a cortar las botellas que, por ficha técnica del fabricante de los cortadores de vidrio, están hechos para su rendimiento.

Cabe señalar que la gran cantidad de rendimiento de la herramienta cortadora de vidrio se debe a los 6 rodillos de tungsteno que tiene la herramienta, lo que la hace aumentar su durabilidad a través del tiempo, ya que, al presentarse un desgaste en uno de sus rodillos, solo bastará con pasar al siguiente.

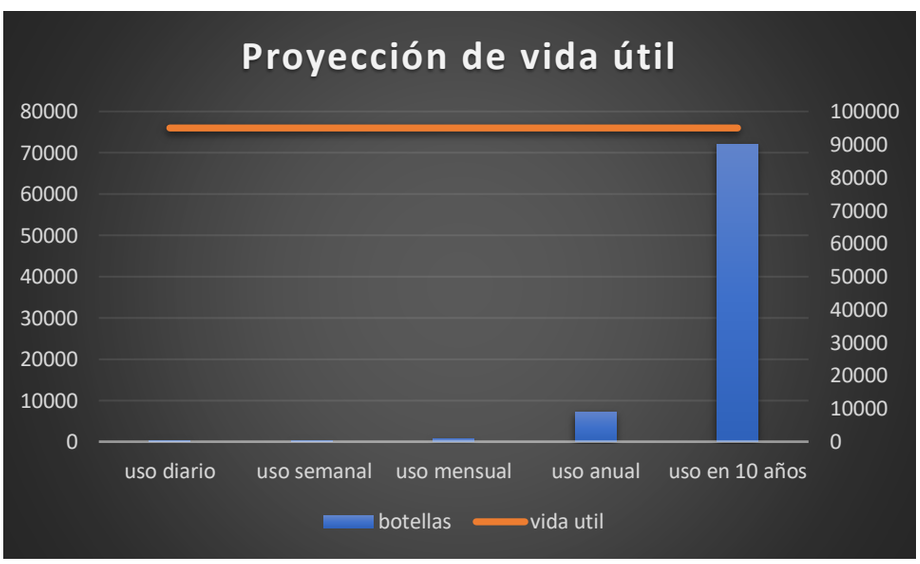
Para entender de mejor forma lo explicado anteriormente, recurriremos a una tabla y un gráfico representativo de los valores expresados anteriormente.

Tabla 4-1 Tabla de vida útil

cortes	Botellas	%	vida útil
uso diario	30	0,032	95000
uso semanal	150	0,2	95000
uso mensual	600	0,6	95000
uso anual	7200	7,6	95000
uso en 10 años	72000	75,8	95000

Fuente: elaboración propia

Según los datos de la tabla, el gráfico nos representa lo siguiente:



Fuente: elaboración propia

Figura 4-1: Gráfica de proyección de vida útil

Según los cálculos la herramienta nos debe durar al menos 10 años, pero cabe señalar que a esa cantidad de tiempo el desgaste de la herramienta influirá en la calidad del corte que haremos, es por ello que con toda certeza podemos decir que cada un año podemos realizar el cambio de la herramienta cortadora de vidrio, asegurándonos así que el corte será siempre limpio.

4.1.5.2. Resistencia eléctrica

El siguiente componente que a través del tiempo debemos sencillamente cambiar es la resistencia eléctrica, la cual es una parte crítica de la máquina, ya que debe ser utilizada de forma correcta para conseguir una buena durabilidad.

Es complejo saber la vida útil de la resistencia eléctrica, pero sabemos algo muy importante, y es que el material de esta es de nicromo, el cual es un alambre muy resistivo, diseñado para soportar altas temperaturas, alcanzando un máximo de 1400°C, todo esto siempre y cuando sepamos la cantidad de corriente que entregaremos, el diámetro del alambre y su longitud.

Según los cálculos que realizamos en el capítulo 3, nuestra resistencia debe ser de 250W con 6 metros de alambre de nicromo calibre 33. Esto bastará para aplicar el calor suficiente en la botella y lograr la fractura.

Lo importante a considerar en la duración de la resistencia eléctrica es el tiempo en la que ésta estará en funcionamiento constante, ya que, si sobrepasamos cierta cantidad de tiempo, podríamos fundir o quemar la resistencia, es por lo que, el tiempo que se mantendrá encendida es lo que se debe tener en plena consideración a la hora de encenderla.

A modo de ejemplo, diremos que un secador de pelo tradicional utiliza el mismo alambre que ocuparemos en nuestra máquina, el cual puede funcionar de forma constante por varios minutos, pero si excedemos cierta cantidad de tiempo este se detendrá y volverá a funcionar cuando se enfríe, de la misma manera funcionará nuestra resistencia, la diferencia es que si excedemos el tiempo, la resistencia ya no servirá más, pero el tiempo de corte de una botella no sobrepasa los 30 segundos, lo cual es muy bueno, ya que la resistencia está diseñada para soportar mucho más tiempo encendida.

Podemos inferir que al menos podremos cortar 1500 botellas, lo que implicaría un cambio una vez al mes, cabe señalar que su coste es muy económico.

4.1.5.3. Motor corriente continua

El tiempo que durará el motor dependerá del uso que le daremos diariamente, así como también el esfuerzo al que estará sometido, es por ello que analizaremos dos puntos para poder proyectar su vida útil de forma estimativa.

Suponiendo que diariamente cortaremos 30 botellas, esto implica dos acciones del motor por botella, las cuales no alcanzan a sumar un minuto de funcionamiento entre ambas, pero para ponernos en tal caso diremos que diariamente funcionará media hora, lo cual es relativamente poco para un motor. Otro punto que considerar es el esfuerzo al cual estará sometido el motor, recordemos que el torque del motor es de 8 kg, y en el peor de los casos será necesario mover aproximadamente 4 kg (agregando la presión del cortador de vidrio para el demarcado de la botella), podemos decir que el motor trabajará al 50% de su rendimiento.

Podemos inferir que, con estas condiciones de carga el motor tendrá una larga vida útil, asumiendo que podemos cambiar el motor una vez al año, cabe señalar que el costo asociado a la compra de este elemento es muy bajo.

4.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA

En esta sección analizaremos los costos asociados a la construcción y consumo de la máquina. Primero comenzaremos con los costos de materiales, donde se muestre una lista con cada elemento y su coste.

Tabla 4-2 Lista de materiales a utilizar

Ítem	Lista material	Cantidad
1	Base y estructura de madera	1
2	Elementos aluminio (estructura)	7
3	Motor DC	1
4	Cables eléctricos	2
4	Luces led	5
4	Conjunto funcionamiento Arduino	1

5	Topes de goma	6
5	Tornillos	10
5	Tuercas	12
5	Espárragos acero	1
5	Interruptores	3
5	Cajas plásticas	2
6	Resistencia eléctrica	1
6	Ladrillos refractarios	1
7	Cortador de vidrio	1
8	Acople	1

Fuente: elaboración propia

A continuación, analizaremos el costo de cada ítem, con sus respectivas cotizaciones.

4.2.1. ítem 1 base y estructura madera

La base de la máquina será de madera MDP, donde la conseguiremos junto con el resto de los elementos de madera.

Para ello se envió un correo a lugares de tornería en madera, donde se adjunta los planos de cada pieza a fabricar.

El primer presupuesto fue recibido por parte de la mueblería “don Claudio”, quien tiene un costo de fabricación de $15.000

4.2.2. ítem 2 (elementos de aluminio)

Cada elemento de aluminio tiene su respectivo plano, adjunto en anexos, los cuales fueron enviados en las cotizaciones correspondientes.

La cotización enviada a la empresa particular “ALUMSER” tiene un costo de fabricación de: $ 24.360 pesos.

4.2.3. ítem 3 (motor DC)

El motor se puede comprar en tiendas de electrónica, las cuales se ubican en Santiago o vía internet. En nuestro caso se compró en “casa royal” en Santiago de Chile. Su valor es de $ 11.990. se adjunta imagen de valores en anexos.

4.2.4. ítem 4 elementos electrónicos

Dentro de este ítem resumiremos todos los elementos de programación Arduino, como lo son los siguientes componentes:

Placa Arduino	:	$ 17.990
Cables	:	$ 4.990
Luces led	:	$ 15
Resistencias	:	$ 10
LD93 driver	:	$ 390
Potenciómetro	:	$ 250
Transformador	:	$ 4.990

4.2.5. ítem 5

Dentro de este ítem estaran involucrados los elemnetos de más fácil acceso, los cuales podemos encontrar en cualquier ferretería, los valores entre un lugar y otro no son considerables para realizar una comparación, ya que son valores muy bajos. Entre estos elementos tenemos:

Espárrago acero 8mm	:	$ 1.690
Tuercas 8mm	:	$ 490
Tornillos 6mm	:	$ 15
Topes de goma	:	$ 690
Interruptores	:	$ 990
Cajas plasticas	:	$ 1390
Cable corriente 220v	:	$ 1860
Enchufe macho	:	$ 990

4.2.6. ítem 6

Acá encontramos los valores de la resistencia eléctrica y los ladrillos refractarios.
La resistencia eléctrica la encontramos en lugares donde se pueden reparar artefactos eléctricos, no es muy fácil encontrarla, pero en nuestro caso la pudimos conseguir en Santiago, en avenida San Diego.

Resistencia eléctrica 220V	:	$690
Ladrillos refractarios	:	$5.680

4.2.7. ítem 7

Este ítem corresponde al cortador de vidrio. El valor del cortador de vidrio es variado, no siempre dependerá del elemento cortante en sí, sino de la calidad de su mango, si es lubricado o no, si es desmontable, etc.

Lo mas accesible que hay en el mercado para conseguirlos son las grandes tiendas comerciales como los son: Sodimac, Easy, etc.

Su valor es de: $5.779

4.2.8.Ítem 8 copla

Este ítem corresponde a la copla (unión botella-motor)

El plano fue enviado a la maestranza “MARVEG”, ubicada en la comuna de Hualpén con un costo de fabricación de $30.000

El segundo presupuesto fue cotizado en la maestranza “RIVAS” ubicada en la comuna de Hualpén, con un costo de fabricación de $25.000

Entre ambos valores podemos promediar y concluir que el costo de este ítem corresponde al valor de $27.500. Con todos los valores ya obtenidos en las cotizaciones, podemos completar de mejor forma nuestra tabla y así obtener el costo total de construcción de la máquina. La tabla se muestra a continuación:

Tabla 4-3 Tabla general de valores

Ítem	Lista material	Cantidad	Valor $	Total
1	Base y estructura de madera	1	x	15.000
2	Elementos aluminio (estructura)	7	x	24.360
3	Motor DC	1	11.990	11.990
4	Cables eléctricos	1	4.990	4.990
4	Luces led	5	100	500
4	Conjunto funcionamiento Arduino	1	17.990	17.900
5	Topes de goma	6	690	4.140
5	Tornillos	10	100	1.000
5	Tuercas	12	590	7.080
5	Espárragos acero	1	1690	1.690
5	Interruptores	2	990	1.980
5	Cajas plásticas	2	1.390	2.780
6	Resistencia eléctrica	1	690	690
6	Ladrillos refractarios	1	5.390	5.390
7	Cortador de vidrio	1	5.800	5.800
8	Acople	1	27.500	27.500

Fuente: Elaboración propia

Podemos inferir que el costo de materiales de fabricación de la máquina corresponde a la suma de $132.794, ciento treinta y dos mil setecientos noventa y cuatro.

Cabe señalar que nuestro enfoque es la fabricación de lámparas y artículos artesanales derivados de botellas de vidrio, pero se deja abierta la posibilidad de poder hacer masiva la fabricación de la máquina para usos escolares, y/o a empresas, lo que significa que su coste de fabricación disminuiría al comprar elementos en mayores cantidades.

4.3. consumo de energía

La máquina funcionará con energía eléctrica, por lo que, analizaremos el consumo por cada corte y lo proyectaremos según nuestro pronóstico de fabricación mensual.

Para realizar el cálculo de consumo eléctrico es necesario saber algunos datos de los elementos que serán encargados de consumir energía. A continuación, mencionaremos las partes que proporcionan un consumo eléctrico:

- Motor DC
- Resistencia eléctrica
- Sistema o conjunto Arduino

En un corte participan éstos tres elementos, los cuales en particular tienen distinto consumo, pero que al final de cuenta suman para el consumo general de la máquina. A continuación, analizaremos el consumo de cada uno de ellos.

4.3.1. Consumo motor dc

Los datos que tenemos del motor que utilizaremos son los siguientes:

- 12 V
- 500 mA

Lo que necesitamos saber es el consumo en KW/h, para ello recurriremos a la siguiente fórmula:

$$W = V * I$$

Donde:

W= Watts

V= Voltios

I= Intensidad

Expresado en palabras: Watt (W) es igual a la tensión (V) multiplicada por la Intensidad (I).

$$W = 0{,}5 * 12$$

$$W = 6$$

En los ejemplos anteriores hemos dicho que cortaremos 30 botellas diarias, lo que nos da una suma de 600 botellas mensuales, esto quiere decir que el motor funcionará a lo menos media hora al día, pero para hacer una proyección más eficaz lo dejaremos en una hora diaria, los que nos da como resultado lo siguiente:

$$0{,}006\ KW * 1H = 0{,}006KW * H$$

Si trabajamos de lunes a viernes nos da un total de 20 días al mes, ocupando una hora al día nuestra máquina, es decir que, para saber el consumo mensual de nuestro motor, debemos realizar el siguiente cálculo:

0,006KWh * 20 = 0, 12 KWh

El consumo dentro de un mes es de 0,12 KW, esto multiplicado por el valor del watt en nuestra región ($130 aprox.) da un valor de $15,6, lo cual es prácticamente despreciable su consumo.

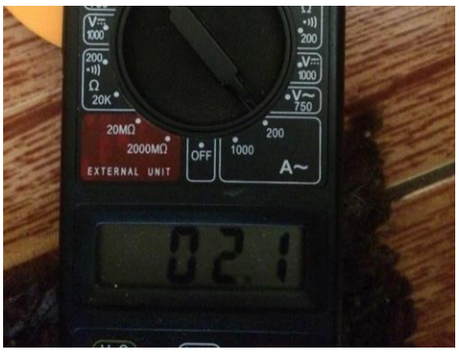
4.3.2. Consumo resistencia eléctrica

En teoría, la resistencia que calculamos debe ser de 250 watt, pero la que cotizamos corresponde a 200 watt, es esta resistencia la que analizaremos su consumo.

Como ya sabemos la intensidad de la corriente que consume, se nos facilita saber su gasto de corriente, ya que sólo debemos saber cuánto tiempo estará en funcionamiento, ya sea en un corte, como su uso diario.
El tiempo aproximado de corte por medio del alambre
de nicromo es de 40 segundos, pero para tener un cálculo más efectivo diremos que por cada corte la resistencia se mantendrá encendida 60 segundos, cabe señalar que la resistencia pasa de 0 a 100% en 4 segundos.
Siguiendo los ejemplos anteriores (corte de 30 botellas diarias) la resistencia se mantendrá en uso 30 minutos, es decir 0,5 horas al día, pero para hacer un cálculo más proyectado diremos que estará en funcionamiento una hora al día.
Siendo así, la ecuación nos queda de la siguiente forma:

$$W = V * I * \cos\varphi$$

W= ¿?
V= 220
I= 2,1 (dato obtenido mediante un Tester)



Fuente: Captura propia

Figura 4-1: medición de intensidad de corriente a la resistencia

$$W = 220V \ * 2{,}1A = 462$$

Por lo tanto: 462 W = 0,462 KW, esto quiere decir que por cada una hora encendida la resistencia tendrá un consumo de 0,462KW.

Al realizar la proyección mensual tenemos que serán 20 horas mensuales de consumo, esto quiere decir que nuestra resistencia tendrá un consumo de 9,24KW mensuales, lo que traducido en dinero es $1.201 (valor del KWH es de $130 aprox.)

Podemos concluir o resumir que la máquina tiene un costo de fabricación de $132.794 y su consumo por cada corte es de aproximadamente $1,1

CONCLUCIONES Y RECOMENDACIONES

Como decíamos al comienzo, la importancia de generar nuestros propios proyectos y constantemente innovar con distintas ideas, es algo que se nos inculcó al comenzar nuestra carrera universitaria. Es por ello que se llevó a cabo en esta tesis un trabajo en el cual se ponen en práctica los distintos conocimientos de distintas áreas en lo que involucra ser un ingeniero mecánico, si bien es cierto, la creación de la máquina cortadora de botellas de vidrio tiene mayormente un impacto social, ya que, no tan solo se puede utilizar para fines personales, sino que se puede masificar su producción llevándola a proyectos estudiantiles en colegios, liceos y universidades, su funcionamiento tiene conocimientos totalmente mecánicos.

Pero todo esto tiene su base en el conocimiento práctico, en la máquina tenemos aplicados los conocimientos adquiridos en física mecánica, electricidad, tecnología de los materiales, elementos de mecatrónica, dibujo asistido por computador y medio ambiente.

La creación de la maquina nos permite realizar modificaciones para optimizar el uso de esta, de tal forma que se puede ir mejorando continuamente conforme al uso que le demos.

Como toda máquina necesita mantención y un correcto uso, es por lo que señalaremos algunos aspectos a considerar al momento de operarla.

La máquina funcionará con electricidad y calor, por ende, debe funcionar en un lugar seco y seguro, alejada de niños.

Para proporcionar un mejor trabajo y a la vez prolongar la vida útil de la herramienta de corte se recomienda lubricar el cortador de vidrio con parafina.

Las botellas deben estar completamente secas tanto en su interior como en su exterior.

Con estas recomendaciones se puede tener un correcto uso y una vida útil más duradera.

BIBLIOGRAFÍA

SMITH, Williams. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales. 3ª ed. 294p. McGraw-Hill

GROOVER, Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna. 3ª ed. McGraw-Hill

GODOY, Linet, HERNÁNDEZ, Ricardo, RETANA, Isabel. Mesa de corte para vidrio 4 GDL, Tesis (Ingeniero en robótica industrial), México, noviembre 2008.

LINKOGRAFÍA

https://es.scribd.com/doc/297146904/Tabla-Hilo-Nicrom

http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_resistencia/ke_resistencia_1.htm

http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/137/html/sec_4.html

https://www.arduino.cc/

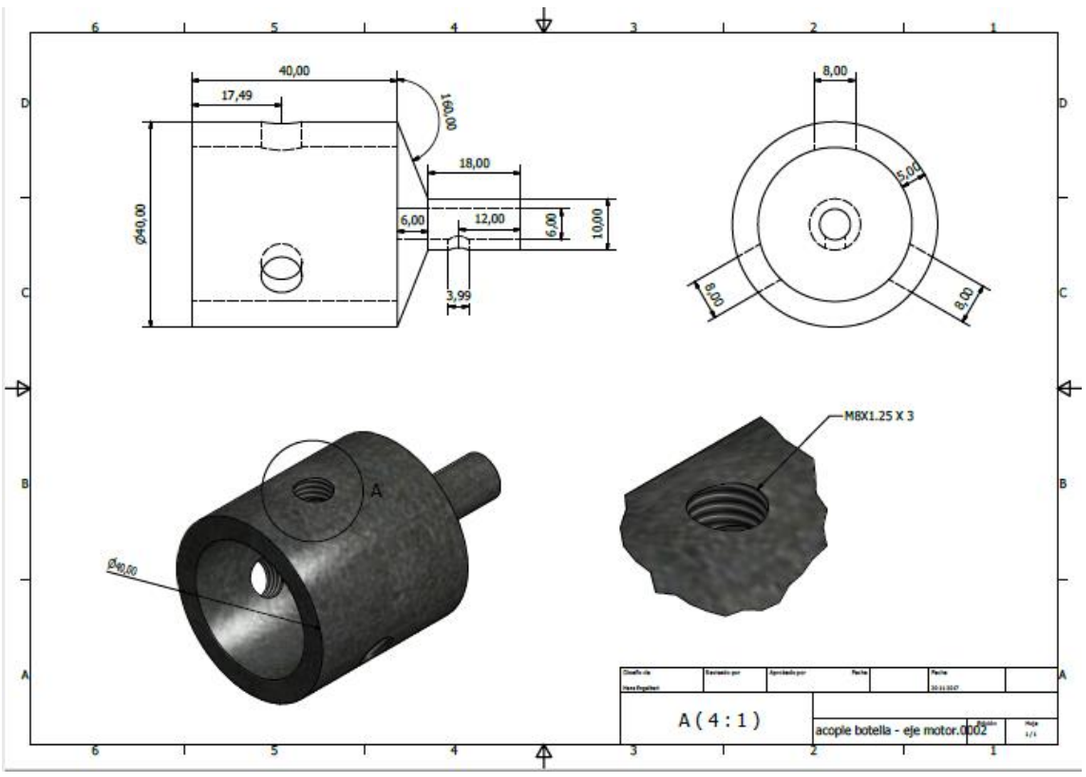
https://www.empresascarbone.com/

http://www.geekbotelectronics.com/motores-de-dc/

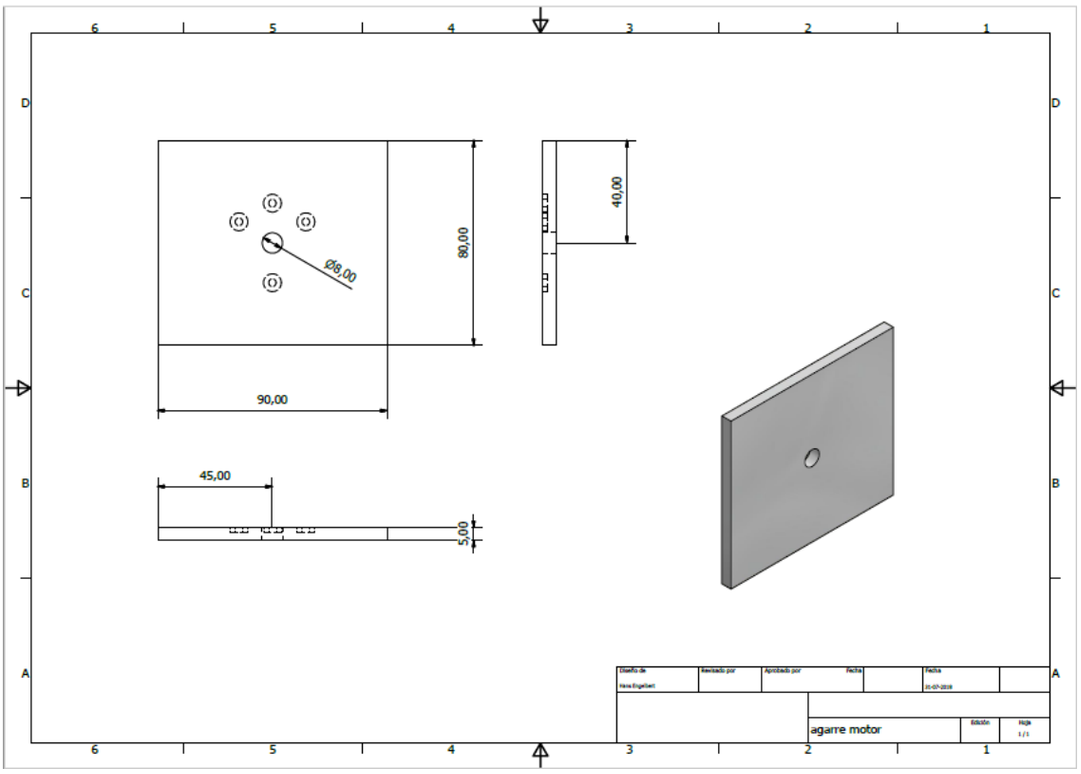
ANEXOS

Se adjuntan cotizaciones y planos de piezas diseñadas.

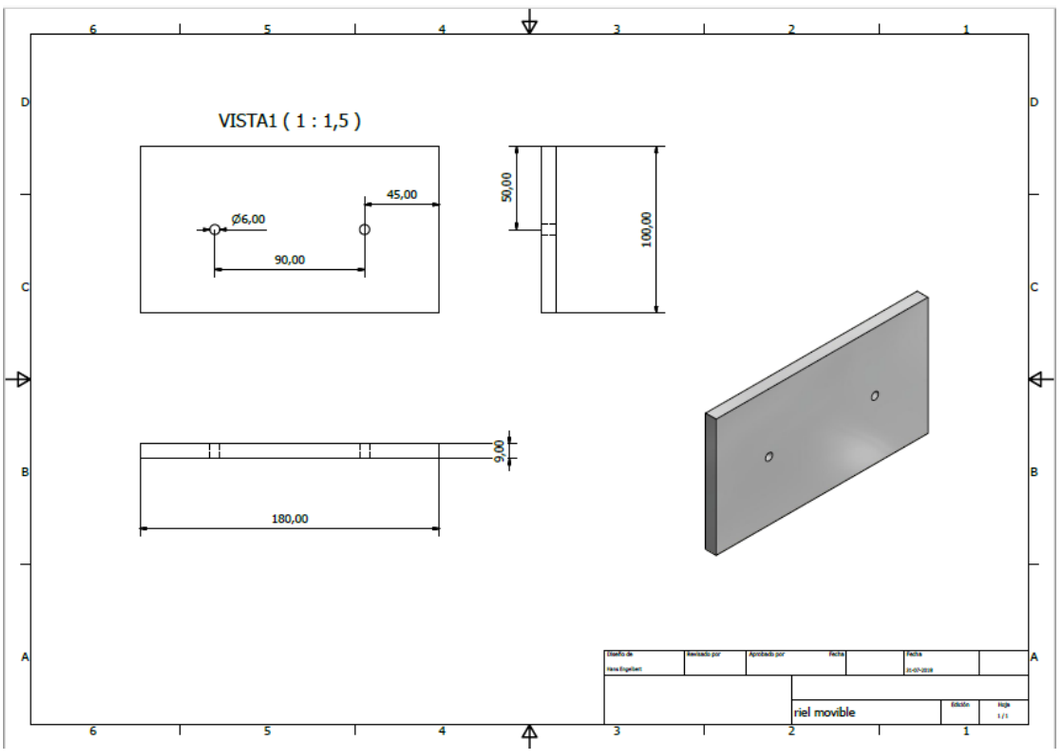
Anexo 1: Planos diseñados:



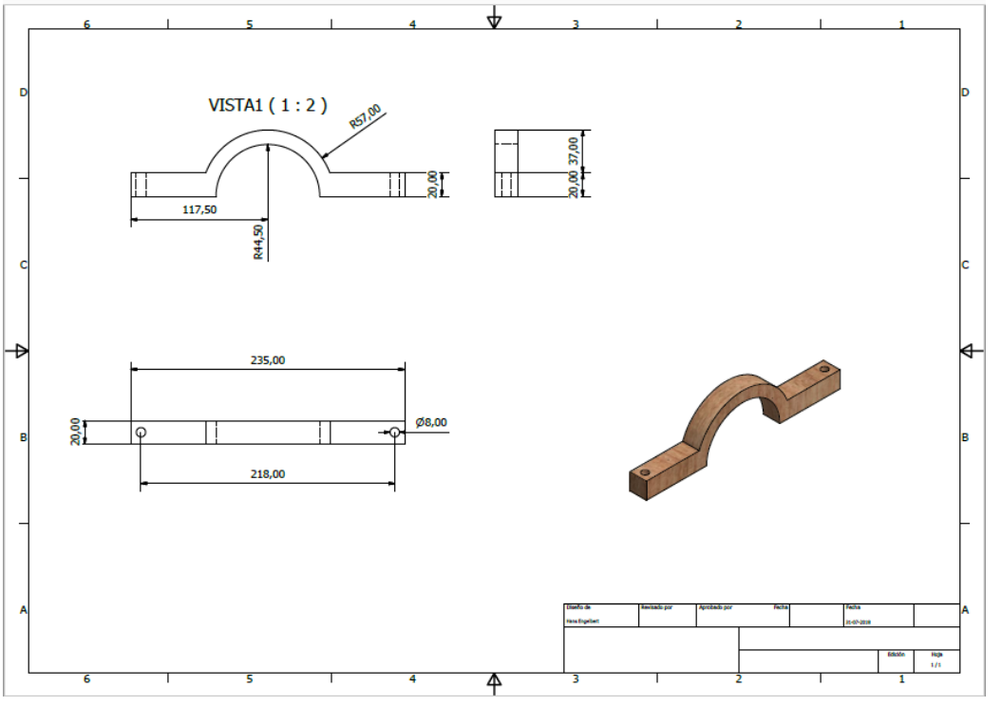
Fuente: Elaboración propia



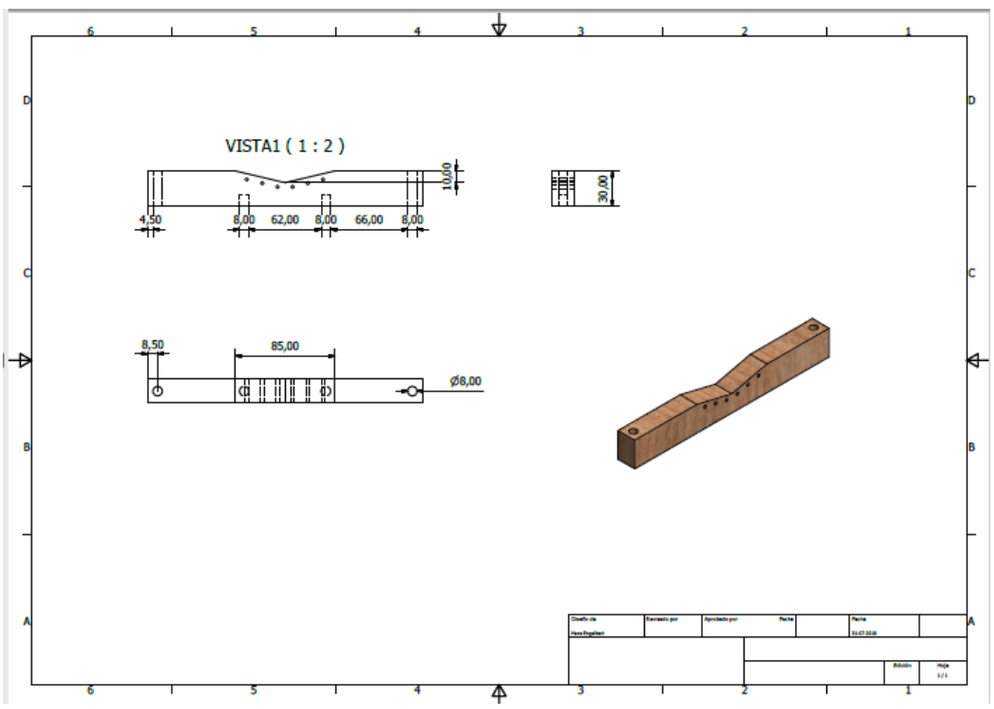
Fuente: Elaboración propia



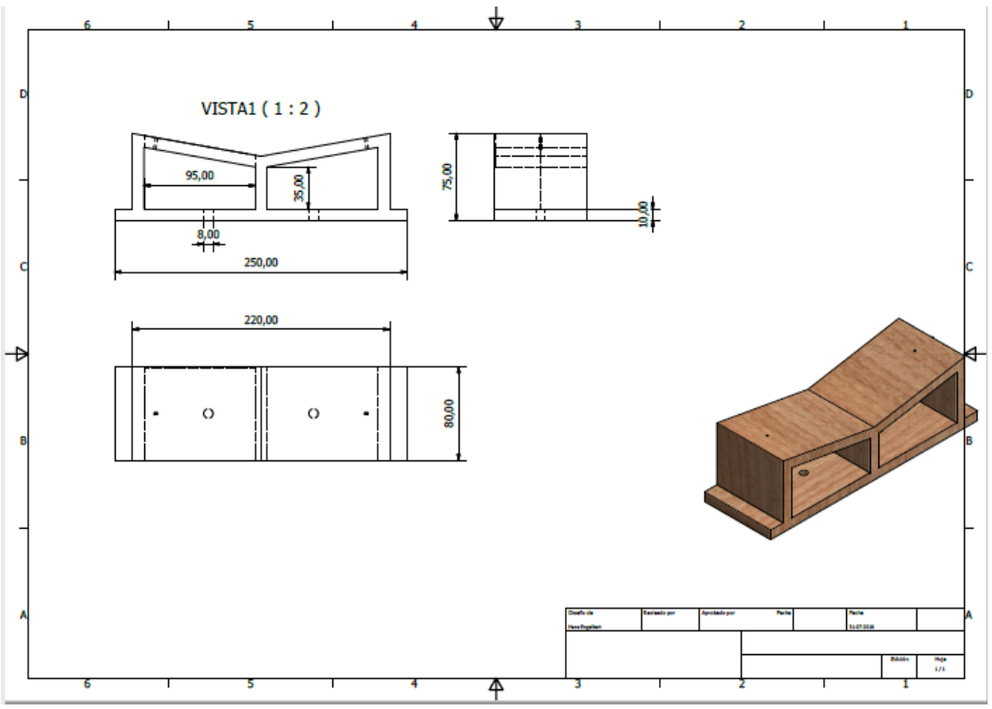
Fuente: Elaboración propia



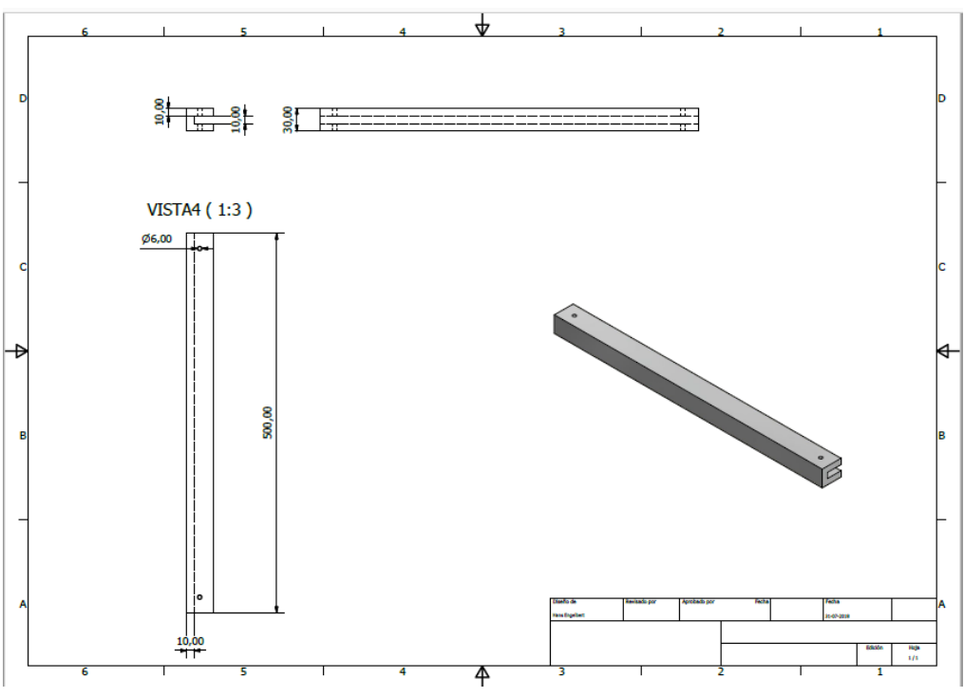
Fuente: Elaboración propia



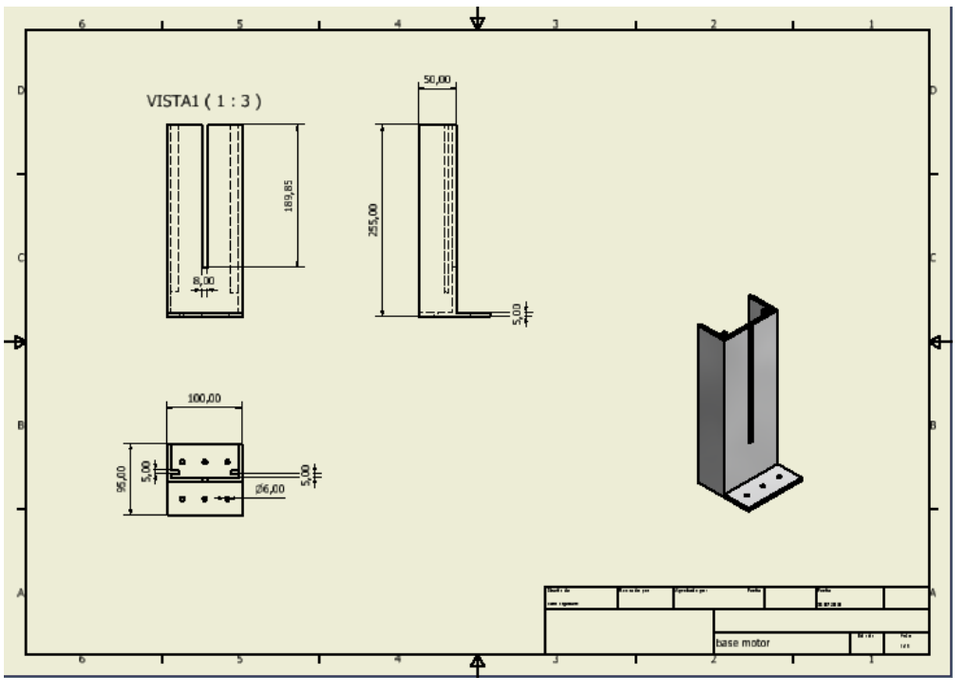
Fuente: Elaboración propia



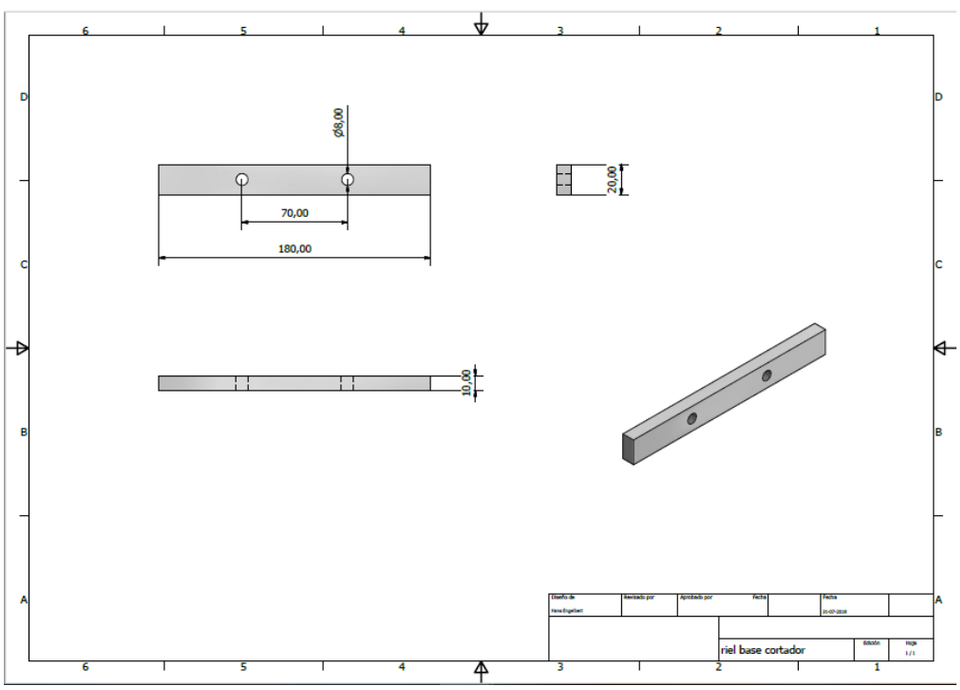
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Cotizaciones:

ALUMSER

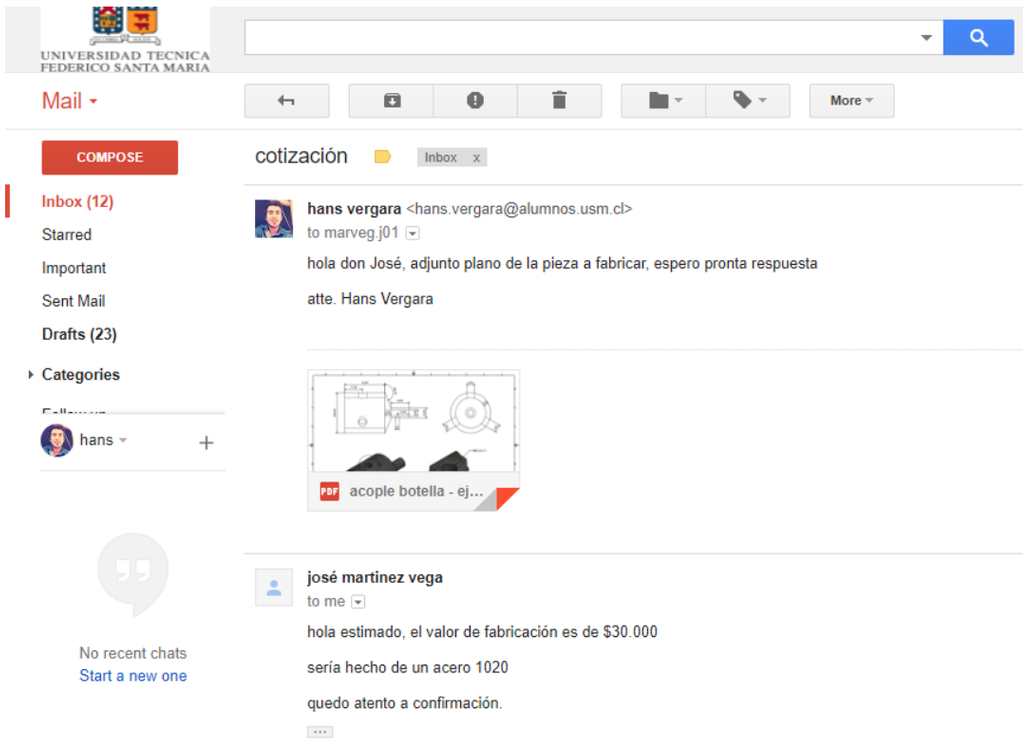
Cotización
A-0346

Todo en aluminios, ventanas, puertas, estantes, piezas en particular, etc.

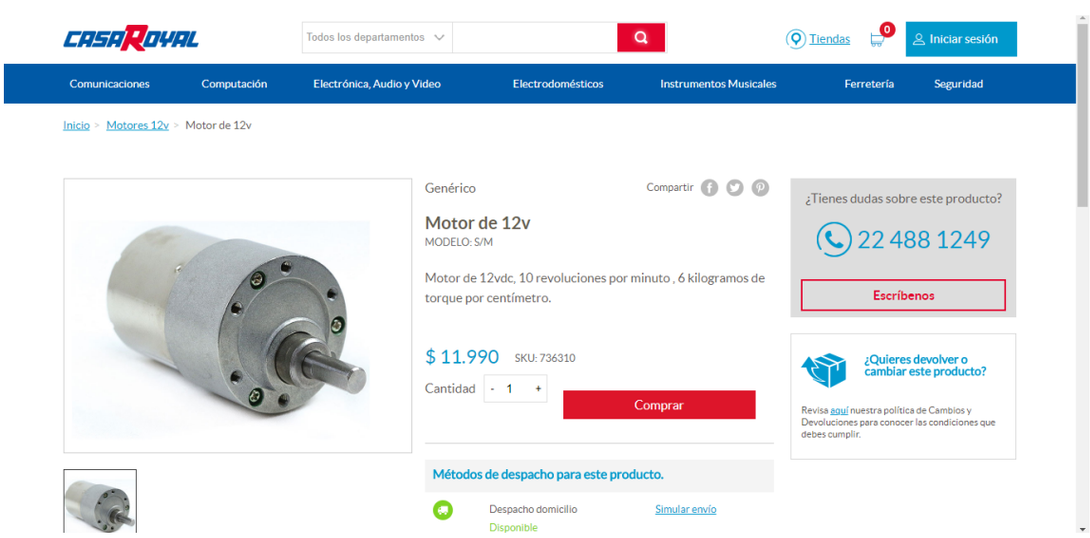
R.U.T	Cliente	Contacto	Fecha	Ciudad
17.892.207-6	Hans Vergara Sepúlveda	9- 93545796	05-06-2018	Concepción
Teléfono	Dirección	Email	Descuento (%)	T. Pago
41-3121182	calle Madrid #3736	hans.vergara@alumnos.usm.cl	0	Contado

Ítem	Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Vr. Unitario	Vr Total
1		riel fijo	2	gl	$2.500	$5.000
2		riel movible	2	gl	$2.000	$4.000
3		base resistencia	1	gl	$2.000	$2.000
4		riel base cortador de vidrio	1	gl	$2.000	$2.000
5		base motor	1	gl	$6.000	$6.000
6		agarre motor	1	gl	$2.000	$2.000
tiempo estimado de fabricación es de 2 dias a partir del acuerdo, la vigencia de los valores puede sr modificada en algunos meses posteriores a esta fecha.					Gran Total	$21.000
					Descuento	$0
					Subtotal	$21.000
					IVA (19%)	$3.360
					Valor total	$24.360

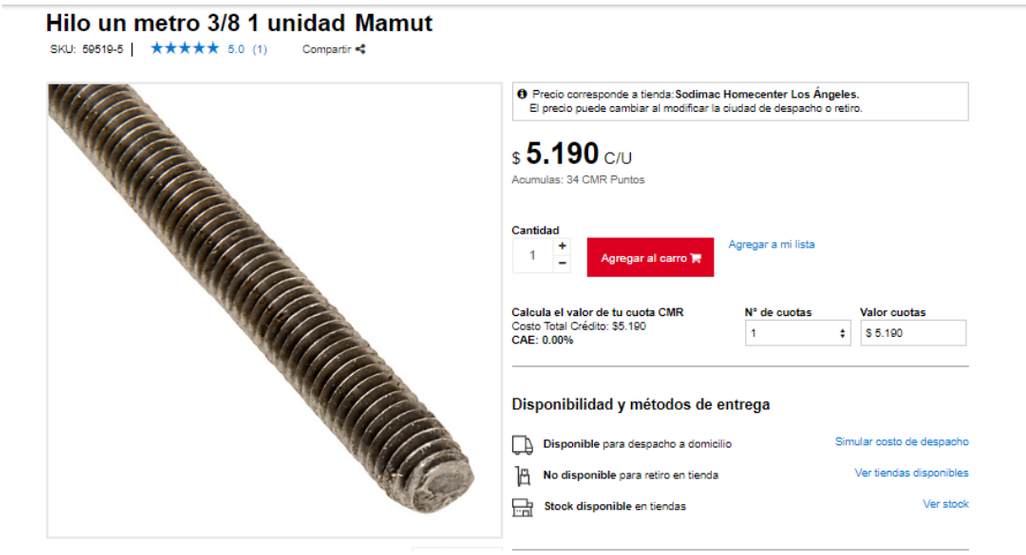
Fuente: Excel, cotización



Fuente: Captura propia

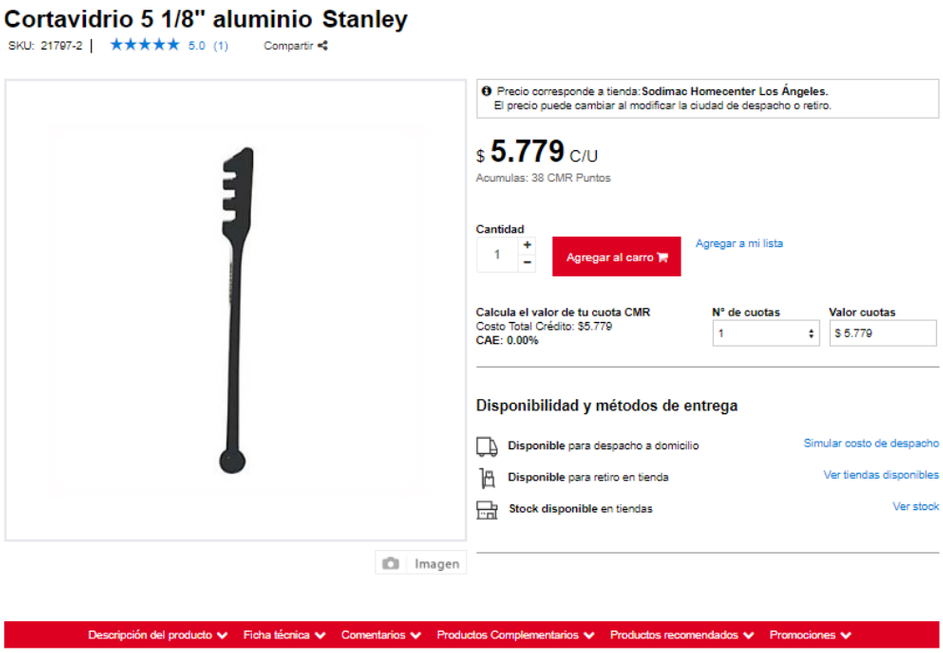


Fuente: Captura propia, casa royal

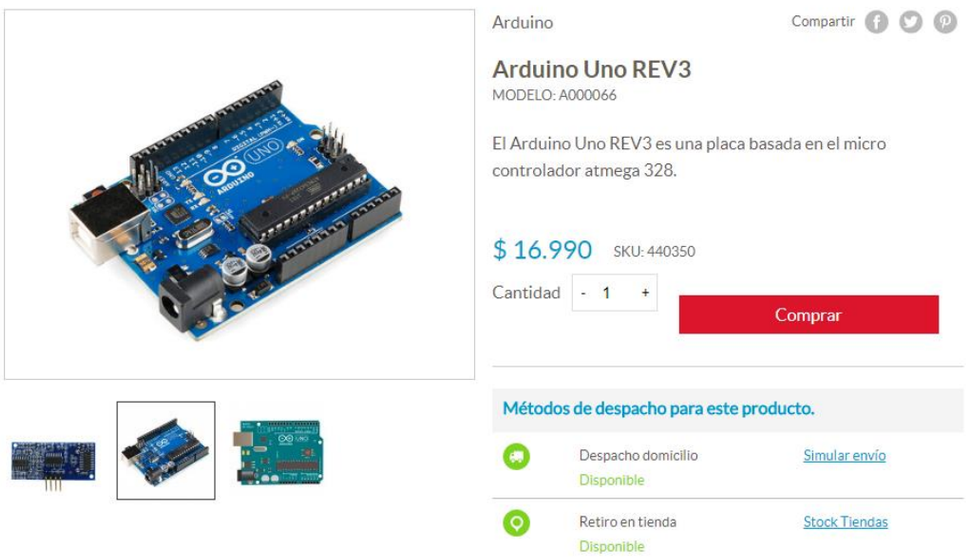


Fuente: Captura propia, Sodimac.cl

Fuente: Captura propia, Sodimac.cl



Fuente: Captura propia, Sodimac.cl



Fuente: Captura propia, casaroyal.cl