

	<b>GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS</b>		<b>CÓDIGO</b>	FO-GS-15
			<b>VERSIÓN</b>	02
<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>			<b>FECHA</b>	03/04/2017
			<b>PÁGINA</b>	1 de 1
<b>Elaboró</b>		<b>Revisó</b>	<b>Aprobó</b>	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad	

### RESUMEN TRABAJO DE GRADO

**AUTOR(ES):**

**NOMBRE(S):** ANDRES MAURICIO

**APELLIDOS:** CORREDOR SILVA

CRISTIAN FABIAN

LEON VANEGAS

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA MECÁNICA

**DIRECTOR:**

**NOMBRE(S):** MEIMER

**APELLIDOS:** PEÑARANDA CARRILLO

**TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS):** DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN PUPITRE DE LECTURA BRAILLE

**RESUMEN:**

El presente proyecto cuenta con el diseño de un pupitre de lectura para personas con discapacidad visual. El objetivo general del proyecto es diseñar un pupitre de lectura braille que permita a las personas con discapacidad pertenecer de forma inclusiva en las aulas de clase. La metodología utilizada en este proyecto es exploratoria y con enfoque aplicado. La principal conclusión y recomendación a la que llegan los autores es que el pupitre de lectura braille será un pupitre de ayuda y soporte en las academias, se espera que marque una diferencia en el entorno social, académico, lúdico y también permita y de origen a variedad de proyectos que satisfagan necesidades sociales como lo es en este caso el pupitre de lectura braille.

**PALABRAS CLAVES:** Braille, sistema electrónico, pupitre, polímero, discapacidad visual.

**CARACTERÍSTICAS:** PÁGINAS: 138 PLANOS:     ILUSTRACIONES:     CD ROOM:

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN PUPITRE DE LECTURA BRAILLE

ANDRÉS MAURICIO CORREDOR SILVA  
CRISTIAN FABIÁN LEÓN VANEGAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2020

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN PUPITRE DE LECTURA BRAILLE

ANDRÉS MAURICIO CORREDOR SILVA

Código 1120871

CRISTIAN FABIÁN LEÓN VANEGAS

Código 1120827

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero Mecánico

Director:

MSc. Ingeniero Mecánico MEIMER PEÑARANDA CARRILLO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2020



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

**FECHA:** CÚCUTA, 28 DE DICIEMBRE 2020

**HORA:** 4:00 p.m.

**LUGAR:** VIRTUAL GOOGLE MEET

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERIA MECANICA

**Título de la Tesis:** "DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN PUPITRE DE LECTURA BRAILLE"

**Jurados:** Ing. JESUS BETHSAID PEDROZA ROJAS  
Ing. CARLOS HUMBERTO ACEVEDO PEÑALOZA

**Director:** ING. MEIMER PEÑARANDA CARRILLO

Nombre del estudiante	Código	Calificación	
		Letra	Número
ANDRES MAURICIO CORREDOR SILVA	1120871	Cuatro, Dos	4.2
CRISTIAN FABIAN LEON VANEGAS	1120827	Cuatro, Dos	4.2

## APROBADA

  
Ing. JESÚS B. PEDROZA ROJAS

  
Ing. CARLOS H. ACEVEDO PEÑALOZA

  
Vo.Bo. GONZALO DE LA CRUZ ROMERO GARCÍA  
Coordinador Comité Curricular  
Ingeniería Mecánica



Vigilada Mineducación

GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y  
BIBLIOTECARIOS



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA  
LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL  
Y LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta, 17 de febrero de 2021

**Señores**

BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS

Cúcuta

Cordial saludo:

Andrés Mauricio Corredor Silva y Cristian Fabián León Vanegas, identificados con la C.C. N° 1.090.488.369, 1.093.782.726 autores de trabajo de grado titulado: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN PUPITRE DE LECTURA BRAILLE durante el segundo semestre de 2020. Presentado y aprobado en el año: **2020** como requisito para optar al título de Ingeniería Mecánica; autorizamos a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que, con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que **“los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores”**, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

ANDRÉS MAURICIO CORREDOR SILVA  
C.C. 1090488369

CRISTIAN FABIÁN LEÓN VANEGAS  
C.C.1093782726

## **DEDICATORIA**

Quiero dar a gracias a Dios por haberme permitido culminar tan importante carrera significativa en mi crecimiento personal lo cual representa un logro especial; agradezco el apoyo incondicional de mi madre EDITH MARIA SILVA ALSINA, el de mi padre CARLOS SAUL CORREDOR, el de mis hermanos y demás familiares, quienes durante mi proceso han sido portadores de inspiración y colaboración; quienes con su sacrificio a diario han podido brindarme su ayuda económica y afectiva, me siento muy orgulloso de tener una madre que siempre me ha deseado lo mejor, valoro mucho sus esfuerzos y por todo lo anterior es que hoy en día soy una persona que aporta una visión de un mejor mañana pese a las dificultades que se presenten en el camino, llegar al final de otro principio es sinónimo de satisfacción al saber que SI SE PUEDE.

También quiero agradecer a los ingenieros y demás docentes, que aportaron sus conocimientos, para lograr este proyecto.

***ANDRES MAURICIO CORREDOR SILVA***

Primero dedicarle este gran logro a mi madre ROSANA VANEGAS CUBIDES, a la forjadora de mi camino la que sin juzgarme me acompañó siempre me levanto de mis continuos tropiezos y permitir que este sueño se hiciera realidad.

A mi segunda madre; EFIGENIA VANEGAS por enseñarme lo que es ser paciente, ser bondadoso y siempre verle la cara buena a todo acontecimiento, por el apoyo y la ayuda incondicional y desinteresada que me ha brindado.

Al apoyo de mi padre; JOSE ALEJANDRO LEON CRUZ por el apoyo, los sacrificios y esfuerzos que realizo para hacer de mi un hombre ejemplar y correcto.

A mi hermano; DIEGO ALEJANDRO LEON VANEGAS por siempre brindarme apoyo y darme el ánimo de salir adelante con su carisma.

A mi amigo, colega y compañero MARLON DUBAN ALZATE OSMA por el apoyo incondicional, el ánimo, la buena energía y el empuje que me dio en momentos de dificultades durante el transcurso de mi carrera universitaria.

A mi amigo, compañero, colega y hermano de carrera universitaria JUAN DAVID PEREZ COLMENARES por brindarme una de las mejores amistades y ser una persona incondicional dentro y fuera de la universidad, por el apoyo por siempre estar ahí en los momentos difíciles y alegres.

A mi amigo y compañero JHONATÁN AMAURI RANGEL BENAVIDES, por la ayuda, el ánimo y la buena energía que me dio para salir adelante y convencerme que si se podía.

Al equipo Ancestros rugby club por acogerme enseñarme valores y hacer de mí una mejor persona en especial a FREDDY ANTONIO RIOS CACERES quien fue una de las personas influyentes en mi superación y en acompañarme en una de las etapas más duras de mi vida siempre

incondicional y dándome el apoyo, la motivación y el ánimo para crecer como persona y no desviarme de mis objetivos.

A toda mi familia a mis primos, mis tías y tíos que con su granito de arena aportaron en mi camino y que si no fuera por la ayuda de ellos nada de esto fuera sido posible, a mis compañeros que se convirtieron en hermanos y los docentes que me encaminaron en esta trayectoria

***CRISTIAN FABIAN LEON VANEGAS***

## **AGRADECIMIENTOS**

A Meimer Peñaranda Carrillo, MSc. Ingeniero Mecánico. Director del proyecto, por su apoyo, contribución en la preparación y elaboración del proyecto.

A Jesús Bethsaid Pedroza Rojas, Ingeniero Mecánico. Por el aporte y ayuda, contribuyendo de la mejor manera en el proyecto.

A Daniel Camilo Rolón Quintero, Ingeniero Electrónico. Por el aporte y asesoría contribuyendo con ideas y apoyo en el transcurso del proyecto.

A Brando Nadin palmera Acosta, por la ayuda el apoyo y la motivación que siempre brindo.

A Camila Andrea Navarro Paredes, licenciada en pedagogía infantil. Por el apoyo y la ayuda, contribuyendo en aportes importantes del proyecto.

***ANDRES MAURICIO CORREDOR SILVA***

***CRISTIAN FABIAN LEON VANEGAS***

## Contenido

	Pág.
Introducción	19
1. Problema	23
1.1 Título del proyecto	23
1.2 Descripción del problema	23
1.3 Definición del problema	24
1.4 Formulación del problema	24
1.5 Objetivos	24
1.5.1 Objetivo general	24
1.5.2 Objetivos específicos	24
1.6 Justificación	24
1.7 Alcances y delimitaciones	25
1.7.1 Alcances	25
1.7.2 Limitaciones	26
1.7.3 Delimitaciones	26
1.7.3.1 Delimitación espacial	26
1.7.3.2 Delimitación Temporal	26
1.7.3.3 Delimitación conceptual	26
2 Marco referencial	27

2.1	Antecedentes	27
2.1.1	Antecedentes empíricos	27
2.1.2	Antecedentes bibliográficos	28
2.2	Marco teórico	30
2.3	Marco conceptual	39
2.4	Marco legal	40
2.4.1	Norma técnica colombiana ntc 4641	40
3	Diseño metodológico	42
3.1	Tipo de investigación	42
3.1.1	Exploratoria	42
3.1.2	Aplicada	42
3.2	Diseño metodológico	43
3.3	Fuentes de información	43
3.3.1	Fuentes de información primaria	43
3.3.2	Fuentes de información secundaria	43
3.4	Técnicas y procedimientos para recolección de información	43
3.5	Análisis de información	44
3.6	Marco administrativo	44
3.6.1	Recursos humanos	44
3.6.2	Autor del proyecto	44

3.6.3	Recursos materiales	44
4	Recursos financieros	45
4.1	Requerimientos y resumen del presupuesto	45
4.1.1	Presupuesto de otros gastos	45
4.1.2	Presupuesto de materiales	46
4.1.3	Presupuesto de personal	46
5	Desarrollo del proyecto	47
5.1	Parámetros dimensionales del braille	49
5.2	Información, datos y selección de material	51
5.3	Diseño del sistema electrónico	69
5.4	Cálculos del diseño	76
5.4.1	Calculo de la masa del pupitre	77
5.5	Calculo de esfuerzos	105
	Conclusiones	133
	Recomendaciones	135
	Referencias Bibliográficas	136

## Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Modos de esfuerzo normal y su aplicación matemática.	33
Figura 2. Representación gráfica de esfuerzo cortante y su aplicación matemática.	33
Figura 3. Representación gráfica del esfuerzo flector	34
Figura 4. Grafica de esfuerzo cortante y sus aplicaciones matemáticas.	35
Figura 5. Máquina de extrusión de polímeros y sus partes.	36
Figura 6. Alfabeto braille inventado por Luis Braille (1809-1852)	37
Figura 7 ejemplo de la dimensión de una celda braille.	50
Figura 8. Ficha técnica del polietileno de alta densidad	54
Figura 9. Ficha técnica del polipropileno	56
Figura 10 . Ficha técnica del Poliestireno	57
Figura 11. Ficha técnica del Acrilonitrilo- butadieno-estireno (ABS)	59
Figura 12. Ficha técnica del Cloruro de polivinilo (PVC)	60
Figura 13. Ficha técnica del Politereftalato de butileno (PBT)	62
Figura 14. Ficha técnica del policarbonato.	63
Figura 15. Ficha técnica de las poliamidas.	65
Figura 16. Diagrama de bloques básico de conexión entre el sistema electrónico y el sistema mecánico.	70
Figura 17. Circuito esquemático del controlador maestro.	73
Figura 18. Circuito esquemático del controlador de un carácter.	75
Figura 19. Circuito esquemático de un par de controladores de caracteres.	76
Figura 20. Tuerca del pupitre #1.	77

Figura 21. Tuerca del pupitre #2	80
Figura 22. Tornillo hex bolt gradeb.	82
Figura 23. Pilar del pupitre.	84
Figura 24. Perfil del pilar.	85
Figura 25. Perfil de cubierta del pilar.	86
Figura 26. Perfil de la base del pilar.	87
Figura 27. Soporte de unión #1.	88
Figura 28. Soporte de unión #2	89
Figura 29. Placa de seguridad.	91
Figura 30. Tubo de soporte tablero electrónico.	92
Figura 31. Base del pupitre.	93
Figura 32. Soporte del pupitre.	94
Figura 33. Base del tablero.	96
Figura 34. Tablero.	98
Figura 35. Base intermedia.	100
Figura 36. Tornillo de presión.	102
Figura 37. Vista isométrica del pupitre.	105
Figura 38. Esfuerzos y cargas del pupitre.	105
Figura 39. Esfuerzos y cargas laterales.	106
Figura 40. Esfuerzos y cargas en tornillo 1.	107
Figura 41. Esfuerzos y cargas en tornillo 2.	108
Figura 42. Esfuerzos y cargas en tornillo 3.	109
Figura 43. Cargas y esfuerzo en tornillo 4.	111

Figura 44. Cargas y esfuerzos en tornillo #5.	112
Figura 45. Cargas y esfuerzos en la base del pupitre.	114
Figura 46. Perfil de base del pupitre.	114
Figura 47. Diagrama de cargas en base del pupitre.	115
Figura 48. Diagrama de cuerpo libre de base del pupitre.	115
Figura 49. Diagrama de fuerza cortante base del pupitre.	116
Figura 50. Diagrama de momento flector base del pupitre.	117
Figura 51. Esfuerzos y cargas en soporte de tablero electrónico.	119
Figura 52. Perfil de tubo soporte de tablero electrónico.	120
Figura 53. Diagrama de cargas de tubo soporte de tablero electrónico.	120
Figura 54. Diagrama de fuerza cortante de tubo soporte de tablero electrónico.	122
Figura 55. Diagrama de momento flector de tubo soporte de tablero electrónico.	123
Figura 56. Esfuerzos y cargas en el tablero.	125
Figura 57. Torsión resultante por carga en el tablero.	126
Figura 58. Perfil de soporte donde reacciona la carga.	127
Figura 59 cargas y esfuerzos en pilares laterales del pupitre.	129
Figura 60 Perfil del pilar.	130

## Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Requerimientos y resumen del proyecto	45
Tabla 2. Detalles de presupuesto de otros gastos.	45
Tabla 3. Detalles de presupuesto de materiales.	46
Tabla 4. Detalles de presupuesto personal	46
Tabla 5. Parámetros recomendados proporcionalmente (en mm)	51
Tabla 6. Características del polietileno de alta densidad.	53
Tabla 7. Características del polipropileno.	55
Tabla 8. Características del Poliestireno.	57
Tabla 9. Características del Acrilonitrilo.	58
Tabla 10. Características del cloruro de polivinilo.	59
Tabla 11. Características del politereftalato de butileno.	61
Tabla 12. Características del policarbonato.	62
Tabla 13. Características de las poliamidas.	63
Tabla 14. Tabla comparativa de las características de los polímeros.	66
Tabla 15. Costos de materiales mecánicos.	131
Tabla 16. Costos de materiales electrónicos.	132

## **Resumen**

El presente proyecto cuenta con el diseño de un pupitre de lectura para personas con discapacidad visual. El objetivo general del proyecto es diseñar un pupitre de lectura braille que permita a las personas con discapacidad pertenecer de forma inclusiva en las aulas de clase. La metodología utilizada en este proyecto es exploratoria y con enfoque aplicado. La principal conclusión y recomendación a la que llegan los autores es que el pupitre de lectura braille será un pupitre de ayuda y soporte en las academias, se espera que marque una diferencia en el entorno social, académico, lúdico y también permita y de origen a variedad de proyectos que satisfagan necesidades sociales como lo es en este caso el pupitre de lectura braille.

**Palabras claves:** Braille, sistema electrónico, pupitre, polímero, discapacidad visual.

## **Abstract**

This project has the design of a reading desk for people with visual disabilities. The general objective of the project is to design a braille reading desk that allows people with disabilities to belong inclusively in classrooms. The methodology used in this project is exploratory and with an applied approach. The main conclusion and recommendation reached by the authors is that the Braille reading desk will be a desk for help and support in the academies, it is expected that it will make a difference in the social, academic, recreational environment and also allow and of origin to variety of projects that satisfy social needs, such as in this case the Braille reading desk.

**Keywords:** Braille, electronic system, desk, polymer, visual impairment

## Introducción

Dentro de las diferentes comunidades de personas en el mundo normalmente se encuentran personas con discapacidad visual, las cuales se pueden distinguir según sea su grado de limitación en la visión. Las personas ciegas son quienes cuentan con un mayor grado de limitación que no les permite obtener información por medio de la vista, a diferencia de personas con disminución visual quienes cuentan con un grado menor de limitación y pueden procesar información por medio del canal visual.

A su vez, dentro de las personas con disminución visual se encuentran factores como la edad y el género y la condición socio económica de la persona, estos factores ayudan a denominar el tipo de limitación, su agudeza o el campo visual. Esta clasificación no es única ni definitiva, pero sirve para identificar y trazar un camino en la distinción de los tipos de limitaciones visuales frecuentes.

A nivel mundial, se estima que aproximadamente 1300 millones de personas viven con alguna forma de deficiencia visual. Con respecto a la visión de lejos, 188,5 millones de personas tienen una deficiencia visual moderada, 217 millones tienen una deficiencia visual de moderada a grave y 36 millones son ciegas. En cuanto a la visión de cerca, 826 millones de personas tienen una visión de cerca deficiente (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2018).

Con una cobertura geográfica del 99,8% al 2 de noviembre, el DANE entregó los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda 2018, que arrojaron que en Colombia somos 45 millones y medio de personas, de las cuales el 51,4% son mujeres y el 48,6% restante corresponde a los hombres. Según la información entregada por la entidad, el 7,2% de la población que respondió al censo dijo presentar alguna dificultad funcional para realizar sus

actividades diarias, lo que se traduce en cerca de tres millones y medio de personas con discapacidad (Comunicaciones INCI, 2019, párr.1).

Esta limitación se da comúnmente por pérdida total o parcial de la vista, donde se tienen en cuenta los factores del campo visual (distancia visible con la vista fija en dirección a un punto específico) y la agudeza visual (capacidad del ojo para notar objetos).

Dos distintas clasificaciones de la pérdida visual son la ceguera y la reducción visual donde la primera es una pérdida total y absoluta de la vista y la segunda se trata de una pérdida parcial del sentido visual.

En este contexto, es relevante tener en cuenta la diferencia entre una persona que ha nacido con la limitación total o parcial, y una que al transcurso de su vida va adquiriendo la discapacidad poco a poco o de forma absoluta. Esta diferencia señala que las personas nacidas con la limitación de nacimiento no adquirieron conocimiento por medio de la vista y en consecuencia no tuvo la oportunidad de tener noción alguna de las posturas corporales y culturales definidas por la sociedad, o de los colores; mientras las personas que han adquirido la discapacidad a lo largo de los años si tendrán esas nociones.

Las limitaciones visuales afectan en su mayoría a personas en condiciones de edad avanzada y género femenino, en la actualidad se tiene una cifra del 85% de los casos mundiales de deficiencia visual pueden ser evitables teniendo que las causas primordiales que conllevan a la deficiencia visual sean: cataratas (47,9%), glaucoma (12.3%), degeneración muscular relacionada con la edad (8,7%), opacidad corneal (5.1%), retinopatía diabética (4.8%), Ceguera infantil (3.9%), tracoma (3.6%) y oncocercosis (0.8%). Excluyendo la degeneración muscular asociada con la edad, las demás pueden ser evitadas (Inclúyeme, s.f).

Desde 1825 las personas con déficit visual han tenido la oportunidad de acceder a la lectoescritura a través del sistema braille ideado por Louis braille, consiste en un sistema de puntos en relieve que permite que las personas ciegas tengan una herramienta de lectura y escritura eficaz que funciona por medio del tacto.

El sistema ideado por el señor Louis braille no es un idioma si no un alfabeto que expresa letras, signos de puntuación, números, símbolos matemáticos, notas musicales u otros caracteres.

El braille viene dado como una matriz de tres filas por dos columnas que conforman seis puntos en relieve, la presencia o ausencia de dichos puntos permite que se logre una combinación de 64 caracteres diferentes que determinan el tipo de letra será. Debido a que con 64 combinaciones no se logra completar una comunicación asertiva se emplean puntos especiales que crean las letras mayúsculas, bastardilla, número o nota musical.

Por medio del braille se encontró la posibilidad de tener una comunicación con personas con déficit visual, a pesar de ello aún no se ha logrado incluir en la educación actual una manera en la que discapacitados y personas no discapacitadas puedan tomar clases en conjunto, por esta razón se presenta el proyecto diseño y simulación de un pupitre de lectura braille de modo que se muestre como una propuesta que pueda ayudar y pueda incluir en las aulas de clase a las personas con discapacidad visual.

El presente proyecto muestra el diseño y simulación de un pupitre de lectura braille, por medio de este se planteara una herramienta por la cual las personas con limitación visual puedan acceder a una educación inclusiva donde estén presentes personas sin discapacidad y a su vez personas con discapacidad visual sin ningún inconveniente, de una manera unánime y equitativa dentro de las aulas de clase principalmente, el diseño consiste en la transmisión de escritura mediante el lenguaje braille por medio un sistema electrónico que permite la transmisión de información hasta

los sistemas mecánicos del pupitre, esta información será transmitida inicialmente desde un dispositivo móvil manejado por el maestro o la persona que quiera realizar comunicación con el usuario, pasando por los sistemas electrónicos, hasta llegar a los componentes mecánicos y hacer efectiva la transmisión de información al lenguaje braille en los caracteres o celdas braille, los componentes físicos del pupitre estarán diseñados a partir de material reciclado encontrados comúnmente en nuestro entorno, estos materiales tendrán que cumplir con los requisitos mínimos los cuales son no ser tóxicos para el ser humano además de cumplir con determinados requisitos necesarios para la correcta elaboración y función del diseño.

## **1. Problema**

### **1.1 Título del proyecto**

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN PUPITRE DE LECTURA BRAILLE.

### **1.2 Descripción del problema**

Según el Instituto Nacional para Ciegos (INCI) se estima que en Colombia existen aproximadamente 200 mil personas con algún tipo de limitación visual. Estas personas luchan día a día por seguir usando el método de lectoescritura braille sin que este sea opacado o desplazado por el uso de tecnología digitales que brindan facilidad de manejo y enseñanza (Nieto, 2019).

El problema con estas tecnologías es que solo pueden ser encontradas en sitios especializados o lugares dedicados a personas con este tipo de limitación en específico y que además suelen estar fuera del alcance económico de las familias o personas con intención de aprender a comunicarse por medio de ese sistema, cuando podrían ser presentados en centros educativos como colegios y universidades, donde exista una total acogida para estas personas de manera que garantice no sólo un ambiente amigable y accesible para ellos, sino un futuro de calidad.

Aprender braille no es algo complicado, ni fuera del alcance de una persona normal debido a que solo se deben aprender las combinaciones de letras del alfabeto de la misma manera en que se debe desarrollar el sentido del tacto para poder referenciar que es lo que indica cada punto del braille, estos términos dados son para personas del común sin caracteres especiales, ni algún tipo de don en particular.

Las personas ciegas que no saben braille son analfabetas porque ese es el sistema de lectoescritura nuestro y no debe dejarse perder en Colombia, porque por el braille es que me puedo comunicar o incluso tener una relación sentimental (Nieto, 2019).

### **1.3 Definición del problema**

En los centros educativos de las zonas rurales y urbanas no existe una mesa de lectura Braille.

### **1.4 Formulación del problema**

¿Cuál será el diseño más adecuado para el pupitre de lectura braille?

### **1.5 Objetivos**

#### **1.5.1 Objetivo general**

Diseñar y simular un pupitre de lectura braille.

#### **1.5.2 Objetivos específicos**

Recopilar información sobre el Braille.

Seleccionar el polímero para el diseño.

diseñar el sistema electrónico y su interfaz respectiva.

Realizar los cálculos del diseño.

Calcular costos de construcción del pupitre de lectura braille.

Ejecutar la simulación animada del diseño por medio de software.

### **1.6 Justificación**

¿Por qué diseñar el pupitre de lectura braille? Debido a la existencia de una gran cantidad de personas con limitación visual sin acceso a una academia especializada donde aprender el sistema de lectoescritura braille, sé hace útil y necesario la implementación de este diseño en las aulas de clase debido a que promueve de una manera óptima y efectiva la comunicación entre maestro-estudiante con la que se facilitará el proceso de inclusión de personas con discapacidad visual a las aulas de clase por medio del pupitre de lectura braille, este pupitre está dirigido principalmente a la población infantil y de mediana edad, aun así el diseño puede ser usado por personas de edad

más avanzada con ceguera total o con niveles de limitación visual y quieran aprender el lenguaje del alfabeto braille por medio de este diseño.

Otro factor clave de por qué realizar el proyecto del pupitre de lectura braille es por el hecho de que se emplearan en el diseño materiales reciclables, esto ayudara a la conservación del medio ambiente y puede que ayude a más personas a tomar conciencia y empiecen con iniciativas de reutilización de materiales reciclables para la creación de implementos que puedan ser de utilidad a las personas más necesitadas o a la comunidad en general.

Además de lo mencionado anteriormente también se tiene una ventaja en cuanto a el proyecto debido a que esta beneficiado directamente en la parte económica en vista de que los costos se ven reducidos por tomar los materiales de manera reciclada y reutilizable, lo cual favorece al diseño, las academias, personas y entes de educación para personas de discapacidad visual que deseen adquirir e implementar el pupitre.

## **1.7 Alcances y delimitaciones**

### **1.7.1 Alcances**

Los alcances y el impacto de este proyecto estarán dados en las personas ciegas o con limitaciones visuales debido a que la comunicación entre el estudiante y maestro podrá ser fácil y rápida, además se verán reflejados en términos culturales y sociales ya que al realizar la inclusión de personas con discapacidad visual en las aulas de clase se empezará a generar conciencia en los niños de manera que estos empiecen a ver a las personas con esta limitación no como discapacitados, si no como personas iguales, con las mismas capacidades de salir adelante y trabajar en equipo junto a ellos, permitiendo de esta forma que se genere un ambiente de inclusión y aceptación hacia niños, adolescentes y adultos con limitación visual que no pueden ingresar a una escuela, colegio, o universidad debido a que los establecimientos no cuentan con un pupitre o

con las herramientas necesarias que les permitan aprender y usar el alfabeto braille en las aulas de clase.

### **1.7.2 Limitaciones**

El escaso conocimiento respecto a sistemas electrónicos que se vayan a necesitar para establecer el sistema braille en el pupitre es uno de las principales limitantes de este proyecto puesto que se requiere de la dirección y el asesoramiento de un ingeniero electrónico, persona capacitada o con conocimiento en el área de electrónica que sirva de apoyo a la hora de evaluar y determinar el sistema.

### **1.7.3 Delimitaciones**

#### **1.7.3.1 Delimitación espacial**

EL proyecto no tiene delimitación geográfica dado que el diseño del pupitre de lectura braille estará dirigido a escuelas y sitios educativos de cualquier lugar geográfico, además podrá ser adaptado a cualquier otro tipo de ambiente si se desea, sean oficinas, casas, apartamentos o cualquier otro lugar que cuente con energía eléctrica.

#### **1.7.3.2 Delimitación Temporal**

El tiempo estimado para desarrollar el proyecto es aproximadamente de 3 meses en cumplimiento al plan de trabajo propuesto.

#### **1.7.3.3 Delimitación conceptual**

Está centrado en conceptos como: el uso de fórmulas, consideraciones y teorías del libro mecánica de materiales Beer, Russell & DeWolf (2004) y Hibbeler (2011), fijando métodos en función del software a partir del libro de diseño mecánico, diseño de ingeniería mecánica de shigley (Budynas & Nisbett, 2008).

## 2 Marco referencial

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1 Antecedentes empíricos

PROTOTIPO ELECTRÓNICO DE ENSEÑANZA DE SISTEMA BRAILLE, PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO INGENIERO ELECTRÓNICO. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, CUENCA.” (Aucay, 2016).

El desarrollo del proyecto tiene como uno de sus objetivos principales, la labor social en personas con discapacidad visual y pretende establecer un mecanismo capaz de enseñar a personas con y sin discapacidad de lenguaje.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE UNA INTERFAZ MULTIMEDIA COMO APOYO EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA DE LA LECTOESCRITURA DE LAS VOCALES DEL SISTEMA BRAILLE A INFANTES CON DISCAPACIDAD VISUAL EN LA ETAPA PREESCOLAR, TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO DE SONIDO, BOGOTA D.C. (Chavarria, 2016).

El objetivo principal de este trabajo es evaluar el impacto del uso de una interfaz multimedia como apoyo en el proceso de la enseñanza de las vocales del sistema braille en infantes con discapacidad visual en la etapa preescolar, mediante el desarrollo de una interfaz senso-auditiva que tiene la capacidad de representar las vocales del sistema braille y en la que se implementa una metodología didáctica como apoyo para la enseñanza de las mismas.

En la evaluación del impacto, se realizan pruebas que dan resultados del tiempo de aprendizaje de las vocales del sistema Braille en infantes con discapacidad visual que hacen uso de la interfaz como apoyo en el proceso de enseñanza.

SISTEMA PARA EL APRENDIZAJE DE LECTOESCRITURA EN BRAILLE. UNIVERSIDAD JAVERIANA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO CARRERA DE DISEÑO INDUSTRIAL, BOGOTA D.C. (Castañeda & Maldonado, 2009).

Este trabajo de grado está basado en el desarrollo de un objeto para el aprendizaje del sistema braille, en principio se implementará en el instituto para niños ciegos Juan Antonio Pardo Ospina. El propósito es ofrecer desde el diseño industrial un elemento que agilice este proceso y genere nuevas experiencias lúdicas para personas videntes e invidentes.

SISTEMA DE ENSEÑANZA DEL CÓDIGO BRAILLE PARA NIÑOS CON LIMITACIONES VISUALES. UNIVERSIDAD JAVERIANA FACULTAD DE INGENIERIA, CARRERA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA, BOGOTA D.C (Cétares, Cortés & Silva, 2005).

Se trata de un dispositivo que ayuda en el proceso de aprendizaje del código braille. Está compuesto por una base de datos de archivos de sonido, un software de acceso, una interfaz electromecánica y una unidad de conversión y procesamiento.

### **2.1.2 Antecedentes bibliográficos**

A nivel mundial se estiman que el 80 % de la población general tiene al menos un signo clínico de para funciones. Está considerado que este tipo de alteración de la oclusión dentaria acompaña a un tercio de la población adulta, generalmente femeninas entre los 20 y 40 años de edad. En la era de los avances tecnológicos y veloces propuestas informativas, la divulgación de temas científicos para el hombre contemporáneo es asunto álgido (Díaz Gómez, Díaz Miralles, Barrio Serrano, & Rodríguez Guerra, 2016).

De acuerdo a cifras publicadas por el DANE en mayo de 2013, existe una población en Bogotá de 64.701 personas con limitación visual, 4.786 personas particularmente en ciudad Bolívar. La ley 115 de 1994 (artículo 1) establece que la educación es un proceso de formación permanente,

personal, cultural y social que se fundamenta en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, de sus derechos y de sus deberes. Otros artículos de referencia como la ley 361 de 1997 (artículo 10) señala que el Estado Colombiano en sus instituciones de educación pública garantizará el acceso a la educación y la capacitación en los niveles primario, secundario, profesional y técnico para las personas con limitación en sus derechos fundamentales, económicos, sociales y culturales, quienes para ello dispondrán de una formación integral dentro del ambiente más apropiado a sus necesidades especiales (Hernández, Pedraza & López, 2011).

La literatura especializada en Estomatología es una necesidad vigente y son pocos los proyectos recientes. Temas asociados a la actividad parafuncional de la oclusión no existen para el público vidente, aún con los resultados estadísticos de morbilidad a que se hacía referencia. Cuando se cierra aún más el componente de futuros lectores y estos están necesitados de textos en braille por ser personas con déficit visual, la búsqueda puede ser ardua y el resultado escaso (Díaz Gómez, Díaz Miralles, Barrio Serrano, & Rodríguez Guerra, 2016).

Las bibliotecas públicas en Cuba fueron espacios donde los ciegos pudieron aprender el lenguaje Braille. Los bibliotecarios se auxiliaron de la cartilla que creó el invidente Zacarías Alvisa, "la cual sirvió para que personas con visión normal pudieran alfabetizar a los discapacitados". La Asociación Nacional del Ciego (ANCI) y el Ministerio de Educación auspiciaron las labores de enseñanza, y bajo esta guía la Dirección Nacional de Bibliotecas del Ministerio de Cultura orientó metodológicamente esta labor en la red de bibliotecas públicas cubanas. Experiencias de esta labor se evidenciaron en las bibliotecas provinciales de toda la isla y en otras municipales, la más relevante fue la de la Biblioteca Provincial de Cienfuegos, que fue objeto de consulta y referencia para el desarrollo del trabajo con ciegos y débiles visuales Viciado (Valdés, 2005).

## 2.2 Marco teórico

Los principios fundamentales en los cuales se basará el pupitre de lectura están dados en la ciencia MECANICA DE MATERIALES Beer, Russell & DeWolf (2004) y Hibbeler (2011), Resistencia de materiales.

La Resistencia de Materiales es una rama de la Mecánica que estudia el comportamiento de los sólidos sometidos a cargas exteriores. Dentro de la mecánica se consideran tres campos fundamentales.

**CINEMÁTICA:** Estudia el movimiento de los cuerpos sin considerar su masa.

**ESTÁTICA:** Estudia los sólidos rígidos que se encuentran en equilibrio estático.

**DINÁMICA:** Estudia los cuerpos en movimiento, relacionando su masa con la fuerza que produce dicho movimiento.

Podemos observar que los tres campos de la Mecánica citados anteriormente consideran los sólidos como cuerpos rígidos, es decir, indeformables, aunque en realidad esto no es cierto. Los cuerpos al estar sometidos a fuerzas exteriores se deforman.

En algunas ocasiones estas deformaciones son elásticas, es decir, una vez que dejan de actuar las fuerzas sobre el cuerpo, éste, recupera su forma y dimensiones iniciales. En otras ocasiones las deformaciones son permanentes y los cuerpos no vuelven a su estado inicial.

La Resistencia de Materiales, sin embargo, estudia y relaciona las cargas exteriores y los efectos que éstos producen sobre los cuerpos (Área tecnología, s.f).

### **Esfuerzos físicos**

Fuerza se define como una interacción entre dos cuerpos; es una cantidad física vectorial que se describe mediante los conceptos intuitivos de “empujar” y “jalar”.

En el ámbito de la Mecánica de los Medios Continuos, lo que nos interesa es el comportamiento que tiene la materia cuando se le aplica una fuerza. En este contexto, el efecto que tiene una fuerza aplicada sobre un determinado cuerpo es la deformación del mismo.

Para estudiar cómo se producen las deformaciones, debemos centrarnos primero en entender que la acción de la fuerza aplicada y el efecto producido dependerán directamente del área sobre la que está actuando la fuerza. Este efecto se denomina esfuerzo, se define como “fuerza por unidad de área” y lo vamos a representar por  $\sigma$  (Universidad Autónoma de Baja California, s.f).

### **¿POR QUÉ FALLAN LAS PIEZAS?**

En general, podríamos decir que: “las piezas fallan porque sus esfuerzos exceden su resistencia”, pero ¿Qué clases de esfuerzos causan la falla? ¿Tensión? ¿Compresión? ¿Cortante?, A lo que podríamos contestar: “depende del material en cuestión y de sus resistencias relativas a la compresión, a la tensión y al cortante. También depende del tipo de carga (ya sea estática o dinámica), y de la presencia o ausencia de grietas en el material” (Udea Santiago de Chile, s.f).

#### **Carga estática**

Una carga estática es una fuerza estacionaria o un par de torsión que se aplica a un elemento. Para ser estacionaria, la fuerza o el par de torsión no deben cambiar su magnitud, ni el punto o los puntos de aplicación, ni su dirección. Una carga estática produce tensión o compresión axial, una carga cortante, una carga flexionante, una carga torsional o cualquier combinación de éstas. Para que se considere estática, la carga no puede cambiar de ninguna manera (Alan, 2015).

#### **Falla**

La falla puede significar que una parte se ha separado en dos o más piezas; se ha distorsionado permanentemente, arruinando de esta manera su geometría; se ha degradado su confiabilidad; o se ha comprometido su función, por cualquier razón. Cuando un diseñador habla de falla puede referirse a cualquiera o todas estas posibilidades (Alan, 2015).

### **Teoría del esfuerzo cortante máximo para materiales dúctiles**

La teoría del esfuerzo cortante máximo estipula que la fluencia comienza cuando el esfuerzo cortante máximo de cualquier elemento iguala al esfuerzo cortante máximo en una pieza de ensayo a tensión del mismo material cuando esa pieza comienza a fluir.

La teoría del ECM también se conoce como la teoría de Tresca o Guest. Muchas teorías se postulan con base en las consecuencias vistas en las piezas sometidas a tensión. Cuando una tira de un material dúctil se somete a tensión, se forman líneas de desplazamiento (llamadas líneas de Lüder) aproximadamente a  $45^\circ$  de los ejes de la tira. Estas líneas de desplazamiento representan el inicio de la fluencia, y cuando se carga hasta la fractura, también se observan líneas de fractura en ángulos de aproximadamente  $45^\circ$  con los ejes de tensión. Como el esfuerzo cortante es máximo a  $45^\circ$  del eje de tensión, es lógico pensar que éste es el mecanismo de falla (Budynas & Nisbett, 2008).

### **Esfuerzo normal**

La intensidad de la fuerza o fuerza por unidad de área actuando normal a  $\Delta A$  se define como el esfuerzo normal o sigma, si la fuerza o esfuerzo normal “hala” sobre el elemento de área  $\Delta A$  como se muestra en la figura se llama esfuerzo de tensión mientras que si “empuja” sobre  $\Delta A$  se le llama esfuerzo de compresión (Hibbeler, 2011).

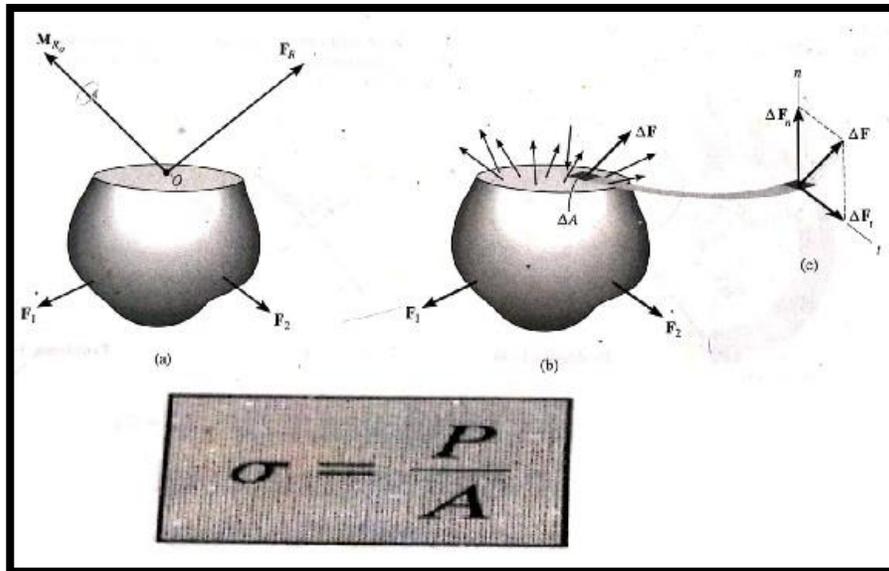


Figura 1. Modos de esfuerzo normal y su aplicación matemática.

Fuente: Hibbeler, R. (2011). *Mecánica de materiales* (8ª Ed). Mexico: Pearson.

### Esfuerzo cortante

La intensidad de la fuerza o fuerza por unidad de área que actúa tangente a  $\Delta A$  se llama esfuerzo cortante  $\tau$  (Hibbeler, 2011). Esta componente se expresa matemáticamente como:

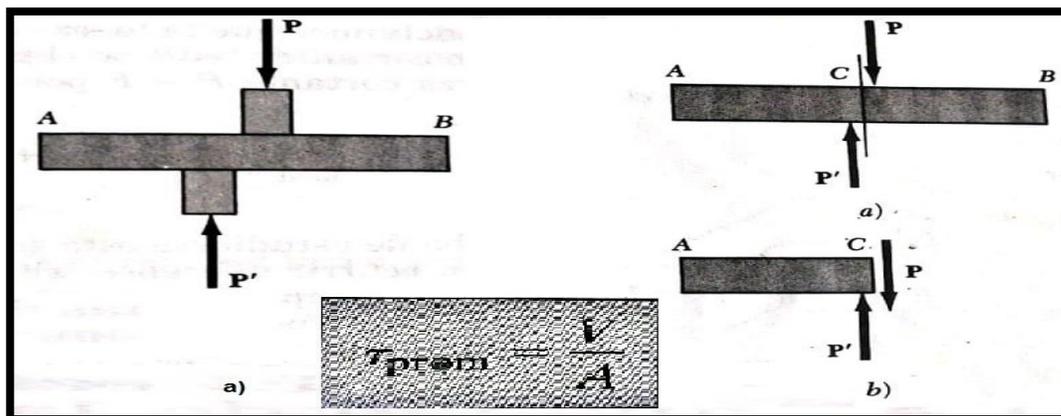
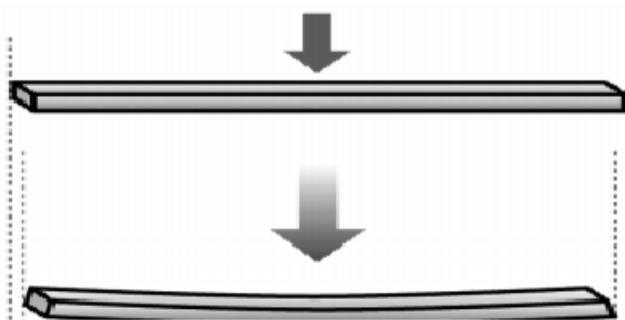


Figura 2. Representación gráfica de esfuerzo cortante y su aplicación matemática.

Fuente: Beer, F., Russell, E. & DeWolf, J. (2004). *Mecánica de materiales* (3ª Ed). Mexico: Mc Graw Hill.

### Esfuerzo flector

La flexión es una combinación de esfuerzos de compresión y de tracción. Mientras que las fibras superiores de la pieza están sometida a un esfuerzo de flexión (se alargan), las inferiores se acortan, o viceversa, produciendo una deformación a lo largo de su eje, que tiendan a doblarlo. El rasgo más destacado es que un objeto sometido a flexión presenta una superficie de puntos llamada fibra neutra tal que la distancia a lo largo de cualquier curva contenida en ella no varía con respecto al valor antes de la deformación. El esfuerzo que provoca la flexión se denomina momento flector (Federación de Enseñanza de CC.OO. de Andalucía, 2011).



Para calcular este tipo de esfuerzo, se utiliza la siguiente fórmula, donde  $\sigma_t$  es la tensión de trabajo expresado en  $\text{kgf/cm}^2$ ,  $M_f$  es el momento flector en la sección en  $\text{cm}\cdot\text{kgf}$  y  $W_{xx}$  es el módulo o momento resistente de la sección en  $\text{cm}^3$ .

$$\sigma_t = \frac{M_f}{W_{xx}}$$

Figura 3. Representación gráfica del esfuerzo flector

Fuente: Federación de Enseñanza de CC.OO. de Andalucía. (2011). *Tipos de esfuerzos físicos*. Revista profesional para profesionales de la enseñanza. Recuperado de <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8567.pdf>

### Esfuerzo torsión

Momento resultante de las tensiones tangenciales que tiende a hacer girar a un miembro con respecto a su eje longitudinal aparecen en la sección de una barra respecto de la normal a dicha sección que pasa por el centro de gravedad de la misma (Hibbeler, 2011).

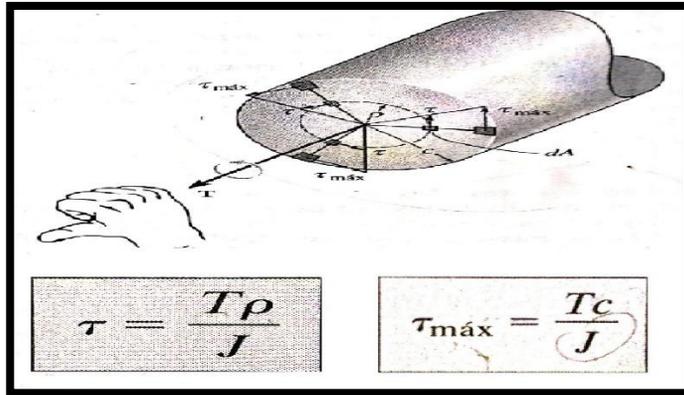


Figura 4. Grafica de esfuerzo cortante y sus aplicaciones matemáticas.

Fuente: Hibbeler, R. (2011). *Mecánica de materiales* (8ª Ed). Mexico: Pearson.

### Extrusión de polímeros

La palabra extrusión proviene del latín "extrudere" que significa forzar un material a través de un orificio. La extrusión consiste en hacer pasar bajo la acción de la presión un material termoplástico a través de un orificio con forma más o menos compleja y continua, de manera tal, que el material adquiera una sección transversal igual a la del orificio. En la extrusión de termoplásticos el proceso no es tan simple, ya que, durante el mismo, el polímero se funde dentro de un cilindro y posteriormente, es enfriado. Este proceso de extrusión tiene por objetivo, usarse para la producción de perfiles, tubos, películas plásticas, hojas plásticas, etc (Mariano, 2011).

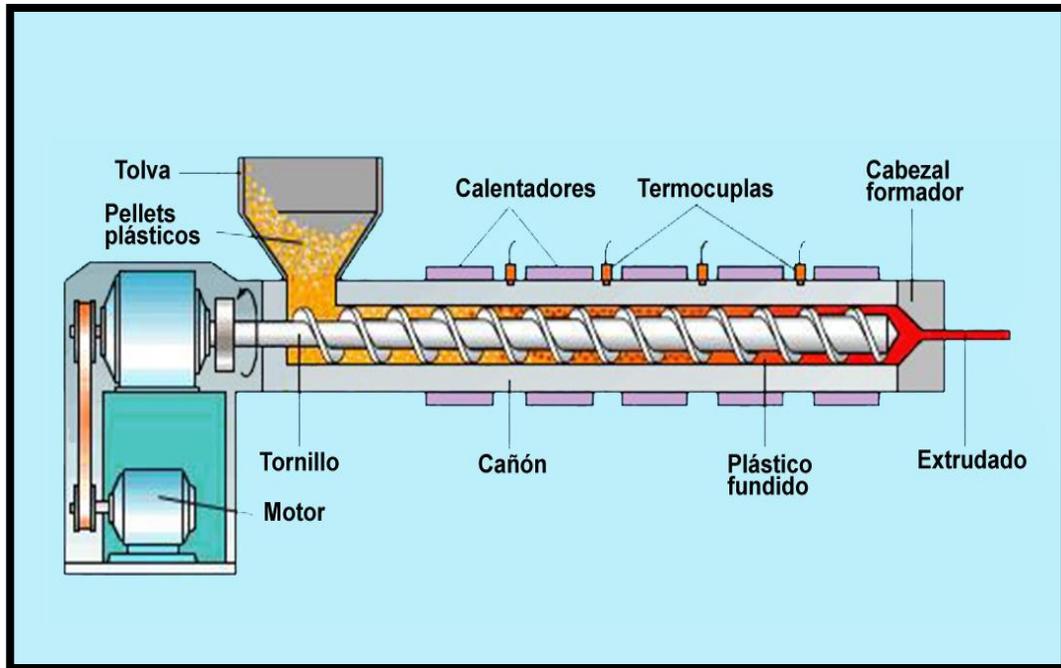


Figura 5. Máquina de extrusión de polímeros y sus partes.

Fuente: Mariano. (2011). Extrusión de materiales plásticos [Mensaje de Blog]. Tecnología de los plásticos. Recuperado de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>

## Braille

El alfabeto Braille es el principal sistema de comunicación para aquellas personas que sufren algún tipo de discapacidad que les impide leer. Se trata de una escritura táctil basada en una serie de puntos en relieve que representan el sistema alfabético tradicional (Martinez, 2019).

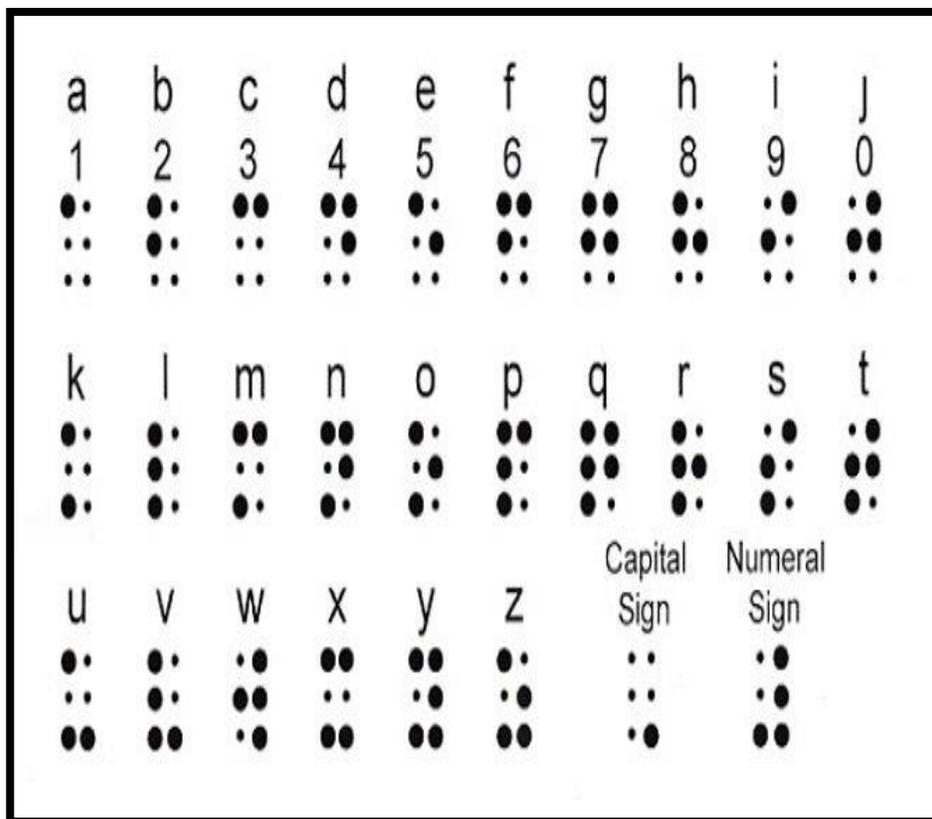


Figura 6. Alfabeto braille inventado por Luis Braille (1809-1852)

Fuente: Martínez, L. (2019). *Alfabeto Braille*. Infoalfabetos. Recuperado de <https://www.infoalfabetos.com/alfabeto-braille>

### Polímero

Es una noción cuyo origen etimológico se encuentra en la lengua griega y se refiere a algo formado por diversos componentes. Y es que así lo certifica su origen etimológico. En concreto, deriva del griego, exactamente de la suma de dos elementos como son el prefijo “poli-”, que es equivalente a “muchos”, y el sustantivo “meros”, que puede traducirse como “partes”.

La acepción más habitual del término hace mención a un compuesto, ya sea sintético, natural o químico, que se crea a través de un fenómeno conocido como polimerización, a partir de la repetición de unidades estructurales.

Puede decirse que los polímeros son macromoléculas que se forman con la vinculación de otras clases de moléculas denominadas monómeros. La síntesis de los polímeros se produce por una

reacción provocada por sus monómeros que se denomina, como ya mencionábamos, polimerización (Pérez y Merino, 2013).

### **Sistema electrónico**

Un sistema electrónico es un conjunto de circuitos que interactúan entre sí para obtener un resultado. Una forma de entender los sistemas electrónicos consiste en dividirlos en las siguientes partes:

Entradas o Inputs – Sensores (o transductores) electrónicos o mecánicos que toman las señales (en forma de temperatura, presión, etc.) del mundo físico y las convierten en señales de corriente o voltaje. Ejemplo: El termopar, la foto resistencia para medir la intensidad de la luz, etc.

Circuitos de procesamiento de señales – Consisten en piezas electrónicas conectadas juntas para manipular, interpretar y transformar las señales de voltaje y corriente provenientes de los transductores.

Salidas u Outputs – Actuadores u otros dispositivos (también transductores) que convierten las señales de corriente o voltaje en señales físicamente útiles. Por ejemplo: un display que nos registre la temperatura, un foco o sistema de luces que se encienda automáticamente cuando esté oscureciendo (El santuario de la Electrónica, s.f.).

Electrónica y programación, una relación que no salta a la vista.

La evolución de la electrónica y la informática ha mostrado que la relación entre estas dos ciencias está muy ligada. Esta relación no solo es vigente desde la concepción de la arquitectura interna de un microprocesador y su repertorio de instrucciones de máquina provistas para que un desarrollador de software construya sus aplicaciones, sino que ha llegado a niveles superiores como es el caso de los circuitos dispositivos PIC (Circuito Integrado Programable), FPGA (Field Programmable Gate Array), GAL (Generic Array Logic), DSP (Procesador Digital de Señales), PLC

(Controlador Lógico Programable), PID (Control Proporcional Integral y Derivativo), entre otros (Palacios, 2009).

### **2.3 Marco conceptual**

El pupitre estará compuesto por un conjunto de estructuras las cuales se buscarán diseñar a base de material polímero reciclado, con la resistencia y la capacidad necesaria que necesitara el diseño que tendrá como fin la inclusión en personas con discapacidad visual, el polímero que en su momento sea designado debe contar con las características necesarias para la realización del diseño teniendo en cuenta que este material es 100% reciclable y reutilizable a fines de conservar el medio ambiente.

Es importante conocer las propiedades del material que se seleccione a trabajar para el diseño del pupitre que sería lo primordial del proyecto, de ahí partirá a determinar los esfuerzos y las cargas que soportara el pupitre para de esta manera empezar a asumir las medidas y espesores que se trabajaran en el diseño.

En el libro mecánica de materiales (Beer, Russell & DeWolf, 2004) y (Hibbeler, 2011), se estudia todo lo que tiene que ver con los esfuerzos físicos ya sea tensión, compresión, flexión o torsión, se tomara todo lo relacionado con estas teorías para los cálculos, análisis y situaciones que se puedan presentar en el transcurso de este proyecto.

Las propiedades mecánicas son la capacidad de un material a resistir acciones mecánicas y son las que más se estudiarán con respecto al material reciclable que se implemente: elasticidad, plasticidad, maleabilidad, dureza y tenacidad.

Los circuitos electrónicos y la programación también son parte primordial del proyecto debido a que con estos se va a transmitir la entrada y salida de los botones teclas o eslabones del pupitre y

se lograra el relieve requerido para que los usuarios con discapacidad visual logren recibir la información que se les quiere difundir.

## **2.4 Marco legal**

### **2.4.1 Norma técnica colombiana ntc 4641**

El fabricante debe cumplir con la Norma Técnica Colombiana, elaboradas, y recopiladas según Convenio realizado por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, con el Ministerio de Educación Nacional, donde se presenta los requisitos mínimos con que deben contar las dotaciones escolares.

#### **Requisitos generales**

La apariencia del pupitre y de la silla debe ser como se indica a continuación.

La superficie de trabajo del pupitre debe ser plana, las superficies del asiento y del espaldar de la silla deben ser anatómicos y de apariencia uniforme e impedir que el usuario resbale.

Las superficies de trabajo del pupitre y del asiento de la silla deben ser uniformes en brillo y tono del color, sin defectos tales como pintura dispareja, irregularidades y poros. La superficie de trabajo debe tener bajo índice de reflexión.

El mueble terminado no debe presentar defectos como desviaciones, grietas, aristas vivas ni elementos que afecten la seguridad del usuario, igualmente, las esquinas de las superficies deben ser redondeadas.

El ensamble del mueble debe ser fuerte y debe hacerse mínimo con soldadura tipo mig o con otro método que la supere.

Si se emplean tornillos u otros accesorios metálicos se deben asegurar de forma tal que las uniones no se aflojen.

La superficie de trabajo del pupitre debe estar asegurada de tal forma que permanezca firme cuando este en uso.

Cualquier elemento de ensamble que una la estructura con la tabla superior, debe estar hecho de tal forma que sus extremos no sobresalgan de los bordes de la misma.

Los extremos de las patas deben tener un tratamiento adecuado para que al mover el pupitre no queden marcas ni rayones en el piso ni ocasionen ruido excesivo. En el caso de estructuras metálicas, los extremos de las patas deben tener tapones internos a presión. Los terminales de los tubos deben estar totalmente protegidos.

El borde frontal del asiento debe ser redondeado al igual que las esquinas de las superficies.

Los materiales utilizados en la fabricación de este tipo de muebles deben ser tratados para evitar la propagación del fuego y la emisión de gases tóxicos (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec], 2018).

### **3 Diseño metodológico**

#### **3.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación que se realizara según el Estatuto Estudiantil de la Universidad Francisco de Paula Santander es la sistematización de conocimientos que consiste a la práctica conocimientos adquiridos en la carrera tales como formulas generales, teorías extraídas de libros, tesis o estudios realizados sobre el tema para resolver la necesidad que se planteó con el diseño del pupitre de lectura braille estos conocimientos fueron adquiridos en la carrera en asignaturas como resistencia de materiales, dibujo de máquinas, materiales no metálicos y cálculo de elementos de máquinas.

##### **3.1.1 Exploratoria**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2003, citados por Interceramic, s.f). “la investigación exploratoria se efectúa normalmente cuando el objetivo a examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes” (p.35).

##### **3.1.2 Aplicada**

La Investigación Aplicada se centra en la resolución de problemas en un contexto determinado, es decir, busca la aplicación o utilización de conocimientos, desde una o varias áreas especializadas, con el propósito de implementarlos de forma práctica para satisfacer necesidades concretas, proporcionando una solución a problemas del sector social o productivo. La Investigación Aplicada tiene por objetivo resolver un determinado problema o planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, por ende, para el enriquecimiento del desarrollo cultural y científico (Centro de recursos para el aprendizaje y la Investigación, s.f).

## **3.2 Diseño metodológico**

Con el propósito de alcanzar dicho objetivo planteado se debe seguir un procedimiento metodológico como sigue:

1. Investigar acerca del tema
2. Síntesis y cálculos teórico-numéricos del diseño.
3. Elaboración del boceto del pupitre con sus respectivas medidas.
4. Seleccionar el polímero a utilizar.
5. Construcción de diseños en software.
6. Análisis y conclusiones.
7. Presentación y sustentación del proyecto final.

## **3.3 Fuentes de información**

### **3.3.1 Fuentes de información primaria**

Libros, Artículos científicos, Informes, Tesis de Grado, Proyectos académicos, Reportajes audiovisuales.

### **3.3.2 Fuentes de información secundaria**

La fuente secundaria fue investigada en documentos, revistas y libros publicados por diferentes medios como sitios web, bases de datos o libros, todas las fuentes están en relación con el tema de la lectoescritura braille, estas fuentes dieron la información vital para poner en ejecución el desarrollo de este proyecto.

## **3.4 Técnicas y procedimientos para recolección de información**

Los datos, análisis, contenido, información y teorías del estudio de este proyecto, fueron en su mayoría extraídos de medios informáticos como internet, libros, y artículos con palabras claves e

información contundente para el desarrollo del mismo, seguido de esto se procederá a determinar el análisis estructural y del diseño que va a componer el pupitre de lectura braille.

### **3.5 Análisis de información**

La información que se obtendrá del presente proyecto es de tipo cualitativa y cuantitativa. La técnica es de tipo descriptiva para la investigación y el desarrollo del proyecto la cual servirá para obtener el diseño específico y adecuado, ideal para la finalidad que se desea.

### **3.6 Marco administrativo**

#### **3.6.1 Recursos humanos**

Director del proyecto

MSc. Ingeniero Mecánico Meimer Peñaranda Carrillo

#### **3.6.2 Autor del proyecto**

Cristian Fabián León Vanegas

Andrés Mauricio Corredor Silva

#### **3.6.3 Recursos materiales**

Universidad Francisco de Paula Santander

Biblioteca Eduardo Cote Lemus (Universidad Francisco de Paula Santander)

Departamento de Diseño Mecánico, materiales, procesos y térmicas

## 4 Recursos financieros

### 4.1 Requerimientos y resumen del presupuesto

Tabla 1. Requerimientos y resumen del proyecto

Rubros	Fuentes				Total
	Fuente 1		Fuente 2		
	Especie	Dinero	Especie	Dinero	
Personal	Recursos propios	\$ 600.000,00	Recursos propios	\$ 600.000,00	\$ 1'200.000,00
Equipos y software	Recursos propios	\$ 500.000,00	Recursos propios	\$ 500.000	\$ 1'000.000,00
Materiales	Recursos propios	\$ 50.000,00	Recursos propios	\$ 50.000,00	\$ 100.000,00
Otros	Recursos propios	\$ 50.000,00	Recursos propios	\$ 50.000,00	\$ 100.000,00
<b>Total</b>					<b>\$ 2'400.000,00</b>

#### 4.1.1 Presupuesto de otros gastos

Tabla 2. Detalles de presupuesto de otros gastos.

Descripción	Cant.	Valor unitario	Recursos				Total
			Fuente 1		Fuente 2		
			Especie	Dinero	Especie	Dinero	
Transporte	40	\$ 1.600,00	Recursos propios	\$64.000,00	Recursos propios	\$64.000,00	\$128.000,00
Imprevistos	1	\$150.000,00	Recursos propios	\$150.000,00	Recursos propios	\$150.000,00	\$300.000,00
<b>TOTAL</b>							<b>\$428.000,00</b>

#### 4.1.2 Presupuesto de materiales

Tabla 3. Detalles de presupuesto de materiales.

Descripción	Cant.	Valor unitario	Recursos				Total
			Fuente 1		Fuente 2		
			Especie	Dinero	Especie	Dinero	
Papelería	1	\$ 60.000,00	Recursos propios	\$ 60.000,00	-	-	\$120.000,00
Impresiones	300	\$ 100,00	Recursos propios	\$ 30.000,00	-	-	\$ 30.000,00
Fotocopias	100	\$ 100,00	Recursos propios	\$ 10.000,00	-	-	\$10.000,00
CD	1	\$ 20.000,00	Recursos propios	\$ 20.000,00	-	-	\$20.000,00
<b>TOTAL</b>	-	-	-	-	-	-	<b>\$180.000,00</b>

#### 4.1.3 Presupuesto de personal

Tabla 4. Detalles de presupuesto personal

Nombre	Función en el proyecto	Dedicación (Hora / Semana)	Semanas	Valor hora	Recursos				Total
					Fuente 1		Fuente 2		
					Especie	Dinero	Especie	Dinero	
Cristian Fabián León Vanegas	Autor	20	16	\$3.000,00	Recursos propios	\$480.000,00	-	-	\$480.000,00
Andrés Mauricio Corredor Silva	Autor	20	16	\$3.000,00	Recursos propios	\$480.000,00	-	-	\$480.000,00
Ing. Meimer Peñaranda Carrillo	Director	4	16	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>\$ 960.000,00</b>

## 5 Desarrollo del proyecto

En el marco del desarrollo del proyecto, buscando definiciones y conceptos que evalúen la problemática que esté acorde a la realidad del diseño, consiente, puntual y concreto y enfocado en el progreso, en el trabajo se dio a la labor de indagar, investigar y seleccionar la literatura concorde al tema a tratar, se hizo la búsqueda de antecedentes de estudio, proyectos, tesis de grado, artículos referentes al tema, libros y bibliotecas virtuales que permitieron encontrar fundamentos sólidos para el desarrollo del presente proyecto de sistematización de conocimientos.

El primer documento encontrado, titulado “guía didáctica para la lectoescritura braille”, llevado a cabo en la ciudad de Madrid (Martínez-Liévana & Polo 2004), se encuentra la información básica para dar inicio al desarrollo del proyecto, en este encontramos los métodos y técnicas por los cuales las personas discapacitadas aprenden braille, los sistemas anteriores a la aparición del alfabeto, la estructura y rasgos generales de la lectura braille.

En apoyo al documento anterior y con el fin de tener amplio conocimiento en el tema que se trabajó se tomó información de otro documento encontrado titulado “A B SÉ” Sistema para el aprendizaje de la lectoescritura braille”, llevado a cabo en la ciudad de Bogotá (Castañeda & Maldonado, 2009), en este documento encontramos datos que complementaron la información sobre el alfabeto braille, además hace énfasis en la implementación de material didáctico y sistemático capaz de mejorar, facilitar y agilizar la enseñanza y uso del braille en las escuelas.

Dada la necesidad de implementar un sistema electrónico en el presente proyecto, se buscaron datos relacionados con el tema en el cual se encontraron algunos documentos titulados “PROTOTIPO ELECTRÓNICO DE ENSEÑANZA DEL SISTEMA BRAILLE” (Aucay, 2016) realizado en la ciudad de Cuenca, “DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LINEA BRAILLE DE BAJO COSTO PARA PERSONAS NO VIDENTES EN EL MARCO DE

CATEDRA UNESCO TECNOLOGIAS DE APOYO PARA LA INCLUSION EDUCATIVA DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALECIANA” (Cabrera, 2018), llevado a cabo en la ciudad de Cuenca, “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE UNA INTERFAZ MULTIMEDIA COMO APOYO EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA DE LA LECTOESCRITURA DE LAS VOCALES DEL SISTEMA BRAILLE A INFANTES CON DISCAPACIDAD VISUAL EN LA ETAPA PREESCOLAR” (Sastre y Peñaranda, 2015). realizado en la ciudad de Bogotá.

Estos documentos permitieron conocer datos de los sistemas electrónicos ya existentes relacionados con el sistema y la enseñanza del braille del mismo modo en que se conoció la funcionalidad de cada uno y las posibilidades de seleccionar características buenas y útiles que posiblemente fueran a ser de ayuda en el diseño. De la misma manera se conocieron datos que mostraron puntos de vista de diseños diferentes que ayudaron a expandir las posibles soluciones de los problemas, limitantes y contratiempos que se presentaron en la selección del pupitre más adecuado para el presente proyecto.

Para entrar en contexto con el proyecto se tiene que conocer la manera en que las personas con discapacidad visual aprenden braille para esto, se debe analizar cómo esta población recibe la mayoría de información, a lo cual nos encontramos con que el conocimiento y las cosas que aprenden son suministradas por el lenguaje oral y la experimentación táctil, mediante la percepción de los estímulos dados correspondientes a cada sentido. Enfocados en los estímulos táctiles para el aprendizaje del alfabeto braille los estudiantes tienen un avance lento llegando incluso a tener que leer letra por letra hasta desarrollar la capacidad, la habilidad y la destreza de leer de manera rápida y contundente, este proceso va de la mano y el apoyo de explicaciones orales y materiales en su mayoría tridimensionales, basándonos en esto se dio la idea de crear un elemento que sirviera de soporte y facilitara la labor de enseñanza de la misma manera en que redujera los materiales a

utilizar debido a que el diseño será dinámico y multifuncional capaz de dar diversidad de información y ajustándose a una enseñanza avanzada o principiante.

Dada la idea, el siguiente paso fue conocer los parámetros que tiene el alfabeto, estos están dados en el documento “parámetros dimensionales braille” llevado a cabo en la ciudad de Madrid, España. (Comisión Braille Española, 2013), en este documento se dan a conocer los parámetros con los cuales funcionan las celdas de braille, entre estos parámetros están las distancias entre celda y celda, entre punto y punto, la altura de la celda y los diámetros que se deben emplear, sea que se lleven a cabo en consideración con los datos en el documento o se tomen en cuenta las proporciones recomendadas.

## **5.1 Parámetros dimensionales del braille**

### **Reglas para la correcta diferenciación de los caracteres**

Los caracteres que forman los signos braille deben tener unas medidas determinadas para su correcta lectura a través del tacto.

Distancias medidas de centro a centro de punto.

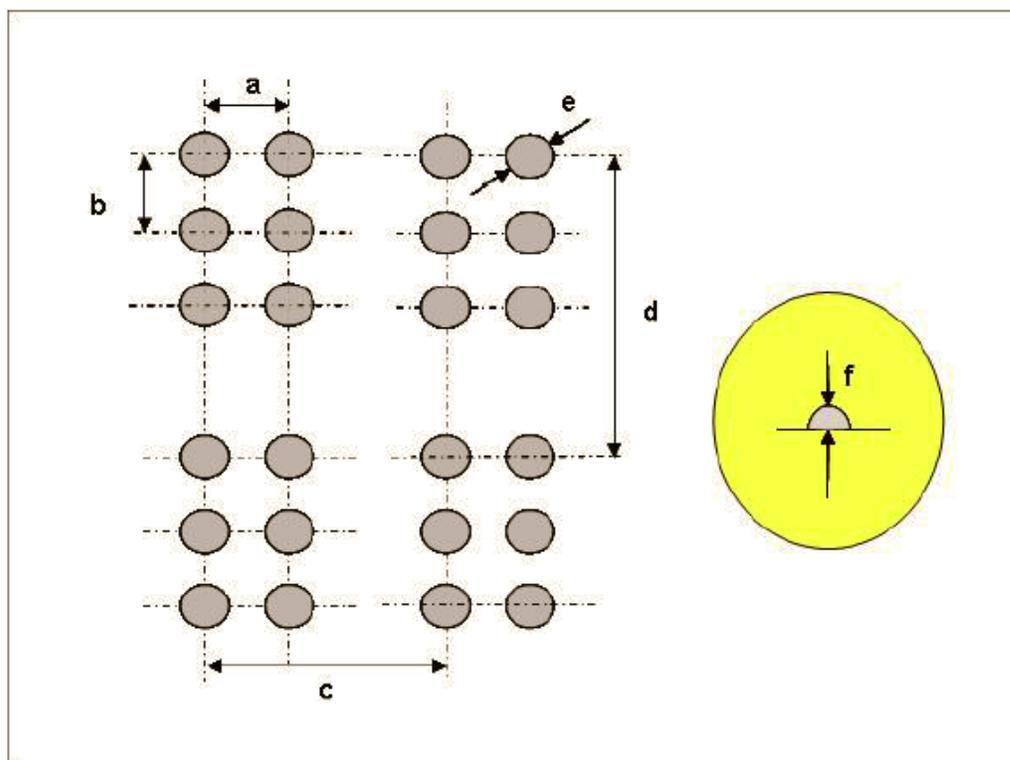


Figura 7 ejemplo de la dimensión de una celda braille.

Fuente: Comisión Braille Española (2013). *Parámetros dimensionales del braille* (Versión 1). Recuperado de <https://www.once.es/servicios-sociales/braille/documentos-tecnicos/documentos-tecnicos-relacionados-con-el-braille/documentos-tecnicos-relacionados-con-el-braille>

a = Distancia horizontal entre los centros de puntos contiguos de la misma celda: de 2,4 a 2,75 mm.

b = Distancia vertical entre los centros de puntos contiguos de la misma celda: de 2,4 a 2,75 mm.

c = Distancia entre los centros de puntos idénticos de celdas contiguas: de 6 a 6,91 mm.

d = Distancia entre los centros de puntos idénticos de líneas contiguas: 10 a 11,26 mm.

e = Diámetro de la base de los puntos: entre 1,2 y 1,9 mm. f = Altura recomendada de los puntos: entre 0,5 y 0,2 mm.

### Parámetros recomendados proporcionalmente (en mm)

Los distintos parámetros han de estar en proporción en función del siguiente cuadro (medidas en mm).

Tabla 5. Parámetros recomendados proporcionalmente (en mm)

<b>E</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>c</b>	<b>d</b>
1,2	2,4	2,4	6	10
1,3	2,45	2,45	6,13	10,18
1,4	2,5	2,5	6,26	10,36
1,5	2,55	2,55	6,39	10,54
1,6	2,6	2,6	6,52	10,72
1,7	2,65	2,65	6,65	10,9
1,8	2,7	2,7	6,78	11,08
1,9	2,75	2,75	6,91	11,26

Fuente: Comisión Braille Española (2013). *Parámetros dimensionales del braille* (Versión 1). Recuperado de <https://www.once.es/servicios-sociales/braille/documentos-tecnicos/documentos-tecnicos-relacionados-con-el-braille/documentos-tecnicos-relacionados-con-el-braille>

Los anteriores datos fueron tomados del documento técnico b1 de la comisión braille española “PARAMETROS DIMENSIONALES DEL BRAILLE” (Comisión Braille Española, 2013).

En base a eso se empezó a trabajar en la selección de materiales y medidas, conocimiento de sistemas similares y cumplimiento de requisitos del proyecto y de normas técnicas del braille.

## 5.2 Información, datos y selección de material

En el mundo existen infinidad de materiales de diversos usos y utilidades, algunos con propiedades reutilizables y otros que solo se pueden usar de manera única, en la búsqueda de la reutilización y cuidado del medio ambiente se tomó la iniciativa de seleccionar un material con las

propiedades adecuadas para el pupitre de lectura braille de manera que contribuyera con el medio ambiente y ayude en la disminución de la contaminación cumpliendo con las funciones de resistencia mecánica necesarias para la realización de este proyecto.

Siguiendo lo antes mencionado se tomó como base fundamental los materiales polímeros debido a que son materiales de uso común con amplia oferta y demanda en el mercado, siendo así también los menos aprovechados y con un rango amplio de contaminación, de acuerdo a esto se realizó la búsqueda de la variedad de polímeros existentes observando detalladamente sus propiedades, características y analizando si era el adecuado y cual o cuales son los que más se encontraban en cantidades numerosas y con posibilidad de reutilización y reciclaje.

Para hablar de polímeros tenemos que tener clara su definición y que son, siendo estos materiales plásticos que vienen de la palabra griega plastikos que significa material capaz o susceptible de ser modelado o moldeado, con esto se afirma que su principal característica es tomar formas distintas si se somete a temperaturas altas o fuerzas superiores a su límite de deformación, debido a esto se hace un material ideal para la reutilización e implementación en este proyecto.

Entre los polímeros encontramos variedades con características a fines de diferentes oficios según sea la necesidad de la misma, entre estos están los polímeros Polietilenos (PE), Cloruro de Polivinilo (PVC), Politetrafluoretileno (PTFE), Poliestireno (PS), las resinas epoxi, las melaminas, el poliuretano el policarbonato entre otros, cada uno de estos con características diferentes o similares, pero con usos específicos en la industria o en las utilidades diarias de las personas.

Conociendo esto se dio a la tarea de realizar la búsqueda de los materiales necesarios y adecuados al diseño con lo cual se obtuvo la selección de los siguientes polímeros:

### **Polietileno de alta densidad PEAD (HDPE)**

Termoplástico creado a partir del etileno de estructura lineal de tipo cristalino.

**Características:**

Tabla 6. Características del polietileno de alta densidad.

<b>Formas de transformación</b>	<b>Inyección, soplado, extracción, rotomoldeo.</b>
<b>Aplicaciones y usos</b>	Bolsas, cajas, cajas de botellas, tuberías, juguetes, cascos de seguridad laboral, telefonía, uso sanitario, entre otros.
<b>Propiedades</b>	Resistente a bajas temperaturas, resistencia mecánica alta, impermeable, no toxico.

<b>POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PE-HD)</b>				
GUINEPLAST, S.L.	NEGRO	PE 300	PE 500	PE 1000
Propiedades	Bajo peso específico, aceptable fisiológicamente, ninguna absorción de agua			
	Se puede mecanizar, a prueba de choque y resistente al impacto. PE-NEGRO: especialmente estabilizado para el empleo exterior.		Alto peso molecular, alta resistencia al impacto, buenas propiedades de deslizamiento, resistencia a la abrasión. Color natural.	Altísimo peso molecular, resistencia al impacto extremadamente alta, buenas propiedades de deslizamiento, alta resistencia a la abrasión. Color natural.
<b>Datos técnicos</b>				
Densidad g/cm <sup>2</sup> ISO 1183	0,95	0,945	0,95	0,94
Resistencia a la fracción N/mm <sup>2</sup> DIN EN ISO 527	22	22	28	22
Resistencia al alargamiento % DIN EN ISO 527	9	9	+8	10
Alargamiento a la rotura %	300	500	300	350
Modulo-E MPa DIN EN ISO 527	800	800	850	800
Resistencia al impacto KJ/m <sup>2</sup> DIN EN ISO 179	Sin rotura		Sin rotura	Sin rotura
Resistencia al impacto en probeta KJ/m <sup>2</sup> DIN EN ISO 179	12	13	50	Sin rotura
Dureza superficial N/mm <sup>2</sup> DIN EN ISO 2039-1	40	43	45	40
Dureza shore D ISO 868	63	62	66	64
Expansión lineal coeficiente K-1 DIN 53752	1,8 - 10 <sup>-4</sup>		1,8 - 10 <sup>-4</sup>	1,8 - 10 <sup>-4</sup>
Conductividad térmica W/m-k DIN 52612	0,38	0,38	0,38	0,38
Comportamiento ante el fuego	Normal inflamable	Normal inflamable	Normal inflamable	Normal inflamable
Rigidez dieléctrica kV/mm VDE 0303-21	47	50	44	+44
Resistencia superficial 0hm DIN IEC 167	1014	1014	1014	1014
Rango de temperatura °C	-50 hasta +80		-100 hasta +80	-260 hasta +80
Resistencia a los productos químicos	Alta resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes			
Aceptable fisiológicamente	Si	Si	Si	Si (solo color natural)
Soldadura	Si	Si	Si	Posible
Refuerzo fibra de vidrio	Solamente con planchas con tejido o después de tratamiento preparatorio			
Laqueado, impresión				
Moldeado en caliente	Bien	Bien	Posible	No

Figura 8. Ficha técnica del polietileno de alta densidad

Fuente: GUINEPLAST, S. L. (s.f). *Polietileno de alta densidad (PE-HD)*. guineplast.COM. Recuperado de <http://www.guineplast.com/productos/caracteristicas.htm>

## Polipropileno (PP)

Termoplástico que se obtiene por polimerización de propileno.

Tabla 7. Características del polipropileno.

<b>Formas de transformación</b>	<b>Inyección, soplado, extrusión, termoformado se puede formar, perforar, troquelar.</b>
<b>Aplicaciones y usos</b>	Tuberías de fluidos calientes, piezas de automóviles, electrodomésticos, cajas de baterías, jeringas desechables, envases, baldes, entre otros.
<b>Propiedades</b>	Alta resistencia mecánica, resistencia química alta, resistencia térmica elevada, precio de obtención bajo, no toxico.

<b>POLIPROPILENO (PP)</b>			
GUINEPLAST, S.L.	GRIS-NEGRO	NATURAL	PPs
Propiedades	Bajo peso específico, se puede mecanizar, ninguna absorción de agua		
	Aceptable fisiológicamente.		De combustión lenta según DIN 4102 B1, estable a alta temperatura
PP-GRIS: particularmente apropiado para uso con líquidos calientes.			
<b>Datos técnicos</b>			
Densidad g/cm <sup>3</sup> ISO 1183	0,91	0,90	0,95
Resistencia a la tracción N/mm DIN EN ISO 527	32	30	32
Resistencia al alargamiento % DIN EN ISO 527	8	8	8
Alargamiento a la rotura %	70	70	70
Módulo-E MPa DIN EN ISO 527	1400	1400	1300
Resistencia al impacto KJ/m <sup>2</sup> DIN EN ISO 179	Sin rotura		Sin rotura
Resistencia al impacto en probeta KJ/m <sup>2</sup> DIN EN ISO 179	7	7	6
Dureza superficial N/mm <sup>2</sup> IN EN ISO 2039-1	70	70	70
Dureza shore D ISO 868	72	70	72
Expansión lineal coeficiente K-1 DIN 53752	1,6 - 10 <sup>-4</sup>		1,6-10 <sup>-4</sup>
Conductividad térmica W/m-K DIN 52612	0,22	0,22	0,22
Comportamiento ante el fuego	Normal inflamable DIN 4102 B2		DIN 4102 B1 + UL 94-VO*
Rigidez dieléctrica kV/mm VDE 0303-21	52	58	22
Resistencia superficial Ohm DIN IEC 167	1014	1014	1014
Rango de temperatura °C	0 hasta +100		0 hasta +100
Resistencia a los productos químicos	Alta resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes		
Aceptable fisiológicamente	Si	Si	No
Soldadura	Si	Si	si

Figura 9. Ficha técnica del polipropileno

Fuente: GUINEPLAST, S, L. (s.f.). *Polietileno de alta densidad (PE-HD)*. guineplast.COM. Recuperado de <http://www.guineplast.com/productos/caracteristicas.htm>

### Poliestireno (PS)

Material termoplástico cuyas materias primas son el etileno y el benceno.

Tabla 8. Características del Poliestireno.

<b>Formas de transformación</b>	<b>Inyección, extrusión, termoformado, soplado.</b>
<b>Aplicaciones y usos</b>	Envases, vasos, platos y cubiertos desechables, neveras portátiles, máquinas de afeitar desechables, juguetes, cassettes, aislantes térmicos y acústicos, entre otros.
<b>Propiedades</b>	Alta resistencia mecánica, alta resistencia al impacto, ignífugo, no toxico. Fácil de manipular, se puede cortar, taladrar, perforar, troquelar.

Características técnicas	Normas	Unidades	30	40	50	60	70	80	100
Lambda ( $\lambda$ 90/90)	EN 12667/12939	W/mK	0,034	0,034	0,034	0,034	0,036	0,036	0,036
Resistencia térmica (RD)	EN 12667/12939	m <sup>2</sup> K/W	0,90	1,20	1,50	1,80	1,95	2,20	2,80
Tolerancias en espesor ( $\Delta d$ )	EN-823	mm	+2,-2	+2,-2	+2,-2	+3,-2	+3,-2	+3,-2	+3,-2
Escuadrado (Sb)	EN-824	mm/m	5	5	5	5	5	5	5
Planimetría (Smáx)	EN-825	mm	7	7	7	7	7	7	7
Estabilidad dimensional 23°C y 90% ( $\Delta \epsilon$ )	EN-1604	%	≤5	≤5	≤5	≤5	≤5	≤5	≤5
Deformación bajo carga y temperatura ( $\Delta \epsilon$ )	EN-1605	70°/168h/40k Pa	≤5%	≤5%	≤5%	≤5%	≤5%	≤5%	≤5%
Fuego	EN-13501	-	E	E	E	E	E	E	E
Tracción paralela a las caras ( $\sigma \tau$ )	EN-1607	kPa	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Rest. Compresión ( $\sigma m$ )	EN-826	kPa	≥300	≥300	≥300	≥300	≥300	≥300	≥300
Fluencia compresión ( $\sigma c$ ) 2% 50 años	EN-826	kPa	125	125	125	125	125	125	125
Absorción agua por inmersión total (Wp)	EN-12087	%	≤0,7	≤0,7	≤0,7	≤0,7	≤0,7	≤0,7	≤0,7
Absorción agua por difusión (Wd)	EN-12088	%	3	3	3	2,7	2,1	1,5	1,5
Resistencia hielo/deshielo ( $\Delta \sigma 10$ )	EN-12088	%	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Resistencia hielo/deshielo ( $\Delta WIT$ )	EN-12088	%	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1

Figura 10 . Ficha técnica del Poliestireno

Fuente: Aislamiento Térmico (s.f). *Poliestireno Extruido: definición, ficha técnica y videos de instalación como aislante térmico en techos y paredes.* Recuperado de <https://www.aislamientotermico.com.ar/materiales-aislantes/poliestireno-extruido>

### Acrilonitrilo- butadieno-estireno (ABS)

Copolimero del PS con cauchos, compuesto por la polimerización de tres elementos, los cuales son el Acrilonitrilo, butadieno, estireno.

Tabla 9. Características del Acrilonitrilo.

<b>Formas de transformación</b>	Extrusión, formado, barrenado, fresar, torneado, aserrado y troquelado.
<b>Aplicaciones y usos</b>	Teléfonos, radios, aspiradoras, grandes electrodomésticos, griferías, radiadores, entre otros.
<b>Propiedades</b>	Alta resistencia al impacto, alta resistencia mecánica, alta resistencia térmica, excelente brillo y aspecto superficial, resistencia al rayado, resistencia química alta.

Propiedades	Método ASTM	Unidad	Grados de ABS			
			Alto impacto	Impacto medio	Bajo Impacto	Resistente al calor
Mecánicas a 23°C						
Resistencia al impacto, prueba Izod	D2546	J / m	375-640	215-375	105-215	105-320
Resistencia a la tensión	D638	Kg / mm <sup>2</sup>	3,3 - 4,2	4,2-4,9	4,2-5,3	4,2-5,3
elongación	D638	%	15-70	10-50	5-30	5-20
Módulo de tensión	D638		173-214	214-255	214-265	214-265
Dureza	D785	HRC (Rockwell)	88-90	95-105	105-110	105-110
Peso específico	D792		1,02-1,04	1,04-1,05	1,05-1,07	1,04-1,06
Térmicas						
Coefficiente de expansión térmica	D696	X 10 <sup>5</sup> cm / cm* °C	9,5-11,0	7,0-8,8	7,0-8,2	6,5-9,3
Distorsión por calor	D648	°C a 18,4 Kg /cm <sup>2</sup>	93-99	96-102	96-104	102-112

Figura 11. Ficha técnica del Acrilonitrilo- butadieno-estireno (ABS)

Fuente: Tecnología de los plásticos. (2011). ABS. [Mensaje de Blog]. tecnologiadelosplasticos. Recuperado de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/abs.html>

### Cloruro de polivinilo (PVC)

Se produce a partir de materias primas naturales como el gas y la sal común.

Tabla 10. Características del cloruro de polivinilo.

<b>Formas de transformación</b>	de	Extrusión, calandrado, moldeo por inyección, moldeo por estirado-soplado/extrusión-soplado, extensión/recubrimiento, moldeo rotacional, moldeo por inmersión y moldeo de embarrado.
<b>Aplicaciones y usos</b>	y	Envases, perfiles para marcos de ventanas, puertas, tuberías, mangueras, aislantes, juguetes envolturas para golosinas, objetos termoconformados industriales y domésticos, entre otros.
<b>Propiedades</b>		Adquiere aditivos fácilmente que permite adquiera distintos tipos de propiedades, costo de producción bajo, ignífugo, resistente a la intemperie, impermeable, elástico, aislante, resistente a los agentes químicos.

CLORURO DE POLIVINILO (PVC)			
GUINEPLAST, S.L.	GRIS	PVC- TRANSPARENTE	MOLDEO
Propiedades	Combustión lenta según DIN 4102 B1 y BS Clase 1, resistente al impacto, moldeable al vacío, puede imprimirse, tipo estándar para uso múltiple.	Combustión lenta (DIN 4102 B1 y BS clase 1), resistencia al impacto normal, moldeable al vacío, características de impresión muy buenas, transmisión de luz hasta 88% según espesor. PVC granulado: opaco con la misma transmisión de luz.	Combustión lenta según UL-99 V-0, resistencia al impacto incrementada según DIN 16927, tipo especial para moldeo al vacío, aplicaciones que implican requerimientos de embutición profunda.
<b>Datos técnicos</b>			
Densidad g/cm <sup>3</sup> ISO 1183	1,42	1,37	1,43
Resistencia a la tracción N/mm DIN EN ISO 527	58	72	53
Resistencia al alargamiento % DIN EN ISO 527	4	3	3
Alargamiento a la rotura %	15	11	20
Módulo-E MPa DIN EN ISO 527	3000	3200	3000
Resistencia al impacto KJ/m <sup>2</sup> DIN EN ISO 179	Sin rotura	Sin rotura	Sin rotura
Resistencia al impacto en probeta KJ/m <sup>2</sup> DIN EN ISO 179	4	2	8
Dureza superficial N/mm <sup>2</sup> DIN EN ISO 2039-1	130	140	132
Dureza shore D ISO 868	82	83	80
Expansión lineal coeficiente K-1 DIN 53752	0,8 – 10-4	0,8 – 10-4	0,8 – 10-4
Conductividad térmica W/m-K DIN 52612	0,159	0,159	-
Comportamiento ante el fuego	DIN 4102 B1*	DIN 4102 B1 (hasta 4 mm.)	Retardante a la llama
Rigidez dieléctrica kV/mm VDE 0303-21	39	30	-
Resistencia superficial Ohm DIN IEC 167	1013	1014	-
Rango de temperatura °C	0 hasta +60	Hasta +60	-10 hasta +60
Resistencia a los productos químicos	Alta resistencia a los ácidos y álcalis		
Aceptable fisiológicamente	No	No	No
Soldadura	Si	Si	si
Refuerzo fibra de vidrio	Si	Si	Si
Lacado, impresión	Si	Si	Si
Soldadura	Bien	Bien	Bien

Figura 12. Ficha técnica del Cloruro de polivinilo (PVC)

Fuente: GUINEPLAST, S. L. (s.f.). *Polietileno de alta densidad (PE-HD)*. guineplast.COM. Recuperado de <http://www.guineplast.com/productos/caracteristicas.htm>

## Politereftalato de butileno (PBT)

Tabla 11. Características del politereftalato de butileno.

<b>Formas de transformación</b>	Inyección, extrusión.
<b>Aplicaciones y usos</b>	Aislamientos primarios en extintores, electrodomésticos con requerimiento de resistencia térmica, ruedas dentadas, cojinetes, elementos deslizantes, automóviles entre otros.
<b>Propiedades</b>	Alta resistencia a los esfuerzos, alta resistencia a las deformaciones térmicas, alta rigidez, alta resistencia al desgaste, alta resistencia a los agentes químicos, bajo coeficiente de dilatación térmica.

<b>Resistencia a productos químicos</b>	
Ácidos diluidos	Bueno
Alcoholes	Bueno
Alcalis	Pobres-Bueno
Hidrocarburos aromáticos	Bueno
Grasas y Aceites	Bueno
Cetonas	Bueno
<b>Propiedades eléctricas</b>	
Constante dieléctrica @ 1kHz	3.2
Resistencia dieléctrica (kV.mm <sup>-1</sup> )	20
Factor de disipación a 1 kHz	0.002
Resistividad de volumen (Ohm.cm)	10 <sup>15</sup>
<b>Propiedades mecánicas</b>	
Alargamiento de rotura (%)	250
Dureza - Rockwell	M70
Resistencia al Impacto Izod (Jm <sup>-1</sup> )	80
Módulo de Tracción (GPa)	2
Resistencia a la tracción (MPa)	50
<b>Propiedades físicas</b>	
Densidad (g.cm <sup>-3</sup> )	1.31
Índice de oxígeno límite (%)	25
Absorción de agua - más de 24 horas (%)	0.1
<b>Propiedades Térmicas</b>	
Temperatura de deflexión de calor - 0.45MPa (°C)	150
Temperatura de deflexión de calor - 1.8MPa (°C)	60
Máxima de temperatura de trabajo (°C)	120 -?
<b>Propiedades del monofilamento de PBT</b>	
Propiedad	Valor
Densidad (g.cm <sup>-3</sup> )	1.31
Alargamiento a la Rotura (%)	26
Contracción @ 100°C (%)	3
Resistencia a la tracción (GPa)	0.5

Figura 13. Ficha técnica del Politereftalato de butileno (PBT)

Fuente: PLASTICOS, T. D. (2011). Tecnología de los plásticos [Mensaje de Blog]. Recuperado de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/pbt.html#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20y%20propiedades,de%20transici%C3%B3n%20v%C3%ADtreas%20ligeramente%20inferior>

### **Policarbonato (PC)**

Se denomina también policarbonato de bisfenol.

Tabla 12. Características del policarbonato.

<b>Formas de transformación</b>	Inyección, soplado, extrusión.
<b>Aplicaciones y usos</b>	Carcasas de protección para maquinaria y equipos peligrosos, viseras para protección de la cara, tapas para cuadros eléctricos y de mandos, cristales irrompibles para casetas de obras, automóviles blindados,
<b>Propiedades</b>	Alta resistencia mecánica, alta resistencia térmica, eso relativamente bajo, aislante térmico, aislante acústico, alta resistencia química, alta tenacidad.

Características mecánicas	Método/Prueba (DIN /ASTM)	Valor	Unidad
Densidad	53479	1,20	g/cm <sup>3</sup>
Resistencia al desgarre	53455		MPa
Resistencia a la rotura por alargamiento	53455	>80	%
Módulo de elasticidad a la tracción	53457	2200	MPa
Dureza Brinell (por penetración de bola)	53456	145	MPa
Resistencia al impacto	53453	No rompe	KJ/m <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción (1/1 probeta 3, v= 5mm./min.)	53455	60	N/mm <sup>2</sup>
Resistencia al impacto con entalladura ak (Probeta normalizada y pequeña)	53453	30	KJ/m <sup>2</sup>
Absorción de agua después de 24 horas (Probeta de 50/50/4 mm.)	53495	10	mg

Características térmicas	Método/Prueba (DIN /ASTM)	Valor	Unidad
Resistencia a la deformación Procedimiento A Procedimiento B	53460	150	°C
Dilatación por calor y humedad aprox.		3	mm/m
Capacidad de conductividad calorífica específica	52612	0,21	W/(m.K)
Capacidad calórica	--	1,30	J/(g.K)
Estabilidad dimensional al Calor (método Martens)	53458	115	°C

Figura 14. Ficha técnica del policarbonato.

Fuente: San metal, S.A. (s.f.). *Policarbonato PC*. Recuperado de <http://www.sanmetal.es/productos/termoplasticos/policarbonato-pc/16>

## **Poliamidas (PA)**

Tabla 13. Características de las poliamidas.

---

<b>Formas de transformación</b>	Moldeado, extrusión.
<b>Aplicaciones y usos</b>	Engranajes, elementos de transmisión, cojinetes, piezas sometidas a frotamiento, rodillos, cintas transportadoras, piezas que requieran mecanizado en torno automático.
<b>Propiedades</b>	Alta resistencia a la tracción, bajo peso específico, fácil moldeo, alta resistencia térmica, alta resistencia al desgaste y deformaciones, alta resistencia química, buenas propiedades mecánicas y eléctricas.

---

Características mecánicas	Método/Prueba (DIN /ASTM)	Valor	Unidad
Densidad	53479	1,14	g/cm <sup>3</sup>
Elongación en punto de fluencia	53455	85	MPa
Resistencia al desgarre	53455		MPa
Resistencia a la rotura por alargamiento	53455	70	%
Módulo de elasticidad a la tracción	53457	3200	MPa
Módulo de elasticidad a la flexión	53457		MPa
Dureza Brinell (por penetración de bola)	53458	70/160	MPa
Resistencia al impacto	53453	no.Br.	KJ/m <sup>2</sup>
Resistencia a la fluencia tras 1000 h. de carga estática			MPa
Resistencia al alargamiento, por 1%, tras 1000 hrs		5	MPa
Coefficiente de fricción contra acero endurecido y afilado p=0,05 N/mm <sup>2</sup> , v=0,8 m/s		0,38-0,45	-
Desgaste por fricción, en las mismas condiciones		0,23	m <sup>3</sup> /km

Características térmicas	Método/Prueba (DIN /ASTM)	Valor	Unidad
Temperatura de fusión	53738	220	
Temperatura de vitrificación dinámica	53738	40	
Resistencia a la deformación Procedimiento A Procedimiento B	ISO 75 ISO 75	75 190	°C °C
Temperatura de empleo durante poco tiempo		160	°C
Capacidad de conductividad calorífica específica		0,23	W/(m.K)
Capacidad calórica		1,7	J/(g.K)

Figura 15. Ficha técnica de las poliamidas.

Fuente: SANMETAL, S.A. (s.f.). *Termoplásticos-poliamidas*. Recuperado de <http://www.sanmetal.es/productos/termoplásticos/nylon-poliamida-6/9>

Los polímeros señalados en las anteriores tablas son los materiales más acertados para el desarrollo del proyecto y son los materiales postulados para el análisis, estructuración y diseño del pupitre, los materiales señalados anteriormente son los recomendados, aun así, está abierto a la

selección de diversos polímeros existentes no mencionados, todo esto mientras cumplan los requisitos mínimos para la elaboración de las piezas y secciones del pupitre, tales requerimientos son: resistencia a las cargas producidas por el personal que utilizara el pupitre, resistencia a las temperaturas elevadas producidas por el sistema electrónico, resistencia al impacto producido por los posibles golpes que se presenten al momento de usar el pupitre, resistencia a los posibles agentes químicos que vayan a tener contacto con el pupitre y baja o nula toxicidad debido a que el pupitre estará en continuo contacto con el ser humano.

Teniendo en cuenta la anterior información se mostrara una tabla comparativa donde se buscara seleccionar los materiales con los que se realizara el trabajo de diseño y los cálculos correspondientes del pupitre de lectura braille.

Tabla 14. Tabla comparativa de las características de los polímeros.

<b>MATERIA</b>	<b>FORMAS DE TRANSFORMACIÓN</b>	<b>APLICACIONES Y USOS</b>	<b>PROPIEDADES</b>	<b>RESISTENCIA MECÁNICA</b>
<b>Polietileno de alta densidad (PE-HD)</b>	Inyección, soplado, extracción, roto moldeo.	Bolsas, cajas, cajas de tuberías, juguetes, cascos de seguridad laboral, telefonía, uso sanitario, entre otros.	Alta resistencia al impacto, buenas propiedades de deslizamiento, resistencia a la abrasión, resistencia mecánica alta, impermeable, no toxico.	70-100 MPA
<b>Polipropileno (PP).</b>	Inyección, soplado, extrusión, termoformado se puede formar, perforar, troquelar.	Tuberías de fluidos calientes, piezas de automóviles, electrodomésticos, cajas de baterías,	Alta resistencia mecánica, resistencia química alta, resistencia térmica elevada,	75-80 MPA

		jeringas desechables, envases, baldes, entre otros.	precio de obtención bajo, no toxico.	
<b>Poliestireno (PS).</b>	Inyección, extrusión, termo formado, soplado.	Envases, vasos, platos y cubiertos desechables, neveras portátiles, máquinas de afeitar desechables, juguetes, cassettes, aislantes térmicos y acústicos, entre otros.	Alta resistencia mecánica, alta resistencia al impacto, ignifugo, no toxico. Fácil de manipular.	80-100 MPA
<b>Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS).</b>	Extrusión, formado, barrenado, fresar, torneado, aserrado y troquelado.	Teléfonos, radios, aspiradoras, grandes electrodomésticos, griferías, radiadores, entre otros.	Alta resistencia al impacto, alta resistencia mecánica, alta resistencia térmica, excelente brillo y aspecto superficial, no toxico, resistencia al rayado, resistencia química alta.	41-45 MPA.
<b>Cloruro de polivinilo (PVC).</b>	Extrusión, calandrado, moldeo por inyección, moldeo por estirado-soplado/extrusión-soplado, extensión/recubrimiento, moldeo rotacional, moldeo por inmersión y moldeo de embarrado.	Envases, perfiles para marcos de ventanas, puertas, tuberías, mangueras, aislantes, juguetes envolturas para golosinas, objetos termo-conformados industriales y domésticos, entre otros.	Adquiere aditivos fácilmente que permite adquiera distintos tipos de propiedades, costo de producción bajo, ignifugo, resistente a la intemperie, impermeable, elástico, no toxico, aislante, resistente a los agentes químicos.	58-72 MPA
<b>Politereftalato de</b>	Inyección, extrusión.	Aislamientos primarios en	Alta resistencia a los esfuerzos, alta	

<b>butileno (PBT).</b>		extintores, electrodomésticos con requerimiento de resistencia térmica, ruedas dentadas, cojinetes, elementos deslizantes, automóviles entre otros.	resistencia a las deformaciones térmicas, rigidez, resistencia al desgaste, resistencia a los agentes químicos, no toxico, bajo coeficiente de dilatación térmica.	40-50MPA
<b>Polycarbonato (PC).</b>	Inyección, soplado, extrusión.	Carcasas de protección para maquinaria y equipos peligrosos, viseras para protección de la cara, tapas para cuadros eléctricos y de mandos, cristales irrompibles para casetas de obras, automóviles blindados,	Alta resistencia mecánica, alta resistencia térmica, peso relativamente bajo, aislante térmico, aislante acústico, alta resistencia química, no toxico, alta tenacidad.	120-150MPA
<b>Poliamidas (PA).</b>	Moldeado, extrusión.	Engranajes, elementos de transmisión, cojinetes, piezas sometidas a frotamiento, rodillos, cintas transportadoras, piezas que requieran mecanizado en torno automático.	Alta resistencia a la tracción, bajo peso específico, fácil moldeo, alta resistencia térmica, alta resistencia al desgaste y deformaciones, alta resistencia química, buenas propiedades mecánicas y eléctricas.	60-85MPA

Basado en la información dada en la tabla anterior se realizó el análisis y la selección de los siguientes materiales para el desarrollo del presente proyecto.

- **Poliestireno (PS)**
- **Cloruro de polivinilo (PVC)**
- **Poliétileno de alta densidad (HDPE)**

Estos materiales se seleccionaron en base a su facilidad de obtención, características de resistencia mecánica, facilidad de trabajo y costo de fabricación.

### **5.3 Diseño del sistema electrónico**

SISTEMA DE CONTROL INALÁMBRICO PARA UN PUPITRE DE LECTURA BRAILLE

OBJETIVO

Diseñar un sistema electrónico que permita controlar de manera inalámbrica la escritura de los caracteres mecánicos de un pupitre de lectura Braille.

Descripción del sistema.

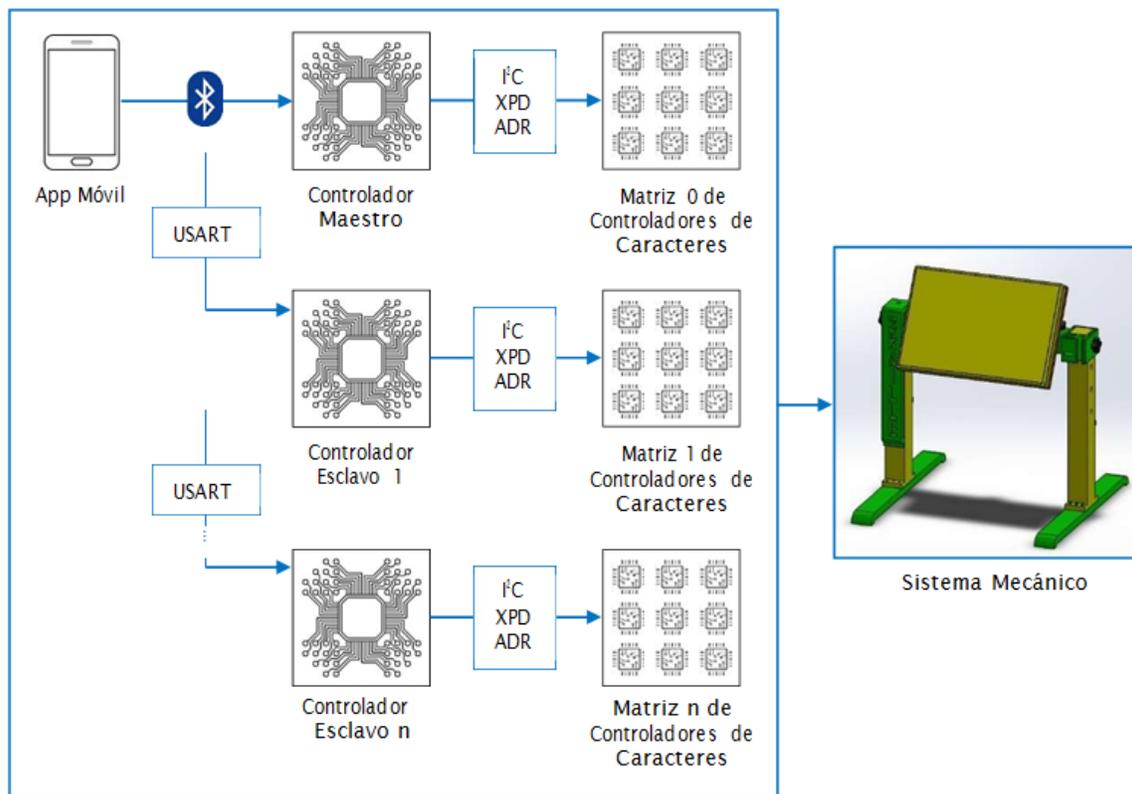


Figura 16. Diagrama de bloques básico de conexión entre el sistema electrónico y el sistema mecánico.

El sistema electrónico de control inalámbrico para el pupitre de lectura Braille estaría conformado principalmente por tres (3) tipos de módulos:

- Un (1) tipo de módulo software o App Móvil ejecutada en un Smartphone, que serviría de interfaz gráfica para que el usuario vidente ingrese el texto que se escribirá en el pupitre.
- Dos (2) tipos de módulos hardware o controladores, que recibirían el texto de la app móvil, lo traducirían a código Braille y enviarían las señales eléctricas necesarias al sistema mecánico para que este escriba los caracteres correspondientes en el pupitre.

En el diagrama de la figura 16, Se muestra una representación básica de la conexión entre los tres módulos del sistema electrónico con el sistema mecánico del pupitre.

## 1. APP MÓVIL

Sería la interfaz gráfica a través de la cual un usuario vidente podría digitar el texto que sería escrito mecánicamente en el pupitre. Se podría desarrollar una app móvil personalizada como también se podría utilizar una app móvil genérica.

Los requerimientos que debería cumplir la app móvil genérica son los siguientes:

- Conexión Bluetooth.
- Campo de entrada de texto.
- Botón tipo pulsador para enviar el texto al controlador maestro vía Bluetooth.

Los requerimientos que debería cumplir la App móvil personalizada son los siguientes:

- Registro de usuario y contraseña.
- Inicio de sesión.
- Conexión Bluetooth.
- Almacenamiento de información en base de datos.

Campo de entrada de texto limitado en cantidad y tipo de caracteres según la capacidad que tendría el sistema mecánico del pupitre

- Botón tipo pulsador para enviar el texto al controlador maestro vía Bluetooth.
- Mensajes de información, advertencia y error.
- Información acerca del proyecto y sus desarrolladores.

## 2. CONTROLADORES MAESTRO Y ESCLAVOS

El controlador maestro sería una tarjeta electrónica desarrollada para recibir la información de la app móvil, procesarla y traducirla en señales electrónicas que, mediante el protocolo de comunicación I2C, serían enviadas a la matriz de controladores de los caracteres.

La capacidad máxima de escritura directa de caracteres desde el controlador maestro sería de ochenta (80). Sin embargo, sería posible aumentar esta capacidad al utilizar controladores esclavos, los cuales ejecutarían la mayoría de las funciones del controlador maestro, con la salvedad de que, en lugar de recibir la información vía Bluetooth desde la app móvil, la recibirían a través de protocolo de comunicación USART desde el controlador maestro u otro controlador esclavo. Para calcular la capacidad máxima de caracteres que se podrían controlar con el sistema se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Cantidad máx. de caracteres} = 76 \times \text{cantidad de controladores esclavos} + 80$$

Esto quiere decir que por cada controlador esclavo que se conecta dentro del sistema, se deben sacrificar cuatro (4) caracteres, debido a que el puerto USART que utiliza el maestro o el esclavo para conectarse a otro esclavo, ocupa la cantidad de puertos que controlan esos cuatro (4) caracteres.

Como se muestra en el circuito de la fig. 2, el controlador maestro estaría conformado principalmente por tres (3) dispositivos:

- Un (1) microcontrolador AVR128DA64.
- Un (1) módulo Bluetooth HC-06.
- Un (1) regulador de voltaje LM7805.



par de caracteres de la matriz. Esto quiere decir, que se escribirían dos caracteres al mismo tiempo, pero con el mismo valor. Para solucionar esto, se utilizarían dos puertos I2C conectados individualmente a cada uno de los dos caracteres; logrando escribir un valor diferente en cada carácter.

A diferencia del controlador maestro, el controlador esclavo no tendría el módulo Bluetooth. En su lugar, el esclavo recibiría la información a través del puerto USART0 de su microcontrolador; proveniente del puerto USART1 del microcontrolador del maestro o de otro esclavo. En este caso, el microcontrolador del maestro sólo dividiría la información, dejando 76 caracteres para su procesamiento y enviando la cantidad de caracteres restante al esclavo a través de su puerto USART1 (sacrificando los bits XPD- [39:40] del maestro). El esclavo recibiría esta información y funcionaría de la misma manera descrita en el párrafo anterior.

### 3. MATRIZ DE CONTROLADORES DE LOS CARACTERES

El controlador de un carácter es a su vez una sub-matriz de controladores NSD-2101, los cuales gobiernan a los motores de cada uno de los pines del carácter. En otras palabras, por cada pin del carácter hay un motor y por cada motor hay un controlador NSD-2101. Por lo tanto, por cada carácter hay una sub-matriz de 6 controladores NSD-2101. El circuito que se desarrollaría para el controlador de cada carácter se muestra en la fig. 3 y se denominaría NSD-2101-X6.

Ahora bien, los controladores NSD-2101-X6 estarían organizados dentro de una matriz de hasta 80 o 76 caracteres, agrupados por pares. Cada uno de estos pares estaría representado por el circuito de la fig. 4. Como se puede observar, el par de controladores NSD-2101-X6 tienen diferente puerto I2C (A y B) pero comparten el mismo bit XPD (01) y el mismo puerto ADR-[0:5]. Sin embargo, el bit XPD sería diferente entre cada uno de los pares. Por lo tanto, se podría decir que el bit XPD sería el identificador de cada par de caracteres.

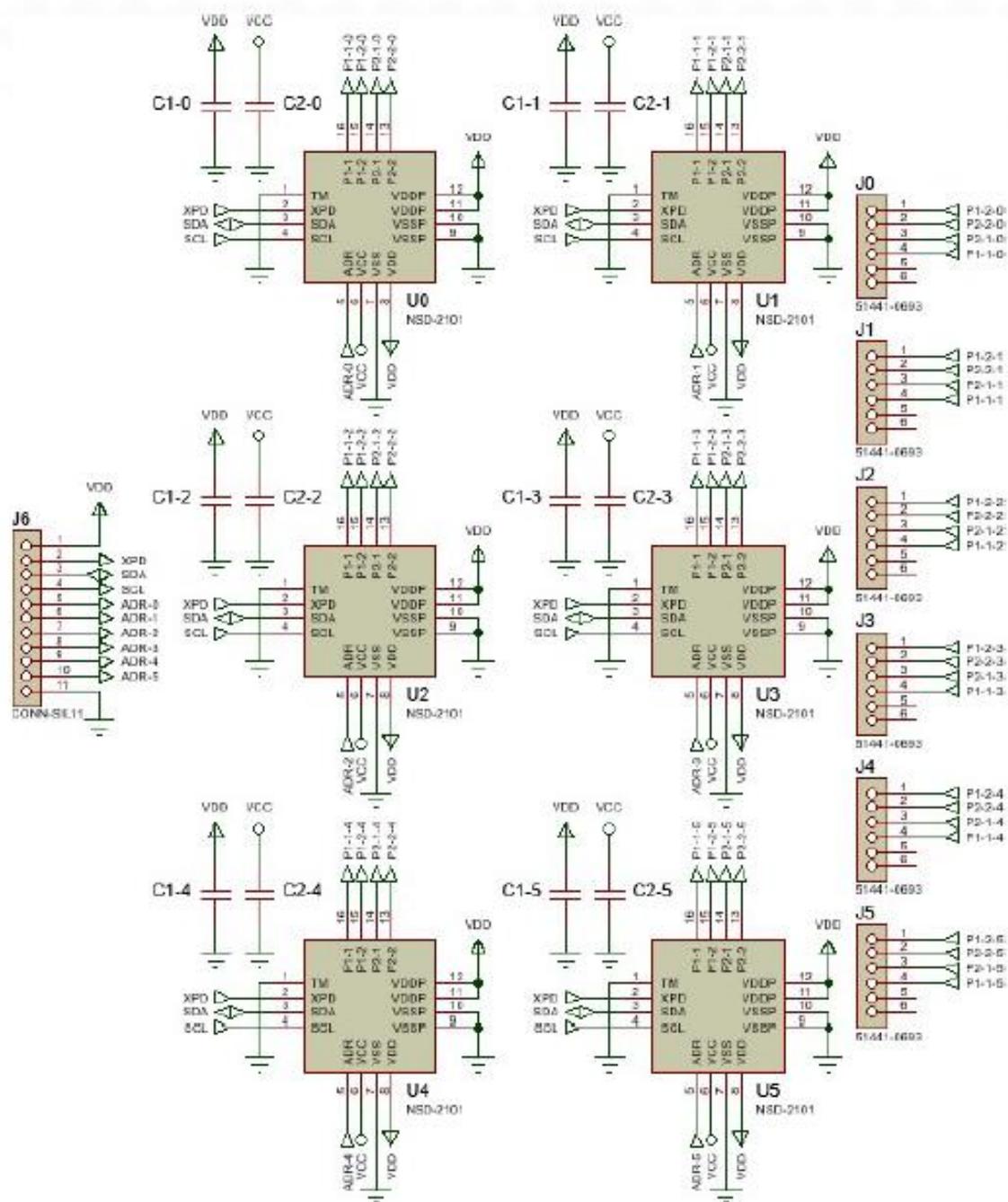


Figura 18. Circuito esquemático del controlador de un carácter.

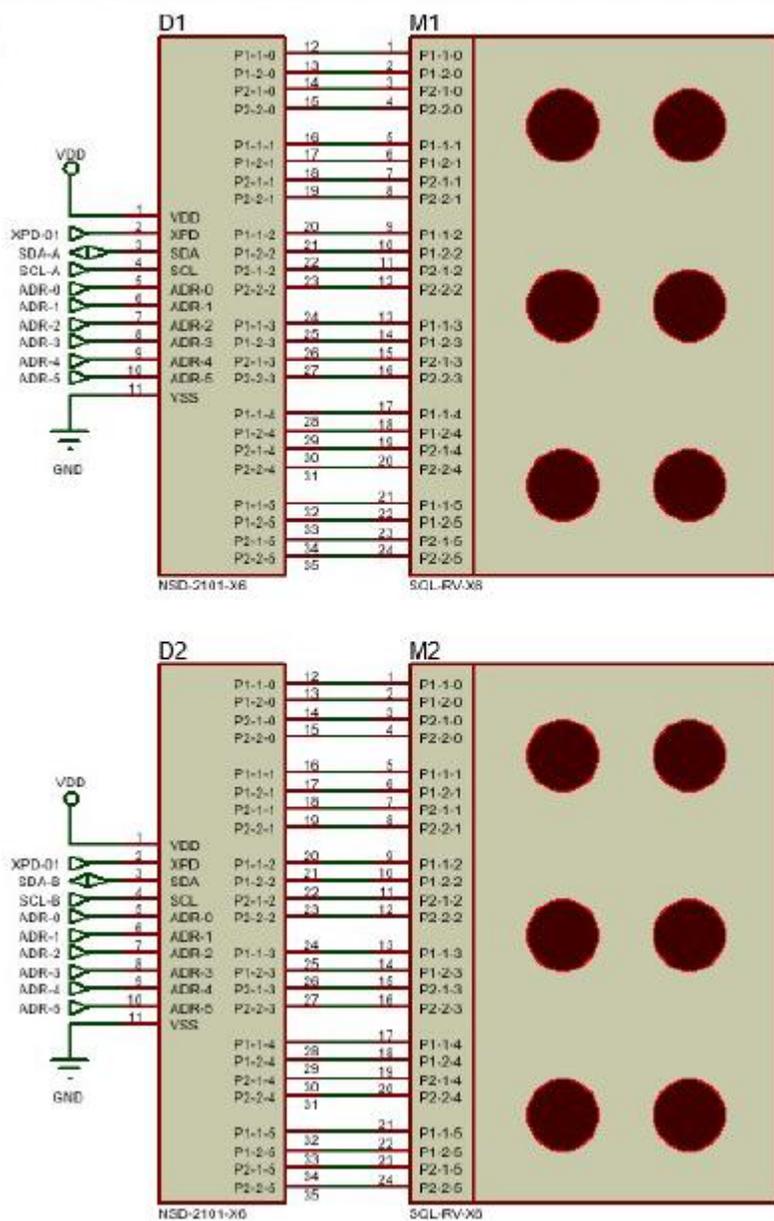


Figura 19. Circuito esquemático de un par de controladores de caracteres.

#### 5.4 Cálculos del diseño

Basado en los datos de las respectivas fichas técnicas y en las consideraciones dadas en cuanto a materiales y normas técnicas se procedió a realizar los cálculos necesarios para realizar el diseño con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

### 5.4.1 Cálculo de la masa del pupitre

#### Tuerca del pupitre #1

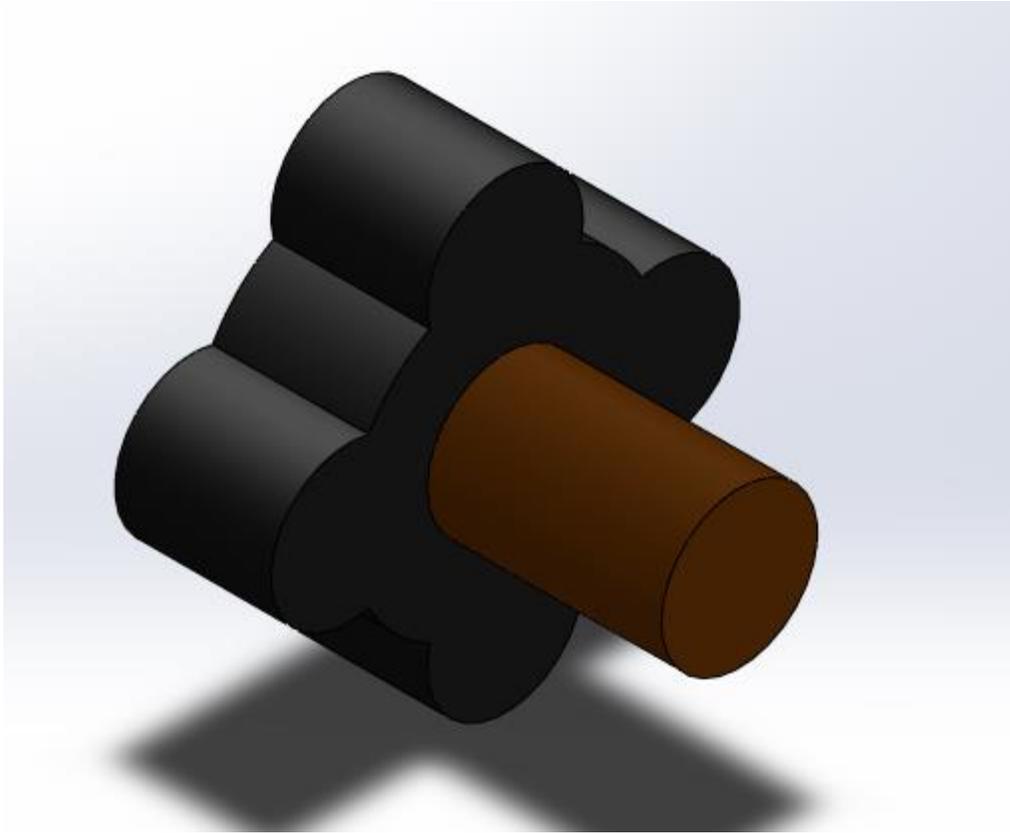


Figura 20. Tuerca del pupitre #1.

- Primera parte del tornillo

Datos

Material Poliestireno

Circulo de:

R: 2 cm

H: 2 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = \pi * (2cm)^2 * 2cm$$

$$V = 25.13 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho * V$$

$$m = (4 * 10^{-5}) \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} * 31.41 \text{ cm}^3$$

$$m_1 = 1.25 * 10^{-3} \text{ kg} = 1.25 \text{ gr}$$

- Segunda parte del tornillo

Datos:

4 Semicírculos que para los cálculos indicados a continuación se tomaran como dos círculos

completos de:

R: 1 cm.

H: 2 cm.

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = \pi * (1 \text{ cm})^2 * 2 \text{ cm}$$

$$V = 6.28 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho * V$$

$$m = (4 * 10^{-5}) \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} * 6.28 \text{ cm}^3$$

$$m_2 = 2.51 * 10^{-4} \text{ kg} = 0.251 \text{ gr}$$

- Tercera parte del Tornillo.

Datos:

Cilindro de:

R: 1 cm.

H: 3 cm.

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = \pi * (1\text{cm})^2 * 3\text{cm}$$

$$V = 9.42 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho * V$$

$$m = (4 * 10^{-5}) \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} * 9.42\text{cm}^3$$

$$m_3 = 3.768 * 10^{-4} \text{kg} = 0.768\text{gr}$$

- Masa total del tornillo

$$Mt = m_1 + 2m_2 + m_3$$

$$Mt = 1 \text{ gr} + 2(0.251)\text{gr} + 0.768\text{gr}$$

$$Mt = 2.27\text{gr}$$

**Tuerca de pupitre #2**

.

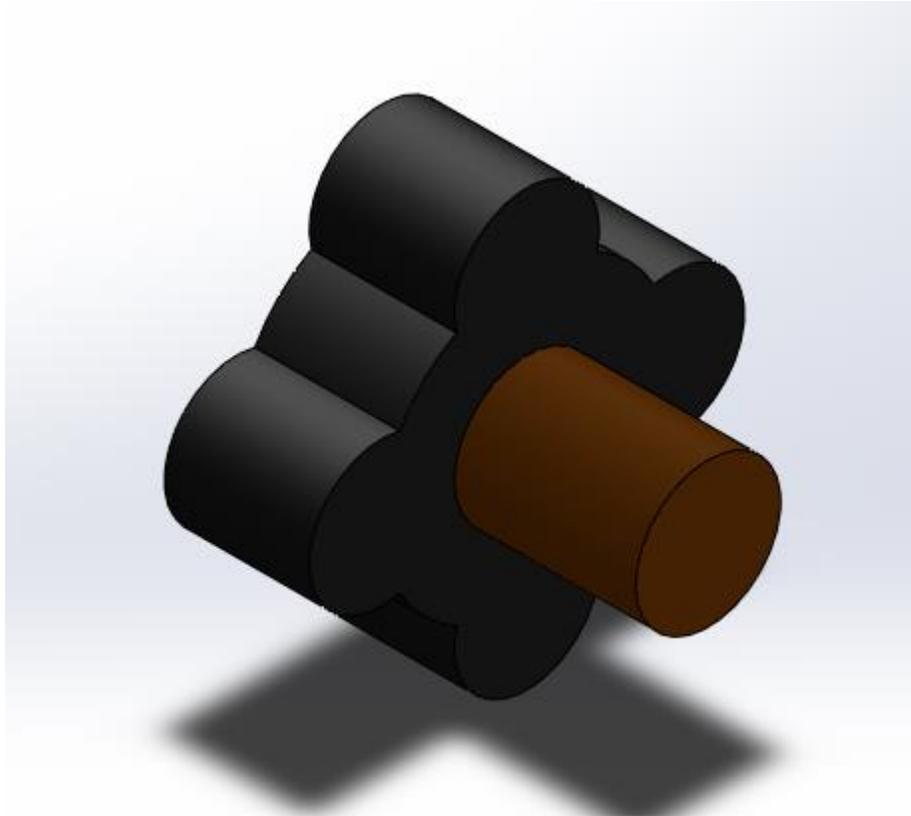


Figura 21. Tuerca del pupitre #2

- Primera parte del tornillo

Datos

Material Poliestireno

Circulo de:

R: 2 cm

H: 2 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = \pi * (2cm)^2 * 2cm$$

$$V = 25.13cm^3$$

$$m = \rho * V$$

$$m = (4 * 10^{-5}) \frac{kg}{cm^3} * 25.13cm^3$$

$$m_1 = 1 * 10^{-3}kg = 1 gr$$

- Segunda parte del tornillo

Datos:

4 Semicírculos que para los cálculos indicados a continuación se tomaran como dos círculos

completos de:

R: 1 cm.

H: 2 cm.

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = \pi * (1cm)^2 * 2cm$$

$$V = 6.28cm^3$$

$$m = \rho * V$$

$$m = (4 * 10^{-5}) \frac{kg}{cm^3} * 6.28cm^3$$

$$m_2 = 2.51 * 10^{-4}kg = 0.251gr$$

- Tercera parte del Tornillo.

Datos:

Cilindro de:

R: 1 cm.

H: 2.5 cm.

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = \pi * (1cm)^2 * 2.5cm$$

$$V = 7.85 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho * V$$

$$m = (4 * 10^{-5}) \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} * 7.85 \text{ cm}^3$$

$$m_3 = 3.14 * 10^{-4} \text{ kg} = 0.314 \text{ gr}$$

- Masa total del tornillo

$$Mt = m_1 + 2m_2 + m_3$$

$$Mt = 1 \text{ gr} + 2(0.251) \text{ gr} + 0.314 \text{ gr}$$

$$Mt = 1.816 \text{ gr}$$

### Para tornillo #3

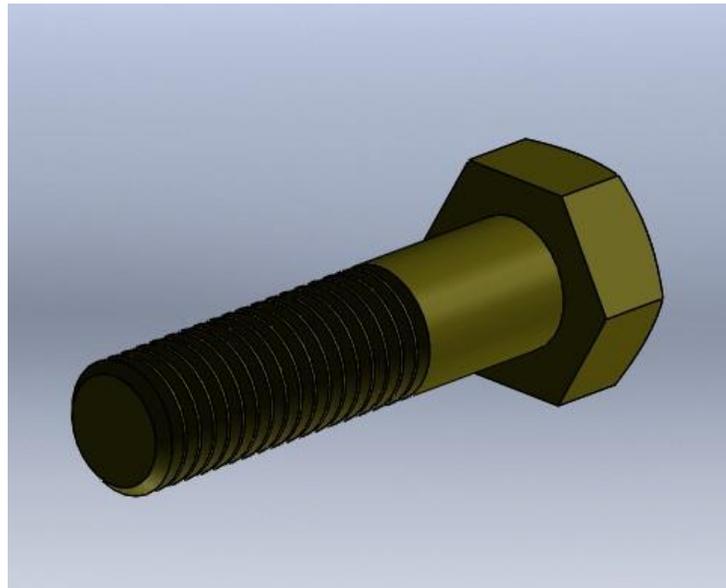


Figura 22. Tornillo hex bolt grade b.

- Primera parte del tornillo

Datos

Material Poliestireno

Hexágono regular.

$$\text{Perímetro: } 0.69 \text{ cm} * 6 = 4.14 \text{ cm}$$

$$\text{Apotema: } 0.60 \text{ cm}$$

$$\text{H: } 0.70 \text{ cm}$$

$$V = \frac{\text{perímetro} * \text{apotema}}{2} * h$$

$$V = \frac{4.14 \text{ cm} * 0.60 \text{ cm}}{2} * 0.70 \text{ cm}$$

$$V = 0.87 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho * V$$

$$m = (4 * 10^{-5}) \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} * 0.87 \text{ cm}^3$$

$$m_1 = 3.48 * 10^{-5} \text{ kg} = 0.0348 \text{ gr}$$

- Segunda parte del Tornillo.

Datos:

Cilindro de:

$$\text{R: } 0.5 \text{ cm.}$$

$$\text{H: } 3.5 \text{ cm.}$$

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = \pi * (0.5 \text{ cm})^2 * 3.5 \text{ cm}$$

$$V = 2.75 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho * V$$

$$m = (4 * 10^{-5}) \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} * 2.75 \text{ cm}^3$$

$$m_2 = 1.1 * 10^{-4} \text{ kg} = 0.11 \text{ gr}$$

- Masa total del tornillo

$$Mt = m_1 + m_2$$

$$Mt = 0.0348 \text{ gr} + 0.11 \text{ gr}$$

$$Mt = 0.145 \text{ gr}$$

## Pilares

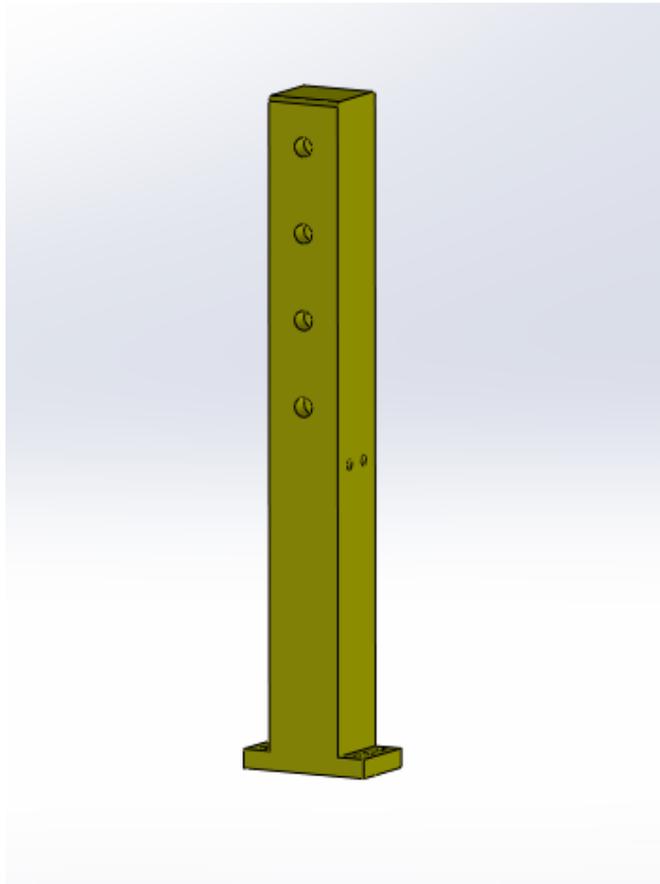


Figura 23. Pilar del pupitre.

Datos.

Material pvc

Dada la geometría se realizaron cálculos de volumen tomando la pieza en tres partes:

- Parte 1 tubo cuadrado

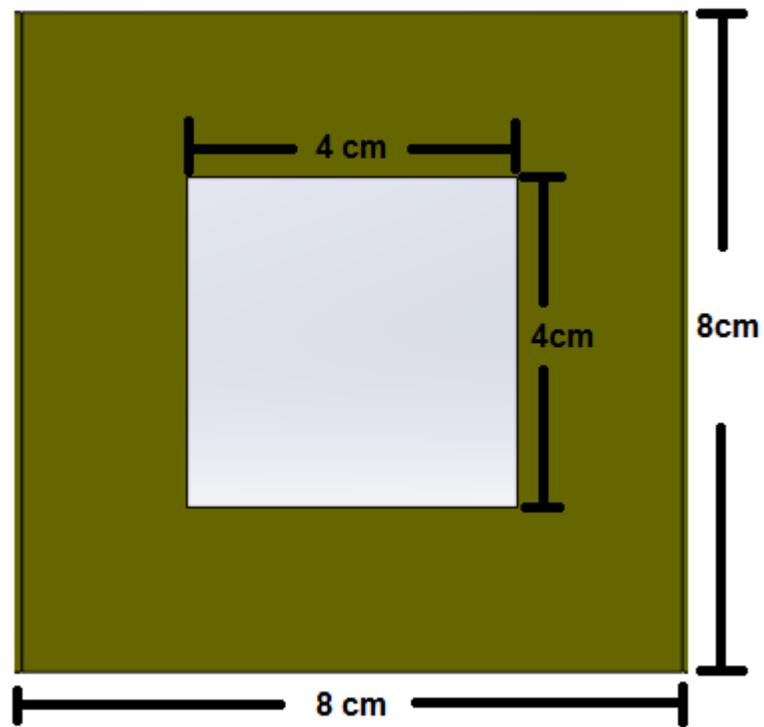


Figura 24. Perfil del pilar.

H: 66cm

$$V = V_M - V_m - 4V_C - 2V_c$$

$$V = (L * L * L)_M - (L * L * L)_m - 4(\pi r^2 h)_C - 2(\pi r^2 h)_c$$

$$V = (66 * 8 * 8)cm^3 - (66 * 4 * 4)cm^3 - 4(\pi(1)^2 * 2)cm^3 - 2(\pi(0.5)^2 * 2)cm^3$$

$$V = 3139.73cm^3$$

- Parte 2 placa superior

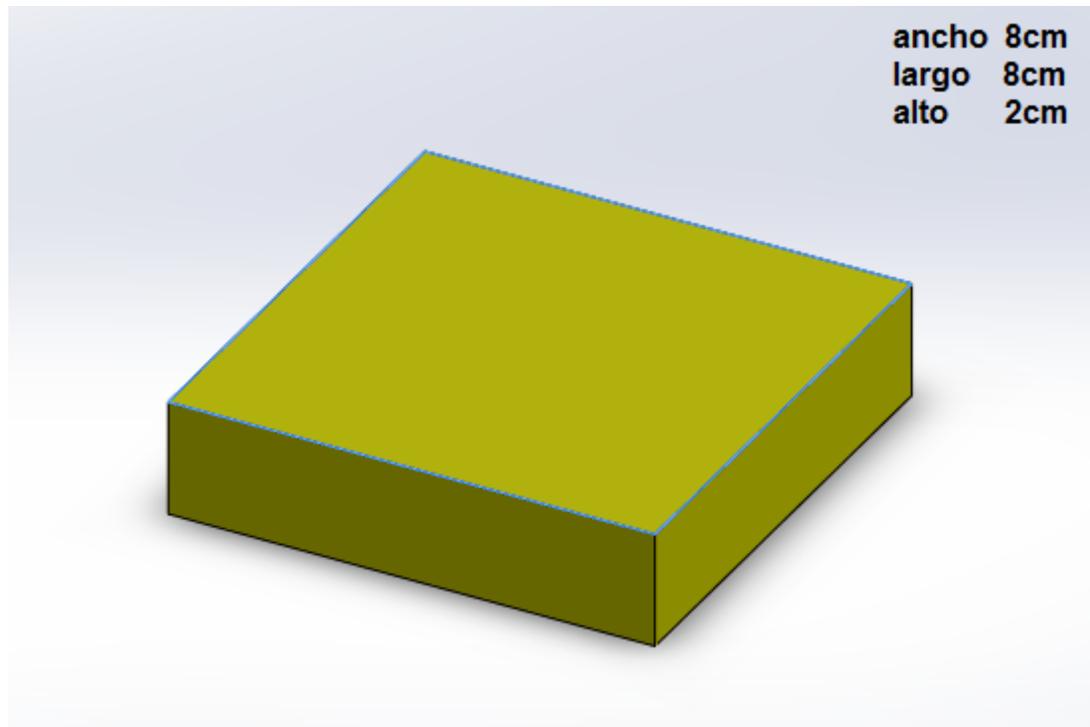


Figura 25. Perfil de cubierta del pilar.

$$V = L * L * h$$

$$V = 8 * 8 * 2$$

$$V = 128\text{cm}^3$$

- Parte 3 placa inferior.

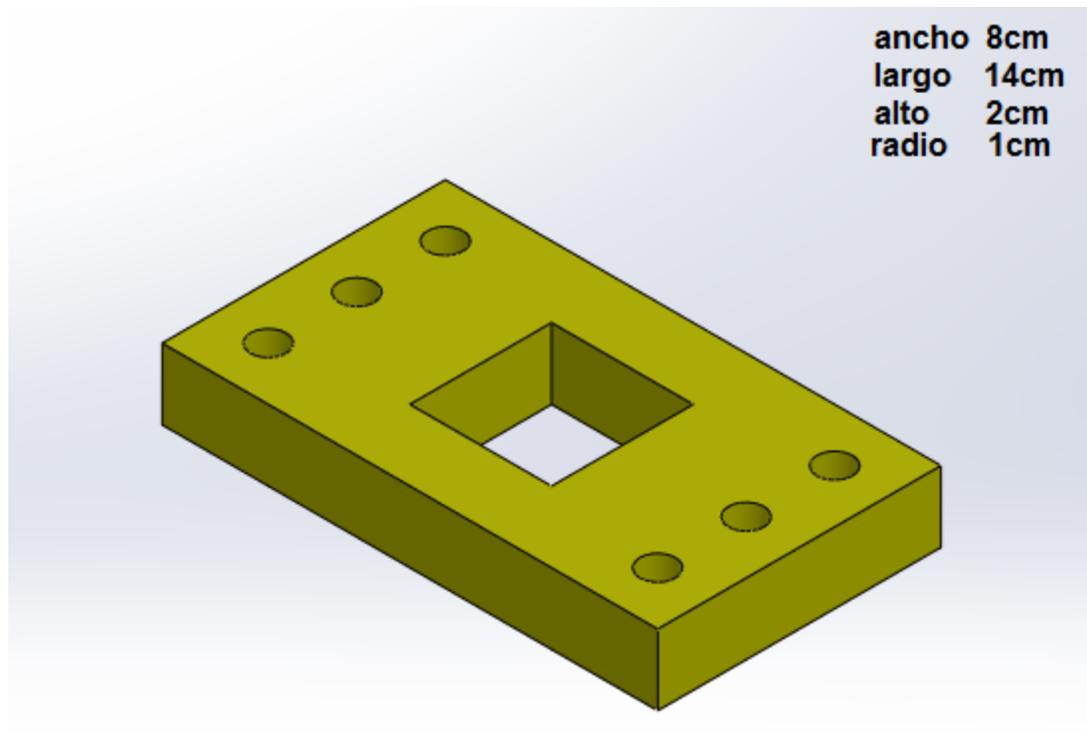


Figura 26. Perfil de la base del pilar.

$$V = V_M - V_m - 6V_C$$

$$V = (L * L * L)_M - (L * L * L)_m - 6(\pi r^2 h)_C$$

$$V = (14 * 8 * 2)cm^3 - (4 * 4 * 2)cm^3 - 6(\pi(0.5)^2 * 2)cm^3$$

$$V = 182.58cm^3$$

$$V_{total} = 3139.73cm^3 + 128cm^3 + 182.58cm^3$$

$$V_{total} = 3450.31cm^3$$

$$m_{total} = \rho * V_{total}$$

$$m_{total} = 1.43 \frac{gr}{cm^3} * 3450.31cm^3$$

$$m_{total} = 4933.94gr = 4.93kg$$

### Caja de soporte con cilindro hueco 1

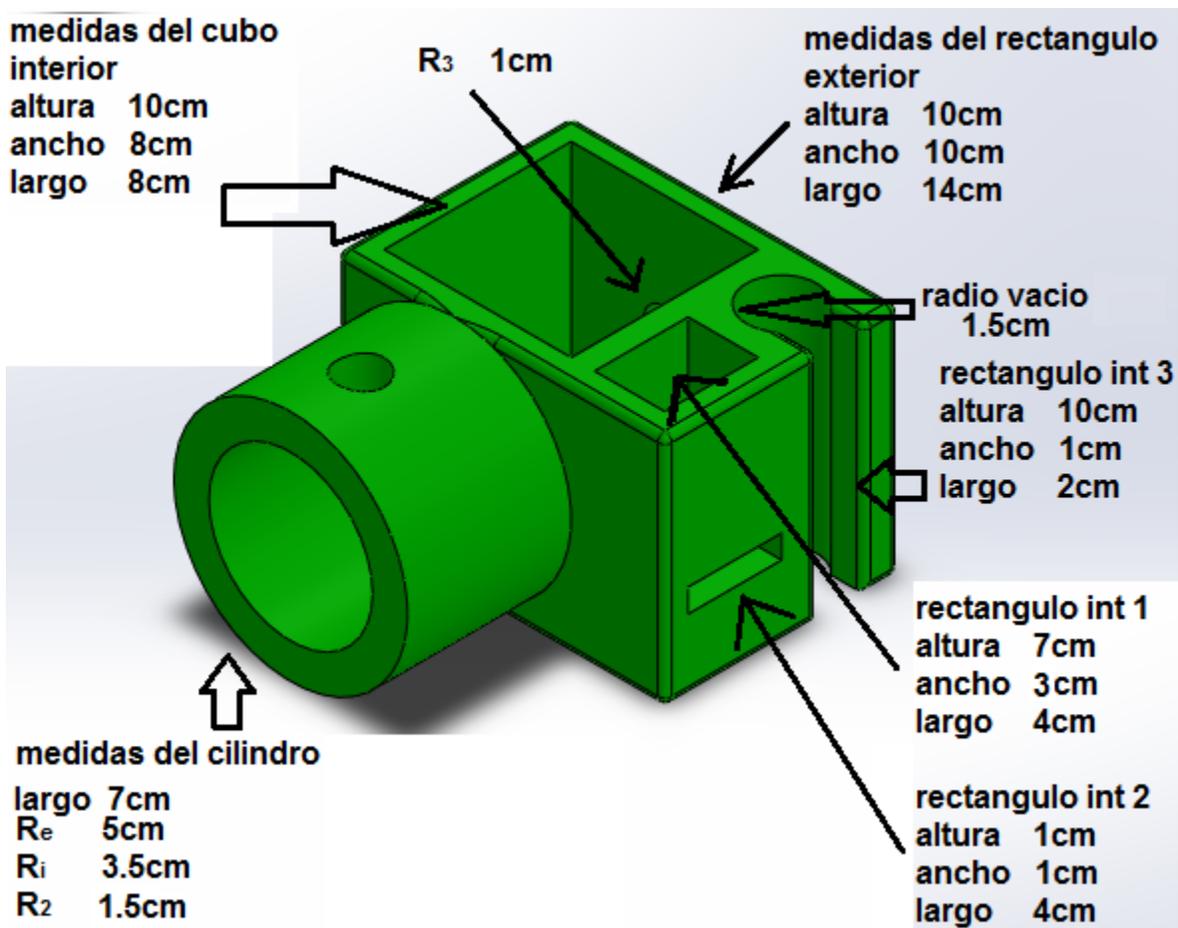


Figura 27. Soporte de unión #1.

Datos

Material polietileno de alta densidad.

Caja

$$V = V_M - V_{m1} - V_{m2} - V_{m3} - V_{m4} - V_{C1} - V_{C2}$$

$$V = (L * L * h)_M - (L * L * h)_{m1} - (L * L * h)_{m2} - (L * L * h)_{m3} - (L * L * h)_{m4} - (\pi r^2 h)_{C1} - (\pi r^2 h)_{C2}$$

$$V = (10 * 10 * 14)cm^3 - (10 * 8 * 8)cm^3 - (4 * 3 * 7)cm^3 - (1 * 1 * 4)cm^3 - (2 * 1 * 10)cm^3 - (\pi(1)^2 * 1)cm^3 - (\pi(1.5)^2 * 10)cm^3$$

$$V = 578.17cm^3$$

Cilindro

$$V = V_{C1} - V_{C2} - V_{C3}$$

$$V = (\pi r^2 h)_{C1} - (\pi r^2 h)_{C2} - (\pi r^2 h)_{C3}$$

$$V = (\pi(5)^2 * 7) - (\pi(3.5)^2 * 7) - (\pi(1)^2 * 1.5)cm^3$$

$$V = 275.67cm^3$$

Masa total

$$m = \rho * V_{total}$$

$$m = 0.95 \frac{gr}{cm^3} * (578.40 + 275.67)cm^3$$

$$m = 811.37gr$$

**Caja de soporte con cilindro hueco 2**

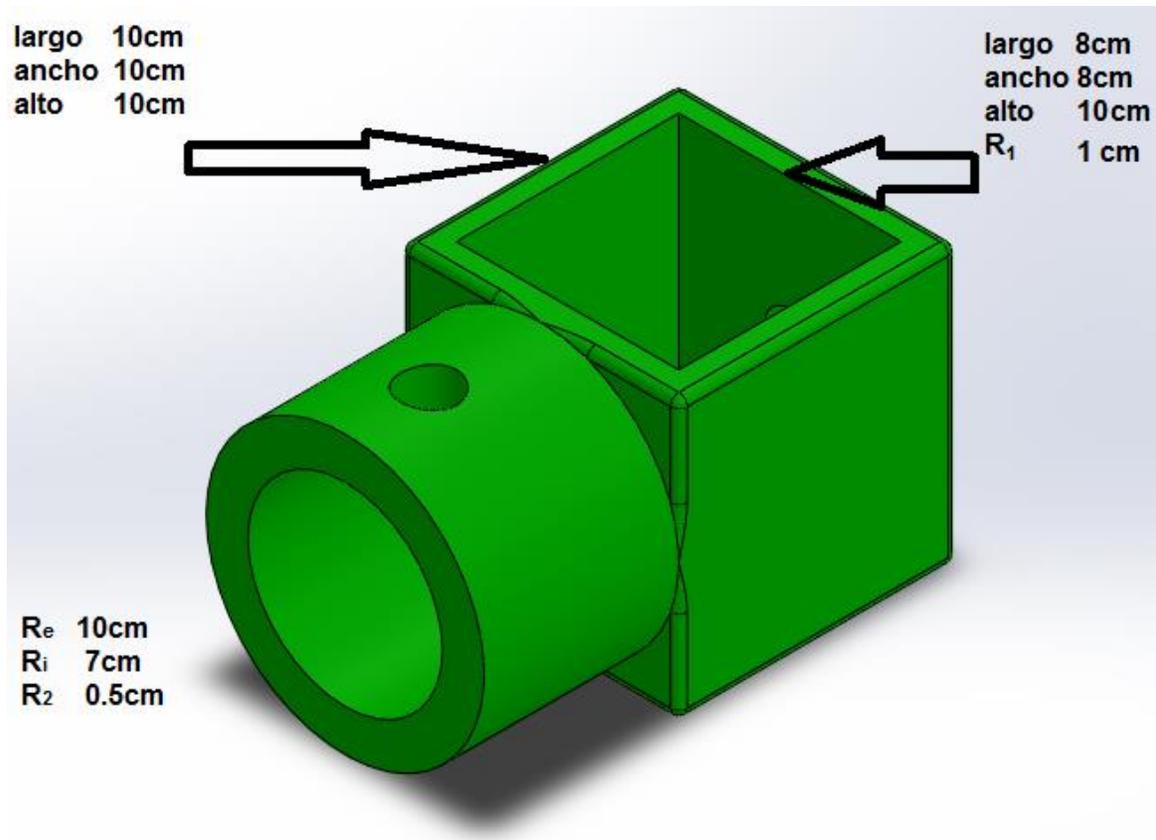


Figura 28. Soporte de unión #2

**Datos**

Material polietileno de alta densidad.

Caja

$$V = V_M - V_m - V_C$$

$$V = (L * L * L)_M - (L * L * L)_m - (\pi r^2 h)_C$$

$$V = (10 * 10 * 10) - (8 * 8 * 10) - (\pi(1)^2 * 1)$$

$$V = 356.86 \text{ cm}^3$$

Cilindro

$$V = V_{C1} - V_{C2} - V_{C3}$$

$$V = (\pi r^2 h)_{C1} - (\pi r^2 h)_{C2} - (\pi r^2 h)_{C3}$$

$$V = (\pi(5)^2 * 7) - (\pi(3.5)^2 * 7) - (\pi(1)^2 * 1.5) \text{ cm}^3$$

$$V = 275.67 \text{ cm}^3$$

Masa total

$$m = \rho * V_{total}$$

$$m = 0.95 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * (356.86 + 275.62) \text{ cm}^3$$

$$m = 600.85 \text{ gr}$$

**Placas de seguridad**

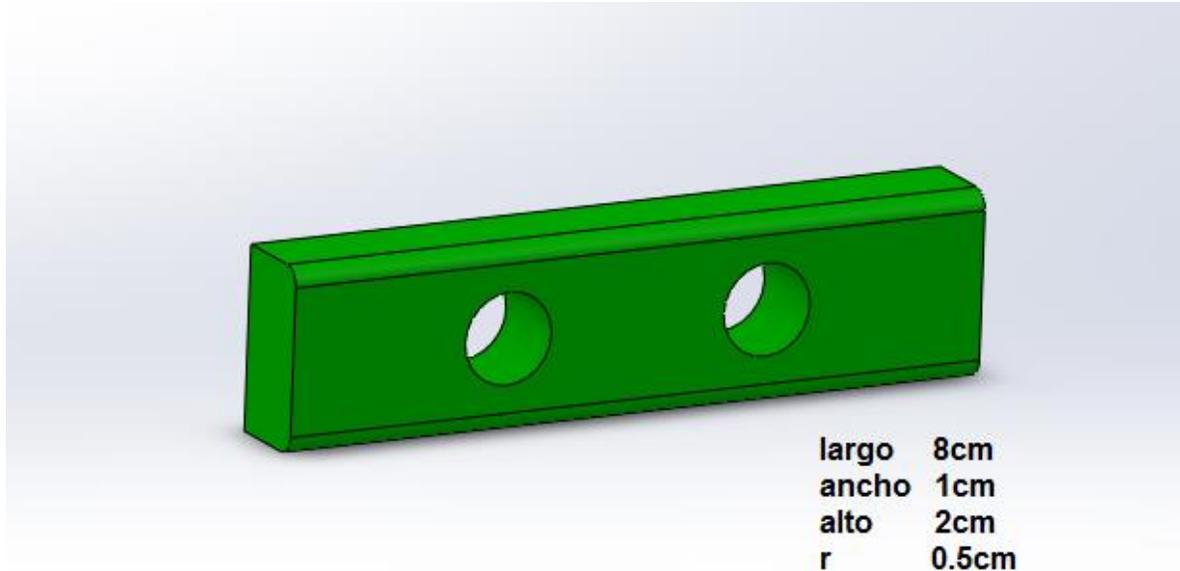


Figura 29. Placa de seguridad.

Datos

Material pvc

$$V = V_M - 2V_C$$

$$V = (L * L * L)_M - 2(\pi r^2 h)_C$$

$$V = (8 * 1 * 2) - 2(\pi(0.5)^2 * 1)$$

$$V = 14.43 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho * V$$

$$m = 1.43 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * 14.43 \text{ cm}^3$$

$$m = 20.64 \text{ gr}$$

**Tubo de soporte de tablero electrónico**

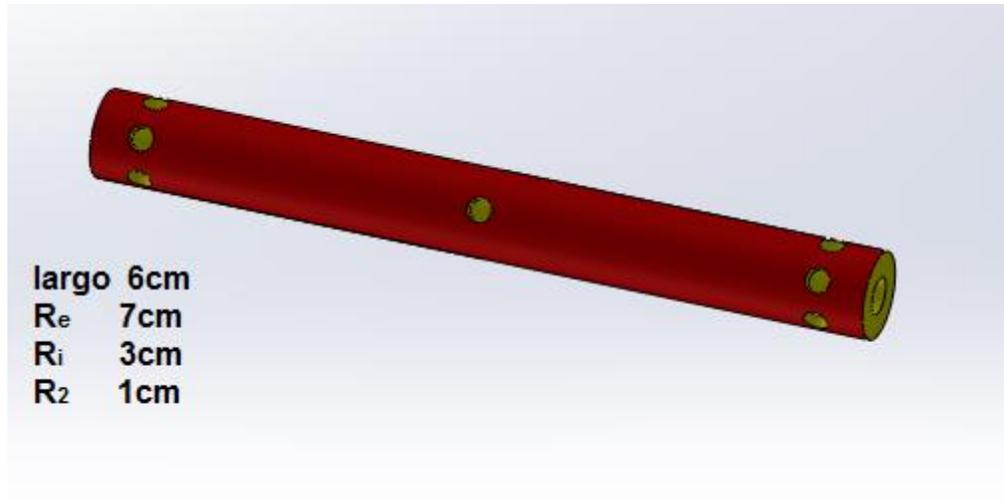


Figura 30. Tubo de soporte tablero electrónico.

Datos

Polietileno de alta densidad.

$$V = V_{C1} - V_{C2} - 13V_{C3}$$

$$V = (\pi r^2 h)_{C1} - (\pi r^2 h)_{C2} - 13(\pi r^2 h)_{C3}$$

$$V = (\pi(3.5)^2 * 64) - (\pi(1.5)^2 * 64) - 13(\pi(1)^2 * 2)$$

$$V = 1928.94 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho * V$$

$$m = 0.95 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * 1928.94 \text{ cm}^3$$

$$m = 1832.5 \text{ gr}$$

**Bases del pupitre**

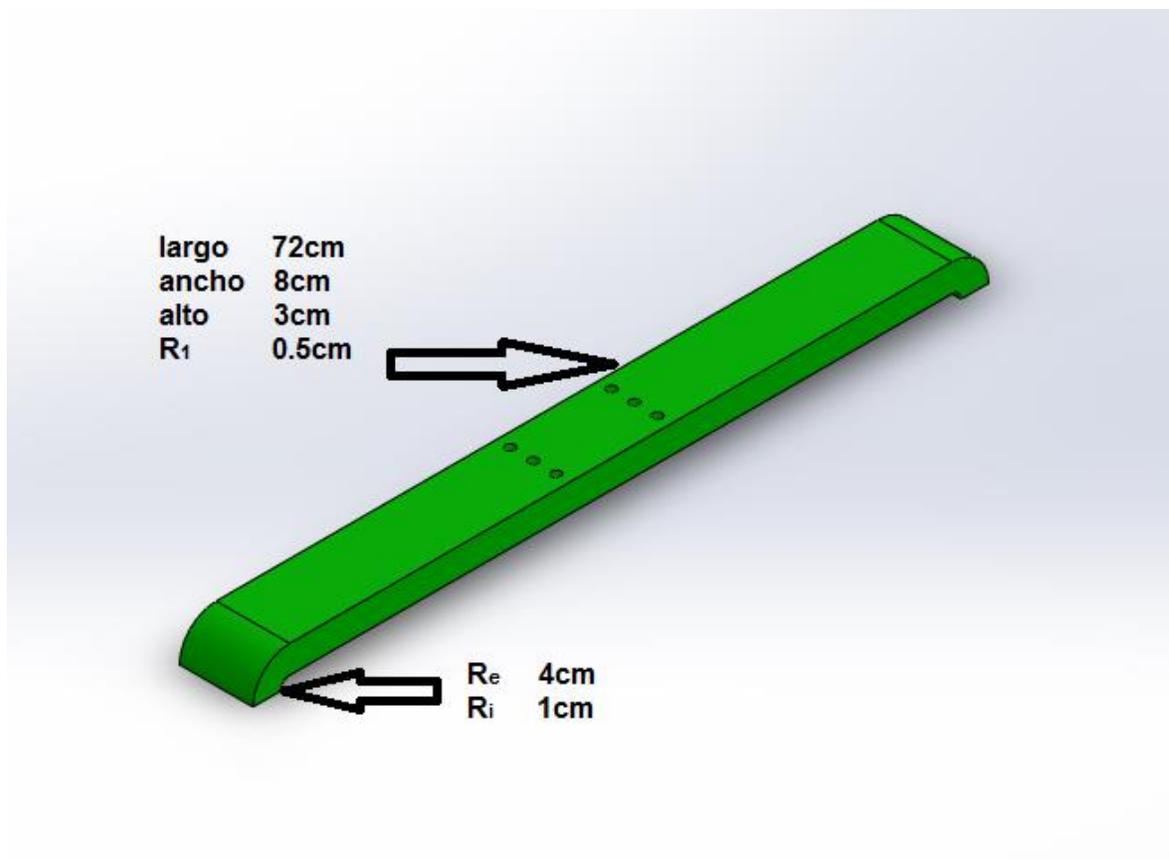


Figura 31. Base del pupitre.

Datos

Material pvc

$$V = V_M + 2V_m - 6V_C$$

$$V = (L * L * L)_M + \frac{2(\pi * r^2)_C}{4} - \frac{2(\pi * r^2)_C}{4} - 6(\pi r^2 h)_C$$

$$V = (72 * 8 * 3) + \frac{2(\pi * 4^2)_C}{4} - \frac{2(\pi * 1^2)_C}{4} - 6(\pi(0.5)^2 * 3)$$

$$V = 1737.42 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho * V$$

$$m = 1.43 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * 1737.42 \text{ cm}^3$$

$$m = 2484.51 \text{ gr}$$

## Soporte del pupitre

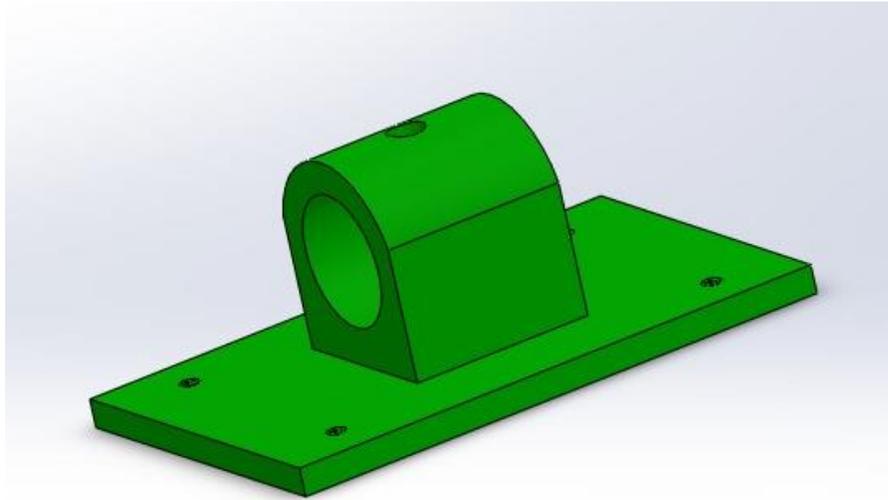


Figura 32. Soporte del pupitre.

$$\triangleright V_{total} = V_B + V_{PH}$$

$$\bullet V_B = V_M - 4V_t$$

$$V_B = (L * L * L) - 4(\pi r^2 h)$$

$$V_B = (20 * 30 * 1.5) - 4(\pi(0.5)^2(1.5))$$

$$V_B = 895.29 \text{ cm}^3$$

$$\bullet V_{PH} = V_R + \frac{V_c}{2} - V_{CH} - V_t$$

$$V_{PH} = (L * L * L) + \left( \frac{\pi r^2 h}{2} \right) - (\pi r^2 h) - (\pi r^2 h)$$

$$V_{PH} = (10 * 10 * 5) + \left( \frac{\pi(5)^2(10)}{2} \right) - (\pi(3.5)^2(10)) - (\pi(1)^2(2))$$

$$V_{PH} = 106.57 \text{ cm}^3$$

$$\text{➤ } V_{total} = 895.29 + 106.57$$

$$V_{total} = 1001.86 \text{ cm}^3$$

$$\text{➤ } m = \rho V$$

$$m = (0.95) \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * (1001.86) \text{ cm}^3$$

$$m = 951.77 \text{ gr}$$

**Base del tablero**

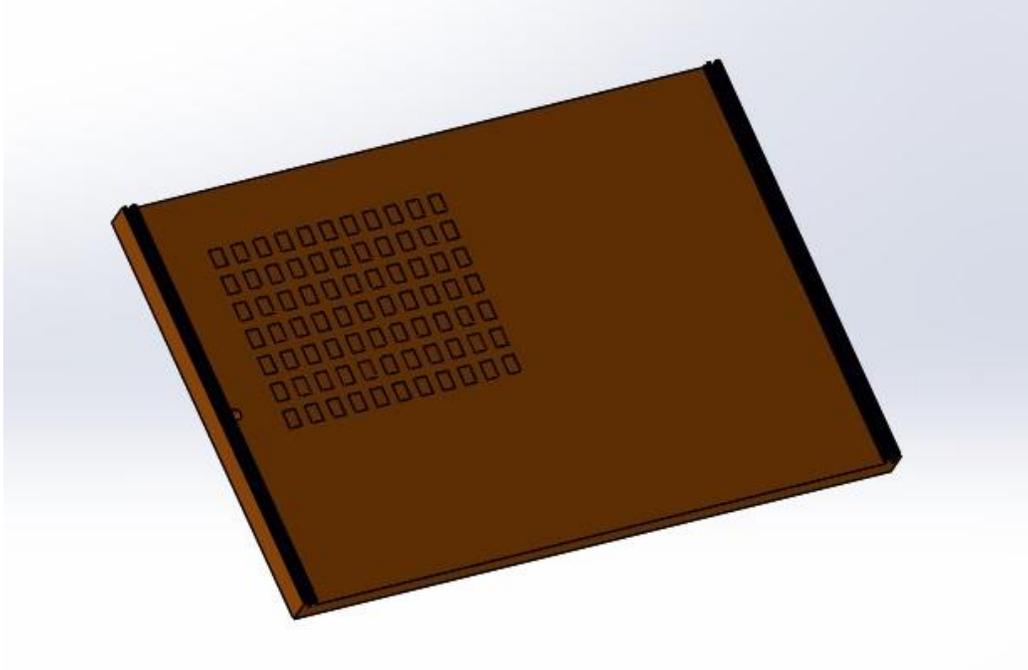


Figura 33.Base del tablero.

### Datos

Material: Polietileno de alta densidad.

$$\text{➤ } V_{total} = V_M + 2V_{co} - 77V_{ce} - V_{sp} - 2V_{to} - V_{tc}$$

- $V_M = L * L * L$

$$V_M = 40 * 60 * 2$$

$$V_M = 4800cm^3$$

- $V_{ce} = L * L * L$

$$V_{ce} = 1.7 * 1.2 * 0.1$$

$$V_{ce} = 0.204cm^3$$

- $V_{sp} = L * L * L$

$$V_{sp} = 30 * 20 * 1$$

$$V_{sp} = 600cm^3$$

- $V_{co} = 2V_1 - V_2$

$$V_{co} = 2(L * L * L)_1 - (L * L * L)_2$$

$$V_{co} = 2(0.4 * 0.8 * 40)_1 - (0.55 * 0.8 * 40)_2$$

$$V_{co} = 8cm^3$$

- $V_{to} = \pi r^2 h$

$$V_{to} = \pi(0.5)^2(1.5)$$

$$V_{to} = 1.18cm^3$$

- $V_{tc} = \pi r^2 h$

$$V_{tc} = \pi(0.5)^2(2)$$

$$V_{tc} = 1.57\text{cm}^3$$

$$\text{➤ } V_{total} = 4800 + 2(8) - 77(0.204) - 600 - 2(1.18) - 1.57$$

$$V_{total} = 4196.36\text{cm}^3$$

$$m = \rho V$$

$$m = (0.95) \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * (4196.36)\text{cm}^3$$

$$m = 3986.54\text{gr}$$

### Tablero

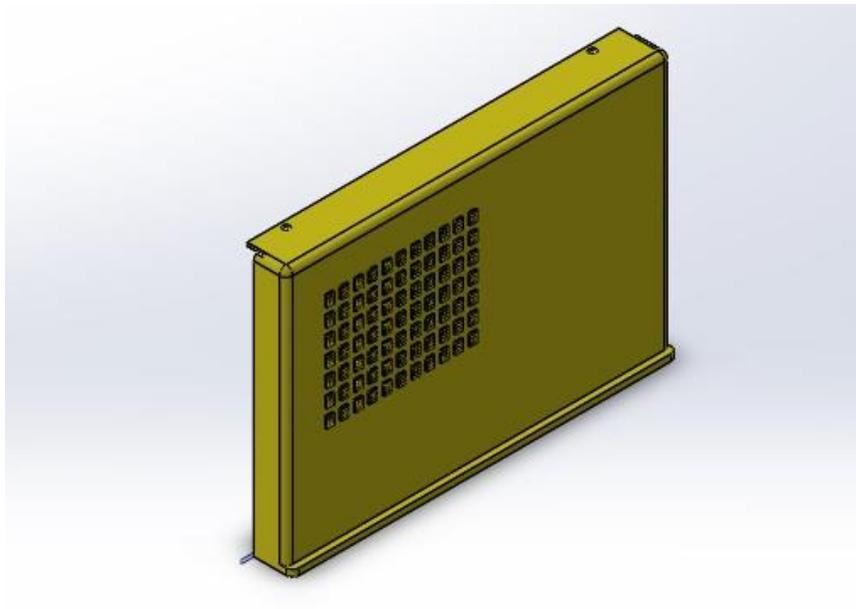


Figura 34. Tablero.

### Datos

Material: Polietileno de alta densidad

$$\text{➤ } V_{total} = V_M + 77V_C + 462V_P + V_{S1} + V_{S2} - V_m$$

- $V_M = L * L * L$

$$V_M = 59.20 * 40.50 * 5$$

$$V_M = 11988cm^3$$

- $V_C = (L * L * L) - 6(\pi r^2 h)$

$$V_C = (1.20 * 1.70 * 0.2) - 6(\pi(0.1)^2(0.2))$$

$$V_C = 0.4cm^3$$

- $V_p = \pi r^2 h$

$$V_p = \pi(0.1)^2(0.2)$$

$$V_p = 6.28 * 10^{-5}cm^3 \quad V_p = 6.28 * 10^{-5}cm^3$$

- $V_{S1} = (L * L * L) - 2(\pi r^2 h)$

$$V_{S1} = (2 * 59.20 * 0.5) - 2(\pi(0.5)^2(0.5))$$

$$V_{S1} = 58.41cm^3$$

- $V_{S2} = L * L * L$

$$V_{S2} = 1 * 1 * 59.20$$

$$V_{S2} = 59.20cm^3$$

- $V_m = V_1 - V_2$

$$V_m = (L * L * L) - (L * L * L)$$

$$V_m = (58.2 * 39.5 * 5) - (1.7 * 1.2 * 0.2)$$

$$V_m = 11494.09 \text{ cm}^3$$

$$\triangleright V_{total} = 11988 + 77(0.4) + 462(6.28 * 10^{-5}) + 58.41 + 59.2 - 11494.09$$

$$V_{total} = 645.22 \text{ cm}^3$$

$$\triangleright m = \rho V$$

$$m = (0.95) \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * 645.22 \text{ cm}^3$$

$$m = 612.95 \text{ gr}$$

### Base intermedia

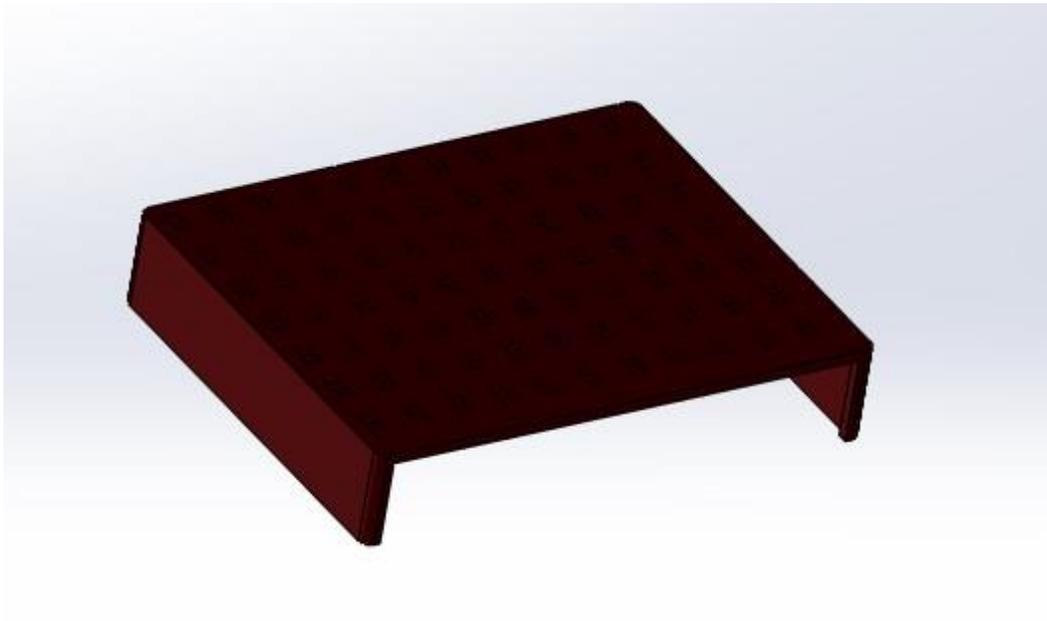


Figura 35. Base intermedia.

### Datos

**Material:** polietileno alta densidad

$$V_{total} = V_M - 462V_p - V_m$$

$$V_{total} = (L * L * L) - 462(\pi r^2 h) - (L * L * L)$$

$$V_{total} = (4.65 * 19.9 * 25.2) - 462(\pi(0.1)^2(0.5)) - (4.15 * 19.3 * 24.6)$$

$$V_{total} = 2331.88 - 462(0.016) - 1970.34$$

$$V_{total} = 354.18 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho V$$

$$m = (0.95) \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * (354.18) \text{ cm}^3$$

$$m = 336.44 \text{ gr}$$

**Tornillo de presión**

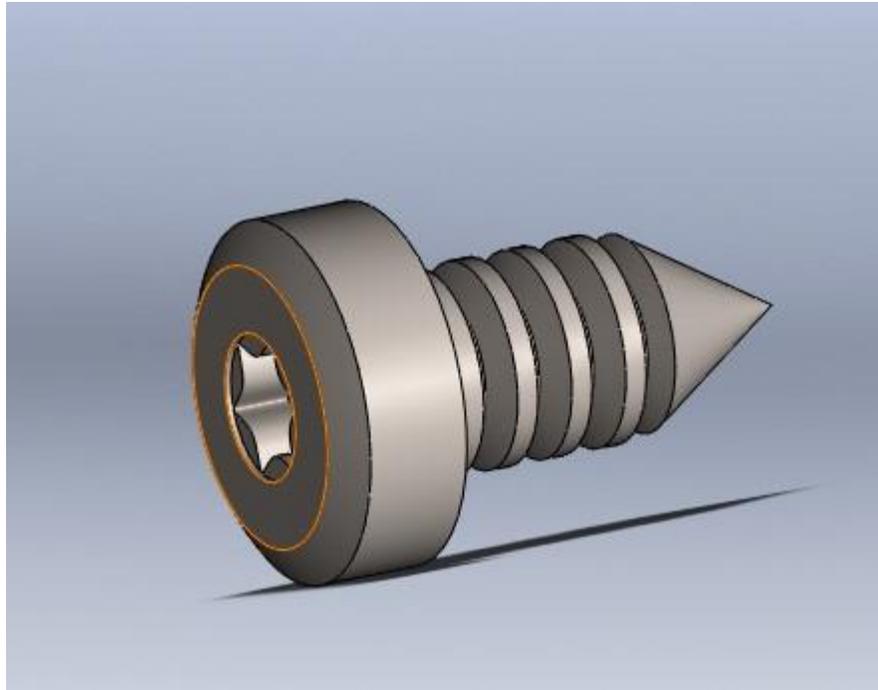


Figura 36 .Tornillo de presión.

**Datos:**

Material: Poliestireno

- Cono:

$$V = \frac{\pi r^2 h}{3}$$

$$V = \frac{\pi(0.315\text{cm})^2(0.5\text{cm})}{3}$$

$$V = 0.052\text{cm}^3$$

$$m = \rho V$$

$$m = (4 * 10^{-5}) \frac{gr}{cm^3} * (0.052)cm^3$$

$$m = 2.08 * 10^{-6}gr$$

- Cilindro:

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = \pi(0.315cm)^2(0.8cm)$$

$$V = 0.25cm^3$$

$$m = \rho V$$

$$m = (4 * 10^{-5}) \frac{gr}{cm^3} * (0.25)cm^3$$

$$m = 1 * 10^{-5}gr$$

- Cabeza:

$$V = V_c - V_H - V_{co}$$

$$V = (\pi r^2 h)_c - (\pi r^2 h)_H - \left(\frac{\pi r^2 h}{3}\right)_{co}$$

$$V = (\pi(0.55)^2(0.4))_c - (\pi(0.18)^2(0.2))_H - \left(\frac{\pi(0.15)^2(0.16)}{3}\right)_{co}$$

$$V = 0.36\text{cm}^3$$

$$m = \rho V$$

$$m = (4 * 10^{-5}) \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * (0.36)\text{cm}^3$$

$$m = 1.44 * 10^{-5}\text{gr}$$

$$m_{total} = 1.44 * 10^{-5} + 1 * 10^{-5} + 2.08 * 10^{-6}$$

$$m_{total} = 2.648 * 10^{-5}\text{gr}$$

## 5.5 Cálculo de esfuerzos

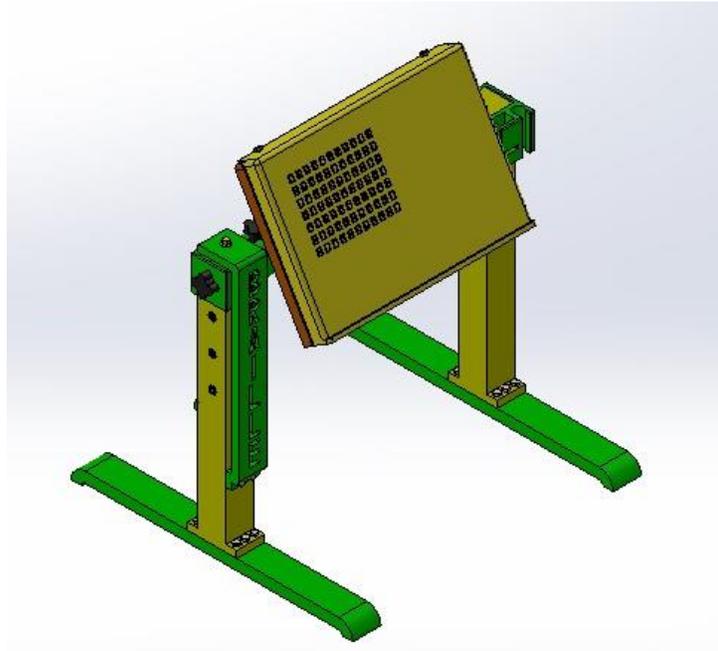


Figura 37. Vista isométrica del pupitre.

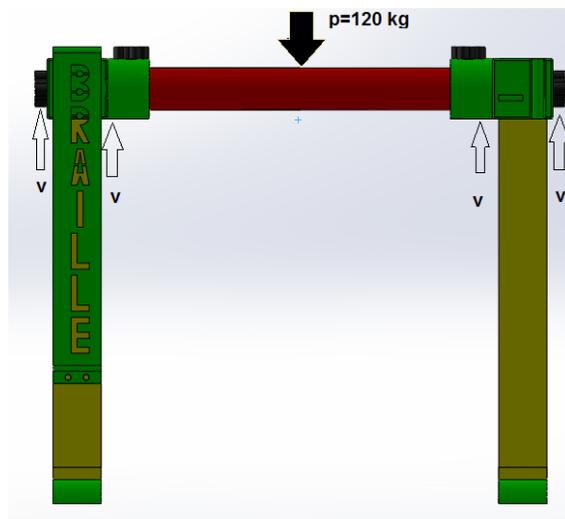


Figura 38. Esfuerzos y cargas del pupitre.

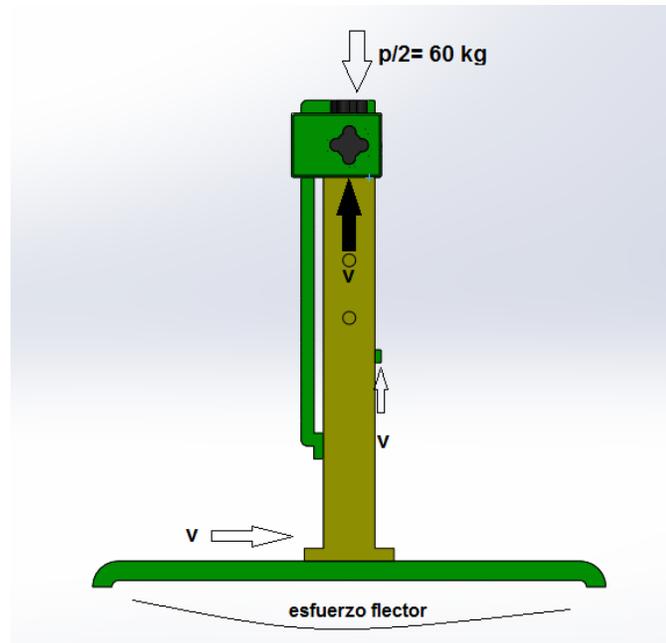


Figura 39. Esfuerzos y cargas laterales.

Las anteriores figuras muestran algunos de los esfuerzos y cargas a las que esta o estará sometido el pupitre donde la letra 'v' representa la carga cortante.

En base a lo anterior se realizaron los siguientes cálculos.

#### Calculo de esfuerzo cortante para tornillo #1

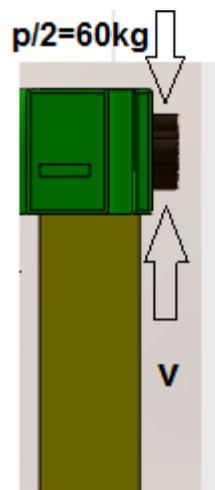


Figura 40. Esfuerzos y cargas en tornillo 1.

**Datos:**

El material del tornillo es Poliestireno.

$$D = 2 \text{ cm}$$

$$F.s = ?$$

Formula de esfuerzo cortante

$$\tau = \frac{V}{A}$$

Donde

$\tau$  = esfuerzo cortante

V = carga cortante

A = área del tornillo.

$$\Sigma Fy = 0$$

$$V - \frac{P}{2} = 0$$

$$V = \frac{P}{2}$$

$$V = 60 \text{ KG} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 588 \text{ N}$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi(1 * 10^{-2})^2$$

$$\tau = \frac{588 \text{ N}}{\pi(1 * 10^{-2})^2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 1,87 \text{ MPA}$$

$$f.s = \frac{\tau_u}{\tau_{ad}}$$

Dónde:

*f.s* = factor de seguridad

$\tau_{ad} = \text{esfuerzo admisible}$

$\tau_u = \text{esfuerzo ultimo}$

$$\tau_u = 85 \text{ MPA}$$

$$\tau_{ad} = 1,87 \text{ MPA}$$

$$f.s = \frac{85 \text{ MPA}}{1,87 \text{ MPA}} = 45.4$$

### Calculo de esfuerzos en tornillo #2

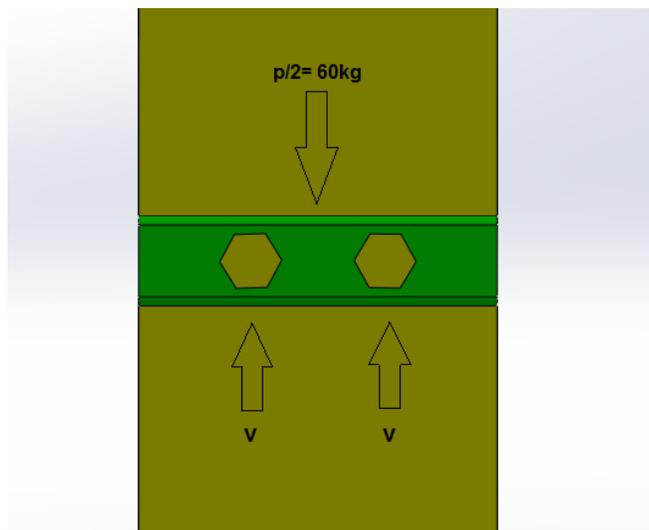


Figura 41. Esfuerzos y cargas en tornillo 2.

#### Datos:

Material del tornillo Poliestireno

Diámetro del tornillo: 1cm

F.s= ¿?

$$\tau_u = 85 \text{ MPA}$$

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$2V - \frac{P}{2} = 0$$

$$V = \frac{60 \text{ KG}}{2} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 294 \text{ N}$$

$$A = \pi(5 * 10^{-3})^2$$

$$\tau = \frac{294 \text{ N}}{\pi(5 * 10^{-3})^2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 3.74 \text{ MPA}$$

$$f.s = \frac{\tau_u}{\tau_{ad}}$$

Dónde:

$f.s$  = factor de seguridad

$\tau_{ad}$  = esfuerzo admisible

$\tau_u$  = esfuerzo ultimo

$$\tau_u = 85 \text{ MPA}$$

$$\tau_{ad} = 3,74 \text{ MPA}$$

$$f.s = \frac{85 \text{ MPA}}{3,74 \text{ MPA}} = 22.72$$

### Calculo de esfuerzos para tornillo #3

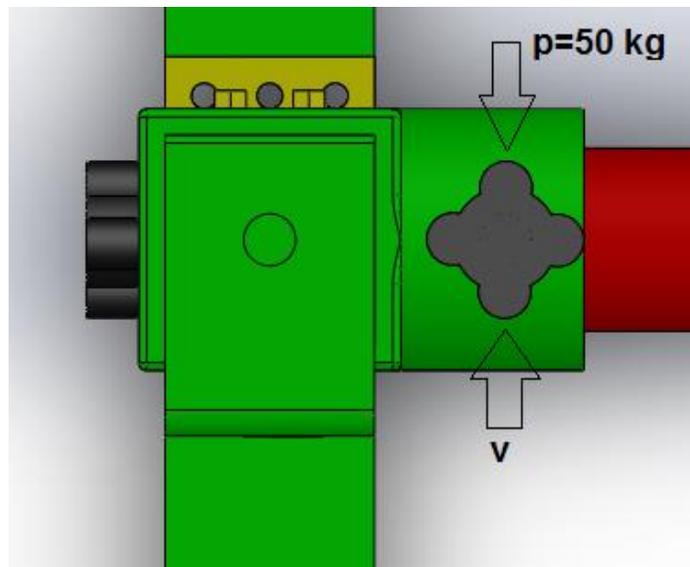


Figura 42. Esfuerzos y cargas en tornillo 3.

**Datos:**

Material del tornillo Poliestireno

Diámetro del tornillo: 2cm

F.s= ¿?

$$\tau_u = 85 \text{ MPA}$$

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$V - p = 0$$

$$V = 50 * 9.8 \frac{m}{s^2} = 490 \text{ N}$$

$$A = \pi(1 * 10^{-2})^2$$

$$\tau = \frac{490}{\pi(1 * 10^{-2})^2} = 1.56 \text{ MPA}$$

$$f.s = \frac{\tau_u}{\tau_{ad}}$$

Dónde:

*f.s = factor de seguridad* *$\tau_{ad}$  = esfuerzo admisible* *$\tau_u$  = esfuerzo ultimo*

$$\tau_u = 85 \text{ MPA}$$

$$\tau_{ad} = 1.56 \text{ MPA}$$

$$f.s = \frac{85 \text{ MPA}}{1,56 \text{ MPA}} = 54.5$$

**Tornillo número 4**

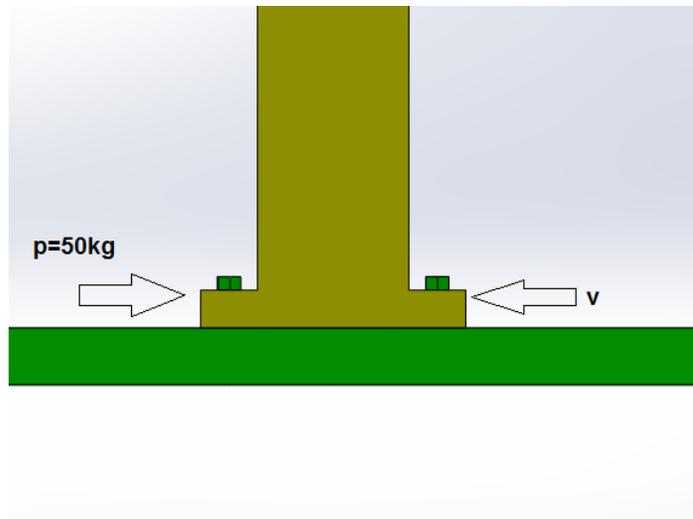


Figura 43. Cargas y esfuerzo en tornillo 4.

**Datos:**

Material del tornillo Poliestireno

Diámetro del tornillo: 1cm

$$F.s = \zeta?$$

$$\tau_u = 85 \text{ MPA}$$

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$6V - P = 0$$

$$V = \frac{50 \text{ KG}}{6} * 9.8 \frac{m}{s^2} = 81.7 \text{ N}$$

$$A = \pi(5 * 10^{-3})^2$$

$$\tau = \frac{81.7 \text{ N}}{\pi(5 * 10^{-3})^2 \frac{m}{s^2}} = 1.04 \text{ MPA}$$

$$f.s = \frac{\tau_u}{\tau_{ad}}$$

Dónde:

$f.s = \text{factor de seguridad}$

$\tau_{ad} = \text{esfuerzo admisible}$

$\tau_u = \text{esfuerzo ultimo}$

$$\tau_u = 85 \text{ MPA}$$

$$\tau_{ad} = 1.04 \text{ MPA}$$

$$f.s = \frac{85 \text{ MPA}}{1,04 \text{ MPA}} = 81.7$$

### Tornillo número 5

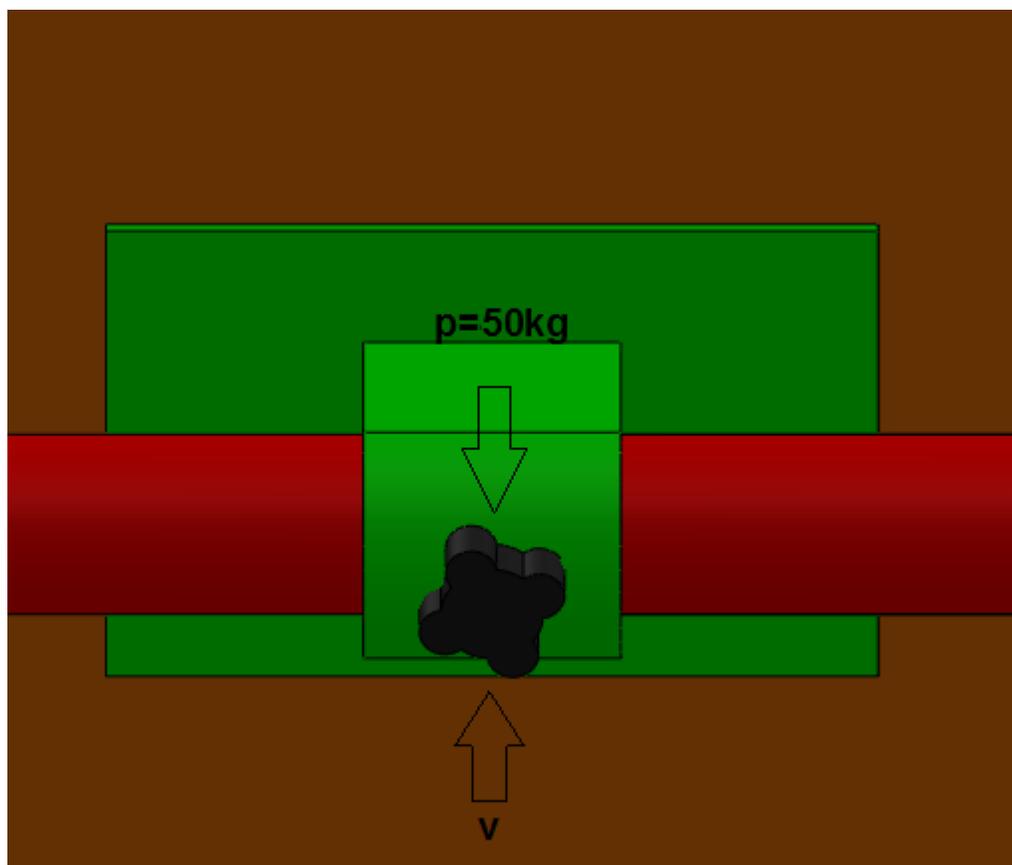


Figura 44. Cargas y esfuerzos en tornillo #5.

### Datos:

Material del tornillo Poliestireno

Diámetro del tornillo: 2cm

$$F.s = 3$$

$$\tau_u = 85 \text{ MPA}$$

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$V - p = 0$$

$$V = 50 * 9.8 \frac{m}{s^2} = 490 \text{ N}$$

$$A = \pi(1 * 10^{-2})^2$$

$$\tau = \frac{490 \text{ N}}{\pi(1 * 10^{-2})^2 \frac{m}{s^2}} = 1.56 \text{ MPA}$$

$$f.s = \frac{\tau_u}{\tau_{ad}}$$

Dónde:

$f.s = \text{factor de seguridad}$

$\tau_{ad} = \text{esfuerzo admisible}$

$\tau_u = \text{esfuerzo ultimo}$

$$\tau_u = 85 \text{ MPA}$$

$$\tau_{ad} = 1.56 \text{ MPA}$$

$$f.s = \frac{85 \text{ MPA}}{1.56 \text{ MPA}} = 54.4$$

**Base del pupitre**

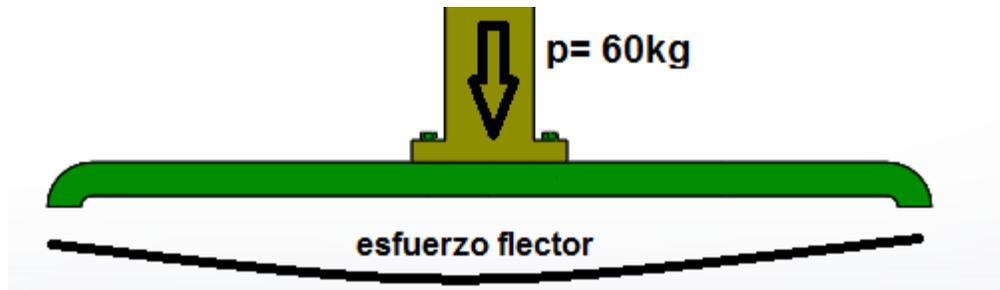


Figura 45. Cargas y esfuerzos en la base del pupitre.

#### Datos

Material: pvc

P: 60kg

Perfil de la base

Ancho: 0.08 m

Alto: 0.04 m

Largo: 0.8 m

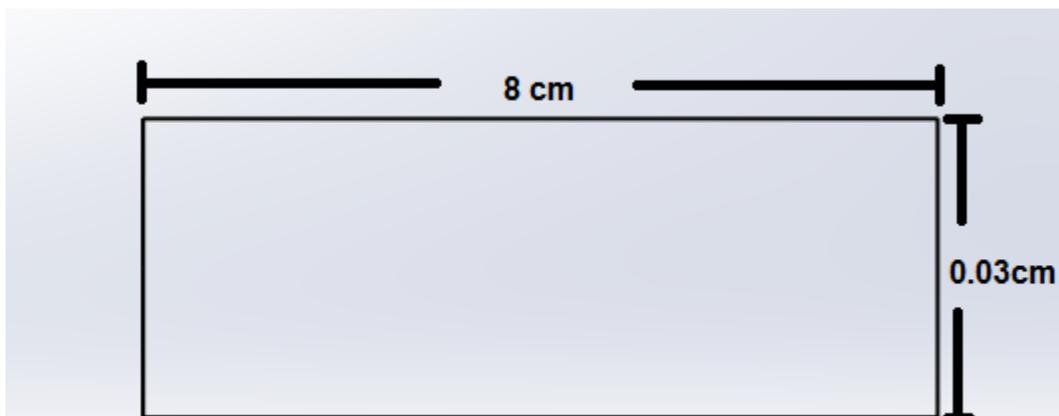


Figura 46. Perfil de base del pupitre.

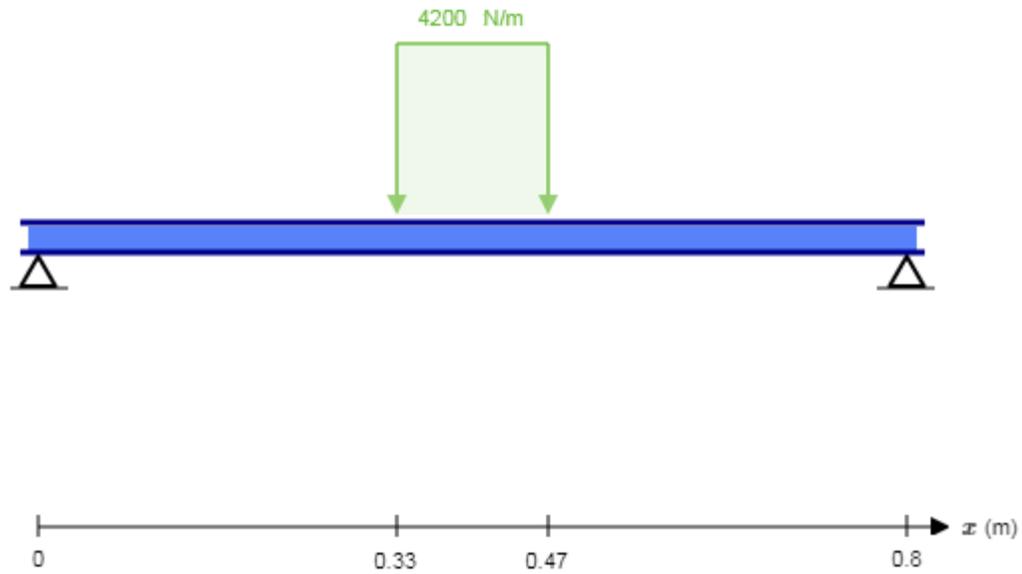


Figura 47. Diagrama de cargas en base del pupitre.

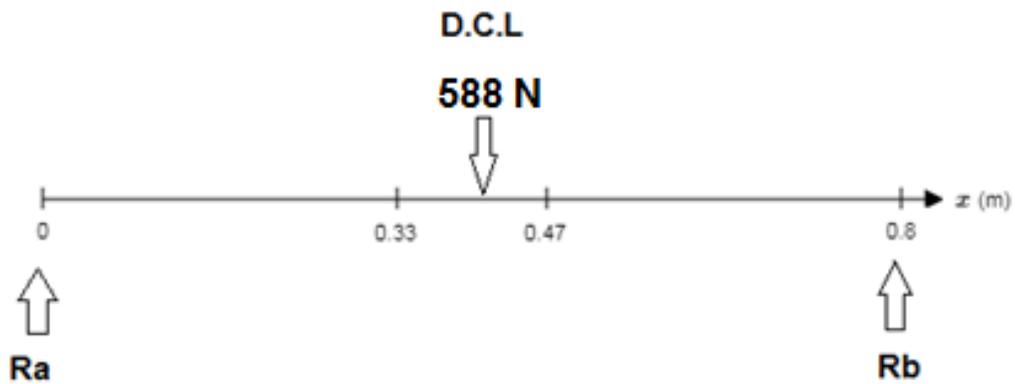


Figura 48. Diagrama de cuerpo libre de base del pupitre.

$$p = 60kg * 9.8 \frac{m}{s} = 588N \div 0.14m = 4200 N.m N$$

$$\Sigma M_A = 0 \uparrow +$$

$$-P(0.4m) + Rb(0.8m) = 0$$

$$Rb = \frac{P(0.4m)}{0.8m}$$

$$R_b = \frac{588 \text{ N} * 0.4\text{m}}{0.8\text{m}}$$

$$R_b = 294 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0 \uparrow +$$

$$R_a + R_b - P = 0$$

$$R_a = P - R_b = 588 \text{ N} - 294 \text{ N}$$

$$R_a = 294 \text{ N}$$

Con los datos anteriores procedemos a construir la gráfica del diagrama de fuerza cortante

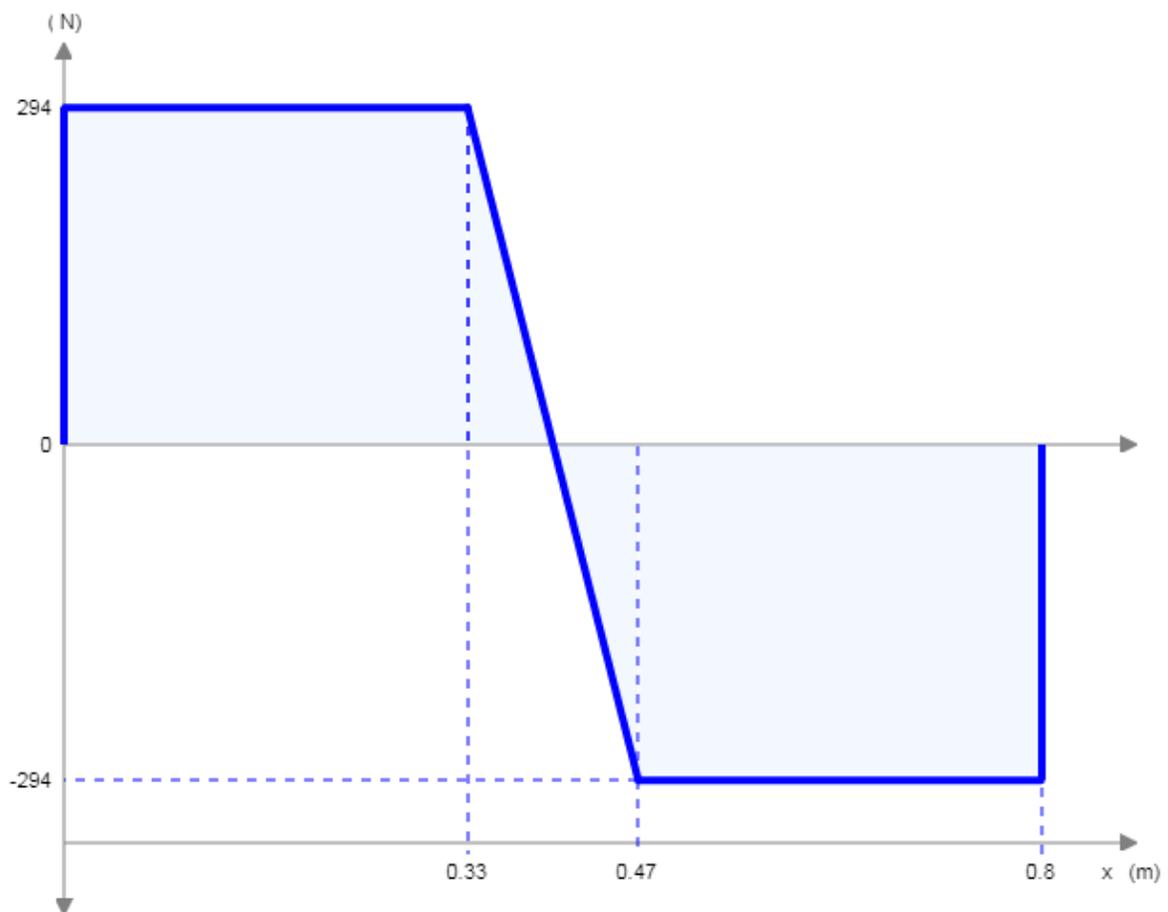


Figura 49. Diagrama de fuerza cortante base del pupitre.

Por el método de áreas se procedió a calcular la gráfica del diagrama de momento

$$A_1 = 0.33m * 294 N = 97.02 N.m$$

$$A_2 = \frac{0.07m * 294 N}{2} = 10.29 N.m$$

$$A_3 = \frac{0.07m * -294 N}{2} = -10.29 N.m$$

$$A_4 = 0.33m * -294 N = -97.02 N.m$$

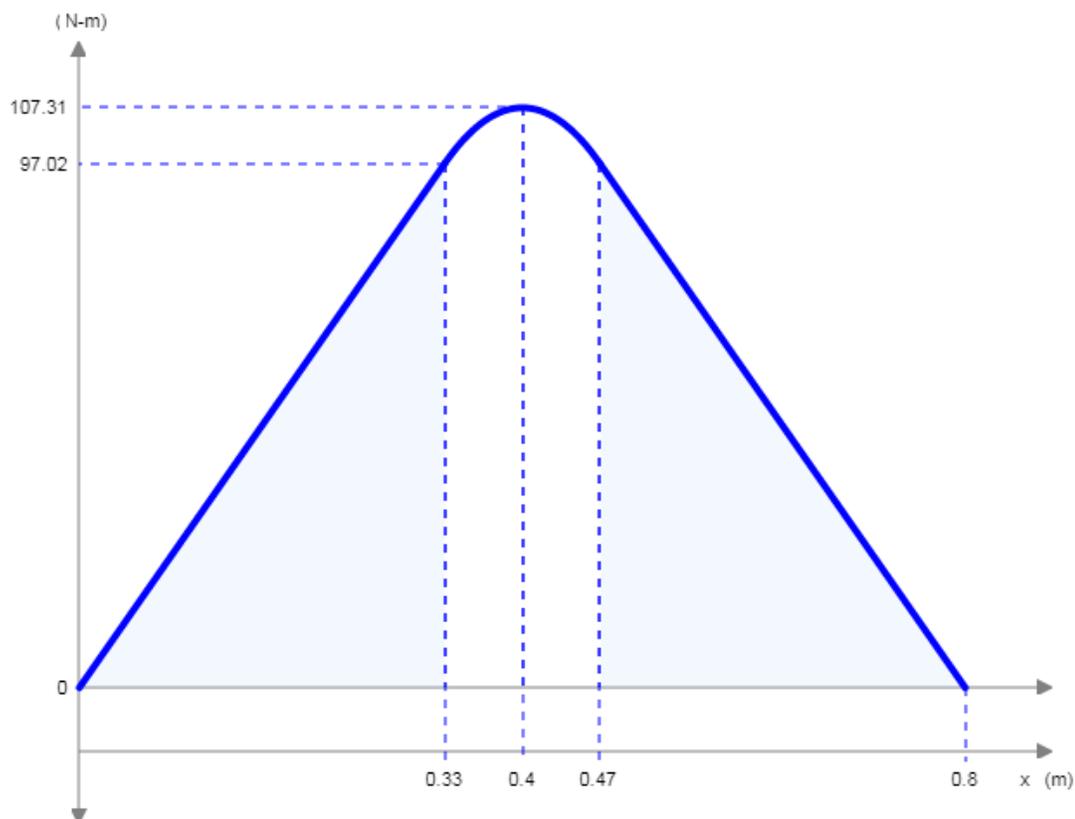


Figura 50. Diagrama de momento flector base del pupitre.

$$\sigma_F = \frac{MC}{I}$$

M: 107.31 N.m.

C: 0.015 m

I: ¿?

$$I = \frac{1}{12}(b)(h)^3$$

$$I = \frac{1}{12}(0.08m)(0.03m)^3$$

$$I = 1.8 * 10^{-7}m^4$$

$$\sigma_F = \frac{107.31N.m * 0.015m}{1.8 * 10^{-7}m^4}$$

$$\sigma_F = 8.942 \text{ MPA}$$

$$f.s = \frac{V_u}{V_{ad}}$$

Dónde:

$f.s = \text{factor de seguridad}$

$V_{ad} = \text{carga admisible}$

$V_u = \text{carga ultima}$

$$V_u = 72 \text{ MPA}$$

$$V_{ad} = 8.942 \text{ MPA}$$

$$f.s = \frac{72 \text{ MPA}}{8.942 \text{ MPA}} = 6.71$$

**Tubo de soporte de tablero electrónico**

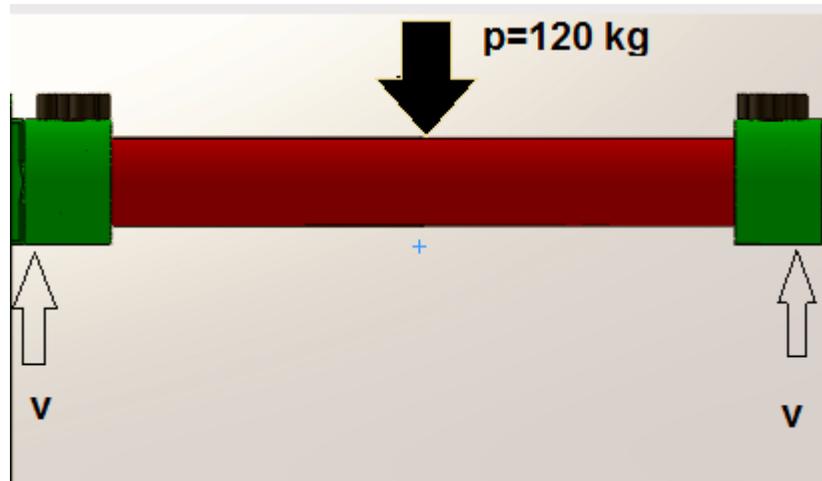


Figura 51. Esfuerzos y cargas en soporte de tablero electrónico.

### Datos

Material: Polietileno de alta densidad.

P: 120 Kg

Perfil de la base

R.e: 0.07 m.

R.i: 0.03 m.

Largo: 0.64 m.

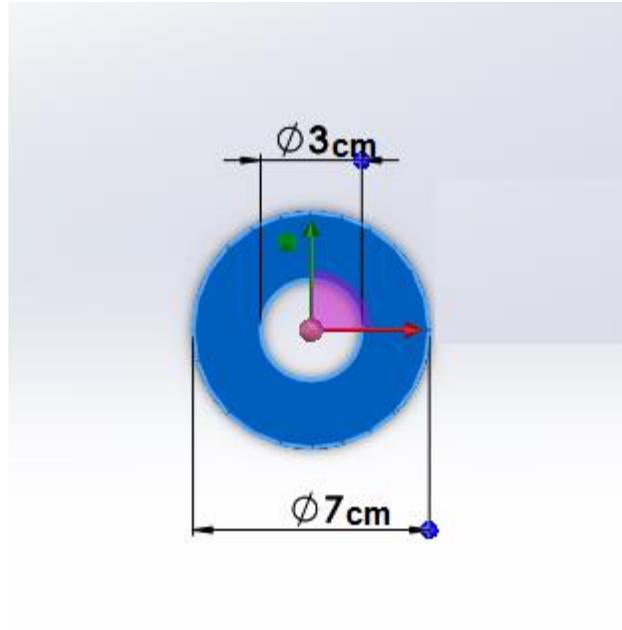


Figura 52. Perfil de tubo soportado de tablero electrónico.

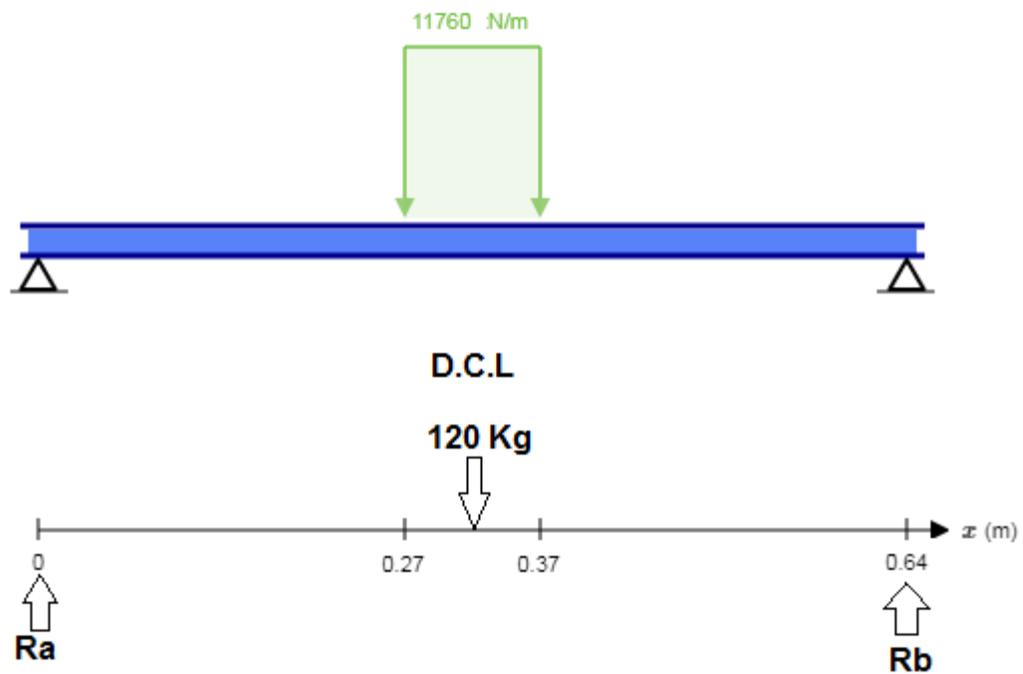


Figura 53. Diagrama de cargas de tubo soportado de tablero electrónico.

$$p = 120kg * 9.8 \frac{m}{s} = 1176N \div 0.10m = 11760N.m$$

$$\Sigma M_A = 0 \uparrow +$$

$$-P(0.32m) + Rb(0.64m) = 0$$

$$Rb = \frac{P(0.32m)}{0.64m}$$

$$Rb = \frac{1176 N * 0.32m}{0.64m}$$

$$Rb = 588 N$$

$$\Sigma Fy = 0 \uparrow +$$

$$Ra + Rb - P = 0$$

$$Ra = P - Rb = 1176 N - 588 N$$

$$Ra = 588 N$$

Con los datos anteriores procedemos a construir la gráfica del diagrama de fuerza cortante

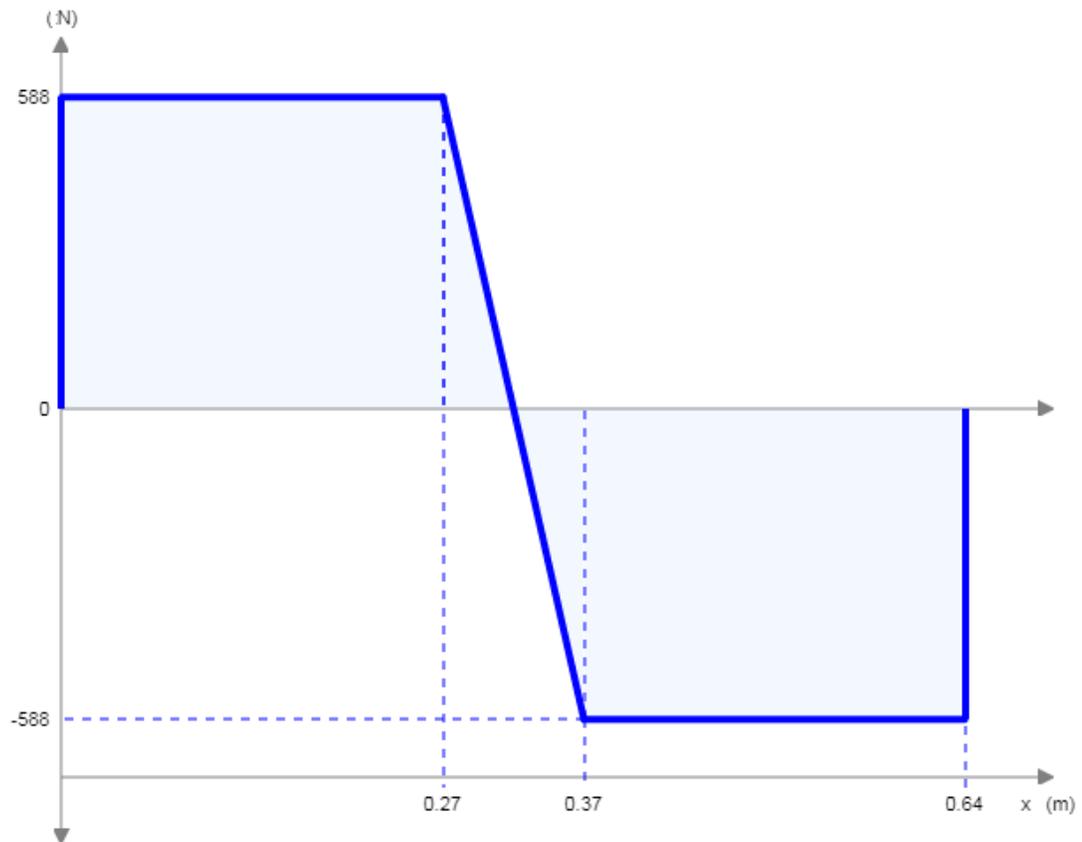


Figura 54. Diagrama de fuerza cortante de tubo soporte de tablero electrónico.

Por el método de áreas se procedió a calcular la gráfica del diagrama de momento

$$A_1 = 0.27m * 588 N = 158.76 N.m$$

$$A_2 = \frac{0.05m * 588 N}{2} = 14.7 N.m$$

$$A_3 = \frac{0.05m * -588 N}{2} = -14.7 N.m$$

$$A_4 = 0.27m * -588 N = -158.76 N.m$$

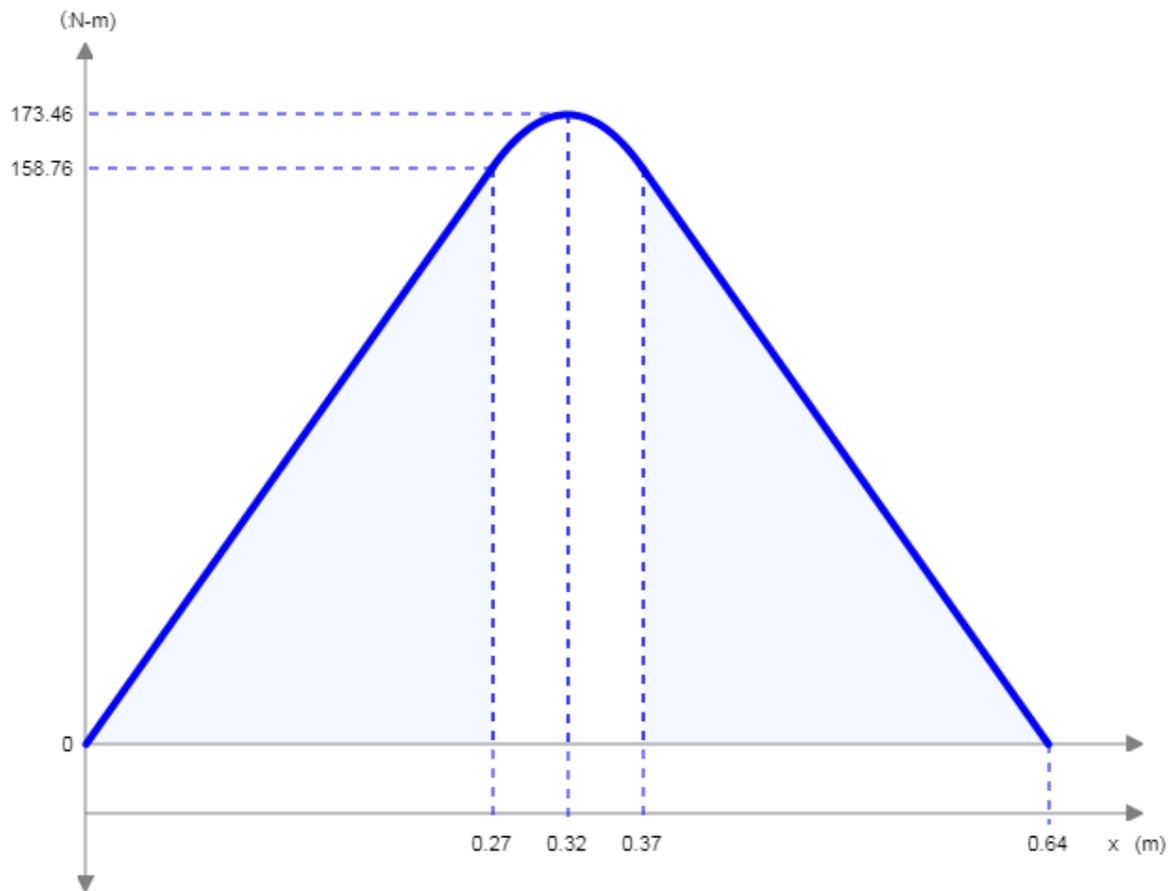


Figura 55. Diagrama de momento flector de tubo soporte de tablero electrónico.

$$\sigma_F = \frac{MC}{I}$$

M: 173.46 N.m.

C: 0.035 m

I: ¿?

$$I = \frac{\pi}{4}(r_e^4 - r_i^4)$$

$$I = \frac{\pi}{4}(0.07^4 - 0.03^4)$$

$$I = 1.822 * 10^{-5} m^4$$

$$\sigma_F = \frac{173.46 \text{ N.m} * 0.035\text{m}}{1.822 * 10^{-5}\text{m}^4}$$

$$\sigma_F = 3,332 \text{ MPA}$$

$$f.s = \frac{V_u}{V_{ad}}$$

Dónde:

*f.s = factor de seguridad*

*V<sub>ad</sub> = carga admisible*

*V<sub>u</sub> = carga ultima*

$$V_u = 80 \text{ MPA}$$

$$V_{ad} = 3,332 \text{ MPA}$$

$$f.s = \frac{80 \text{ MPA}}{3,332 \text{ MPA}} = 24$$

**Torque ejercido por carga en el tablero**

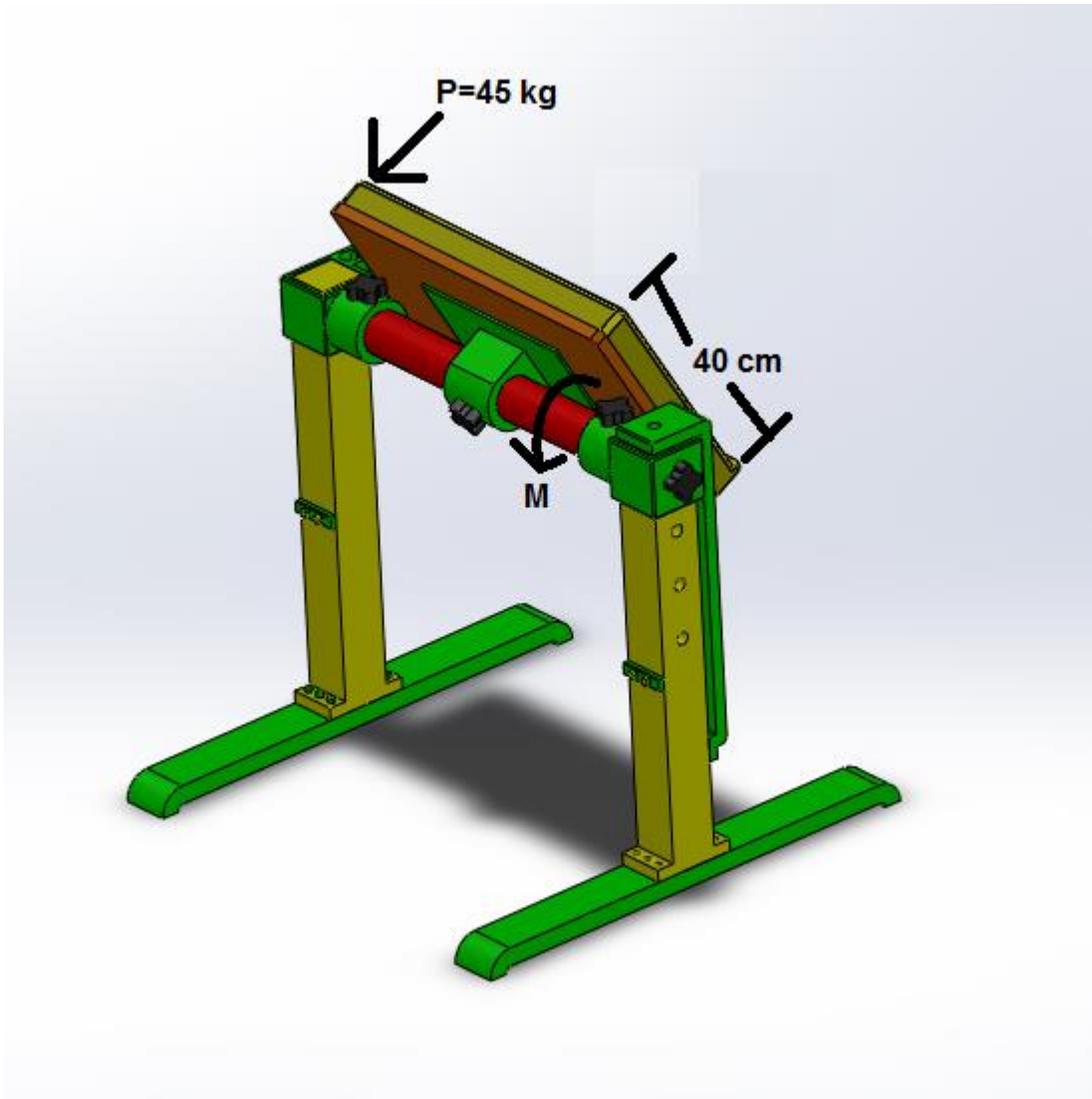


Figura 56. Esfuerzos y cargas en el tablero.

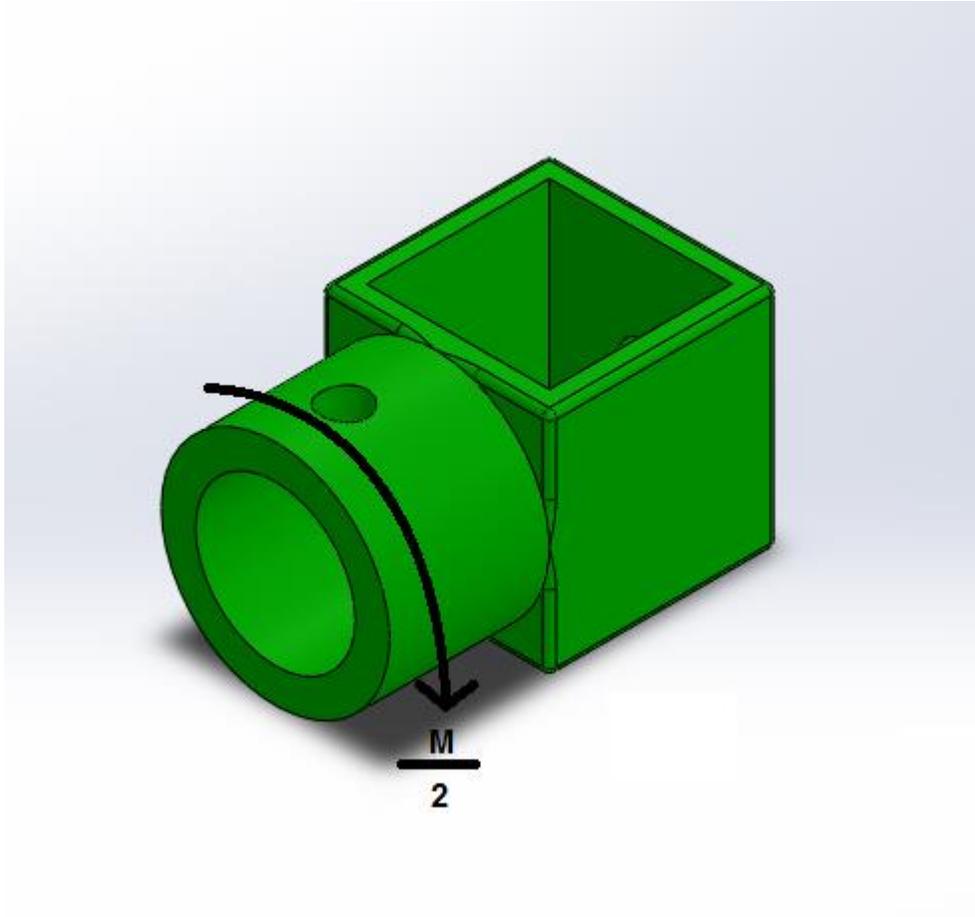


Figura 57. Torsión resultante por carga en el tablero.

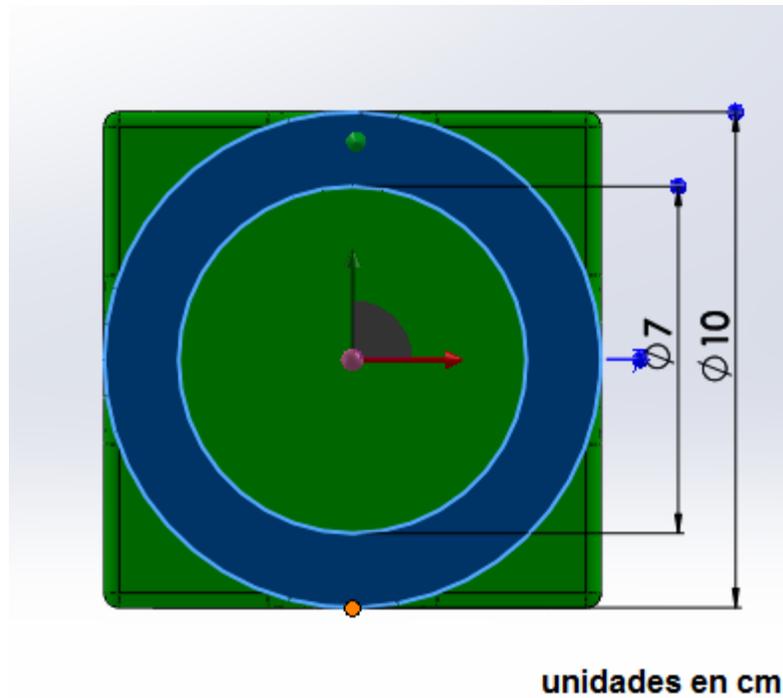


Figura 58. Perfil de soporte donde reacciona la carga.

### Datos

Material: Polietileno de alta densidad.

P: 45 Kg

Perfil de la base

R.e: 0.05 m.

R.i: 0.035 m.

$$p = 45kg * 9.8 \frac{m}{s} = 441N$$

$$M = F * d$$

$$M = 441N * 0.20m = 44.1 N.m$$

$$\tau_{max} = \frac{T * c}{J}$$

$$J = \frac{\pi}{2}(R_{ext}^4 - R_{int}^4)$$

$$J = \frac{\pi}{2}(0.05^4 m - 0.035^4 m)$$

$$J = 7.46 * 10^{-6} m^4$$

$$\tau_{max} = \frac{44.1 N.m * 0.05m}{7.46 * 10^{-6} m^4}$$

$$\tau_{max} = 0.3 MPA$$

$$f.s = \frac{V_u}{V_{ad}}$$

Dónde:

*f.s = factor de seguridad*

*V<sub>ad</sub> = carga admisible*

*V<sub>u</sub> = carga ultima*

$$V_u = 80 MPA$$

$$V_{ad} = 0.3 MPA$$

$$f.s = \frac{80 MPA}{0.3 MPA} =$$

Para pilares laterales

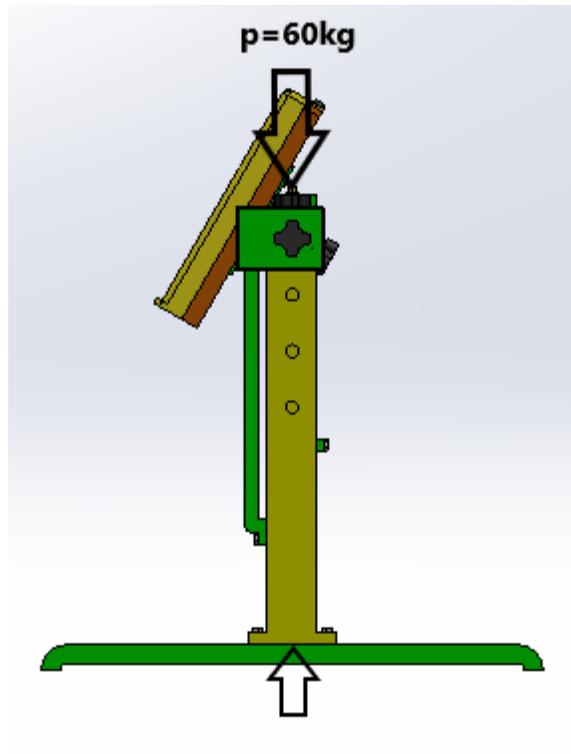


Figura 59 cargas y esfuerzos en pilares laterales del pupitre.

**Datos:**

Material de pilares: pvc

Diámetro del tornillo: 1cm

F.s= ¿?

$$\tau_u = 72 \text{ MPA}$$

$$\sigma_c = \frac{p}{A}$$

$$p = 60 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 588 \text{ N}$$

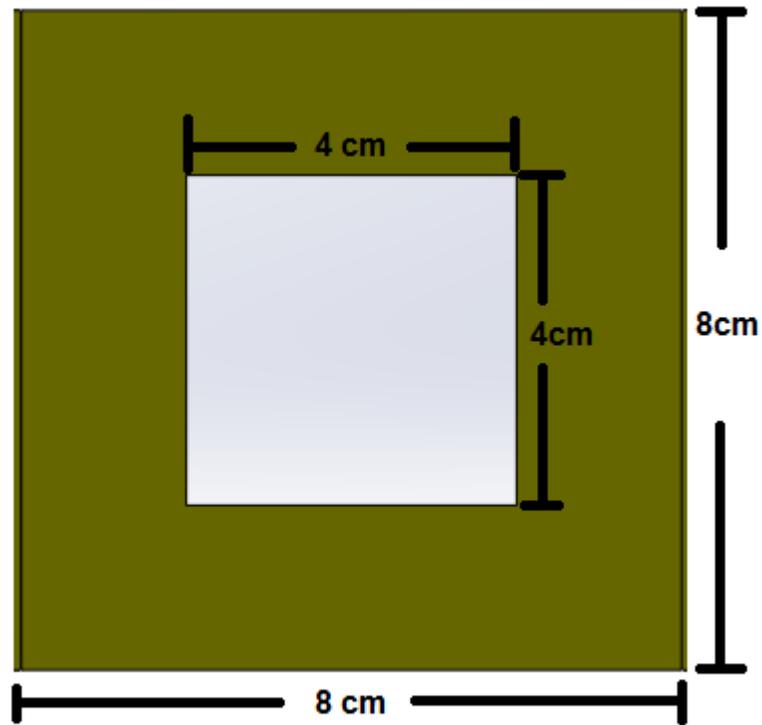


Figura 60 Perfil del pilar.

$$A = A_1 - A_2$$

$$A_t = (0.08m * 0.08m) - (0.04m * 0.04m)$$

$$A_t = 0.0048 m^2$$

$$\sigma_c = \frac{588 N}{0.048 \frac{m}{s^2}} = 0.012 \text{ MPA}$$

$$f.s = \frac{\tau_u}{\tau_{ad}}$$

Dónde:

$f.s$  = factor de seguridad

$\tau_{ad}$  = esfuerzo admisible

$\tau_u$  = esfuerzo ultimo

$$\tau_u = 72 \text{ MPA}$$

$$\tau_{ad} = 0.012 \text{ MPA}$$

$$f.s = \frac{72 \text{ MPA}}{0.012 \text{ MPA}} = 6000$$

### OBSERVACIONES

Comparando con los datos dados en las fichas técnica de los determinados polímeros se puede observar que los esfuerzos obtenidos en los anteriores cálculos están dentro del rango aceptable de los materiales a su vez los diámetros y espesores seleccionados para tornillos y demás secciones cuentan con la capacidad necesaria para su función, dado que el lado derecho junto con el lado izquierdo son simétricos solo se realizó el cálculo para uno de los lados del pupitre y se asumió que el lado opuesto está bajo las mismas condiciones de carga y esfuerzo.

Se le realizaron cálculos de factor de seguridad a las secciones sometidas a cargas importantes, dando como resultado que el factor de seguridad más bajo es de 12 en la sección sometida la carga más alta en el pupitre, por este motivo se asume que los factores de seguridad restantes de las secciones no calculadas esta en rangos más altos debido a que las cargas a las que están sometidas son más bajas y los esfuerzos resultantes en estos son de un valor muy pequeño.

Tabla 15. Costos de materiales mecánicos.

<b>Costos de materiales mecánicos</b>			
Detalle	unidad	Valor	Valor total
Tubo de soporte de tablero electrónico.	1	16200	16200
Caja de soporte con cilindro hueco.	2	14300	28600
Soportes laterales	2	15200	30400

Tornillo 1	2	2470	4940
Tornillo 2	4	2240	8960
Tornillo 3	6	2700	16200
Tornillo 4	12	2855	34260
Placas de seguridad	2	780	1560
Accesorio de lujo	1	12500	12500
bases de pupitre	2	14750	29500
Base soporte tablero	1	18700	18700
lamina base inferior	1	32300	32300
Cubierta superior	1	45800	45800
Valor total			279920

Tabla 16. Costos de materiales electrónicos.

Ítem	Descripción	Cant.	Valor unitario	Valor total
1	App móvil genérica.	1	\$50.000,00	\$50.000,00
2	App móvil personalizada.	1	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00
3	Controlador maestro.	1	\$2.000.000,00	\$2.000.000,00
4	Controlador esclavo.	1	\$1.900.000,00	\$1.900.000,00
5	Controlador de carácter, NSD-2101-X6.	80	\$200.000,00	\$16.000.000,00
6	Motor piezoeléctrico, SQL-RV-1.8 SQUIGGLE.	480	\$50.000,00	\$24.000.000,00
7	Fuente DC de 12 V, 10 A y 120 W.	1	\$50.000,00	\$50.000,00
Observaciones:				\$49.000.000,00
La presente cotización tiene validez hasta el 30 de octubre del 2020.			<b>SUBTOTAL</b>	
Cualquier impuesto diferente a los relacionados, que se genere por cualquier origen, debe sumarse según corresponda a los valores cotizados.			I.V.A.	\$9.310.000,00
			<b>TOTAL</b>	\$58.310.000,00

## Conclusiones

En el transcurso del proyecto se pudieron apreciar las pautas para la creación del diseño de lectura braille, estas pautas marcaron el paso a paso y fueron dando origen a los métodos y alternativas que se podían seguir para la creación del diseño del pupitre acorde a las necesidades que se requerían y que se buscaban conseguir.

Apreciando lo planteado, se pudo concluir que el pupitre de lectura braille será un pupitre de ayuda y soporte en las academias, se espera marque una diferencia en el entorno social, académico, lúdico y también permita y de origen a variedad de proyectos que satisfagan necesidades sociales como lo es en este caso el pupitre de lectura braille.

De igual manera se concluye que reutilizando los recursos con los cuales nos encontramos diariamente en nuestro entorno como los son en este caso los polímeros, se puede lograr la creación, el planteamiento o la ideología de sistemas nuevos novedosos, permitiendo ayudar y ser útiles para el ser humano, como también se disminuye la contaminación y se cuida el medio ambiente si se hace una producción en masa del pupitre de lectura braille.

Por parte del sistema electrónico encontramos y concluimos que por medio de circuitos medianamente complejos se puede dar vida a sistemas mecánicos que cumplan con funciones específicas mediante parámetros dados, tal como se realizó en este proyecto con el alfabeto braille en los respectivos caracteres del pupitre.

Por la parte de costos del diseño se determinó y concluyo que las partes electrónicas son las más costosas y elevan significativamente el costo total del diseño aun así al ser de carácter social, ecológico y de inclusión y dirigido a la inclusión en escuelas, este puede llegar a ser patrocinado o financiado por entidades acordes a los fines antes mencionados de la mano de entes gubernamentales para lograr la inclusión dentro de las aulas de clase del pupitre de lectura braille.

Como conclusión final se pudo observar por medio de la simulación que el diseño cumple con los requisitos planteado y esperados durante el proyecto, dando como resultado un pupitre seguro, confiable, estético y útil para las personas con limitaciones visuales.

### **Recomendaciones**

Incluir Alternativas de entrada de la información ya sea por audio, tablero con lapiceros electrónicos u otras herramientas que permitan el ingreso de la información al pupitre.

Incluir sistemas fotovoltaicos que permitan la recolección de energía necesaria para el uso del pupitre de lectura braille.

Agregar bocinas de audio por las cuales se reproduzca el texto escrito en los caracteres del pupitre.

Incorporar sistemas electrónicos por los cuales se pueda introducir archivos con textos los cuales sean tomados y expresados en el pupitre.

Seleccionar o diseñar otro tipo de motor con las características correspondientes bajo estándares económicos más bajos.

### Referencias Bibliográficas

- Alan, H. (2015). *Teoría de fallas - carga estática*. slideshare.net. Recuperado de <https://es.slideshare.net/alan314/teoria-de-fallas-carga-estatica>
- Área tecnología (s.f). *Resistencia de los materiales*. BOLETIN AREATECNOLOGIA. Recuperado de <https://www.areatecnologia.com/materiales/resistencia-materiales.html>
- Aucay Pauta, J. A. (2016). *Prototipo electrónico de enseñanza del Sistema Braille* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca
- Beer, F., Russell, E. & DeWolf, J. (2004). *Mecánica de materiales* (3ª Ed). Mexico: Mc Graw Hill.
- Budynas, R., & Nisbett, J. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (8ª Ed). Mexico: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA
- Cabrera Hidalgo, J. C. (2018). *Diseño y desarrollo de un prototipo de línea Braille de bajo costo para personas no videntes en el marco de Cátedra UNESCO" Tecnologías de Apoyo para la Inclusión Educativa"* (Tesis de grado). Universidad Politécnica Salesiana
- Castañeda, S., & Maldonado, E. (2009). *Sistema para el aprendizaje de Lectoescritura en Braille* (Tesis de Grado). Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.
- Centro de recursos para el aprendizaje y la Investigación. (s.f). *Definición y propósito de la Investigación Aplicada*. Bibliotecas Duoc UC. Recuperado de <http://www.duoc.cl/biblioteca/crai/definicion-y-proposito-de-la-investigacion-aplicada>
- Cétares, A., Cortés, C., & Silva, L. (2005). *Sistema de enseñanza del código Braille para niños con limitaciones visuales* (Trabajo de Grado) Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá (Colombia).
- Chavarria Montes, L. R. (2016). *Evaluación del proceso de enseñanza aprendizaje en la etapa de aprestamiento de los estudiantes de la Escuela Especial "Santa Julia Billiart" primer semestre 2016: Propuesta innovadora de aplicación multimedia* (Doctoral dissertation) Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
- Comisión Braille Española (2013). *Parámetros dimensionales del braille* (Versión 1). Recuperado de <https://www.once.es/servicios-sociales/braille/documentos-tecnicos/documentos-tecnicos-relacionados-con-el-braille/documentos-tecnicos-relacionados-con-el-braille>
- Comunicaciones INCI (2019). *Según el DANE, el 7,2% de los colombianos tiene alguna discapacidad*. Colombia: Instituto Nacional para Ciegos. Recuperado de

- <https://www.inci.gov.co/blog/segun-el-dane-el-72-de-los-colombianos-tiene-alguna-discapacidad>
- Díaz Gómez, S., Díaz Miralles, M., Barrio Serrano, L., & Rodríguez Guerra, Y. (2016). Texto de parafunciones en sistema braille para pacientes ciegos y de baja visión. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 20(2), 188-197. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-02552016000200011&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552016000200011&lng=es&tlng=es).
- El santuario de la Electronica (s.f.). *Sistemas electrónicos*. Recuperado de <https://elsanturariodelaelectronica.webnode.es/sistemas-electronicos/>
- Federación de Enseñanza de CC.OO. de Andalucía. (2011). *Tipos de esfuerzos físicos*. Revista profesional para profesionales de la enseñanza. Recuperado de <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8567.pdf>
- GUINEPLAST, S, L. (s.f.). *Polietileno de alta densidad (PE-HD)*. guineplast.COM. Recuperado de <http://www.guineplast.com/productos/caracteristicas.htm>
- Hernández, C., Pedraza, L. F., & López, D. (2011). Dispositivo tecnológico para la optimización del tiempo de aprendizaje del lenguaje Braille en personas invidentes. *Revista de Salud Pública*, 13, 865-873.
- Hibbeler, R. (2011). *Mecánica de materiales* (8ª Ed). Mexico: Pearson.
- <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>
- Incluyeme (s.f). *Todo lo que necesitas saber sobre discapacidad visual*. Incluyeme.com. Recuperado de <https://www.incluyeme.com/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-discapacidad-visual/>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (2018). Norma Técnica Colombiana (NTC 4641). Recuperado de [https://kupdf.net/download/norma-tecnica-colombiana-ntc-4641\\_5b0291a7e2b6f5c03630d127\\_pdf](https://kupdf.net/download/norma-tecnica-colombiana-ntc-4641_5b0291a7e2b6f5c03630d127_pdf)
- Interceramic (s.f). *Metodología de la investigación*. Recuperado de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lad/calva\\_p\\_db/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/calva_p_db/capitulo3.pdf)
- Mariano. (2011). Extrusión de materiales plásticos [Mensaje de Blog]. Tecnología de los plásticos. Recuperado de
- Martinez, L. (2019). *Alfabeto Braille*. Infoalfabetos. Recuperado de <https://www.infoalfabetos.com/alfabeto-braille>

- Martínez-Liébana, I., & Polo Chacón, D. (2004). *Guía didáctica para la lectoescritura braille*. Madrid: Organización Nacional de Ciegos Españoles.
- Nieto Montares, C. (2019). *El braille, un sistema opacado por la tecnología en Colombia*. RCN Radio. Recuperado de <https://www.rcnradio.com/recomendado-del-editor/el-braille-un-sistema-opacado-por-la-tecnologia-en-colombia>
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2018). *Ceguera y discapacidad visual*. OMS. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
- Palacios, Á. (2009). Electrónica y programación, una relación que no salta a la vista. *INVENTUM*, 4(6), 10-15. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.4.6.2009.10-15>
- Pérez Porto, J., y Merino, M. (2013). *Definición de polímeros*. Definición de. Recuperado de <https://definicion.de/polimeros/>
- Sastre, J y Peñaranda, V. (2015). *Evaluación del impacto de una interfaz multimedia como apoyo en el proceso de enseñanza de la lectoescritura de las vocales del sistema braille a infantes con discapacidad visual en la etapa preescolar* (Tesis de grado). Universidad De San Buenaventura, Bogota D.C.
- UdeaSantiago de Chile (s.f). *Diseño mecánico ingeniería ejecución mecánica*. Recuperado de [https://mecanica-usach.mine.nu/media/uploads/L03\\_FallasEstaticas\\_1.pdf](https://mecanica-usach.mine.nu/media/uploads/L03_FallasEstaticas_1.pdf)
- Universidad Autónoma de Baja California. (s.f). *Esfuerzo y deformación*. Facultad de Ciencias Marinas. Recuperado de [http://fcm.ens.uabc.mx/~fisica/FISICA\\_II/APUNTES/ESFUERZO.htm](http://fcm.ens.uabc.mx/~fisica/FISICA_II/APUNTES/ESFUERZO.htm)
- Viciedo Valdés, M. (2005). Campañas de alfabetización: la experiencia de cuba en el contexto de las bibliotecas públicas. *Acimed*, 13(2), 1-1.