



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

DISEÑO DE APLICADORES PARA PRUEBAS PILOTO EN EL ÁREA DE RECUBRIMIENTO “SIDETANK”

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA MECATRÓNICA**

PRESENTA:

ALEJANDRO ALBERTO MARAVILLA PÉREZ

NOMBRE DEL ASESOR:

Jorge Bedolla Hernández



Apizaco, Tlaxcala, 29/noviembre/2023

Oficio No. MM/459/2023.

ASUNTO: Liberación de Proyecto para la Titulación Integral.

MARTIN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno:	ALEJANDRO ALBERTO MARAVILLA PÉREZ
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. de Control:	18371293
Nombre del Proyecto:	DISEÑO DE APLICADORES PARA PRUEBAS PILOTO EN EL ÁREA DE RECUBRIMIENTO "SIDETANK"
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®


ENRIQUE ACOLTZI BAUTISTA
JEFE DEL DEPTO. DE METAL-MECÁNICA


SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
**DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA**


JÓRGE BEDOLLA HERNÁNDEZ
ASESOR

c.c.p. Oficina de Titulación
Departamento de servicios escolares
Expediente..-Jefe de proyectos de vinculación Metal-Mecánica

EAB*petry.





EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Apizaco, Tlax., **06/marzo/2024**
No. OFICIO: DEP-CT/247/2024

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

ALEJANDRO ALBERTO MARAVILLA PEREZ
EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL: 18371293
P R E S E N T E

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** cuyo tema es: **"DISEÑO DE APLICADORES PARA PRUEBAS PILOTO EN EL ÁREA DE RECUBRIMIENTO "SIDETANK"**", conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESION

Debiendo entregar **3** empastados del mismo, apropiadamente encuadernados, a la brevedad, para presentar su acto de recepción profesional.

Sin otro particular por el momento, le envió un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®


MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



c.p. archivo



Agradecimientos

A mis padres, mi asesor interno y mi asesor externo:

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a las personas que han tenido un impacto significativo en mi proyecto de residencias profesionales y en mi vida en general.

En primer lugar, a mis amados padres, les debo una gratitud eterna. Desde mi niñez, han estado a mi lado, brindándome un apoyo incondicional y guiándome en cada paso de mi camino. Han invertido tiempo, esfuerzo y recursos en mi desarrollo, inculcándome valores sólidos y brindándome una educación invaluable. Su amor, dedicación y sacrificio han sido la base de mis logros y la fuerza que me impulsa a seguir adelante. No importa los desafíos que enfrente, ustedes siempre han estado allí para mí, impulsándome a dar lo mejor de mí y creyendo en mí cuando más lo necesitaba. Los amo con todo mi corazón y estoy eternamente agradecido por tener unos padres tan maravillosos como ustedes.

También quiero extender mi gratitud a mi asesor interno, Ingeniero Jorge Bedolla Hernández, por su invaluable orientación y apoyo durante todo el proceso de mi proyecto de residencias profesionales. Su experiencia, conocimiento y disposición para responder a mis preguntas y brindar orientación fueron fundamentales para mi crecimiento y desarrollo profesional. Gracias por su dedicación y por ayudarme a alcanzar mis metas.

Además, me gustaría agradecer a mi asesor externo, Jenni Ann Brito Braum Taber, por su colaboración y asesoramiento durante mi proyecto de residencias profesionales. Su experiencia en el campo y su disposición para compartir conocimientos fueron invaluablees para mí.

A todos ustedes, mis padres y mis asesores, les agradezco de todo corazón por creer en mí, alentarme a superar mis límites y brindarme las herramientas necesarias para alcanzar el éxito. Me siento afortunado por contar con su apoyo incondicional en mi vida. Su contribución ha dejado una marca imborrable en mi camino hacia el crecimiento personal y profesional.



ÍNDICE

CAPÍTULO 1 Introducción.....	7
CAPÍTULO 2 Descripción de la empresa	8
2.1 Lugar donde se realizará el proyecto.....	8
2.2 Información sobre la empresa para la que se desarrollará el proyecto.	9
2.2.1 Antecedentes de la empresa:	9
2.2.2 Adfors Saint Gobain Tlaxcala	10
2.2.3 Misión:	11
2.2.4 Visión:	11
Objetivos:	11
2.3 Información del departamento donde se realizará el proyecto:	12
CAPÍTULO 3 Problemas para resolver, priorizándolos.....	13
CAPÍTULO 4 Objetivos.....	14
4.1 General:	14
4.2 Específicos:	14
CAPÍTULO 5 Justificación.	15
CAPÍTULO 6 Delimitación.	17
6.1 Alcance:.....	17
6.2 Limitaciones:.....	17
CAPÍTULO 7 Marco teórico.....	18
7.1 Diseño en la ingeniería	18
7.1.1 Fases de diseño que reconocen varias iteraciones	19
7.1.2 Fases generales de diseño.....	21
7.2 Modelado CAD	24
7.2.1 Ventajas y desventajas de usar modelado asistido por computadora	26
7.2.2 Clasificación de las herramientas de modelado CAD	26
7.3 Ergonomía industrial	28
7.3.1 tipos de ergonomía	29
7.3.2 ventajas de la ergonomía industrial	31
7.3.3 NOM-036-1-STPS-2018	32
7.3.4 Aspectos universales para la ergonomía industrial.....	32



7.4 Norma ISO 128:2021	33
7.4.1 Denominación de las vistas:	35
7.5 Clasificación de aceros.....	35
7.5.1 Aceros al carbono.....	36
7.5.2 Aceros de media aleación.....	37
7.6 Rodamientos.....	37
7.6.1 Fundamento mecánico.....	38
7.6.2 Clasificación de los rodamientos.....	38
7.6.3 Vida de los rodamientos.	42
7.7 Chumaceras	43
7.7.1 Clasificación de las chumaceras	44
7.8 Tornillos de potencia.	46
7.8.1 Fórmulas de cálculo para tornillo de potencia.....	49
7.9 Ejes.....	52
7.9 Tipos de ejes.....	52
7.10 Teorema de Torricelli.....	54
7.11 Mecánica de materiales	55
7.11.1 Tipos de esfuerzos Físicos.....	56
7.12 Mejora continua.....	60
7.12.1 Gestión por procesos	60
7.12.2 Pensamiento esbelto (lean thinking) y mejora continua.....	61
7.12.3 Procesos, caracterización y medición.....	62
7.13 Plastisol	63
CAPÍTULO 8 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.....	65
8.1 Acercamiento y entendimiento del problema.....	65
8.1.1 Prueba sidetank.....	66
8.1.2 Investigación inicial	67
8.1.3 Reuniones con las partes interesadas.....	67
8.2 Ejecución de prueba sidetank	68
8.2.1 Ejecución de la prueba	69
8.2.3 Identificación de problemas	70



8.3	Bosquejos de diseño	70
8.3.1	Análisis de requisitos.....	70
8.3.2	Diseño conceptual.	73
8.3.3	Modelado CAD	76
8.4	Revisiones de diseño	78
8.4.1.	Presentación de diseño	78
8.4.2.	Selección de diseño	79
8.4.3.	Ingeniería de detalle de la propuesta seleccionada.	80
8.4.4.	Planos de fabricación.....	98
8.5	Acercamiento con compras	100
8.5.1	Selección de componentes adicionales.....	100
8.5.2	Evaluación de proveedores.....	101
8.6	Comparativa de bosquejos en términos de costo.....	102
8.6.1	Estimación del presupuesto	103
CAPÍTULO 9 Conclusiones.....		104
9.1	Recomendaciones	105
9.2	Experiencia profesional adquirida.....	106
CAPÍTULO 10 Competencias desarrolladas.....		107
CAPÍTULO 11 Bibliografía.....		108
Anexos.....		108
Anexo I.....		109
Anexo II.....		115
Anexo III		120
Anexo IV		124
Anexo V		127



CAPÍTULO 1 Introducción

La mejora continua en los procesos es un término que ha tomado relevancia en los últimos años ya que este término está relacionado con la mejora de procesos, productos o servicios esto permite incrementar su productividad o eficiencia a cualquier organización o empresa.

Adfors es una planta del conjunto Saint Gobain Tlaxcala dedicada a la fabricación de soluciones textiles, usando principalmente hilos de fibra de vidrio recubiertos y tejidos con diferentes espesores, colores y tipos de tramado ofreciendo una alta gama de mallas capaces de solucionar y abastecer las necesidades de sus clientes.

La fabricación de malla mosquitera es un proceso que requiere de precisión y rapidez, por lo que es crucial que el aplicador de recubrimiento de hilo sea fácil de instalar y adaptar a diferentes líneas de producción. Además, es importante que el aplicador sea ergonómico para facilitar su uso por parte de los trabajadores, lo que puede mejorar su eficiencia y productividad.

Diseñar un aplicador de recubrimiento de hilo para la fabricación de malla mosquitera es una tarea importante que requiere de una planificación cuidadosa y una atención especial a los detalles. En este proyecto, el objetivo principal es diseñar propuestas de un aplicador de recubrimiento de hilo que sea fácil de instalar, de alinear, fácil de adaptar a 6 diferentes líneas de producción y ergonómico.

Para lograr esto, se utilizará la herramienta de modelado CAD SolidWorks, que es un programa de diseño en 3D muy utilizado en la industria para la creación de modelos de piezas y ensambles. A través de este software, se podrán visualizar las propuestas de diseño en tres dimensiones y se podrán realizar simulaciones para evaluar su funcionalidad.

En este proyecto, se pondrá en práctica la creatividad y la capacidad de resolución de problemas para diseñar un aplicador de recubrimiento de hilo que cumpla con los requisitos mencionados. El resultado final será un conjunto de tres propuestas de diseño de aplicador de recubrimiento de hilo en 3D que puedan ser evaluadas y seleccionar la opción más viable para el cumplimiento de los objetivos y necesidades de la empresa.

CAPÍTULO 2 Descripción de la empresa

2.1 Lugar donde se realizará el proyecto.

Saint Gobain América SA de CV.

Giro, ramo o sector: Industrial.

R.F.C. SGV980603HN2

Domicilio: Calle Coaxamalucan S/N, Primera sección. Cd. Industrial Xicohtencatl Tetla de la Solidaridad Tlax. Figura 1

Teléfono: 241 418 8200



Ilustración 1 Vista satelital de la empresa Saint Gobain Adfors

[Fuente: <https://www.google.com/maps/place/Adfors+SAINT+GOBAIN/@>]



2.2 Información sobre la empresa para la que se desarrollará el proyecto.

2.2.1 Antecedentes de la empresa:

El Grupo Saint-Gobain es una empresa multinacional, creada en Francia, en 1665 por el ministro de Finanzas, Jean-Baptiste Colbert, para suministrar el vidrio para el Sal de los Espejos del Palacio de Versalles. Actualmente está presente desde Alemania, Italia, España, Bélgica, Brasil, Estados Unidos, India, México entre otros. Saint-Gobain es desde el año 2003, uno de los 100 grupos industriales a nivel mundial. Saint Gobain es líder en cada una de sus actividades, las cuales se engloban en 4 sectores:

- Envases
- Materiales Innovadores (Vidrio, Materiales de alto desempeño)
- Construcción
- Distribución

Saint-Gobain está presente en México desde hace medio siglo, empleando a más de 3,500 personas. En sus plantas industriales, alrededor del país, produce y distribuye vidrio plano, vidrio automotriz, vidrio para electrodomésticos, hilos para tejidos de refuerzo de fibra de vidrio, tela mosquitero de fibra de vidrio, yeso, paneles y plafones de yeso, abrasivos y plásticos de alto desempeño. Comercializa tuberías de hierro dúctil para la canalización de agua.



2.2.2 Adfors Saint Gobain Tlaxcala

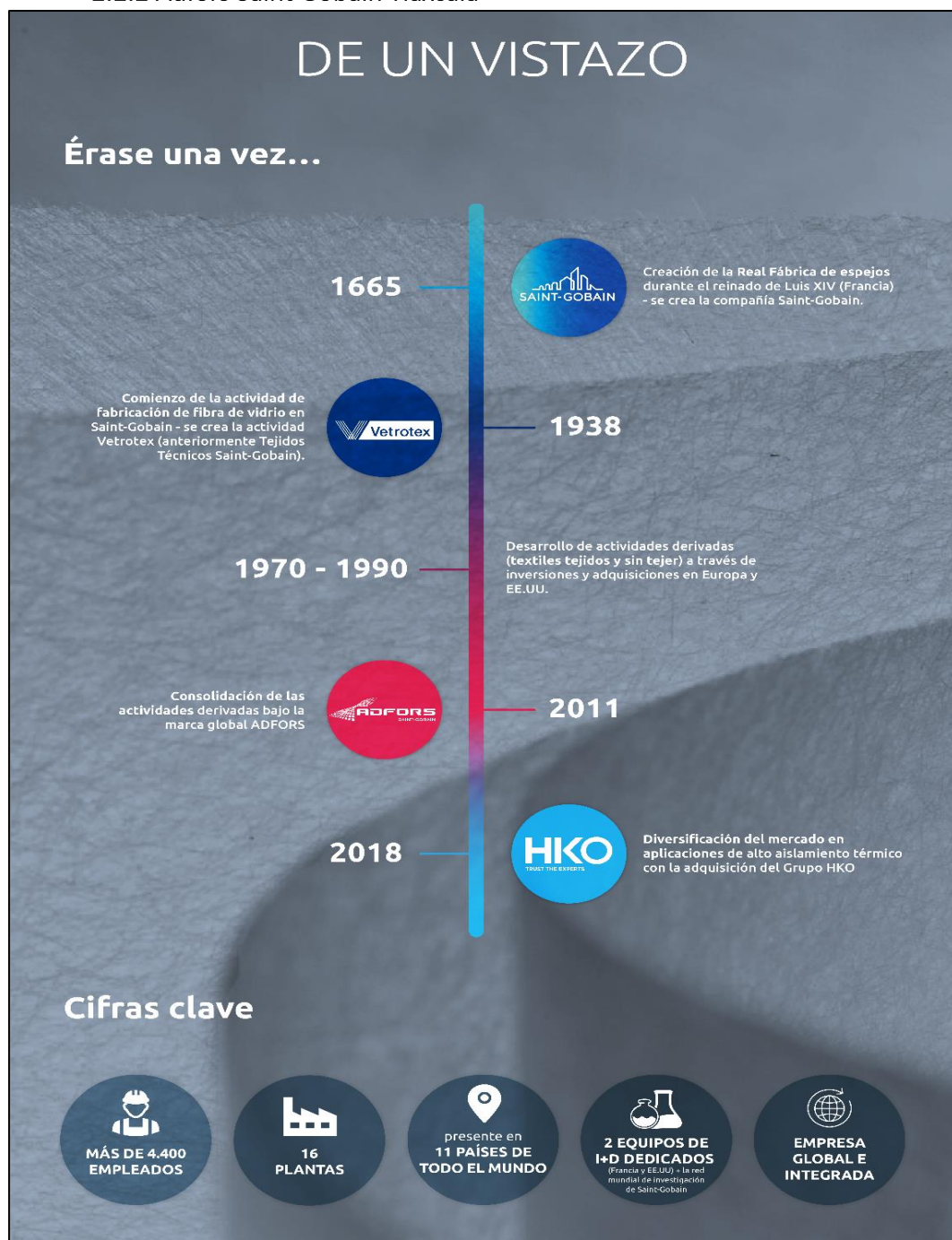


Ilustración 2 Historia de Saint Gobain en Tlaxcala (América, 2023). [Fuente: Saint Gobaint]



Tlaxcala cuenta con 2 plantas productivas de producción de fibra de vidrio para refuerzos textiles (Adfors México y Saint Gobain Vetrotex América), ubicadas en Ciudad industrial Xicoténcatl, en Tetla de la solidaridad. Desde el año 2000, se especializa en la elaboración de mallas para mosquitero a partir del hilo de fibra de vidrio producido por Saint Gobain Vetrotex América. La calidad y tecnología empleada en la elaboración de su producto, substituye a los mosquiteros tradicionales que se fabrican en algodón y en aluminio. Más de 100 personas integran un gran equipo de trabajo. Las aplicaciones de los productos de esta empresa se encuentran en los sectores de la construcción, ingeniería e industria en general.

Dentro del mercado productos como FIBATAPE, GLASGRID, VERTEX, NOVELIO, son las marcas comerciales de venta, en sus diferentes productos como son, Negro estándar, Pool & Patio, los cuales son dos de sus principales productos, de los cuales se producen aproximadamente el 70% de la producción total (SG, 2013).

Con un enfoque en los mercados de construcción e industriales, ADFORS ofrece soluciones basadas en un completo abanico de tecnologías textiles de fibra de vidrio. Somos el líder mundial más confiable e innovador en tejidos técnicos, que ofrece las soluciones más adaptadas para satisfacer sus necesidades.

ADFORS es reconocido gracias a su conocimiento y experiencia acumulada durante los últimos 50 años, misma que impulsa el desarrollo hacia los nuevos mercados. Su conocimiento en tecnología de fibra de vidrio a través de nuestra empresa Vetrotex, sumada a un extenso conocimiento en tejidos, tejidos de punto, velos de vidrio y recubrimientos nos ayuda a cumplir con los requerimientos de los clientes.

2.2.3 Misión:

Brindar soluciones de mallas tejidas que cumplan y superen las expectativas de nuestros clientes internos y externos a través de productos y servicios de alta calidad. Soportado por la aplicación de los valores de la organización.

2.2.4 Visión:

Ser referencia en innovación y calidad en el mercado de mallas tejidas.

Objetivos: Crear grandiosos lugares para vivir y mejorar la vida diaria a través de la combinación de confort y sustentabilidad. Un confort que responda a las necesidades actuales de las personas y una visión sustentable que nos permita abordar los desafíos del mañana para mejorar el bienestar de las personas en todos lados.



2.3 Información del departamento donde se realizará el proyecto:

El departamento de desarrollo de Saint Gobain es el encargado de impulsar el crecimiento y la innovación en la organización a través de la implementación de nuevos proyectos y la mejora de los existentes. En general, su función es identificar oportunidades para mejorar los procesos y productos de la empresa, y desarrollar planes para implementar estas mejoras.

Algunas de las principales actividades que lleva a cabo el equipo de desarrollo son:

- **Mejora de procesos:** El equipo de desarrollo también se encarga de identificar áreas de mejora en los procesos existentes de la empresa. Esto puede implicar la implementación de nuevas tecnologías o la simplificación de procesos complejos para aumentar la eficiencia.
- **Identificación de oportunidades de negocio:** El equipo de desarrollo se encarga de analizar el mercado y buscar nuevas oportunidades de negocio para la empresa. Esto puede implicar la investigación de nuevos productos o servicios, la identificación de nuevos mercados o la exploración de nuevas tecnologías.
- **Diseño de nuevos productos:** Una vez que se identifican oportunidades de negocio, el equipo de desarrollo trabaja en el diseño y desarrollo de nuevos productos que permitan a la empresa aprovechar esas oportunidades.
- **Investigación y desarrollo de tecnologías:** El equipo de desarrollo puede encargarse de la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías que puedan ser utilizadas por la empresa para mejorar sus procesos o productos.
- **Gestión de proyectos:** El equipo de desarrollo también se encarga de gestionar proyectos específicos dentro de la empresa, desde la concepción y el diseño hasta la implementación y el lanzamiento final.



CAPÍTULO 3 Problemas para resolver, priorizándolos.

El equipo de desarrollo de la empresa SAINT GOBAIN está actualmente enfrentando obstáculos en el proceso de creación de nuevos productos, particularmente durante las pruebas iniciales en el área de recubrimiento. Uno de los principales desafíos está relacionado con el plan de prueba llamado SIDETANK, un equipo utilizado para evaluar las formulaciones de los recubrimientos. Sin embargo, el SIDETANK presenta varias limitaciones que afectan la eficiencia y la calidad de las pruebas.

Uno de los problemas identificados es la dificultad en la manipulación y montaje del SIDETANK debido a su peso y diseño poco ergonómico. Estas características dificultan su manejo por parte del personal y pueden dar lugar a lesiones o fatiga durante su uso. Además, el SIDETANK solo puede utilizarse en la línea 2 del área de recubrimiento, lo que limita su disponibilidad y puede causar retrasos en el proceso de pruebas cuando esta línea no está disponible. Esto genera ineficiencias y puede entorpecer el desarrollo de nuevos productos.

Otro problema significativo asociado al SIDETANK es la falta de un sistema o mecanismo adecuado para alinear el hilo durante las pruebas. Esta falta de alineación precisa puede ocasionar retrasos en las pruebas, desperdicio de tiempo y trabajo, y comprometer la calidad de los resultados obtenidos. Es esencial abordar esta limitación y diseñar un nuevo aplicador de recubrimiento que incorpore un sistema de alineación eficiente y confiable.

Por lo tanto, se propone el diseño de nuevos aplicadores de recubrimiento de hilo que aborden las limitaciones mencionadas. Estos nuevos aplicadores deben ser más ligeros, ergonómicos y versátiles, lo que permitiría a los empleados llevar a cabo pruebas de manera más eficiente y en diferentes líneas de producción. Además, la implementación de un sistema de alineación preciso y confiable en el nuevo aplicador garantizará resultados certeros y agilizará el proceso de desarrollo de nuevos productos.

Al abordar estos problemas y desarrollar nuevos aplicadores de recubrimiento más eficientes y versátiles, el equipo de desarrollo de SAINT GOBAIN podrá superar los obstáculos actuales y mejorar significativamente el proceso de creación de nuevos productos en el área de recubrimiento. Esto permitirá una mayor agilidad en las pruebas iniciales, una mayor calidad de los resultados y, en última instancia, una mejora en la competitividad y el éxito de la empresa en el mercado.



CAPÍTULO 4 Objetivos.

4.1 General:

El objetivo general del proyecto es diseñar y desarrollar un aplicador de altamente eficiente y versátil de recubrimiento de hilo enfocados en facilitar las pruebas de nuevas formulaciones en el departamento de desarrollo que sea fácil de instalar, alinear y adaptar a 8 diferentes líneas de producción, además de ser ergonómico, cómodo y seguro.

4.2 Específicos:

- Realizar un diseño de aplicadores ergonómico.
- Reducir los tiempos de instalación del aplicador.
- Evitar desperdicios de material.
- Flexibilidad de adaptación para las diferentes líneas de recubrimiento de la planta.
- Obtener resultados más certeros durante las pruebas de calidad del hilo en la aplicación de nuevos tipos de recubrimiento.
- Rapidez en la alineación del aplicador para la ejecución de la prueba sidetank.



CAPÍTULO 5 Justificación.

El diseño de un aplicador de recubrimiento de hilo para la fabricación de malla mosquitera es de vital importancia en el proceso de producción. Uno de los aspectos clave es garantizar que el aplicador sea fácil de instalar y alinear, de modo que el tiempo de inactividad se reduzca al mínimo durante los cambios de producción. Además, es fundamental que el aplicador pueda adaptarse a diferentes líneas de producción, lo que aumentará la versatilidad y la eficiencia en la fábrica.

Otra preocupación de gran relevancia es la ergonomía. El diseño del aplicador debe ser ergonómico para asegurar la comodidad y la seguridad de los trabajadores durante su uso prolongado. Un diseño ergonómico también puede mejorar la productividad al reducir la fatiga y el estrés físico en los trabajadores.

Se ha elaborado un plan de implementación detallado, que incluye las etapas del proyecto, los hitos clave, la asignación de recursos y un cronograma de actividades. Esto garantizará una implementación eficiente y oportuna del nuevo aplicador.

En este contexto, las herramientas de modelado CAD (Diseño Asistido por Computadora) son sumamente efectivas y confiables, ya que permiten combinar todas estas características en un solo diseño. Estas herramientas facilitan la visualización y la comprensión del diseño final. El conjunto de herramientas de diseño y simulación integradas permite a los usuarios crear modelos 3D precisos y detallados, los cuales pueden ser evaluados antes de la fabricación.

La presentación de tres propuestas de diseño diferentes permite evaluar distintas opciones y seleccionar aquella que mejor se adapte a las necesidades del proyecto. En resumen, el proyecto de diseño de un aplicador de recubrimiento de hilo para la fabricación de malla mosquitera tiene como objetivo mejorar la eficiencia y la calidad del producto, reducir los costos de producción, proporcionar ergonomía y facilidad de uso, y permitir la adaptabilidad a diferentes líneas de producción.

Esto podría incluir mejoras en la calidad del producto, reducción de costos de producción, aumento de la eficiencia en el proceso, disminución del tiempo de inactividad durante los cambios de producción, mejora de la seguridad y comodidad de los trabajadores, entre otros aspectos relevantes.

En resumen, el proyecto de diseño de un nuevo aplicador de recubrimiento de hilo para prueba Sidetank tiene como objetivo abordar las limitaciones actuales, mejorar la eficiencia y la calidad del



proceso de producción, reducir los costos y aumentar la versatilidad en la fábrica. Se fundamenta en un análisis de viabilidad y una investigación de mercado, y se respalda por un plan de implementación detallado y un sistema de evaluación y seguimiento. En conjunto, estas acciones permitirán obtener un aplicador más eficiente, ergonómico y confiable, brindando beneficios significativos a la empresa.



CAPÍTULO 6 Delimitación.

6.1 Alcance:

- El proyecto se enfocará en el diseño de los aplicadores de recubrimiento de hilo, no en la fabricación de estos.
- Los aplicadores estarán diseñados para adaptarse a 6 diferentes líneas de producción.
- Se utilizará la herramienta de modelado CAD (SolidWorks) para diseñar los aplicadores.

6.2 Limitaciones:

- El presupuesto será un factor limitante en el proyecto.
- El proyecto se enfocará únicamente en el diseño de los aplicadores, no en su fabricación.
- El tiempo de ejecución del proyecto podría ser limitado, por lo que se deberán establecer plazos claros para cada etapa del proyecto.



CAPÍTULO 7 Marco teórico

7.1 Diseño en la ingeniería

El diseño mecánico es un proceso complejo que requiere una combinación de habilidades y conocimientos. Implica descomponer grandes relaciones en tareas más simples y secuenciar las ideas de manera lógica. Comienza con una comprensión general del diseño y luego se enfoca en el diseño específico en el campo de la ingeniería mecánica.

El diseño es un proceso iterativo que involucra múltiples fases interactivas. Los diseñadores cuentan con diversos recursos para respaldar su trabajo, como fuentes de información y herramientas de diseño asistido por computadora. Además de desarrollar competencia en su campo, los ingenieros de diseño deben cultivar un sentido de responsabilidad y ética profesional.

Algunas veces las decisiones se toman de manera tentativa, por lo cual es conveniente reservarse el derecho de hacer ajustes a medida que se obtengan más datos. Lo importante es que el diseñador en ingeniería debe sentirse personalmente cómodo cuando ejerce la función de toma de decisiones y de resolución de problemas.

El diseño mecánico también implica cumplir con códigos, normas y regulaciones. Se deben considerar aspectos como la economía, la seguridad y la responsabilidad legal del producto. La durabilidad y la resistencia son fundamentales para garantizar la supervivencia de los componentes mecánicos. La incertidumbre es una parte inherente del diseño, y se aborda mediante el uso de factores de diseño y factores de seguridad, ya sea de manera determinista o estadística. Enfoques estadísticos como la confiabilidad del diseño requieren datos sólidos y estadísticamente relevantes.

Además, en el diseño mecánico se deben considerar otros aspectos como las dimensiones, las tolerancias, las unidades y los cálculos. Estos elementos son esenciales para garantizar que los componentes diseñados cumplan con las especificaciones y funcionen correctamente.

El diseño es una actividad de intensa comunicación en la cual se usan tanto palabras como imágenes y se emplean las formas escritas y orales. Los ingenieros deben comunicarse en forma eficaz y trabajar con gente de muchas disciplinas. Éstas son habilidades importantes y el éxito de un ingeniero depende de ellas. Las bases de su capacidad y conocimiento son extensas, entre las bases disciplinarias se encuentran la mecánica de sólidos, de fluidos, la transferencia de masa y momento, los procesos de manufactura y la teoría eléctrica y de la información.

El diseño en la ingeniería mecánica involucra todas las áreas que componen esta disciplina.



Las herramientas de la ingeniería (como las matemáticas, la estadística, la computación, las gráficas y el lenguaje) se combinan para producir un plan, que cuando se lleva a cabo crea un producto funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que se puede fabricar y comercializar, sin importar quién lo construya o lo use. Las herramientas de la ingeniería se combinan para producir un plan, que cuando se lleva a cabo crea un producto funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que se puede fabricar y comercializar, sin importar quién lo construya o lo use.

7.1.1 Fases de diseño que reconocen varias iteraciones

Por lo general, el proceso de diseño comienza con la identificación de una necesidad. Con frecuencia, el reconocimiento y la expresión de ésta constituyen un acto muy creativo, porque la necesidad quizá sólo sea una vaga inconformidad, un sentimiento de inquietud o la detección de que algo no está bien.

Hay una diferencia notable entre el enunciado de la necesidad y la identificación del problema. La definición del problema es más específica y debe incluir todas las especificaciones del objeto que va a diseñarse. Las especificaciones son las cantidades de entrada y salida, las características y dimensiones del espacio que el objeto debe ocupar y todas las limitaciones sobre estas cantidades. Las especificaciones definen el costo, la cantidad que se va a manufacturar, la vida esperada, el intervalo, la temperatura de operación y la confiabilidad.

Hay muchas especificaciones implicadas que resultan del entorno particular del diseñador o de la naturaleza del problema en sí. Los procesos de manufactura disponibles, junto con las instalaciones de una cierta planta, constituyen restricciones a la libertad del diseñador y de aquí que sean parte de las especificaciones implicadas.

Algunas veces, a la síntesis de un esquema que conecta elementos posibles del sistema se le llama invención del concepto o diseño del concepto. Éste es el primer y más importante paso en la tarea de la síntesis. Varios esquemas deben proponerse, investigarse y cuantificarse en términos de medidas establecidas.

A medida que el desarrollo del esquema progresa, se deben realizar análisis para evaluar si el desempeño del sistema es cuando menos satisfactorio, y si lo es, qué tan bien se desempeñará. En la figura 3 se muestra que la síntesis, el análisis y la optimización están relacionados en forma íntima e iterativa. Puede observarse, y debe destacarse, que el diseño es un proceso iterativo en el cual se procede a través de varios pasos, se evalúan los resultados y luego se regresa a una fase inicial del

procedimiento. De esta manera es posible sintetizar varios componentes de un sistema, analizar y optimizarlos y regresar a la síntesis para ver qué efectos tiene sobre las partes restantes del sistema.

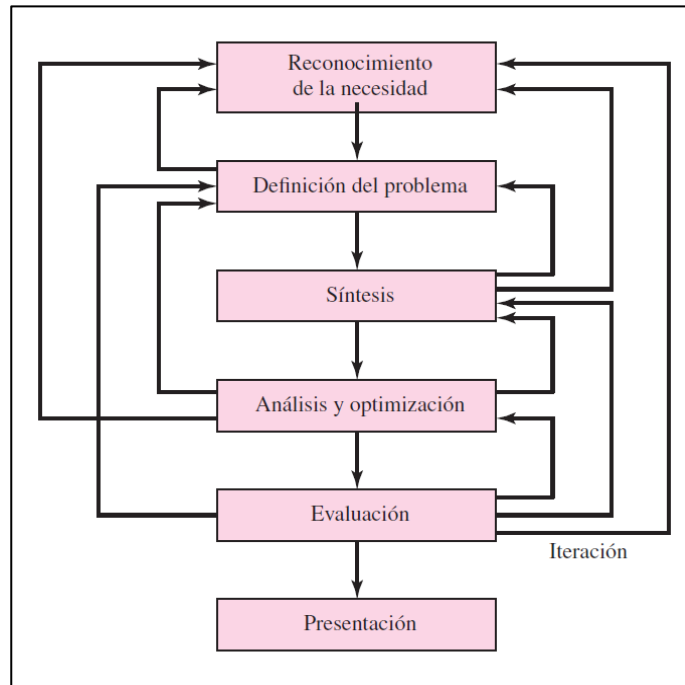


Ilustración 3 Fases del proceso de diseño [Fuente: Shigley]

Tanto el análisis como la optimización requieren que se construyan o inventen modelos abstractos del sistema que admitirá alguna forma de análisis matemático. A estos modelos se les llama modelos matemáticos. Cuando se les crea se espera que sea posible encontrar uno que simule muy bien al sistema físico real. Como se indica en la figura 3, la evaluación es una fase significativa del proceso de diseño total.

La evaluación representa la prueba final de un diseño exitoso y por lo general implica la prueba del prototipo en el laboratorio. Aquí se desea descubrir si el diseño en verdad satisface la necesidad o las necesidades.

La comunicación de los resultados a otros es el paso final y vital de presentación del proceso de diseño. Sin duda, muchos grandes diseños, invenciones y trabajos creativos se han perdido para la posteridad sólo porque sus creadores no fueron capaces o no estuvieron dispuestos a explicar sus logros a otros. La presentación es un trabajo de venta. El ingeniero, cuando presenta una nueva solución al personal administrativo, gerencial o de supervisión, está tratando de vender o de probarles que la solución que él propone es la mejor.



7.1.2 Fases generales de diseño

Durante un proyecto podemos discriminar tres fases ingenierías; las dos primeras más creativas (se analiza el problema y se definen las soluciones más adecuadas) y la tercera fase en la que esas soluciones deben concretarse en respuestas únicas que tienen que describirse en su totalidad y con el detalle necesario para su posterior transformación en una realidad.

A continuación, se describirá qué es la ingeniería conceptual y la ingeniería básica antes de centrar toda nuestra atención en el concepto de la ingeniería de detalle.

7.1.2.1 La Ingeniería Conceptual

La ingeniería conceptual es una etapa inicial en el proceso de diseño de un proyecto o producto, donde se establecen las bases y se definen los conceptos principales. Se centra en la identificación y comprensión de los requisitos y objetivos del proyecto, así como en la generación de ideas y soluciones preliminares.

En esta fase, los ingenieros trabajan en la concepción de la idea, definiendo los alcances y limitaciones del proyecto. Se realizan análisis de viabilidad técnica y económica, se evalúan alternativas y se establecen los criterios de diseño. Es importante tener en cuenta que la ingeniería conceptual no se enfoca en los detalles técnicos específicos, sino en la creación de un marco general para el desarrollo del proyecto.

Durante la etapa de ingeniería conceptual, se pueden utilizar diferentes herramientas y técnicas, como estudios de mercado, análisis de riesgos, modelado conceptual y simulaciones preliminares. El objetivo principal es desarrollar una comprensión clara de lo que se quiere lograr y cómo se puede lograr de la manera más eficiente y efectiva posible.

Una vez que se completa la ingeniería conceptual, se pasa a etapas más detalladas de diseño y desarrollo, donde se trabajará en los aspectos técnicos específicos y se definirán los detalles constructivos, materiales, procesos de fabricación, entre otros. La ingeniería conceptual establece los cimientos sobre los cuales se construirá el resto del proceso de diseño y desarrollo del proyecto.

La ingeniería conceptual se aplica inicialmente para identificar la viabilidad tanto técnica como económica del proyecto y es la que marcará la pauta para el desarrollo de la ingeniería básica y la ingeniería de detalle. Se basa en un estudio previo (o estudio de viabilidad) y en la determinación de los requerimientos del proyecto. A continuación, los principales puntos a analizar y estudiar en esta primera fase de ingeniería son:

- Los productos y la capacidad de producción.



- La normativa y regulación requerida.
- La descripción del proceso de fabricación y los requerimientos del usuario.
- La descripción general de la instalación.
- La estimación de requerimientos de servicios auxiliares.
- El listado de equipos preliminar.
- La valoración económica de la inversión $\pm 30\%$.

7.1.2.2 La Ingeniería Básica

En la segunda fase correspondiente a la ingeniería básica se reflejarán definitivamente todos los requerimientos de usuario, las especificaciones básicas, el cronograma de realización y la valoración económica. Es una etapa intermedia en el proceso de diseño y desarrollo de proyectos, que se lleva a cabo después de la ingeniería conceptual. En esta etapa, se realiza un análisis más detallado y se definen los aspectos técnicos y funcionales del proyecto.

La ingeniería básica se enfoca en convertir los conceptos y requisitos establecidos durante la etapa de ingeniería conceptual en una solución técnica viable y específica. Durante esta fase, se desarrollan los diseños preliminares y se definen los parámetros y especificaciones clave del proyecto. Se elaboran planos, diagramas y esquemas que muestran la disposición de los componentes, las interconexiones y las características básicas de los sistemas involucrados.

Además, en la ingeniería básica se realizan cálculos y análisis más detallados para determinar la viabilidad técnica y económica de la solución propuesta. Se consideran aspectos como la resistencia de materiales, la mecánica de fluidos, la transferencia de calor, la distribución de cargas, entre otros. Más en concreto, durante esta fase se definen los siguientes trabajos:

- La revisión detallada de la ingeniería conceptual y los requerimientos del usuario.
- Las hojas de datos de los equipos y las instalaciones.
- La distribución de puntos de uso de servicios.
- Listas de consumos y de equipos.

La ingeniería básica es fundamental para definir los aspectos técnicos y funcionales del proyecto de manera más precisa, lo que sienta las bases para la etapa final de diseño, conocida como ingeniería de detalle. Esta etapa se enfoca en desarrollar los diseños finales, planos constructivos, listas de



materiales y especificaciones detalladas necesarias para la fabricación, construcción o implementación del proyecto.

Cuando la ingeniería básica está validada, es entonces el punto en el que ya está en disposición de contar con una base sólida para el siguiente y más importante paso: la ingeniería de detalle.

7.1.2.3 Ingeniería de detalle

La ingeniería de detalle es la etapa final del proceso de diseño y desarrollo de proyectos, que sigue a la ingeniería básica. En esta fase, se elaboran los diseños detallados y se generan los documentos y especificaciones necesarios para llevar a cabo la construcción, fabricación o implementación del proyecto.

Durante la ingeniería de detalle, se traducen los diseños preliminares y conceptuales en planos técnicos y constructivos específicos. Se definen en detalle los componentes, las dimensiones, los materiales y los procesos de fabricación o construcción. Se generan listas de materiales, se establecen tolerancias y se especifican los estándares y normas que deben cumplirse.

Además, se realizan cálculos y análisis exhaustivos para garantizar la integridad estructural y funcional del proyecto. Se tienen en cuenta aspectos como la resistencia de los materiales, la estabilidad, la seguridad y el rendimiento del sistema.

La ingeniería de detalle también abarca la selección y especificación de equipos, maquinarias y sistemas auxiliares, así como la definición de los procedimientos de instalación y montaje. Se generan documentos técnicos, como manuales de usuario, instrucciones de operación y mantenimiento, y otros documentos de referencia necesarios para la implementación y uso del proyecto.

Esta etapa implica una estrecha colaboración entre ingenieros, arquitectos, diseñadores y otros profesionales involucrados, así como con los proveedores y contratistas. El objetivo es asegurar que todos los aspectos técnicos y constructivos estén debidamente definidos y documentados, para lograr una ejecución exitosa y cumplir con los requerimientos y estándares establecidos.

En resumen, la ingeniería de detalle se enfoca en la transformación de los diseños conceptuales y básicos en especificaciones técnicas y constructivas detalladas, para guiar la implementación y construcción del proyecto de manera precisa y eficiente.

En esta etapa se revisan los estudios previos y la ingeniería básica precedente para ajustarlos al momento y circunstancias en que se encarga la realización del proyecto.

Esta comprobación es necesaria por las siguientes razones de peso:



- Es posible que el tiempo transcurrido desde la realización del diseño básico haya modificado las condiciones del entorno y, por tanto, las bases fijadas en el anteproyecto puede que no se correspondan con las nuevas circunstancias.
- Cuando los estudios previos y la ingeniería básica han sido realizados por distintos técnicos, se vuelve necesario realizar una síntesis de las hipótesis y datos válidos antes de iniciar el diseño detallado.
- Por motivos de naturaleza técnica, económica y legal que justifiquen la modificación de la ingeniería básica.

Esta fase siempre existe independientemente de las características del proyecto y del objeto que se persigue. Por ejemplo, cuando los objetivos del proyecto están definidos perfectamente desde un principio o cuando su complejidad es muy pequeña (ejemplo: nave para almacenamiento), se puede suprimir la realización de estudios preliminares o diseño básico, pero no la Ingeniería de Detalle.

Los objetivos esta fase son los siguientes:

- Comprobar y confirmar y, si procede, modificar, las hipótesis y soluciones del diseño básico.
- Suministrar toda la información técnica, económica y legal al promotor.
- Suministrar los datos técnicos, detalles constructivos y condiciones en que debe fabricarse (o construirse) el objeto del proyecto.
- Servir de documento de gestión en aquellos casos en los que el anteproyecto o diseño básico es insuficiente o no existe. Por ejemplo: los documentos que deben presentarse para dar de alta a la empresa en Industria o para solicitar la licencia de actividad.

7.2 Modelado CAD

En el campo de la ingeniería y el diseño, las herramientas CAD (Diseño Asistido por Computadora) y el modelado CAD han desempeñado un papel fundamental en la transformación de la forma en que se conciben, desarrollan y fabrican productos. Estas herramientas y tecnologías han revolucionado la industria al permitir a los diseñadores y profesionales técnicos crear modelos virtuales precisos y detallados, facilitando la visualización, la simulación y la evaluación antes de la fabricación física. En



este ensayo, exploraremos el impacto de las herramientas CAD y el modelado en el ámbito de la ingeniería, centrándonos en sus beneficios y su potencial para optimizar los procesos de diseño y fabricación, impulsando la innovación y el desarrollo de productos.

El modelado CAD ha revolucionado la forma en que se conceptualizan, diseñan y desarrollan productos en una amplia gama de industrias. Esta tecnología permite a los diseñadores y profesionales técnicos crear modelos virtuales precisos y detallados de objetos y sistemas, lo que facilita la visualización, la simulación y la evaluación antes de la fabricación física. En este ensayo, exploraremos el impacto del modelado CAD en el campo de la innovación y el desarrollo de productos, destacando sus beneficios y su potencial para impulsar el avance tecnológico.

Las herramientas CAD han desempeñado un papel fundamental en la transformación de la forma en que se conciben, desarrollan y fabrican productos. Estas herramientas han revolucionado la industria al permitir a los diseñadores y profesionales técnicos crear modelos virtuales precisos y detallados de objetos y sistemas antes de su producción física. En este ensayo, exploraremos el impacto de las herramientas CAD en el ámbito de la ingeniería, centrándonos en sus beneficios y su potencial para optimizar los procesos de diseño y fabricación.

Una de las ventajas más destacadas de las herramientas CAD es su capacidad para crear modelos virtuales precisos y detallados. Estas herramientas permiten a los diseñadores representar objetos y sistemas en tres dimensiones, lo que facilita la visualización y comprensión de los diseños. Además, las herramientas CAD ofrecen una amplia gama de funcionalidades que agilizan el proceso de diseño, como la posibilidad de realizar modificaciones rápidas y realizar simulaciones de rendimiento.

Las herramientas CAD también brindan la posibilidad de realizar simulaciones y pruebas virtuales en el entorno digital antes de la fabricación física. Esto permite a los diseñadores y ingenieros identificar y solucionar problemas potenciales, optimizar el rendimiento y reducir los errores y los costos asociados con los prototipos físicos. La capacidad de simular y probar diferentes escenarios mejora la eficiencia del proceso de diseño y ayuda a garantizar la calidad del producto final.

Los modelos virtuales creados en herramientas CAD pueden ser compartidos fácilmente, lo que permite a todas las partes involucradas tener una comprensión clara y precisa del diseño. Además, las herramientas CAD permiten realizar anotaciones, comentarios y revisiones en tiempo real, lo que agiliza el proceso de retroalimentación y mejora la eficiencia en la toma de decisiones.

El CAD se utiliza a lo largo de todo el proceso de ingeniería, desde el diseño de productos conceptual y la estructura pasando por el análisis de ensambles hasta la definición del método de fabricación. El CAD permite a los ingenieros probar de forma interactiva las variantes de diseño con el número mínimo de prototipos físicos, con el objetivo de:

- Reducir los costes de desarrollo de productos



- Ganar velocidad
- Mejorar la productividad
- Asegurar la calidad
- Reducir el tiempo de lanzamiento al mercado

7.2.1 Ventajas y desventajas de usar modelado asistido por computadora

7.2.1.1 Ventajas:

- Se pueden hacer cambios a las ideas de manera rápida y fácil por la transferencia electrónica de archivos
- La comunicación con el cliente es más fácil.
- La fabricación del producto puede ser más fácil.
- Puede evitar errores costosos.
- Reduce los costos ya que no se necesitan prototipos adicionales.
- Ahorra tiempo a través de prácticas de trabajo eficientes.
- Posee alta precisión y fidelidad.

7.2.1.2 Desventajas:

- Costos de software y hardware.
- Se necesita entrenamiento especial.
- Curva de aprendizaje grande.
- Requiere más información precisa.

7.2.2 Clasificación de las herramientas de modelado CAD

Las herramientas de modelado CAD se clasifican para proporcionar una visión general y una estructura organizativa a la amplia gama de opciones disponibles en el mercado. Esta clasificación ayuda a los usuarios y profesionales a comprender y seleccionar la herramienta más adecuada para sus necesidades específicas.

Aquí hay una clasificación común de las herramientas de modelado CAD:

- CAD 2D: Estas herramientas se centran en el dibujo y diseño en dos dimensiones. Son adecuadas para crear planos técnicos y representaciones bidimensionales de objetos o sistemas. Ejemplos de software de CAD 2D incluyen AutoCAD LT y DraftSight.

- CAD 3D paramétrico: Estas herramientas permiten crear modelos 3D mediante la manipulación de parámetros y características. Los modelos se crean utilizando operaciones como extrusión, revolución, barrido y cortes. Estas herramientas son ampliamente utilizadas en el diseño mecánico y de productos. Ejemplos de software de CAD 3D paramétrico incluyen SolidWorks, Autodesk Inventor y PTC Creo.
- CAD 3D directo: Estas herramientas permiten un modelado 3D más flexible y libre, donde se puede editar directamente la geometría sin depender de parámetros predefinidos. Son útiles para diseños más orgánicos y creativos. Ejemplos de software de CAD 3D directo incluyen Siemens NX y SpaceClaim.
- CAD basado en nubes (Cloud-based CAD): Estas herramientas se ejecutan en plataformas en la nube y permiten el acceso y colaboración en línea desde diferentes dispositivos. Proporcionan flexibilidad en términos de acceso y almacenamiento de datos. Ejemplos de software de CAD basado en nubes incluyen Fusion 360 de Autodesk y Onshape.
- CAD especializado: Estas herramientas están diseñadas para aplicaciones y sectores específicos, como la arquitectura, la industria automotriz, la electrónica, la industria del mueble, entre otros. Estas herramientas proporcionan características y bibliotecas específicas adaptadas a las necesidades de cada industria. Ejemplos de software de CAD especializado incluyen Revit para la arquitectura y AutoCAD Electrical para el diseño eléctrico.

7.2.3 Principales herramientas de modelado CAD

Hay varias herramientas de modelado CAD ampliamente utilizadas en la industria. A continuación, se mencionan algunas de las principales herramientas de modelado CAD:

AutoCAD: Desarrollado por Autodesk, AutoCAD es una de las herramientas de CAD más populares y ampliamente utilizadas. Ofrece una amplia gama de funcionalidades tanto para el diseño 2D como 3D y se utiliza en diversos campos, como arquitectura, ingeniería civil, diseño de productos, entre otros.

SolidWorks: Es una herramienta de CAD 3D paramétrico ampliamente utilizada en la industria del diseño mecánico. SolidWorks ofrece un conjunto completo de herramientas para el modelado, simulación, análisis y generación de documentación técnica.

CATIA: Desarrollado por Dassault Systèmes, CATIA es una herramienta de CAD utilizada principalmente en la industria aeroespacial y automotriz. Ofrece capacidades avanzadas de diseño 3D, simulación y análisis.



Siemens NX: Es una herramienta de CAD y CAM que ofrece funcionalidades completas para el diseño y la fabricación. Se utiliza en diversas industrias, incluyendo la automotriz, la aeroespacial y la de bienes de consumo.

Autodesk Inventor: Esta herramienta de CAD 3D paramétrico se centra en el diseño mecánico y la fabricación. Ofrece capacidades avanzadas para el diseño, simulación y generación de documentación técnica.

PTC Creo: Anteriormente conocido como Pro/ENGINEER, PTC Creo es una herramienta de CAD 3D paramétrico utilizada en el diseño y desarrollo de productos. Ofrece una amplia gama de capacidades para el diseño, simulación y fabricación.

7.3 Ergonomía industrial

La ergonomía es una disciplina que se enfoca en el diseño y la adaptación de los entornos de trabajo para que sean seguros, eficientes y cómodos para los trabajadores. La ergonomía industrial es un campo especializado dentro de la ergonomía que se centra específicamente en el diseño de los espacios de trabajo y en la optimización de la interacción entre los trabajadores, las máquinas y el entorno.

El objetivo principal de la ergonomía industrial es crear lugares de trabajo que se ajusten de manera adecuada a las características físicas, anatómicas y psicológicas de los trabajadores. Esto implica tener en cuenta factores como la postura corporal, el movimiento, la iluminación, el ruido, la temperatura y la fatiga.

Al aplicar principios de la ergonomía industrial, se busca mejorar tanto la seguridad como la eficiencia en el entorno laboral. Se trata de diseñar puestos de trabajo, equipos y procesos que se adapten a las capacidades y limitaciones de los trabajadores, permitiéndoles realizar sus tareas de manera efectiva y sin riesgos para su salud.

La ergonomía industrial se basa en diferentes disciplinas científicas, como la antropometría (el estudio de las dimensiones humanas), la biomecánica (el estudio de los movimientos del cuerpo humano), la psicofisiología (el estudio de las respuestas físicas y mentales del individuo) y el diseño de ingeniería. Al combinar estos conocimientos, se pueden diseñar espacios de trabajo que se adapten a las necesidades de los trabajadores y maximicen su bienestar y productividad.

Uno de los principales beneficios de la ergonomía industrial es la reducción de los riesgos asociados a los trastornos musculoesqueléticos (TME). Estos trastornos pueden ser causados por movimientos repetitivos, esfuerzos físicos excesivos o posturas inadecuadas en el trabajo. La ergonomía industrial busca minimizar estos riesgos mediante el diseño de herramientas, equipos y puestos de trabajo ergonómicos que reduzcan la tensión y el estrés en el cuerpo.



La ergonomía industrial también ayuda a reducir o eliminar los riesgos asociados al esfuerzo físico, los movimientos repetitivos y el sobreesfuerzo que pueden provocar trastornos musculoesqueléticos (TME).

7.3.1 tipos de ergonomía

Ergonomía física

La ergonomía física se ocupa de las características anatómicas, antropométricas, fisiológicas y biomecánicas del usuario, en tanto que se relacionan con la actividad física. Su objetivo principal es prevenir lesiones y promover la salud y el bienestar de los trabajadores al adaptar las condiciones de trabajo a las capacidades y limitaciones del cuerpo humano.

La ergonomía física considera diversos factores relacionados con el cuerpo humano y su movimiento. Algunos de los aspectos clave abordados son:

- **Postura:** Se busca promover posturas adecuadas y saludables durante la realización de tareas laborales. Esto implica el diseño de mobiliario y equipos ergonómicos que permitan mantener una postura neutral y reducir la tensión y el estrés en el cuerpo.
- **Levantamiento y manipulación de cargas:** La ergonomía física se preocupa por minimizar los riesgos asociados con el levantamiento y la manipulación de objetos pesados. Se busca implementar técnicas y métodos adecuados para levantar, transportar y colocar cargas, así como proporcionar equipos de asistencia, como grúas o carretillas, cuando sea necesario.
- **Movimiento repetitivo:** La ergonomía física aborda los riesgos asociados con movimientos repetitivos y continuos en el trabajo, como la operación de maquinaria o la realización de tareas que requieren movimientos constantes y precisos. Se busca minimizar la tensión y el estrés en los músculos y las articulaciones, y se pueden implementar pausas, rotación de tareas y automatización para reducir la carga física repetitiva.
- **Diseño de herramientas y controles:** La ergonomía física se ocupa del diseño de herramientas, equipos y controles que sean fáciles de usar y se adapten a las características físicas de los trabajadores. Se busca que las herramientas sean ergonómicas, con agarres cómodos y funcionales, y que los controles sean intuitivos y estén ubicados de manera accesible.
- **Espacio de trabajo:** La ergonomía física considera el diseño y la organización del espacio de trabajo para permitir una movilidad segura y eficiente. Se debe tener en cuenta la distribución de los elementos, la altura de los escritorios, la accesibilidad de los equipos y la optimización del flujo de trabajo para minimizar el esfuerzo físico y evitar lesiones por choques o tropiezos.



Ergonomía visual

La ergonomía visual es un concepto que se relaciona con la búsqueda del mejor rendimiento visual de los trabajadores en la oficina. La ergonomía visual, como dominio dentro de la rama de ergonomía, se centra en recomendaciones básicas que deben cumplir aquellas personas que, en el desempeño de su actividad, emplean largas horas trabajando con pantallas y monitores. Estas recomendaciones incluyen aspectos como la separación entre el usuario y la pantalla, la necesidad de separar la vista del monitor repetidamente y centrarla en un punto lejano, o los beneficios de un parpadeo repetido que hidrate las capas corneales del ojo.

Otro aspecto importante de la ergonomía visual es el contraste. Un buen contraste entre los elementos visuales, como el texto y el fondo, permite una mejor legibilidad y comprensión de la información. Además, el tamaño y la ubicación de los objetos visuales, como los controles y las señales, deben ser adecuados para facilitar su identificación y uso.

La ergonomía visual también se aplica al diseño de pantallas de visualización, interfaces gráficas y visualizaciones de datos. Se busca crear diseños claros, intuitivos y de fácil lectura, evitando elementos que generen distracciones o dificulten la interpretación de la información. Esto implica considerar aspectos como la iluminación, el contraste, el tamaño y la ubicación de los objetos visuales, con el objetivo de minimizar la fatiga visual, reducir errores y facilitar la realización de tareas visuales de manera eficiente. Al aplicar principios de ergonomía visual, se busca optimizar la experiencia visual en el entorno de trabajo y mejorar la salud y el rendimiento de los trabajadores.

Ergonomía organizacional

La ergonomía organizacional o macro ergonomía, se preocupa por la optimización de sistemas sociotécnicos, incluyendo sus estructuras organizacionales, las políticas y los procesos.

Algunos de los elementos clave de la ergonomía organizacional son:

- **Diseño de tareas y asignación de responsabilidades:** Se busca diseñar tareas y asignar responsabilidades de manera que sean claras, significativas y proporcionen desafíos adecuados para los trabajadores. Esto implica considerar las habilidades y capacidades de los empleados, así como la distribución equitativa de la carga de trabajo.
- **Horarios y turnos de trabajo:** La ergonomía organizacional tiene en cuenta la planificación y la gestión de los horarios y turnos de trabajo para evitar la fatiga, el estrés y los riesgos para la salud de los trabajadores. Se busca programar descansos adecuados, minimizar las horas de trabajo prolongadas y garantizar una rotación equilibrada de los turnos.



- **Comunicación y colaboración:** La ergonomía organizacional se ocupa de establecer canales efectivos de comunicación y promover la colaboración entre los miembros de un equipo o departamento. Esto puede incluir el uso de tecnologías de la información y la comunicación, la implementación de reuniones regulares y la promoción de un ambiente de trabajo abierto y participativo.
- **Entorno social y apoyo emocional:** La ergonomía organizacional considera el entorno social y el apoyo emocional en el lugar de trabajo. Se busca promover relaciones saludables y positivas entre los empleados, así como proporcionar apoyo para enfrentar el estrés laboral y los desafíos psicológicos.
- **Capacitación y desarrollo:** La ergonomía organizacional se preocupa por garantizar que los trabajadores reciban la capacitación necesaria para desempeñar sus tareas de manera segura y eficiente. Además, se busca fomentar el desarrollo profesional y brindar oportunidades de crecimiento y promoción dentro de la organización.

7.3.2 ventajas de la ergonomía industrial

Reducción de lesiones y enfermedades

La ergonomía industrial se centra en la reducción de la fatiga, la incomodidad y el estrés mediante la mejora de las condiciones de trabajo. Esto puede incluir la disposición de asientos más cómodos y mejor iluminación, así como asegurarse de que las herramientas y la maquinaria sean fáciles de usar y manejar.

Se busca minimizar los riesgos y garantizar un entorno de trabajo seguro y saludable para los empleados. A continuación, se presentan algunas estrategias y medidas comunes utilizadas para lograr la reducción de lesiones y enfermedades en el lugar de trabajo:

- Evaluación de riesgos.
- Capacitación y concientización.
- Equipos de protección personal (EPP).
- Diseño ergonómico.
- Programas de salud y bienestar.
- Monitoreo y mejora continua.

Reducción de ausentismos

Uno de los principales beneficios de la ergonomía industrial es la reducción del absentismo por lesión o enfermedad. Al proporcionar a los empleados espacios de trabajo bien diseñados, se puede reducir considerablemente el riesgo de lesiones, lo que se traduce en menos faltas. La ergonomía industrial



también aumenta el confort y la satisfacción laboral de los empleados, lo que se traduce no solo en menos ausentismo, sino en una mejora de la moral.

Aumento de producción

La ergonomía industrial es una herramienta esencial para las empresas que buscan maximizar su productividad y eficiencia. Esto porque esta disciplina se centra en el diseño de entornos y actividades de trabajo para mejorar la seguridad y la salud de los empleados, al tiempo que se optimiza su rendimiento.

La ergonomía industrial también puede ayudar a las empresas a reducir costes y el confort en el lugar de trabajo, además de aumentar la productividad en general.

7.3.3 NOM-036-1-STPS-2018

En México, la NORMA Oficial Mexicana ‘NOM-036-1-STPS-2018, Factores de riesgo ergonómico en el Trabajo-Identificación, análisis, prevención y control’, es la norma gubernamental que establece “los elementos para identificar, analizar, prevenir y controlar los factores de riesgo ergonómico en los centros de trabajo derivados del manejo manual de cargas, a efecto de prevenir alteraciones a la salud de los trabajadores”, según establece la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS).

Esta norma establece y analiza los campos de aplicación de la ergonomía industrial, las obligaciones del patrón y los trabajadores sobre este tema, y las medidas de prevención o control de los factores de riesgo ergonómico por el manejo manual de cargas.

Esta norma también ahonda en la capacitación y adiestramiento necesarios para que las empresas procuren una mejor ergonomía postural para sus trabajadores.

"Al personal ocupacionalmente expuesto a los factores de riesgo ergonómico referido al sobreesfuerzo físico por el manejo manual de cargas, se le deberá proporcionar capacitación, con énfasis en la prevención de riesgos, y con base en las tareas asignadas.

La capacitación y adiestramiento proporcionados a los trabajadores deberá consistir en una instrucción teórica, entrenamiento práctico y evaluación de los conocimientos y habilidades adquiridos (...)", señala la STPS.

7.3.4 Aspectos universales para la ergonomía industrial

Tomar descansos



Tomar descansos regulares de las tareas repetitivas es una estrategia importante para mitigar el riesgo de lesiones. La posición y la postura correctas también son fundamentales para proteger el cuerpo de posibles daños. En general, el descanso ayuda a minimizar el riesgo de lesiones musculoesqueléticas relacionadas con el trabajo.

Uso de herramientas ergonómicas

Las herramientas ergonómicas desempeñan un papel fundamental en la seguridad y el confort de los puestos de trabajo industriales. Esto porque las herramientas ergonómicas están diseñadas para reducir el esfuerzo físico del cuerpo y aumentar la productividad al permitir que los trabajadores se muevan con mayor libertad y comodidad durante sus tareas.

Sistemas de almacenamiento adecuados

Los sistemas de almacenamiento pensados o diseñados desde una perspectiva ergonómica son parte integral de la ergonomía industrial, ya que facilitan el acceso a los objetos de uso frecuente, lo que permite a los trabajadores completar las tareas con mayor rapidez y eficacia.

Iluminación ergonómica

Un aspecto clave de la ergonomía industrial es la iluminación. Una buena iluminación puede contribuir a que el trabajo sea más cómodo, productivo y seguro. La ergonomía industrial en lo que respecta a la iluminación implica no solo la elección de los accesorios de iluminación, sino también el empleo de los mismos sistemas de control.

7.4 Norma ISO 128:2021

La norma ISO 128:2021 es la última versión actualizada de la norma internacional que establece los principios generales para la presentación de dibujos técnicos utilizados en la ingeniería y la arquitectura en dos y tres dimensiones (2D y 3D), y sustituye a la ISO 128:1982.

Esta nueva versión de la norma ISO 128 tiene como objetivo principal adaptarse a las nuevas tecnologías y herramientas de diseño que han surgido en los últimos años, incluyendo la modelación de información de construcción (BIM) y el diseño asistido por computadora (CAD). La norma establece los requisitos para la presentación de dibujos técnicos en 2D y 3D, y establece una serie de reglas y convenciones para la presentación de dibujos que deben seguirse para garantizar la uniformidad en la presentación y el intercambio de información entre diferentes partes involucradas en el diseño y la fabricación de productos.

La norma ISO 128:2021 también incluye información sobre los sistemas de coordenadas utilizados en los dibujos técnicos, la presentación de vistas en dibujos en 3D, la presentación de secciones y



cortes, y la presentación de tolerancias y ajustes. La norma también establece requisitos para la presentación de anotaciones y textos en los dibujos técnicos.

Además, la norma ISO 128:2021 está diseñada para ser compatible con otras normas internacionales de dibujo técnico, como la norma ISO 5455, que establece las convenciones para la presentación de dibujos mecánicos. Algunos aspectos importantes que aborda la norma incluyen:

- **Formato y diseño del dibujo:** La norma establece los requisitos para el formato del dibujo, incluyendo el tamaño del papel, los márgenes, las áreas reservadas para el título y la identificación del dibujo, entre otros elementos. También proporciona directrices sobre la disposición de las vistas, las dimensiones y las anotaciones en el dibujo.
- **Líneas y trazos:** La norma establece las convenciones para el uso de líneas y trazos en los dibujos técnicos. Esto incluye el grosor de línea, los tipos de línea (como líneas continuas, discontinuas, punteadas), el uso de líneas de corte y líneas de sección, entre otros.
- **Símbolos y convenciones:** La norma proporciona una amplia gama de símbolos y convenciones comunes utilizados en los dibujos técnicos. Esto incluye símbolos para elementos geométricos, símbolos de tolerancia, símbolos eléctricos, símbolos de soldadura, entre otros. Estas convenciones aseguran la comprensión y la interpretación precisa de la información representada en el dibujo.
- **Acotación y dimensionamiento:** La norma establece las pautas para la acotación y dimensionamiento de los dibujos técnicos. Esto incluye el uso de líneas de cota, flechas, texto y símbolos para indicar las dimensiones lineales, angulares y geométricas de los elementos dibujados.
- **Representación de vistas y secciones:** La norma proporciona instrucciones sobre cómo representar las diferentes vistas de un objeto en un dibujo técnico, incluyendo vistas ortográficas (como la vista frontal, lateral y superior), vistas en perspectiva y secciones transversales.

Es importante destacar que la Norma ISO 128:2021 establece los principios generales de presentación, pero puede haber normas adicionales específicas de cada disciplina que complementen estas pautas generales. El cumplimiento de esta norma contribuye a la estandarización y la interoperabilidad en la comunicación a través de dibujos técnicos, facilitando la comprensión y el intercambio de información entre diferentes profesionales y organizaciones.

7.4.1 Denominación de las vistas:

De acuerdo con la proyección ortogonal, las vistas son los elementos básicos para la representación de un objeto según una dirección y un sentido.

Del número infinito de direcciones según las cuales puede observarse un objeto se han seleccionado tres direcciones perpendiculares entre sí y sobre cada una de ellas se han considerado los dos sentidos posibles tal y como se muestra en la figura 4:

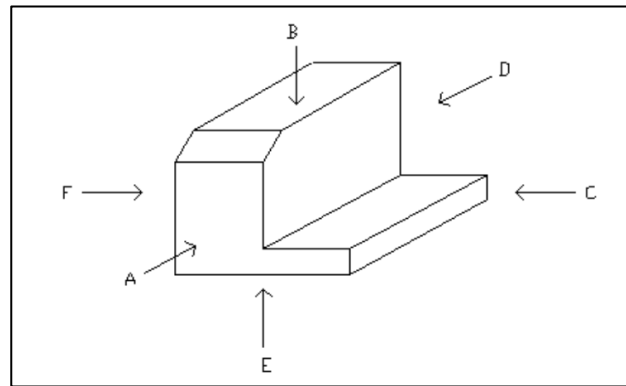


Ilustración 4 Vistas principales [Fuente: <https://www.ms-ingenieria.com.mx/capacitacion-y-normativas/normas-basicas-del-dibujo-tecnico>].

Las 6 vistas principales se designan de la forma siguiente:

- Según A vista frontal
- Según B vista superior
- Según C vista lateral derecha
- Según D vista posterior
- Según E vista inferior
- Según F vista lateral izquierda

7.5 Clasificación de aceros

La norma *Society of Automotive Engineers (SAE)* una de las más importantes que constituye estándares esenciales e internacionales para la fabricación, manejo y distribución del acero es la clasificación SAE. Se trata de un sistema de identificación de 4 o 5 dígitos. Esta se basa en la composición química del acero. Este código ayuda a interpretar e identificar los elementos presentes en la aleación. En otras palabras,



estandariza el acero en todo el mundo. No solamente ha sido un estándar en materia internacional para regular y supervisar el acero a nivel internacional. Si no que se transformó en todo un éxito. La norma AISI establece la misma clasificación (American Iron and Steel Institute, por sus siglas en inglés). Estas normas clasifican los aceros en: al carbono, de media aleación, aleados, inoxidable, de alta resistencia, de herramientas entre otros (Ulbrinox, 2022).

7.5.1 Aceros al carbono

1- Aceros de muy bajo % de carbono (desde SAE 1005 a 1015)

Se seleccionan en piezas cuyo requisito primario es el conformado en frío. Los aceros no calmados se utilizan para embutidos profundos por sus buenas cualidades de deformación y terminación superficial. Los calmados son más utilizados cuando se necesita forjarlos o llevan tratamientos térmicos. Son adecuados para soldadura y para brazing. Su maquinabilidad se mejora mediante el estirado en frío. Son susceptibles al crecimiento del grano, y a fragilidad y rugosidad superficial si después del formado en frío se los calienta por encima de 600°C.

2- Aceros de bajo % de carbono (desde SAE 1016 a 1030)

Este grupo tiene mayor resistencia y dureza, disminuyendo su deformabilidad. Son los comúnmente llamados aceros de cementación. Los calmados se utilizan para forjas. Su respuesta al temple depende del % de C y Mn; los de mayor contenido tienen mayor respuesta de núcleo. Los de más alto % de Mn, se endurecen más convenientemente en el núcleo y en la capa. Son aptos para soldadura y brazing. La maquinabilidad de estos aceros mejora con el forjado o normalizado, y disminuye con el recocido.

3.-Aceros de medio % de carbono (desde SAE 1035 a 1053)

Estos aceros son seleccionados en usos donde se necesitan propiedades mecánicas más elevadas y frecuentemente llevan tratamiento térmico de endurecimiento. Se utilizan en amplia variedad de piezas sometidas a cargas dinámicas. El contenido de C y Mn depende de una serie de factores. Los de menor % de carbono se utilizan para piezas deformadas en frío, aunque los estampados se encuentran limitados a plaqueados o doblados suaves, y generalmente llevan un recocido o normalizado previo.

4.-Aceros de alto % de carbono (desde SAE 1055 a 1095)

Se usan en aplicaciones en las que es necesario incrementar la resistencia al desgaste y altas durezas que no pueden lograrse con aceros de menor contenido de C. En general no se utilizan trabajados en frío, salvo plaqueados o el enrollado de resortes. Prácticamente todas las piezas son



tratadas térmicamente antes de usar, debiéndose tener especial cuidado en estos procesos para evitar distorsiones y fisuras.

7.5.2 Aceros de media aleación

Aceros al Mn (15XX): El porcentaje de Mn varía entre 1,20 y 1,65, según el %C. Son aceros de alta maquinabilidad; la presencia de gran cantidad de sulfuros genera viruta pequeña y, al poseer los sulfuros alta plasticidad, actúan como lubricantes internos. No son aptos para soldar, tratamientos térmicos, ni forja debido a su bajo punto de fusión.

Para disminuir costos, facilitando el maquinado, se adicionan a los aceros al C de distintos % de C y Mn, elementos como el azufre (S), fósforo (P) y plomo (Pb). Esto significa un sacrificio en las propiedades de deformado en frío, soldabilidad y forjabilidad, aunque el plomo tiene poco efecto en estas características. Pueden dividirse en tres grupos:

GRUPO I (SAE 1110, 1111, 1112, 1113, 12L13, 12L14, y 1215):

Son aceros efervescentes de bajo % de carbono, con excelentes condiciones de maquinado. Tienen el mayor contenido de azufre; los 1200 incorporan el fósforo y los L contienen plomo. Estos tres elementos influyen por diferentes razones, en promover la rotura de la viruta durante el corte con la consiguiente disminución en el desgaste de la herramienta. Cuando se los cementa, para lograr una mejor respuesta al tratamiento, deben estar calmados.

GRUPO II (SAE 1108, 1109, 1116, 1117, 1118 y 1119):

Son de bajo % de carbono y poseen una buena combinación de maquinabilidad y respuesta al tratamiento térmico. Por ello, tienen menor contenido de fósforo, y algunos de azufre, con un incremento del % de Mn, para aumentar la templabilidad permitiendo temple en aceite.

GRUPO III (SAE 1132, 1137, 1139, 1140, 1141, 1144, 1145, 1146 y 1151):

Estos aceros de medio % de carbono combinan su buena maquinabilidad con su respuesta al temple en aceite.

7.6 Rodamientos

Un rodamiento, también conocido como cojinete o rodamiento de bolas, es un componente mecánico utilizado para reducir la fricción entre dos partes móviles en una máquina. Consiste en una serie de bolas o rodillos colocados entre dos anillos llamados anillo interior y anillo exterior, que están diseñados para permitir un movimiento suave y eficiente.



Los rodamientos se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones y sectores industriales, incluyendo maquinaria industrial, automoción, aeroespacial, equipos eléctricos y muchas más. Proporcionan soporte y reducen la fricción y el desgaste en los puntos de contacto entre las partes móviles, lo que permite una mayor eficiencia, menor consumo de energía y una vida útil más larga de los equipos.

7.6.1 Fundamento mecánico

Uno de los primeros y más conocidos cojinetes de elementos rodantes son los conjuntos de troncos colocados en el suelo con un gran bloque de piedra encima. A medida que se tira de la piedra, los troncos ruedan por el suelo con poco deslizamiento, evitando la fricción resultante de arrastrarla directamente sobre el terreno. A medida que cada tronco sale por la parte de atrás, se mueve hacia la parte frontal, donde el bloque rueda de nuevo sobre él.

Un cojinete giratorio con elementos rodantes utiliza un eje insertado en un orificio mayor que su diámetro, y se vale de una serie de cilindros denominados "rodillos" con los que se llena perimetralmente el espacio entre el eje y el orificio. A medida que gira el eje, cada rodillo actúa como los troncos del ejemplo anterior. Sin embargo, dado que el rodamiento es redondo, los rodillos nunca quedan por fuera de la carga.

Los rodamientos presentan la ventaja de ser una buena solución de compromiso entre factores como costo, tamaño, peso, capacidad de carga, durabilidad, precisión o la fricción resultante.

Los rodamientos se utilizan ampliamente en una variedad de aplicaciones industriales y mecánicas, desde maquinaria pesada hasta dispositivos de precisión. Proporcionan soporte y permiten la rotación suave de ejes y componentes, transmitiendo cargas y movimientos de manera eficiente.

7.6.2 Clasificación de los rodamientos

Distintos diseños pueden ser mejores para un cometido específico, pero peores en la mayoría de los casos restantes, aunque los cojinetes de fluidos a veces pueden combinar simultáneamente capacidad de carga, durabilidad, precisión, fricción reducida, velocidad de rotación elevada, y en algunas ocasiones, un costo aceptable.

Solo los cojinetes de deslizamiento se usan de forma tan general como los rodamientos, que tienen una amplia presencia en componentes mecánicos comunes en diversas aplicaciones en los campos de la automoción, la industria, la navegación y la aviación. Dada su importancia, se han convertido en productos fundamentales de la tecnología moderna.

Existen diferentes tipos de rodamientos, como rodamientos de bolas, rodamientos de rodillos, rodamientos de agujas, rodamientos de rodillos cónicos, entre otros, cada uno adecuado para diferentes aplicaciones y cargas específicas, algunos de los tipos más comunes de rodamientos son:

- Rodamientos de bolas: Son rodamientos que utilizan bolas de acero para reducir la fricción. Pueden ser de una hilera de bolas (más comunes), de doble hilera de bolas o de contacto angular.



Ilustración 5. Rodamiento de bolas [Fuente: <https://www.nskamericas.com/es/products>]

- Rodamientos de rodillos: Utilizan rodillos cilíndricos o cónicos en lugar de bolas. Los tipos comunes incluyen rodamientos de rodillos cilíndricos, rodamientos de rodillos cónicos y rodamientos de rodillos esféricos.



Ilustración 6. Rodamiento de rodillos [Fuente: <https://www.nskamericas.com/es/products>]

- Rodamientos de agujas: Estos rodamientos utilizan rodillos cilíndricos de diámetro pequeño y longitud relativamente larga llamados agujas. Son adecuados para cargas radiales elevadas, pero con espacio axial limitado.



Ilustración 7 Rodamiento de agujas [Fuente: <https://www.nskamericas.com/es/product>]

- Rodamientos de rodillos esféricos: Tienen rodillos con forma esférica para permitir una mayor capacidad de carga y capacidad de compensación de desalineación.



Ilustración 8. Rodamiento de rodillos esféricos [Fuente: <https://www.nskamericas.com/es/products>]

- Rodamientos de empuje: Estos rodamientos están diseñados para soportar cargas axiales y se utilizan en aplicaciones donde se requiere una capacidad de carga axial elevada. Los tipos comunes incluyen rodamientos de bolas de empuje y rodamientos de rodillos de empuje.



Ilustración 9. Rodamiento de empuje [Fuente: <https://www.nskamericas.com/es/products>]

- Rodamientos lineales: Se utilizan para movimiento lineal en lugar de movimiento rotacional. Proporcionan un movimiento suave y preciso en aplicaciones como guías lineales y mesas de deslizamiento.



Ilustración 10. Rodamiento lineal [Fuente: <https://www.nskamericas.com/es/products>]

- Rodamientos de bolas de contacto angular: Estos rodamientos están diseñados para soportar cargas axiales y radiales combinadas. Son comunes en aplicaciones donde se requiere una capacidad de carga combinada y alta rigidez.



Ilustración 11. Rodamiento de bolas de contacto angular [Fuente: <https://www.nskamericas.com/es/products/>]

Estos son solo algunos de los tipos de rodamientos más comunes. Cada tipo tiene sus propias características y ventajas.

7.6.3 Vida de los rodamientos.

Cuando rotan la bola o el rodillo de los rodamientos de contacto, se desarrollan esfuerzos de contacto en el anillo interior, en el elemento rodante y en el anillo exterior. Si un rodamiento está limpio y se lubrica de manera apropiada, si está montado y sellado para evitar la entrada de polvo y suciedad, si se mantiene en esta condición y si se hace funcionar a temperaturas razonables, entonces la fatiga del metal será la única causa de falla. Puesto que la fatiga del metal implica muchos millones de aplicaciones de esfuerzo que se han soportado con éxito, se necesita una medida cuantitativa de la vida. Las medidas comunes son:

- El número de revoluciones del anillo interior (el anillo exterior está inmóvil) hasta que se presenta la primera evidencia tangible de fatiga.
- El número de horas de uso a una velocidad angular estándar hasta que se advierte la primera evidencia tangible de fatiga.

El término que comúnmente se emplea es vida del rodamiento, que se aplica a cualquiera de las medidas que se mencionaron. Es importante darse cuenta de que, como en todo tipo de fatiga, la vida según se definió anteriormente es una variable estocástica y, como tal, tiene distribución y parámetros estadísticos asociados. La medida de la vida de un rodamiento individual se define como el número total de revoluciones (u horas a una velocidad constante) de operación del rodamiento hasta que se presente el criterio de falla.

Bajo condiciones ideales, la falla por fatiga consiste en el descascarado de las superficies de soporte de la carga. La norma de la American Bearing Manufacturers Association (ABMA) establece que el criterio de falla es la primera evidencia de la fatiga.



La vida nominal es un término sancionado por la ABMA que emplean la mayoría de los fabricantes de rodamientos. La vida nominal de un grupo de rodamientos de bolas o de rodillos prácticamente idénticos se define como el número de revoluciones (u horas a una velocidad constante) que 90% de un grupo de rodamientos alcanza o excede, antes de que se desarrolle el criterio de falla. Los términos vida mínima, vida L10 y vida B10 también se utilizan como sinónimos de vida nominal.

La vida nominal es la ubicación del décimo percentil de la distribución de revoluciones a la falla del grupo de rodamientos.

La vida media (mediana) es la vida del cincuentavo percentil de un grupo de rodamientos. El término vida promedio se ha empleado como sinónimo de la vida media, lo cual contribuye a la confusión. Cuando se prueban muchos grupos de rodamientos, el valor de la vida media se encuentra entre 4 y 5 veces el valor de la vida L10.

7.7 Chumaceras

Las chumaceras son rodamientos montados que son usados para brindar apoyo a ejes de rotación. Este tipo de cojinetes son colocados en línea paralela al eje del árbol. Su diseño les permite proporcionar un gran apoyo a la rotación, especialmente en el manejo de cargas que pueden ir desde ligeras hasta pesadas, por lo que son ampliamente utilizados en bombas y transportadores.

Este tipo de rodamientos cuentan con un diseño autolubricante, tienen un depósito que les sirve para almacenar lubricante, de esta forma no requieren de lubricación externa constante para su óptimo funcionamiento, esto permite el ahorro de tiempo en paradas para lubricación y mantenimiento de los equipos, su depósito de lubricante amplía los intervalos de lubricación por lo que además alarga la vida útil del cojinete.

Las chumaceras son usadas principalmente en:

- El sector industrial: Al permitir la rotación de cualquier tipo de maquinaria, las chumaceras son muy útiles en los procesos industriales en los que es necesario que una pieza gire sobre su propio eje.
- Sector agrícola: Se suelen aplicar las chumaceras de unidad de bloque para maquinaria agrícola como empacadoras, máquinas de arado, transmisores de tractores, sembradoras, cosecha forrajera, etcétera.
- Sector automotriz: Forman parte de los rodamientos de ejes de vagonetas de transporte y de tratamiento térmico.
- Las embarcaciones de remos: Las chumaceras dan la oportunidad de que el remo entre y salga del agua con un movimiento longitudinal, y al mismo tiempo, de que se mueva de forma vertical, creando así el movimiento necesario para mover la embarcación.

7.7.1 Clasificación de las chumaceras

Existen varios tipos de chumaceras:

- Tensora: Esta chumacera es utilizada con mucha frecuencia en cintas de transporte donde alinean la banda y los ejes. Así se logra mantener la banda centrada de manera correcta, cuenta con una guía que le permite aflojar o apretar la pista de acuerdo con las necesidades de la aplicación.



*Ilustración 12 chumacera tensora [Fuente:
<https://brr.mx/chumaceras/#:~:text=Las%20chumaceras>]*

- Pared: Las chumaceras de pared se distinguen por instalarse fijas a la máquina, en ella se colocan los ejes. Estas chumaceras tienen un cuadro de 4 agujeros que sirven para fijarla en el soporte.



*Ilustración 13. Chumacera de pared [Fuente:
<https://brr.mx/chumaceras/#:~:text=Las%20chumaceras/>]*

- **Brida:** Este tipo de chumaceras posibilitan la alineación de los ejes de manera vertical y se sujeta por medio de dos tornillos. Cuenta con una gran ventaja que es la de poderse calibrar de acuerdo con los requerimientos de la aplicación que la requiere.



*Ilustración 14. Chumacera de brida [Fuente:
<https://brr.mx/chumaceras/#:~:text=Las%20chumaceras/>]*

Funciones y Beneficios:



- **Soporte y Almacenamiento de Cargas:**
La función principal de las chumaceras es soportar y almacenar cargas, permitiendo el movimiento rotativo o lineal de las máquinas y equipos. Proporcionan una interfaz entre el eje de la máquina y la estructura, permitiendo una rotación suave y eficiente.
- **Reducción de la Fricción y Desgaste:**
Las chumaceras están diseñadas para reducir la fricción entre las superficies de contacto, lo que minimiza el desgaste y prolonga la vida útil de los componentes. Los rodamientos dentro de las chumaceras están lubricados para reducir la fricción y disipar el calor generado durante el funcionamiento.
- **Absorción de Impactos y Vibraciones:**
Las chumaceras también desempeñan un papel importante en la absorción de impactos y vibraciones. Ayudan a minimizar los efectos de los golpes y las vibraciones que pueden dañar los componentes y afectar el rendimiento de la maquinaria.

7.8 Tornillos de potencia.

Según Richard G. Un tornillo de potencia es un dispositivo que se utiliza en maquinaria para cambiar el movimiento angular a movimiento lineal y, por lo general, para transmitir potencia. Los tornillos de potencia son una de las formas de materializar un par cinemático helicoidal o de tornillo, constando de dos piezas, un tornillo o husillo y una tuerca, entre las cuales existe un movimiento relativo de traslación y rotación simultáneas respecto al mismo eje.

Los movimientos de rotación y traslación están relacionados por el paso de rosca del tornillo. En general los tornillos de potencia son mecanismos irreversibles, de modo que el giro del tornillo hace avanzar la tuerca, pero el desplazamiento de la tuerza es incapaz de hacer girar el tornillo, debido al desfavorable ángulo de transmisión del sistema en este sentido.

Los tornillos de potencia son diferentes a lo que se emplea en uniones atornilladas, ya que en este caso el objetivo fundamental no es la unión de piezas sino la transformación de movimiento y la transmisión de cargas. La forma de la rosca de los elementos engranados es distinta.

Rosca	Descripción	Ejemplo
Cuadrada	Son las más eficientes, teniendo la menor fricción, así que son, a menudo, utilizados para tornillos que llevan alta potencia. Pero también son los más difíciles de maquinar, y así son los más caros.	Tornillos de banco, mordazas, etc.
Trapezoidal ACME	Tienen un ángulo de 29°, el cual es más fácil de maquinar que la rosca cuadrada. No son tan eficientes como las roscas cuadradas, debido al incremento de fricción por el ángulo de rosca. Son, generalmente, más fuertes que las roscas cuadradas debido al perfil de rosca trapezoidal, la cual provee mayores capacidades de llevar carga.	Prensas, máquinas-herramientas, etc.
De contrafuerte	Son de una forma triangular. Estas son utilizadas donde la fuerza de carga en el tornillo, solo se aplica en una dirección. Son tan eficientes como las roscas cuadradas en estas aplicaciones, pero son más fácil de fabricar.	

Tabla 1. tipos de rosca de tornillos de potencia [Fuente: elaboración propia, con información de Richard G]

Aplicaciones de los tornillos de potencia

- **Máquinas CNC (Control Numérico Computarizado):**
Los tornillos de potencia de rosca de bola son ampliamente utilizados en máquinas CNC, donde se requiere una alta precisión y repetibilidad en el movimiento lineal. Estos tornillos permiten el posicionamiento preciso de las herramientas de corte y garantizan una calidad óptima en la fabricación de piezas.
- **Impresión 3D:**
En la tecnología de impresión 3D, los tornillos de potencia de rosca de bola desempeñan un papel fundamental para el movimiento suave y controlado del cabezal de impresión a lo largo de los ejes X, Y y Z. Esto garantiza una impresión precisa y detallada en la creación de prototipos, productos finales y piezas personalizadas.
- **Equipos Médicos y de Laboratorio:**
En aplicaciones médicas y de laboratorio, los tornillos de potencia se utilizan en dispositivos como mesas de operaciones, brazos robóticos quirúrgicos y sistemas de pipeteo automatizados. Estos tornillos permiten movimientos precisos y suaves, lo que facilita la realización de procedimientos médicos y experimentos científicos.
- **Sistemas de Elevación y Transporte:**
Los tornillos de potencia se encuentran en sistemas de elevación y transporte, como ascensores, grúas y transportadores industriales. Estos tornillos permiten el movimiento vertical de cargas pesadas de manera segura y eficiente, garantizando un funcionamiento confiable y una alta capacidad de carga.
- **Maquinaria Industrial:**



En la industria manufacturera, los tornillos de potencia se utilizan en una amplia variedad de maquinaria, como prensas hidráulicas, equipos de embalaje, máquinas herramienta y robots industriales. Estos tornillos permiten movimientos precisos y controlados en diferentes operaciones, como perforación, corte, ensamblaje y manipulación de materiales.

Ventajas del uso de tornillos de potencia

Las ventajas de los tornillos de potencia, también conocidos como husillos, son las siguientes:

- **Transmisión de potencia eficiente:** Los tornillos de potencia ofrecen una transmisión de potencia eficiente, lo que significa que la energía se utiliza de manera óptima sin desperdicios. Esto conduce a un rendimiento energético mejorado y ayuda a reducir los costos operativos.
- **Posicionamiento preciso:** Gracias a su diseño y construcción, los tornillos de potencia permiten un posicionamiento preciso y repetible de los componentes o herramientas. Esto es especialmente importante en aplicaciones que requieren una alta precisión, como la fabricación de productos electrónicos, dispositivos médicos y piezas de automóviles.
- **Resistencia y durabilidad:** Los tornillos de potencia están diseñados para soportar cargas pesadas y ofrecer una alta resistencia al desgaste. Estos componentes son fabricados con materiales de calidad y tratamientos superficiales que los hacen robustos y duraderos, lo que garantiza un rendimiento confiable y una vida útil prolongada.
- **Fácil mantenimiento:** En general, los tornillos de potencia requieren un mantenimiento mínimo. Sin embargo, es importante realizar inspecciones periódicas y una lubricación adecuada para garantizar un funcionamiento óptimo. El acceso a los puntos de lubricación y la facilidad de sustitución de componentes desgastados son características que facilitan el mantenimiento de los tornillos de potencia.
- **Adaptabilidad y configurabilidad:** Los tornillos de potencia son altamente configurables y pueden adaptarse a diferentes requisitos de aplicación. Se pueden personalizar en términos de longitud, diámetro, paso de rosca y tipo de rosca para satisfacer las necesidades específicas de cada aplicación.
- **Reducción de vibraciones:** Los tornillos de potencia ayudan a reducir las vibraciones en las aplicaciones donde se utilizan. Esto es especialmente beneficioso en maquinaria de alta velocidad y precisión, donde las vibraciones pueden afectar negativamente la calidad del producto y la vida útil de los componentes.
- **Mayor velocidad y precisión:** Comparados con otros sistemas de transmisión de movimiento lineal, los tornillos de potencia ofrecen una mayor velocidad y precisión. Esto los hace ideales

para aplicaciones que requieren movimientos rápidos y controlados, como en máquinas de corte, routers CNC y equipos de posicionamiento automático.

7.8.1 Fórmulas de cálculo para tornillo de potencia

El cálculo del par necesario para los tornillos de potencia se basa en varios factores, incluyendo la fuerza aplicada, el diámetro del tornillo, el coeficiente de fricción y el diseño de la rosca. El torque necesario en un tornillo Acme se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$T_R = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{l + \pi f_c d_m}{\pi d_m - f_c l} \right) + \frac{F f_c d_c}{2}$$

Ahora si se determina que el par de torsión necesario para bajar la carga, tenemos que el par de torsión se calcula de la manera:

$$T_L = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{\pi f_c d_m - l}{\pi d_m + f_c l} \right) + \frac{F f_c d_c}{2}$$

Donde:

T_R representa el par de torsión que se requiere para dos propósitos: superar la fricción en la rosca y elevar una carga.

F = Fuerza aplicada al tornillo para elevar una carga.

d_m = Diámetro medio del tornillo.

l = Avance del tornillo.

f_c = Coeficiente de fricción del collarín del tornillo.

d_c = Diámetro medio del collarín del tornillo.

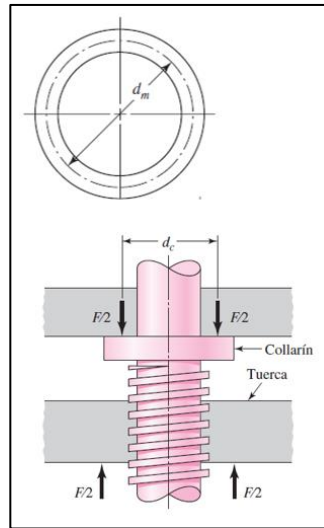


Ilustración 15 Partes de un tornillo de potencia ACME [Fuente: (Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 2018, pág. 401)]

Para conocer las dimensiones de un tornillo Acme en particular, lo más adecuado es consultar las especificaciones técnicas dadas por el fabricante o en este caso el estándar de roscas ACME, el cual se rige por normas como el ANSI/ASME B1.5 o el ISO 2901, por lo que se tiene que las medidas para roscas ACME están dadas por la siguiente tabla:

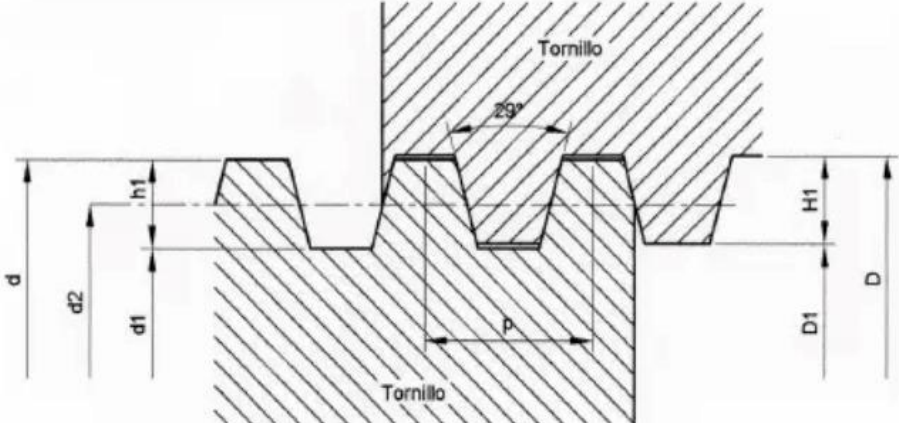
ROSCA ACME AMERICAN STANDARD						
						
Diámetro mayor (in)	Diámetro mayor (mm)	Hilos por pulgada	Paso de rosca (mm)	Diámetro de paso (mm)	Diámetro menor (mm)	Área de esfuerzo a tracción (mm ²)
1/4	6.350	16	1.600	5.563	4.775	20.645
5/16	7.950	14	1.803	7.036	6.121	34.193
3/8	9.525	12	2.108	8.458	7.417	49.677
7/16	11.125	12	2.108	10.058	8.992	70.968
1/2	12.700	10	2.540	11.430	10.160	91.613
5/8	15.875	8	3.175	14.300	12.700	143.226
3/4	19.050	6	4.242	16.942	14.808	198.064
7/8	22.225	6	4.242	20.117	17.983	285.161
1	25.400	5	5.080	22.860	20.320	366.451
1 1/8	28.575	5	5.080	26.035	23.495	481.935
1 1/4	31.750	5	5.080	29.210	26.670	612.902
1 3/8	34.925	4	6.350	31.750	28.575	714.837
1 1/2	38.100	4	6.350	34.925	31.750	872.901
1 3/4	44.450	4	6.350	41.275	38.100	1237.417
2	50.800	4	6.350	47.625	44.450	1664.513
2 1/4	57.150	3	8.458	52.908	48.692	2027.093
2 1/2	63.500	3	8.458	59.258	55.042	2565.156
2 3/4	69.850	3	8.458	65.608	61.392	3167.090

Tabla 2 Medidas estándar para roscas ACME. [Fuente: <https://ingemecanica.com/>]

Combinación	En operación	Arranque
Acero suave sobre hierro fundido	0.12	0.17
Acero duro sobre hierro fundido	0.09	0.15
Acero suave sobre bronce	0.08	0.10
Acero duro sobre bronce	0.06	0.08

Tabla 3 Coeficientes de fricción para collarines. [Fuente: (Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 2018, pág. 408)]

7.9 Ejes

Un árbol o eje es un elemento de máquina, generalmente de sección circular con un diámetro mucho menor que su longitud, que sirve sostener y alojar a otros elementos de máquinas que son giratorios, tales como poleas, engranajes, levas, manivelas, piñones o coronas de cadenas, etc. Los ejes pueden ser fijos o móviles.

El eje fijo es aquel elemento no giratorio o estático que no transmite movimiento y se utiliza solo como sostén de piezas rotatorias como ruedas, poleas, rodillos, engranajes locos, etc.

El eje móvil es aquel elemento rotatorio que gira en forma solidaria a aquellos elementos de máquinas que soporta, pero no transmite alta potencia. Un árbol es un eje móvil pero que transmite potencia.

7.9 Tipos de ejes

Eje motor

Artículo principal: Árbol de transmisión

Un eje que es propulsado por el motor se llama eje de propulsión.

Los automóviles modernos con tracción delantera típicamente combinan la caja de cambios y el eje delantero en una sola unidad llamada transeje o conjunto motor. El eje motor se divide con un mecanismo de diferencial y juntas universales entre los dos semiejes. Cada eje está conectado a las



ruedas mediante juntas homocinéticas que permiten a la rueda moverse libremente en sentido vertical y guiar las ruedas en las curvas mediante el sistema de dirección.

En vehículos con tracción trasera, es posible utilizar juntas cardan, ya que los ejes de las ruedas no cambian de orientación y no se varía la relación de transmisión con el desplazamiento vertical de las ruedas.

Algunos diseños simples, tal como en los karts, a veces se utiliza una sola rueda motriz. El eje de propulsión es un eje dividido que solo conduce a una rueda.

Eje libre

Un eje libre es aquel que no forma parte del sistema de transmisión y gira libre. El eje trasero en un automóvil con tracción delantera se puede considerar un eje libre. Los camiones y remolques utilizan tracción trasera debido a su distribución de peso, a las ventajas del eje rígido para estos vehículos, lo que permite el uso de ruedas libres delanteras.

Algunos camiones y remolques tienen un eje portador, que es un eje libre en tándem que puede subirse o bajarse con mecanismos neumáticos para que soporte o no parte del peso del vehículo. El eje se puede bajar para incrementar la capacidad de carga o para distribuir el peso sobre más ruedas, por ejemplo, para cruzar un puente con restricciones de peso por eje. Cuando no se utilizan se levantan del suelo para disminuir el desgaste en los neumáticos debido a la deriva en las curvas. Varios fabricantes ofrecen sistemas neumáticos controlados por computadora para que el eje portador baje automáticamente cuando se alcanza un determinado nivel de carga.

Eje vertical

El eje vertical es un eje virtual que sigue la dirección del hilo de la plomada. Es a la vez perpendicular al plano del suelo y también perpendicular a la dirección habitual de movimiento de un vehículo. Eje vertical hace un ángulo recto tanto con el eje longitudinal como con el eje transversal.³

Los movimientos de rotación alrededor del eje vertical en el caso de una aeronave o de un barco se denomina «guiñada», ya que se asemeja al gesto de Cucas un ojo que se hace con los párpados indicando ahora a un lado ahora al otro. Este tipo de movimiento es posible gracias al timón de dirección en el caso de una aeronave o del timón en el caso de un barco.

7.10 Teorema de Torricelli

El teorema de Torricelli es un resultado importante en hidrodinámica que establece que la velocidad de salida de un fluido a través de un orificio en un recipiente es proporcional a la raíz cuadrada de la altura del fluido sobre el orificio. Este teorema fue enunciado por el científico italiano Evangelista Torricelli en el siglo XVII. Según este principio, la energía total de un fluido en un sistema cerrado se mantiene constante. Cuando un fluido fluye a través de un orificio, su energía potencial disminuye debido a la caída de altura, pero aumenta su energía cinética debido al aumento de velocidad, es así como permite calcular la velocidad de salida del fluido por un agujero.

Para el cálculo de la velocidad de flujo de un líquido por un orificio en un recipiente, se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$V_t = \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(h + \frac{v_0^2}{2 \cdot g} \right)}$$

donde:

V_t es la velocidad teórica del líquido a la salida del orificio

v_0 es la velocidad de aproximación o inicial.

h es la distancia desde la superficie del líquido al centro del orificio.

g es la aceleración de la gravedad

Para velocidades de aproximación bajas, la mayoría de los casos, la expresión anterior se transforma en:

$$v_r = C_v \sqrt{2gh}$$

Donde:

v_r es la velocidad real media del líquido a la salida del orificio.

C_v es el coeficiente de velocidad. Para cálculos preliminares en aberturas de pared delgada puede admitirse 0,95 en el caso más desfavorable.

tomando $C_v=1$. Tenemos:

$$v_r = \sqrt{2gh}$$



Experimentalmente se ha comprobado que la velocidad media de un chorro de un orificio de pared delgada es un poco menor que la ideal, debido a la viscosidad del fluido y otros factores tales como la tensión superficial, de ahí el significado de este coeficiente de velocidad.

El teorema de Torricelli se basa en los principios fundamentales de la hidrostática y la cinemática de fluidos. La presión en un fluido en reposo aumenta con la profundidad, y la velocidad del fluido en movimiento se relaciona con la altura de la columna de fluido sobre el punto de salida.

El teorema de Torricelli tiene diversas aplicaciones prácticas en diferentes áreas de estudio, entre las que se incluyen:

- **Hidráulica:** Es utilizado en el diseño y análisis de sistemas hidráulicos, como tuberías, canales y compuertas, para determinar la velocidad de flujo en los puntos de salida.
- **Ingeniería de fluidos:** Permite calcular la velocidad de salida de líquidos o gases en diferentes configuraciones, como inyectores de combustible, pulverizadores, aspersores y sistemas de riego.
- **Fuentes y chorros de agua:** Ayuda a comprender y optimizar el diseño de fuentes de agua, cascadas y chorros, al determinar la velocidad y alcance del flujo de agua.
- **Laboratorios de física:** Se utiliza en experimentos y demostraciones para estudiar la cinemática de fluidos y validar los principios de conservación de energía.

Es importante tener en cuenta que el teorema de Torricelli se basa en algunas suposiciones ideales, como un fluido incompresible y sin viscosidad. Además, solo proporciona la velocidad en el punto de salida y no tiene en cuenta otros factores como la fricción del fluido en el medio. Por lo tanto, en aplicaciones prácticas, se deben considerar otros aspectos y ecuaciones más complejas para obtener resultados precisos.

7.11 Mecánica de materiales

La Mecánica de Materiales es una rama de la mecánica aplicada que trata del comportamiento de los cuerpos sólidos sometidos a varios tipos de carga. Este es también un concepto básico de las ingenierías que debe entender toda persona interesada en la resistencia y el desempeño físico de las estructuras, ya sean naturales o hechas por el hombre.

La Mecánica de materiales involucra métodos analíticos para determinar la resistencia, la rigidez (características de deformación), y la estabilidad de varios miembros en un sistema estructural. De forma alternativa, esta área del conocimiento toma los nombres de Resistencia de Materiales, Mecánica de los Cuerpos Sólidos Deformables, o simplemente Mecánica de Sólidos.



Algunos profesionales de la ingeniería tales como el ingeniero civil, el ingeniero mecánico, el ingeniero estructural y el ingeniero aeronáutico entre otros, necesitan conocimientos de mecánica básicos que les permitan determinar la resistencia y el desempeño físico de elementos con los cuales puedan llevar a cabo el análisis y diseño adecuado de diferentes sistemas estructurales.

Un modelo de resistencia de materiales establece una relación entre las fuerzas aplicadas, también llamadas cargas o acciones, y los esfuerzos y desplazamientos inducidos por ellas. Generalmente las simplificaciones geométricas y las restricciones impuestas sobre el modo de aplicación de las cargas hacen que el campo de deformaciones y tensiones sean sencillos de calcular.

Para el diseño mecánico de elementos con geometrías complicadas la resistencia de materiales suele ser abundante y es necesario usar técnicas basadas en la teoría de la elasticidad o la mecánica de sólidos deformables más generales. Esos problemas planteados en términos de tensiones y deformaciones pueden entonces ser resueltos de forma muy aproximada con métodos numéricos como el análisis por elementos finitos.

7.11.1 Tipos de esfuerzos Físicos

En la mecánica de materiales, el estudio de los esfuerzos es fundamental para comprender el comportamiento de los materiales bajo cargas externas. Los esfuerzos se refieren a las fuerzas internas que actúan dentro de un material, y su comprensión es crucial para el diseño y análisis de estructuras y componentes en ingeniería. En esta investigación, exploraremos en detalle los diferentes tipos de esfuerzo que existen en la mecánica de materiales y sus características. Generalmente estos esfuerzos tienen distintos orígenes:

- Debidas a su propio peso (toda estructura debe soportarse a sí misma).
- Debidas al peso, movimiento o vibraciones de los elementos que componen el conjunto del sistema técnico. Por ejemplo, el cuadro de una bicicleta no debe deformarse cuando una persona suba a ella o cuando coja baches mientras circula, etc.
- Debidas a agentes externos al propio sistema técnico. Por ejemplo, un puente no debe caerse por el efecto del viento, el tejado de una casa no debería venirse abajo cuando se acumule nieve sobre él, etc.

Esfuerzo de tracción:

El esfuerzo de tracción es un tipo de esfuerzo que actúa en un material cuando se aplica una fuerza de tracción para estirarlo o alargarlo. El esfuerzo de tracción se distribuye de manera uniforme en la sección transversal del material y provoca una deformación en forma de alargamiento. Se representa como una fuerza dividida por el área transversal y se mide en unidades de presión, como pascal (Pa) o libra por pulgada cuadrada (psi).

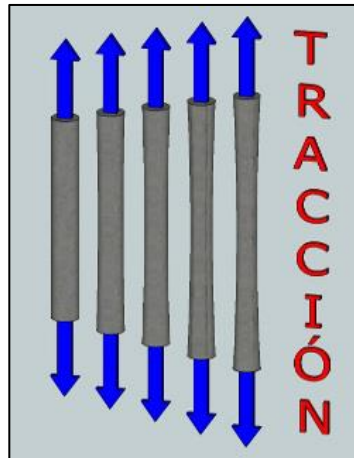


Ilustración 16 Esfuerzo de tracción [Fuente: <http://www.ieslosalbares.es/tecnologia>]

Esfuerzo de compresión:

El esfuerzo de compresión es opuesto al esfuerzo de tracción y ocurre cuando se aplica una fuerza de compresión para reducir la longitud o el volumen de un material. Al igual que en el esfuerzo de tracción, el esfuerzo de compresión se distribuye uniformemente en la sección transversal del material y provoca una deformación en forma de acortamiento.

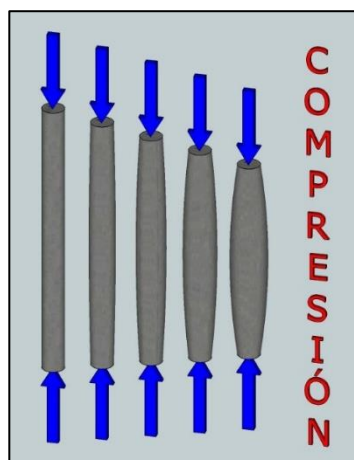


Ilustración 17 Esfuerzo de compresión [Fuente: <http://www.ieslosalbares.es/tecnologia>]

Esfuerzo de corte:

El esfuerzo de corte es un tipo de esfuerzo que se desarrolla cuando dos secciones adyacentes de un material son sometidas a fuerzas de corte que actúan en direcciones opuestas y paralelas entre sí. El esfuerzo de corte provoca una deformación en forma de deslizamiento o deformación tangencial. Se representa como una fuerza dividida por el área transversal y se mide en unidades de presión, al igual que el esfuerzo de tracción.

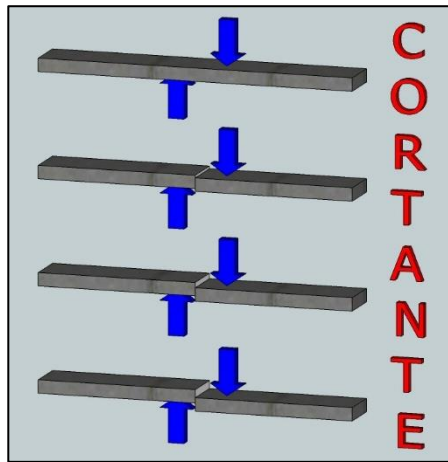


Ilustración 18 Esfuerzo cortante [Fuente: <http://www.ieslosalbares.es/tecnologia> .]

Esfuerzo de flexión:

El esfuerzo de flexión se produce cuando se aplica un momento o una fuerza de flexión a un elemento estructural, como una viga. Este tipo de esfuerzo provoca tensiones y compresiones en diferentes secciones transversales del material, creando una curvatura en el elemento. El esfuerzo de flexión es máximo en la superficie exterior de la curvatura y nulo en el eje neutro.

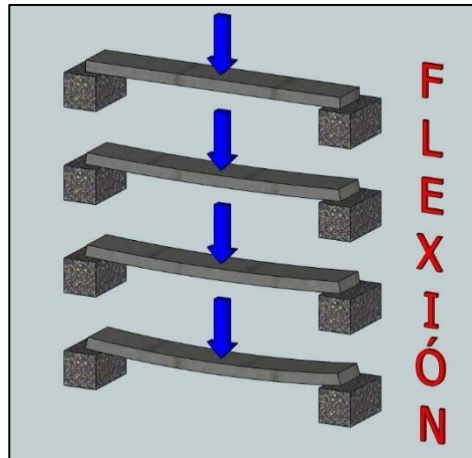


Ilustración 19 Esfuerzo por flexión [Fuente: <http://www.ieslosalbares.es/tecnologia> .]

Esfuerzo de torsión:

El esfuerzo de torsión ocurre cuando se aplica un momento de torsión a un elemento estructural, como un eje o un perno. Este esfuerzo provoca una deformación en forma de torsión, donde diferentes secciones transversales del material giran en relación con otras secciones. El esfuerzo de torsión se distribuye de manera no uniforme en la sección transversal y es máximo en la superficie exterior.

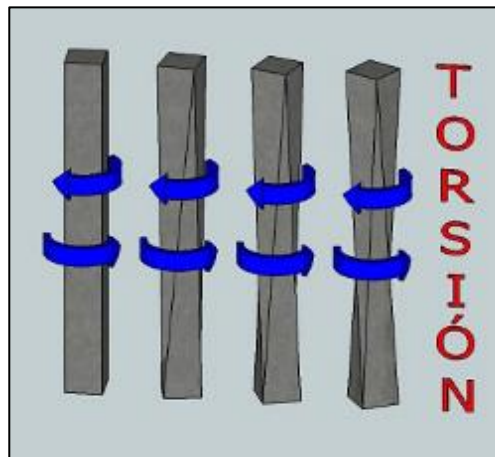


Ilustración 20 Esfuerzo de torsión [Fuente: <http://www.ieslosalbares.es/tecnologia> .]



7.12 Mejora continua

(Elsie Bonilla, 2020, pág. 16) describe “La mejora continua de los procesos consiste en aplicar metodologías que permitan optimizar, de manera cuántica y sistemática, el comportamiento y resultados de los procesos, incrementando su eficiencia, eficacia y efectividad”.

A consecuencia de la mejora continua se puede lograr el mejoramiento de productos y servicios. Entre las variables se pueden mencionar los costos, la calidad, el tiempo de respuesta, el tiempo de ciclo, el porcentaje de reclamos y la flexibilidad. Cuando hablamos de mejora continua usualmente lo solemos relacionar con el término “innovación” que implica mejoras profundas y radicales, con la mejora continua aspiramos a subir gradualmente pequeños peldaños, manteniendo el statu quo, pero que en el mediano y el largo plazo pueden generar ahorros y mejoras significativas en provecho de los clientes.

Cuando se plantea un replanteamiento integral lo podemos relacionar con el “forma en que hacemos las cosas” es por ello dichos procesos deben innovarse en la medida en que las condiciones del mercado, la competencia, los requerimientos del cliente, la globalización y la tecnología nos impongan como una necesidad latente. La mejora continua, alineada con la innovación, amplía la perspectiva de toda organización. Existen diversas técnicas para mejorar los procesos, sin embargo, todas ellas tienen en común las siguientes etapas: identificación y análisis de los procesos, identificación y revisión de los objetivos e indicadores de desempeño, determinación y análisis de las oportunidades de mejora, desarrollo de la mejora y medición de resultados.

Cuando hablamos de mejora continua solemos recordar una metodología frecuentemente utilizada por su sencillez y practicidad es la técnica Kaizen, creada por los japoneses en la década de 1950.

7.12.1 Gestión por procesos

La gestión por procesos (Business Process Management) es un modo de administrar las actividades empresariales, mediante la cual aquellas se agrupan por procesos, con base en las necesidades del cliente; así, pues, los procesos son gestionados en forma estructurada y sistémica de tal manera que la mejora de los procesos debe ayudar a elevar los niveles de satisfacción de los clientes”.

En el ámbito de la gestión por procesos se suelen utilizar técnicas y herramientas para mejorarlos o innovarlos. Debe recordarse siempre que los procesos generan valor y también desperdicio, sin embargo, una efectiva administración permitirá controlar y eliminar todo tipo de desperdicio de recursos: materiales, máquinas, mano de obra, entre otros.



Los procesos de una empresa pueden clasificarse desde distintos puntos de vista; a manera de ejemplo, la Norma ISO 9001:2008 sugiere diferenciarlos en procesos de la dirección, procesos de realización y procesos de soporte; los primeros plantean los objetivos estratégicos y las políticas de calidad, mientras que los de realización administran los procesos productivos de bienes o servicios, cuidando el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos para los procesos, productos y servicios; finalmente, los procesos de soporte apoyan a los procesos anteriores con el fin de que alcancen sus objetivos.

A continuación, se mencionan algunos ejemplos de procesos por cada clase citada:

- Procesos de dirección: planeamiento, presupuesto, aseguramiento de la calidad.
- Procesos de realización: diseño, producción, despacho.
- Procesos de soporte: compra, marketing, logística, informática, personal, mantenimiento.

7.12.2 Pensamiento esbelto (lean thinking) y mejora continua

El pensamiento esbelto es un enfoque de origen oriental dirigido a la eliminación del desperdicio de los procesos para alcanzar una mayor eficiencia, entiéndase “desperdicio” como el excedente de recurso, por encima del valor estándar establecido para alcanzar un objetivo deseado.

Cuando el pensamiento esbelto se implanta en las empresas se crea un flujo de efectivo de los procesos, ya que se eliminan todos aquellos obstáculos (desperdicios): tiempos muertos, exceso de inventarios, largos tiempos de calibración, productos disconformes, etcétera.

Entre las principales técnicas aplicadas en la década de 1970 por diversas corporaciones japonesas para eliminar el desperdicio de sus procesos figuran las siguientes:

- Kanban: sistema de arrastre de la producción.
- TPM: mantenimiento total productivo.
- TQM: gestión de calidad total.
- Kaizen: mejora continua.
- SMED: reducción de los tiempos de preparación de máquinas a unidades de minuto.
- Poka Yoke: dispositivos para prevenir errores tontos.

Círculos de calidad.

Un elemento fundamental para el éxito de una estrategia esbelta es el personal, ya que muchas veces se requerirán cambios profundos en la manera de trabajar; en ese sentido, se deberán desarrollar



mecanismos para las buenas relaciones humanas. Se parte del principio de aprovechar en forma adecuada la inteligencia y la creatividad del trabajador.

El concepto de manufactura esbelta implica la anulación de los mandos y su reemplazo por el liderazgo, los líderes son claves para desarrollar la cultura de la manufactura esbelta.

7.12.3 Procesos, caracterización y medición

Proceso es un conjunto de actividades que utiliza recursos para transformar elementos de entrada en bienes o servicios capaces de satisfacer las expectativas de distintas partes interesadas: clientes externos, clientes internos, accionistas, comunidad entre otros.

Los principales recursos que utiliza un proceso se suelen clasificar en las seis “M”:

- **Mano de obra:** Es la protagonista de todo proceso, por lo tanto, sus actividades y aptitudes, influyen directamente en los resultados o salidas del proceso.
- **Métodos:** Son las políticas, los procedimientos, las normas y las instrucciones que se emplean para ejecutar un determinado trabajo; la definición formal y estandarizada de un método asegura la calidad y oportunidad de una salida.
- **Maquinaria o equipo:** Viene a ser el elemento que complementa el esfuerzo del personal en la agregación de valor; su adecuada calibración, correcto mantenimiento y oportuno reemplazo definirán apropiados niveles de precisión y exactitud.
- **Materiales o suministros:** Son las entradas que serán transformadas por un proceso, es el caso de los materiales, partes en proceso y la información. La calidad de los suministros es importante para asegurar la calidad de los resultados.
- **Medio ambiente:** Incluye las condiciones en las cuales se desarrolla un trabajo, como el espacio, la ventilación, la seguridad en la planta, la iluminación, etcétera. Los criterios y habilidades para combinar los recursos antes descritos determinarán el nivel de desempeño del proceso que los involucre. De ahí que las organizaciones cuidan de administrar sus procesos, pues son estos los que agregan valor a los productos o servicios.
- **Medios de control:** Se refiere a los instrumentos o recursos utilizados para evaluar el cumplimiento de los requisitos establecidos para el proceso y para los resultados del proceso (producto o servicio).

De acuerdo con los criterios incluidos en la Norma Internacional ISO 9001: 2008, la organización debe identificar cada uno de sus procesos y tener definidas la secuencia y la interacción entre estos, instando en el seguimiento, la medición y el análisis de dichos procesos a fin de impulsar el

mejoramiento continuo de la calidad y del desempeño. Caracterizar un proceso consiste en identificar y describir: los resultados que genera (output), los elementos de entrada (input), los recursos utilizados por aquel (factores de conversión) y los requisitos de los elementos de entrada y de salida.

7.13 Plastisol

El plastisol es la mezcla de una resina (PVC), de un plastificante y otros aditivos que se encuentra en estado líquido a temperatura ambiente con propiedades viscoelásticas, dependiendo de la resina se puede tener un comportamiento ligeramente dilatante o pseudoplástico, es de color blanco, pero depende en gran medida de los aditivos incorporados.

También conocidos como pastas de PVC, los plastisoles, cuando se encuentran a temperatura ambiente, presentan estado líquido con propiedades viscoelásticas. Cuando es sometido a temperaturas superiores a los 43°, el plastisol aumenta su viscosidad pasando, al alcanzar una temperatura superior a los 160°, de estado líquido a sólido después del enfriamiento, produciéndose el proceso conocido como gelación.

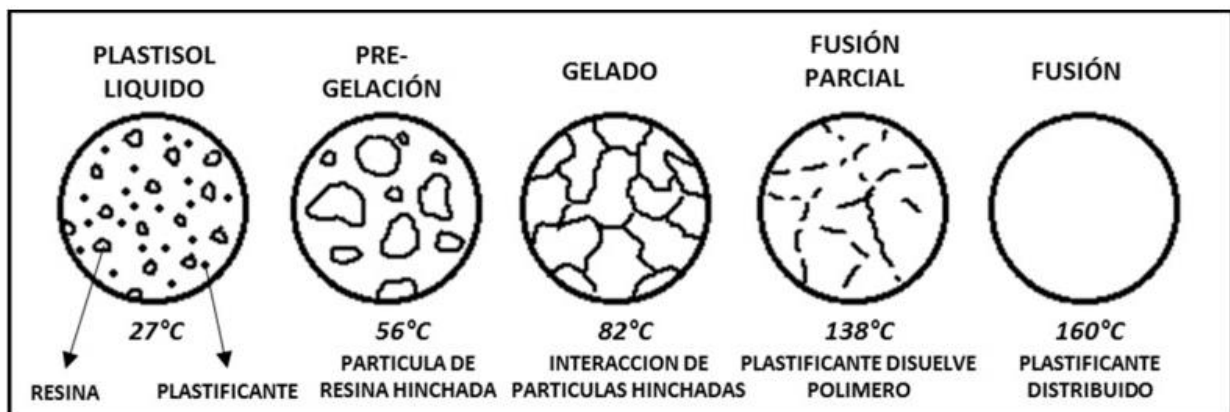


Ilustración 21 Gelación y fundición del platisol. [Fuente: Harold A. Sarvetnik]

El uso de plastisoles está muy extendido en la industria en general. En función de su formulación, pueden ser empleados para:

- Serigrafía textil, con las tintas plastisol;
- Fabricación de calzado, marroquinería y tapicerías;



- Fabricación de aislantes de conductores de electricidad, por alta resistencia a la abrasión, a la corrosión y porque no conducen la electricidad;
- Fabricación por moldeo de piezas de juguetes, máscaras, llaveros etc.
- Fabricación de piezas para la industria del automóvil como los filtros de aire o gasolina.

CAPÍTULO 8 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

8.1 Acercamiento y entendimiento del problema.

En la etapa de acercamiento y entendimiento del problema, es fundamental comenzar por definir el área de trabajo o el lugar donde se implementará el diseño. En este caso, el área de interés es el área de recubrimiento. Véase la figura 22.

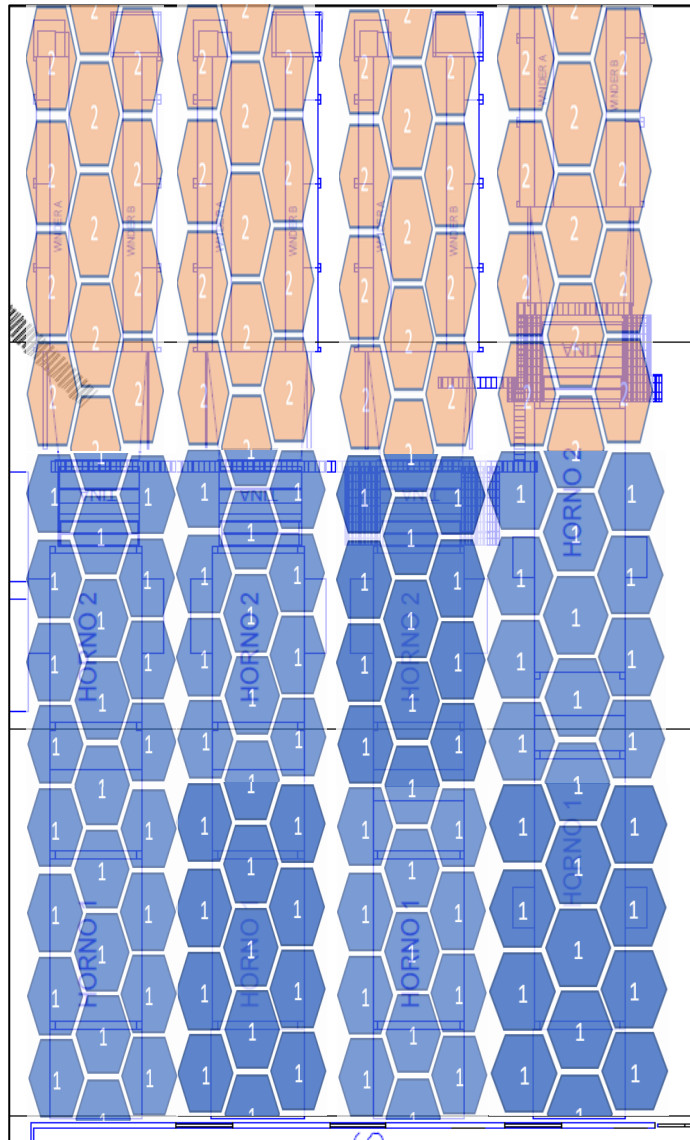


Ilustración 22 layout del área de recubrimiento [Fuente: Saint Gobain]

1. Área de recubrimiento
2. Área de rebobinado

Al tener una comprensión clara del área de recubrimiento, se pudo avanzar en la identificación de los desafíos específicos, los requisitos y las consideraciones relevantes para desarrollar un diseño óptimo del sistema de recubrimiento y garantizar un proceso eficiente y efectivo.

8.1.1 Prueba sidetank

La prueba sidetank es un procedimiento empleado en Saint Gobain Adfors que se enfoca en evaluar el plastisol utilizado para recubrir el hilo en el proceso de fabricación de mallas mosquiteras.

La prueba sidetank, como se muestra en la figura 23 se lleva a cabo colocando el aplicador a un costado de la línea de recubrimiento. Esta posición lateral del aplicador durante la prueba es la razón por la cual se le denomina "sidetank" o "tanque lateral" en español.



Ilustración 23 Prueba Sidetank, colocación del aplicador [fuente: elaboración propia]



El hilo se somete al recubrimiento con plastisol en el área de recubrimiento. Posteriormente, se lleva a cabo el proceso de curado en un horno para asegurar la adherencia y la correcta fijación del plastisol al hilo. Posteriormente se llevan a cabo diferentes pruebas para evaluar el desempeño del plastisol.

Al finalizar las pruebas, se analizan los resultados obtenidos y se comparan con los estándares y requisitos establecidos. Esto permite determinar si el plastisol utilizado cumple con las especificaciones necesarias para garantizar la calidad del recubrimiento del hilo en términos de resistencia, durabilidad y otras propiedades importantes.

8.1.2 Investigación inicial

Durante esta etapa, se llevó a cabo una investigación para comprender en detalle los problemas que tiene el rediseño actual del Sidetank. Dado que no existía una documentación previa del Sidetank y el dispositivo se utilizaba de manera provisional para las pruebas, la investigación se centró en recopilar información directamente de la experiencia práctica y las observaciones realizadas. Los pasos seguidos fueron los siguientes:

Observación directa del Sidetank en funcionamiento: Se realizaron sesiones de observación durante las pruebas periódicas del sidetank para comprender cómo se utilizaba y los desafíos que surgían durante su uso. Se prestó especial atención a los aspectos problemáticos y las limitaciones identificadas.

Análisis del dispositivo: Se revisaron los registros históricos de las pruebas anteriores del Sidetank, centrándose en los problemas documentados, las soluciones temporales implementadas y los comentarios del personal involucrado. Esto ayudó a identificar patrones y tendencias en los desafíos encontrados.

La falta de documentación presentó desafíos en la investigación inicial. Sin embargo, se pudo recopilar información relevante a través de la observación directa, las entrevistas y el análisis de la historia del dispositivo. Esto sentó las bases para comprender los problemas existentes y las áreas de mejora necesarias en el proceso de rediseño del Sidetank.

8.1.3 Reuniones con las partes interesadas.

Se llevó a cabo una reunión con las partes interesadas clave para discutir y definir los objetivos del rediseño del Sidetank. Las siguientes partes interesadas participaron activamente en la reunión:

Operadores de las líneas de recubrimiento:

Los operadores que trabajaban en las líneas de producción y utilizaban el Sidetank para realizar las pruebas. Su experiencia y perspectiva fueron fundamentales para comprender sus necesidades,

desafíos y preocupaciones relacionadas con el uso del Sidetank y su impacto en el flujo de trabajo diario. Principalmente se destacó la queja recurrente de que el Sidetank dificultaba el trabajo normal en la línea de producción.

Químico de planta y miembro del equipo de desarrollo: El químico de planta, quien también forma parte del equipo de desarrollo, desempeñó un papel clave en la reunión. Su conocimiento técnico y su experiencia en la manipulación del Sidetank durante las pruebas proporcionaron información valiosa sobre los requisitos específicos que debían abordarse en el rediseño. Además, el químico de planta expresó la necesidad de evitar riesgos ergonómicos, reducir la contaminación en la línea de producción y mejorar la facilidad de limpieza y traslado del Sidetank y su equipo asociado. Además, se realizó un estudio detallado del dispositivo mediante el modelado CAD de todas sus partes.

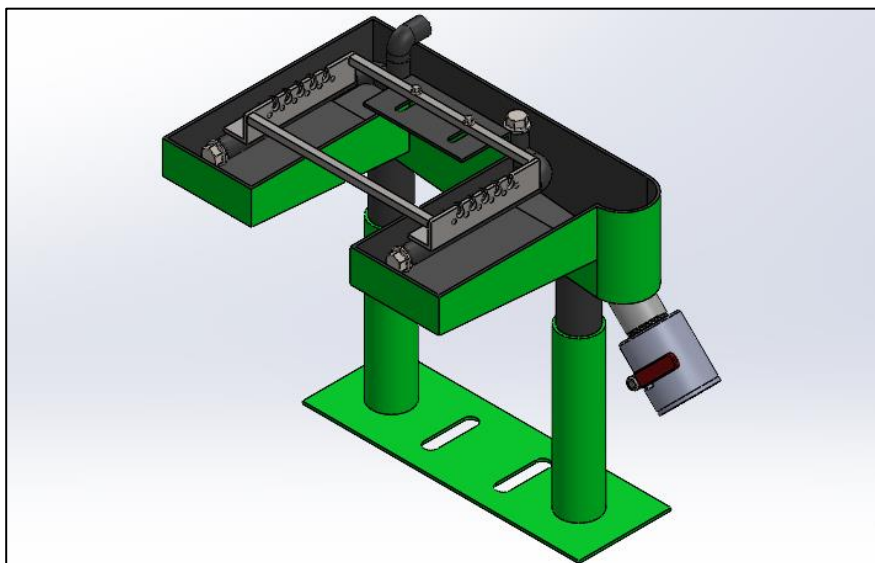


Ilustración 24 Modelado CAD del aplicador. [Fuente: elaboración propia]

Se estableció claramente que se requería un nuevo diseño de Sidetank que pudiera adaptarse a las 8 líneas de revestimiento existentes. Este nuevo diseño debía resolver los problemas mencionados anteriormente, proporcionando un soporte más robusto y resistente, y permitiendo una manipulación más fácil y segura del aplicador.

La sesión con las partes interesadas sentó las bases para la etapa de diseño y desarrollo del proyecto, al proporcionar una comprensión clara de las necesidades y desafíos a abordar en la mejora del Sidetank.

8.2 Ejecución de prueba sidetank



8.2.1 Ejecución de la prueba

La ejecución de la prueba de Sidetank tuvo como objetivo principal llevar a cabo personalmente la prueba siguiendo las indicaciones del químico de planta, quien es responsable de este proceso y se observó de cerca su funcionamiento.

Los pasos en general para la ejecución de la prueba son los siguientes:

1. Preparación de los materiales y equipos:

- Reunir todos los materiales necesarios para la prueba, como el Sidetank, el plastisol y las herramientas requeridas.
- Verificar que los equipos estén en buen estado de funcionamiento y realizar cualquier mantenimiento necesario.

2. Montaje del Sidetank en la línea de recubrimiento:

- Posicionar el Sidetank cerca de la línea de recubrimiento y asegurarse de que esté estable.
- Conectar los cables de alimentación y asegurarse de que todas las conexiones estén adecuadamente fijadas.

3. Ajuste y alineación del Sidetank:

- Alinear cuidadosamente el hilo que pasa a través del Sidetank con la nueva fórmula de recubrimiento.

4. Inicio de la prueba:

- Arrancar el Sidetank y verificar que todos los sistemas estén funcionando correctamente.
- Observar cuidadosamente el funcionamiento del Sidetank durante la prueba y registrar cualquier problema o anomalía.

5. Monitoreo y registro de datos:

- Supervisar continuamente la ejecución de la prueba, prestando atención a los parámetros de funcionamiento del Sidetank.

6. Evaluación de los resultados de la prueba:

- Analizar los datos obtenidos durante la ejecución de la prueba para identificar problemas y deficiencias.



- Comparar los resultados con los objetivos y requisitos establecidos previamente.
- Documentar los hallazgos y preparar informes para compartir con el equipo de desarrollo y otras partes interesadas.

8.2.3 Identificación de problemas

Después de tomar en cuenta toda la información recopilada y modelar el aplicador se detectaron los siguientes problemas:

1. Diseño de la tina del aplicador: La presencia de ángulos rectos y esquinas dificulta la limpieza y provoca un mal flujo del plastisol.
2. Peso excesivo del aplicador: El Sidetank es demasiado pesado, lo que dificulta su manipulación y transporte.
3. Falta de un depósito adecuado: No se dispone de un depósito lo suficientemente grande para almacenar el plastisol necesario, lo que implica rellenarlo con frecuencia.
4. Incompatibilidad con las líneas de recubrimiento: El aplicador solo puede utilizarse en algunas líneas debido a diferencias en las dimensiones y altura de aplicación.
5. Falta de soporte adicional: El Sidetank requiere un soporte adicional para su instalación y adaptación a las diferentes líneas.
6. Diferencias en las líneas de recubrimiento: Las líneas presentan variaciones en las espigas, plataformas y dimensiones máximas permitidas, lo que dificulta la estandarización del Sidetank.

Estos problemas identificados son fundamentales para orientar el proceso de rediseño y mejorar el rendimiento, la facilidad de uso y la eficiencia del Sidetank.

8.3 Bosquejos de diseño

8.3.1 Análisis de requisitos

Durante una reunión con el químico de planta, se llevó a cabo un análisis de los requisitos y especificaciones para el diseño del Sidetank. Se recopilaron las siguientes consideraciones clave:

- Carga de plastisol: Se determinó que para la ejecución de la prueba de Sidetank, se requiere una carga de plastisol de aproximadamente 20 litros. Esta cantidad se utilizó como referencia para dimensionar el depósito del Sidetank.
- Dimensiones y adaptabilidad: Se realizó un estudio de las dimensiones de las ocho líneas de recubrimiento existentes. Se recopilaron las medidas exactas de cada línea y se creó una tabla que muestra las medidas exactas de cada línea. Esta tabla fue utilizada como referencia para el diseño del Sidetank, asegurando su adaptabilidad a cada una de las líneas. A continuación, se presentan las dimensiones recopiladas de las ocho líneas de recubrimiento:

LÍNEA	Ancho de Plataforma (a) cm	Largo de Plataforma (b) cm	Altura de Plataforma (h) cm	Separación de hilo (espigas) (c) mm	Altura (H)	Lado de Posición
1	55	60	35	25.5	98-102	41-80
2	60	55	35	19.1	98-102	1-40
3	60	55	35	19.1	92-97	41-80
4	55	55	35	19.1	95-101	1-40
5	60	55	35	25.5	97-102	41-80
6	55	NA	S/P	25.5	92-97	1-40
7	40	NA	S/P	25.5	93-97	AMBOS
8	NA	NA	40	25.5	100-110	41-80

Tabla 4 Dimensiones de plataformas en líneas de recubrimiento. [Fuente: elaboración propia]

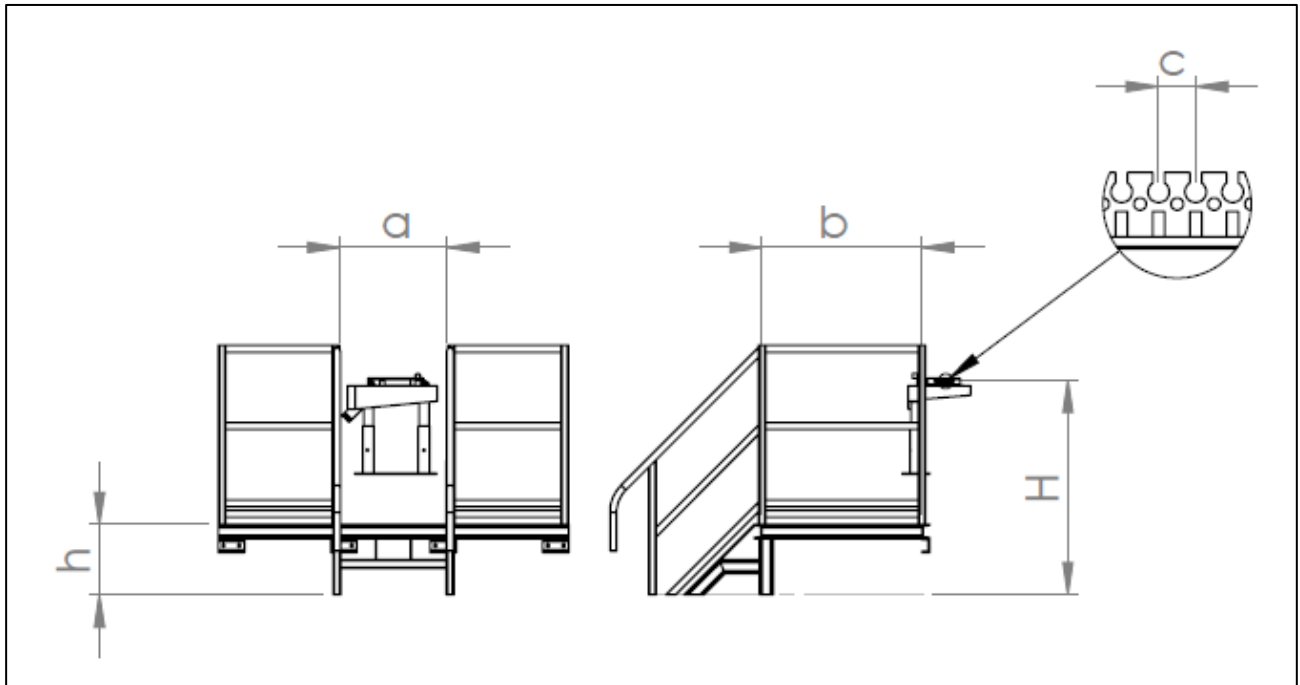


Ilustración 25 Distancias permisibles para instalación del aplicador. [Fuente: elaboración propia]

- Métodos de aplicación: Se tomó en cuenta la existencia de dos métodos de aplicación de plastisol en las líneas de recubrimiento: aplicación en fuente y aplicación en cascada. La aplicación en fuente consiste en suministrar el plastisol directamente sobre la superficie a recubrir. La aplicación en cascada implica verter el plastisol desde una altura para que fluya y se distribuya de manera uniforme.
- Facilidad de limpieza: Se tomó la decisión de utilizar el solvente en lugar del plastisol para la circulación en el Sidetank al finalizar la prueba. Esto permite una limpieza más efectiva al eliminar los residuos de plastisol y garantizará un flujo adecuado en el equipo. En lugar de diseñar un sistema de recirculación específico, se optó por aprovechar el mismo proceso de circulación utilizado para el plastisol, pero utilizando el solvente como agente de limpieza.

- Selección del material: Después de evaluar diferentes opciones de materiales, se tomó la decisión de fabricar el nuevo Sidetank utilizando metal debido a las propiedades de resistencia y durabilidad que ofrece.
- Métodos de aplicación: Se tienen dos métodos de aplicación de plastisol en la planta (aplicación en cascada y aplicación en fuente), pero el aplicador está adaptado solo para aplicación en fuente.

8.3.2 Diseño conceptual.

En la etapa de diseño conceptual del Sidetank, se consideraron diferentes sistemas o mecanismos para su movimiento y ajuste. Estos incluyeron el actuador lineal, sistemas de levas y seguidores, sistemas de manivela y biela, sistemas de accionamiento por correa y el tornillo sin fin.

A continuación, se presentan las ventajas y desventajas generales de cada uno de estos mecanismos con relación al Sidetank:

1. Actuador lineal: Este mecanismo utiliza un sistema de motor eléctrico o hidráulico para generar un movimiento lineal. Una ventaja de este sistema es su precisión y capacidad de ajuste. Sin embargo, su implementación puede requerir componentes adicionales y un espacio adecuado para su instalación, lo cual debería no ser viable en el caso del Sidetank debido a restricciones de espacio y la preferencia de evitar componentes eléctricos.



Ilustración 26. Actuador lineal

2. Sistemas de levas y seguidores: Estos sistemas utilizan una leva para convertir el movimiento rotatorio en un movimiento lineal. Proporcionan una buena precisión y control, pero pueden requerir un diseño más complejo y un mayor espacio para su implementación. Además, su ajuste fino puede ser más limitado en comparación con otros mecanismos.

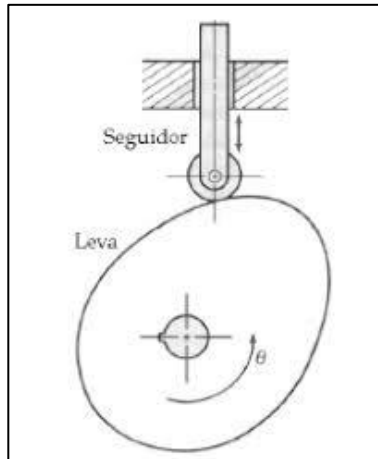


Ilustración 27. Sistemas de levas y seguidores

3. Sistemas de manivela y biela: Estos mecanismos convierten el movimiento rotatorio en un movimiento lineal a través de una manivela y una biela. Son relativamente simples y ofrecen un buen control y ajuste. Sin embargo, pueden requerir un mayor espacio para su instalación y pueden presentar limitaciones en términos de precisión.

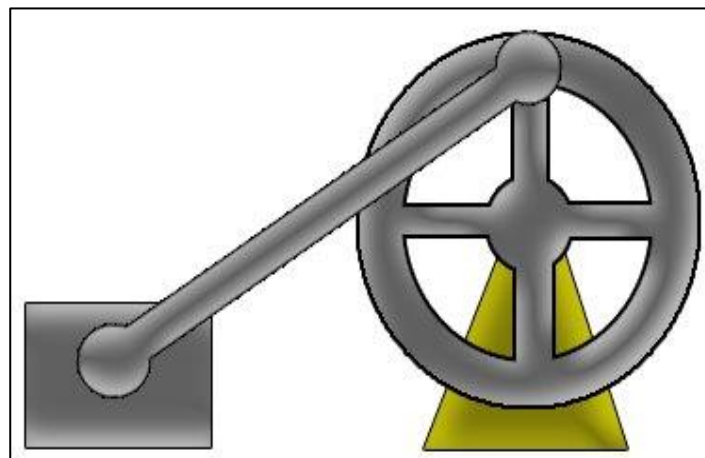


Ilustración 28. Sistemas biela manivela.

4. Sistemas de accionamiento por correa: Estos sistemas utilizan correas para transmitir el movimiento de un componente a otro. Proporcionan una buena flexibilidad y facilidad de ajuste, pero pueden requerir una mayor complejidad en términos de montaje y mantenimiento. Además, pueden presentar deslizamiento y pérdida de precisión en comparación con otros mecanismos.

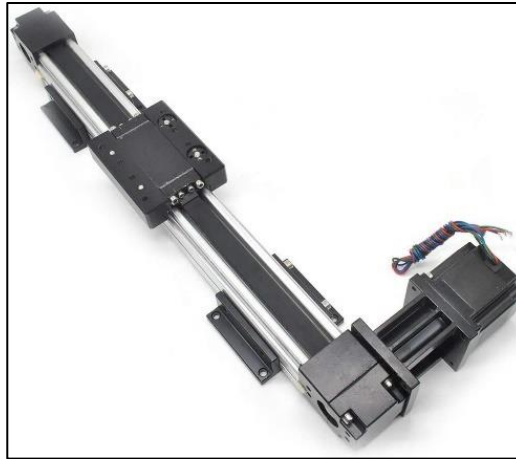


Ilustración 29. Sistema de accionamiento por correa.

5. Tornillo sin fin: Este mecanismo utiliza un tornillo con una rosca en espiral para convertir el movimiento rotatorio en un movimiento lineal. El tornillo sin fin ofrece un ajuste fino y preciso, lo que lo hace ideal para aplicaciones donde se requiere un alineamiento preciso, como en el caso del Sidetank. Además, su diseño compacto permite un uso eficiente del espacio disponible.

Una desventaja potencial del tornillo sin fin es la posibilidad de un mayor desgaste debido al contacto entre la rosca y el tornillo, pero esto puede mitigarse con el uso de materiales y lubricación adecuados.

Durante el proceso de modelado, se diseñaron y ensamblaron los componentes del Sidetank, incluyendo el cuerpo principal, los mecanismos de ajuste y movimiento, y las interfaces con las líneas de recubrimiento existentes. Se utilizaron las herramientas de modelado de SOLIDWORKS para definir las formas, dimensiones y características de cada componente. Para la propuesta 1 se tiene:

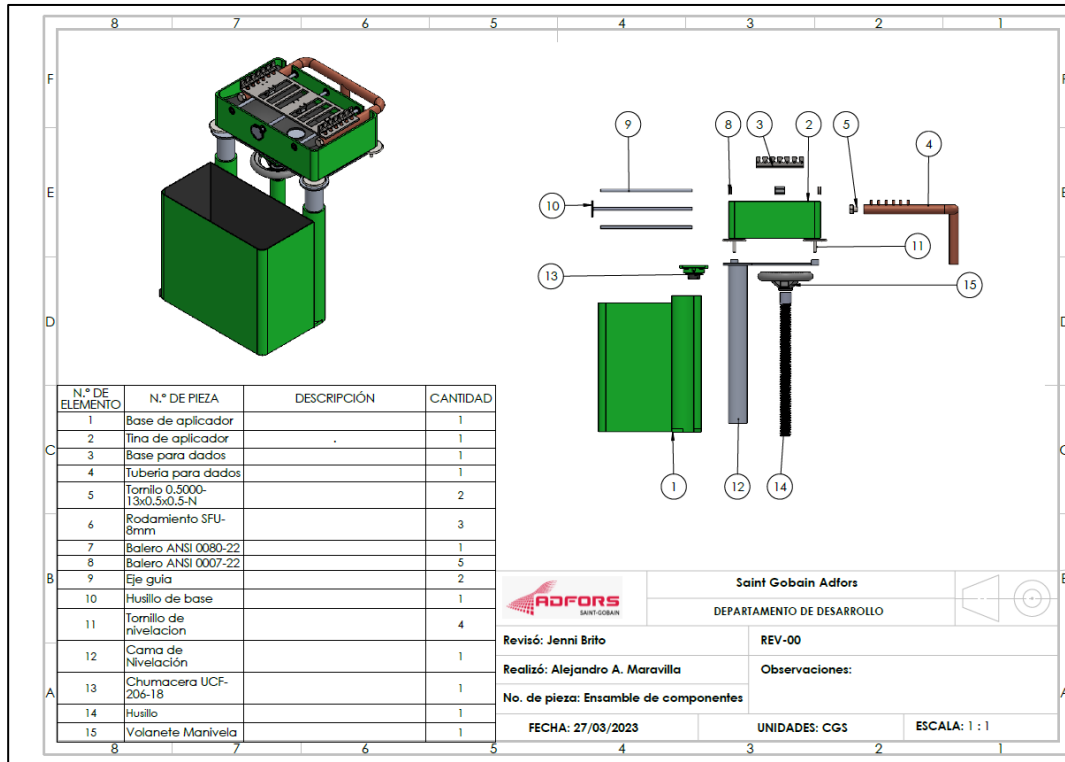


Ilustración 31 Vista explosionada de aplicador; propuesta 1 [Fuente: elaboración propia]

Ahora para la propuesta 2 se tiene:

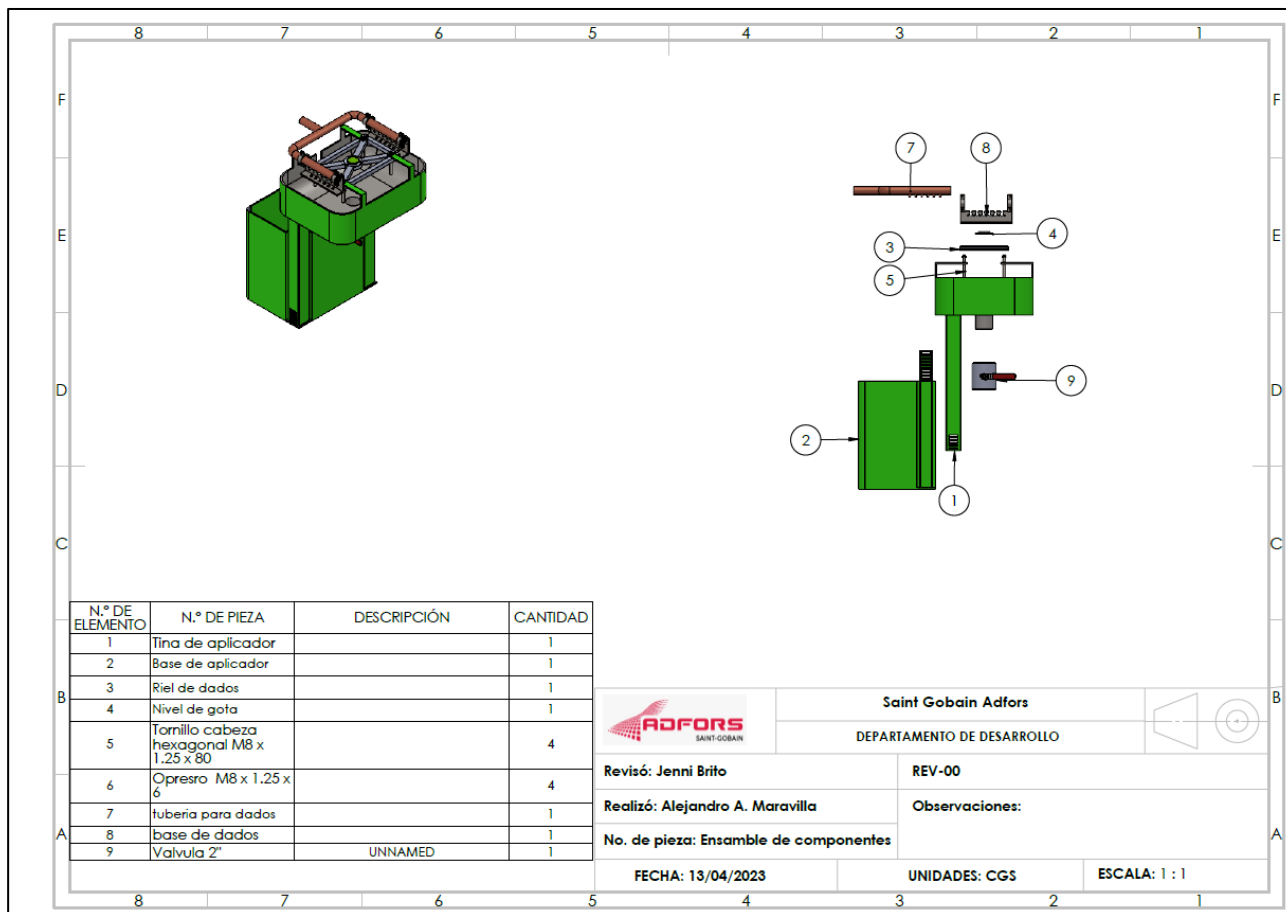


Ilustración 32 Vista explosionada de aplicador, propuesta 2. [Fuente: elaboración propia]

8.4 Revisiones de diseño

8.4.1. Presentación de diseño

En la primera propuesta de diseño, los cuales se pueden observar en el anexo I, se convocó a una reunión en la cual estuvieron presentes el gerente del área de desarrollo, el químico de planta y el coordinador de inversiones, quien anteriormente había ocupado un puesto en el área de mantenimiento, y su experiencia fue sumamente importante para la evaluación de viabilidad del sidetank en términos de maquinado. Durante esta presentación, se expusieron los detalles del diseño conceptual del Sidetank y se invitó a los asistentes a proporcionar sus comentarios y sugerencias.

En general, los comentarios recibidos se centraron en la simplificación del diseño del Sidetank. Se consideró importante reducir la complejidad del sistema, tanto en términos de componentes como de funcionalidades, con el fin de facilitar su fabricación, mantenimiento y operación.



La presentación de la primera propuesta de diseño del Sidetank permitió recibir comentarios importantes por parte de los presentes en la reunión.

En la segunda presentación de diseños propuestos en el anexo II, se tomó en cuenta los comentarios y observaciones realizados durante la primera presentación. Estos comentarios fueron cuidadosamente analizados y considerados para mejorar y optimizar el diseño inicial del Sidetank.

Se realizaron modificaciones y ajustes en el segundo diseño preliminar con el objetivo de abordar las sugerencias planteadas. Se tuvo en cuenta la necesidad de simplificar el diseño. Se realizaron cambios en la disposición de componentes y los sistemas de ajuste y fijación.

Durante esta etapa, se llevó a cabo una revisión de cada modificación realizada, asegurándose de que los cambios propuestos fueran coherentes con los requisitos técnicos y las expectativas del cliente.

En resumen, se realizaron modificaciones y ajustes en el segundo diseño preliminar para abordar las sugerencias planteadas y mejorar la viabilidad y funcionalidad del Sidetank.

8.4.2. Selección de diseño

Después de una cuidadosa evaluación de los dos diseños propuestos, se procedió a realizar la selección del diseño más adecuado para el Sidetank. En la primera presentación, se recibieron comentarios y sugerencias por parte del gerente del área de desarrollo, el químico de planta y el coordinador de inversiones. Estos comentarios apuntaban a simplificar el diseño del Sidetank y hacerlo más manejable.

Considerando estos comentarios, se realizó una segunda presentación con los dos diseños preliminares. En general, se encontró que el primer diseño, a pesar de contar con más componentes, ofreció una serie de ventajas importantes, este diseño permitió un mejor ajuste de alineación del Sidetank y garantizaba una mayor comodidad en su uso.

Por otro lado, el segundo diseño, aunque presentaba una menor cantidad de componentes, resultaba incómodo y complicado de manejar en comparación con el primero. Se observaron dificultades en términos de ajuste, alineación y manipulación del Sidetank, lo que podría afectar la eficiencia y la productividad del proceso de recubrimiento.

Tras evaluar minuciosamente ambas propuestas, se tomó la decisión de seleccionar el primer diseño. A pesar de su mayor complejidad, se consideró que este diseño ofrecía una solución más práctica y cómoda en su implementación. Permitiría un ajuste preciso, una alineación sencilla y una mayor facilidad de uso para el personal encargado.

La elección del diseño se basó en la búsqueda de un equilibrio entre funcionalidad, comodidad y eficiencia. Se priorizó que el Sidetank cumpliera sus objetivos de manera efectiva sin generar



complicaciones adicionales en su uso. Con esta selección, se garantiza que el Sidetank sea una herramienta confiable y eficiente en el proceso de recubrimiento.

8.4.3. Ingeniería de detalle de la propuesta seleccionada.

Una vez seleccionado el diseño del Sidetank, se procedió a realizar la ingeniería de detalle del modelo elegido. Esta etapa consistió en profundizar en los aspectos técnicos y específicos del diseño, con el objetivo de definir todos los elementos y características necesarios para su fabricación y funcionamiento óptimo.

Durante esta fase, se llevaron a cabo diversas tareas, tales como la especificación de materiales y componentes, la determinación de dimensiones precisas, la elaboración de planos detallados y la realización de cálculos estructurales.

8.4.3.1 *Material seleccionado.*

Durante el proceso de selección de materiales para el Sidetank, se consideraron diferentes opciones en base a la experiencia y conocimientos del ingeniero Julio García, (coordinador de inversiones y antiguo jefe del área de mantenimiento). Tras evaluar diversas alternativas, se determinó que los materiales ideales para este proyecto son los siguientes:

- Acero al carbón 1018: Este tipo de acero es conocido por su buena soldabilidad y resistencia a la corrosión. Además, es ampliamente disponible y de costo moderado, lo que lo convierte en una opción atractiva para componentes no expuestos directamente al plastisol.
- Acero al carbón 1046: Similar al acero 1018, el acero 1046 también es conocido por su soldabilidad y resistencia a la corrosión. Es una opción adecuada para componentes estructurales que requieren una mayor resistencia y rigidez.
- Acero inoxidable 304: El acero inoxidable 304 es un material altamente resistente a la corrosión y ampliamente utilizado en entornos químicos. Es adecuado para componentes expuestos directamente al plastisol y que requieren una mayor durabilidad.
- Acero inoxidable 316: Similar al acero inoxidable 304, el acero inoxidable 316 ofrece una mayor resistencia a la corrosión, especialmente en ambientes agresivos. Es una opción preferida para componentes que estarán en contacto constante con el plastisol y que requieren una mayor resistencia a la corrosión.

La selección de estos materiales se basó en la compatibilidad con el plastisol y la resistencia a la corrosión. Cada uno de ellos tiene sus propias ventajas y características, por lo que se determinó utilizar una combinación de ellos en el diseño del Sidetank, teniendo en cuenta las necesidades específicas de cada componente y su función en el sistema.

Es importante destacar que la selección de materiales se realizó con el objetivo de garantizar la durabilidad, resistencia y rendimiento del Sidetank en el entorno de trabajo. Asimismo, se consideraron aspectos económicos y de disponibilidad para asegurar la viabilidad del proyecto.

8.4.3.2 Fuerzas ejercidas sobre los ejes

Se creó un plano de referencia específico para llevar a cabo un análisis estático del conjunto de piezas: tubería de aplicador, base para dados y rodamientos lineales. (véase la figura 33), este análisis permitió evaluar cómo las fuerzas y las cargas externas afectan las diferentes partes del conjunto y cómo responden a ellas.

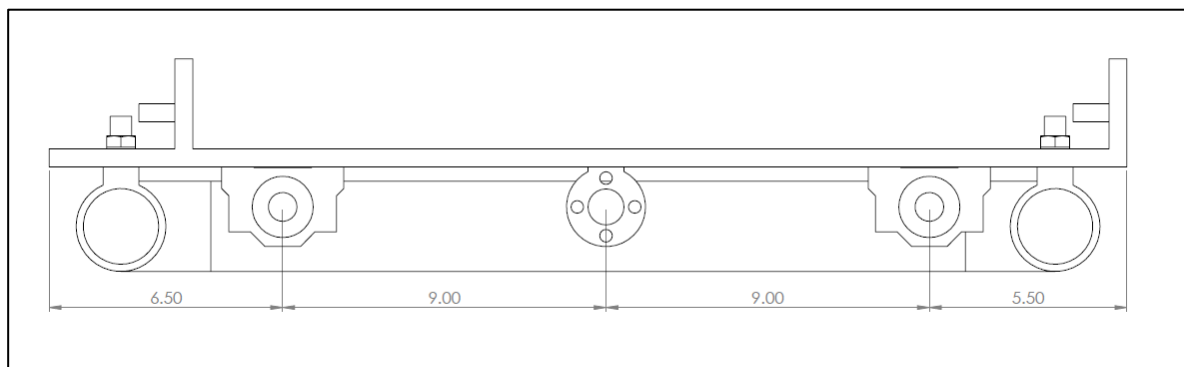


Ilustración 33 Plano del conjunto Base para dados, tubería para dados y Rodamiento lineal.

[Fuente: elaboración propia]

Con la ayuda de SolidWorks, se pudo obtener un peso estimado de 3 kg para el conjunto de piezas. Esta estimación se basa en el modelado 3D de las diferentes componentes del conjunto, teniendo en cuenta las propiedades de los materiales utilizados. Véase la figura 34.

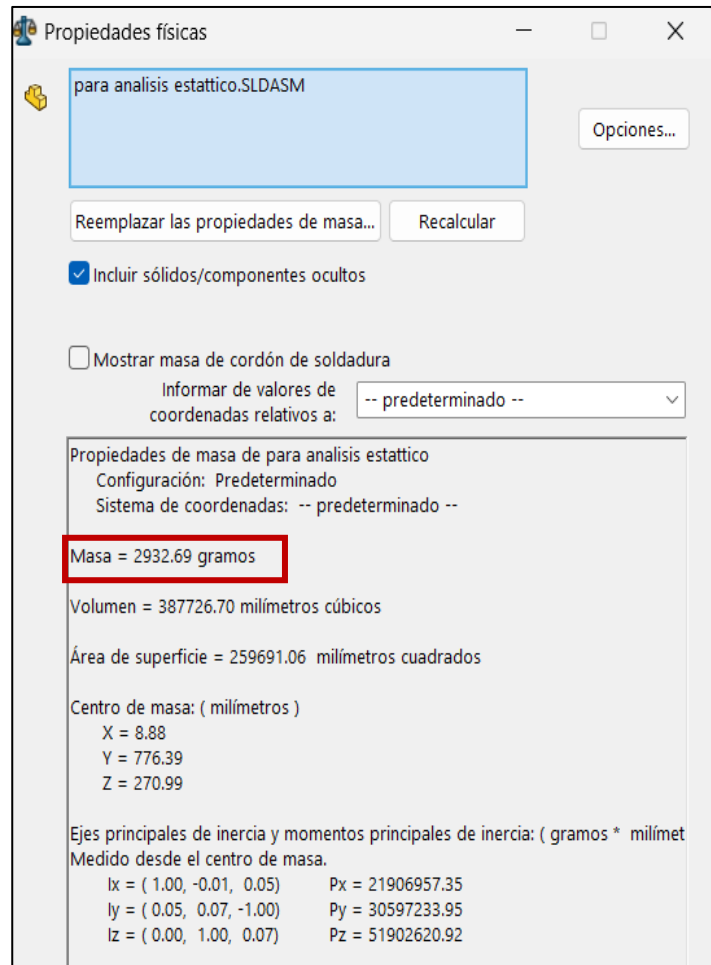


Ilustración 34 Propiedades del conjunto de piezas [Fuente: Elaboración propia.]

Una vez obtenido el centro de masa del conjunto, se procedió al análisis estático para comprender cómo actúan las fuerzas sobre los rodamientos lineales y la tuerca ACME en el conjunto. Aunque el peso real del conjunto es de 3 kg, con fines de seguridad y considerando circunstancias extremas, se realizó el análisis estático considerando una carga de 9 kg.

Al realizar el análisis estático con una carga de 9 kg, se busca garantizar que el conjunto sea capaz de soportar condiciones más exigentes y mantener su integridad estructural bajo situaciones extremas. Esta aproximación conservadora se utiliza para asegurar que el conjunto tenga un margen de seguridad adicional y cumpla con los requisitos de resistencia y estabilidad incluso en condiciones inesperadas o con cargas más elevadas de lo esperado.

Con la ayuda de la herramienta en línea: <https://deflection.app/design> , se llevaron a cabo cálculos detallados para obtener información precisa sobre las reacciones en los rodamientos lineales. Por lo tanto, se obtuvo lo siguiente:

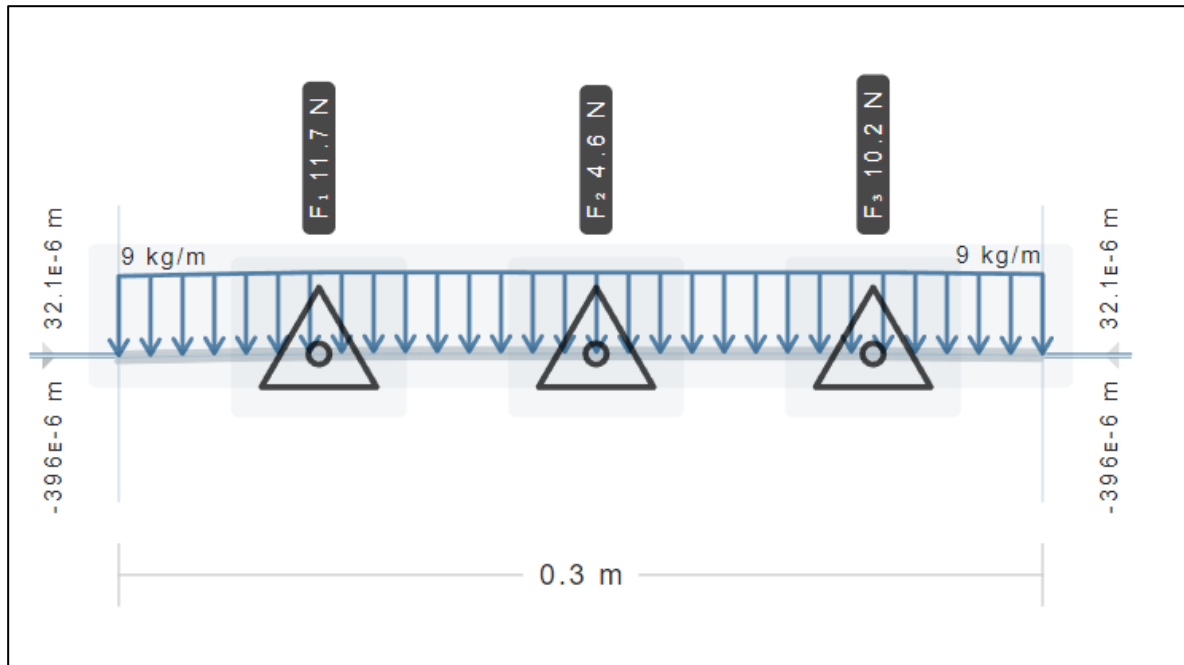


Ilustración 35. Resultado de reacciones en los rodamientos lineales y husillo. [Fuente:

<https://deflection.app/design/DLN92sBeRM6RzS3zzAteww?language=es>].

Al observar detenidamente la imagen resultante de los cálculos realizados (Figura 35), es evidente que los rodamientos lineales desempeñan un papel fundamental en el soporte del conjunto. Según los cálculos realizados, se determinó que los rodamientos lineales reciben una fuerza aproximada de entre 11.7 y 10.2 newtons.

8.4.3.3 Cálculo del diámetro del eje

Para calcular el diámetro correcto del eje y determinar el material necesario para soportar la carga del conjunto, es importante tener en cuenta que este conjunto de piezas se puede mover a lo largo de todo el eje.

Sin embargo, se realizó el análisis suponiendo que el conjunto se encuentra en la mitad del eje, donde se producirá el mayor esfuerzo flexionante:

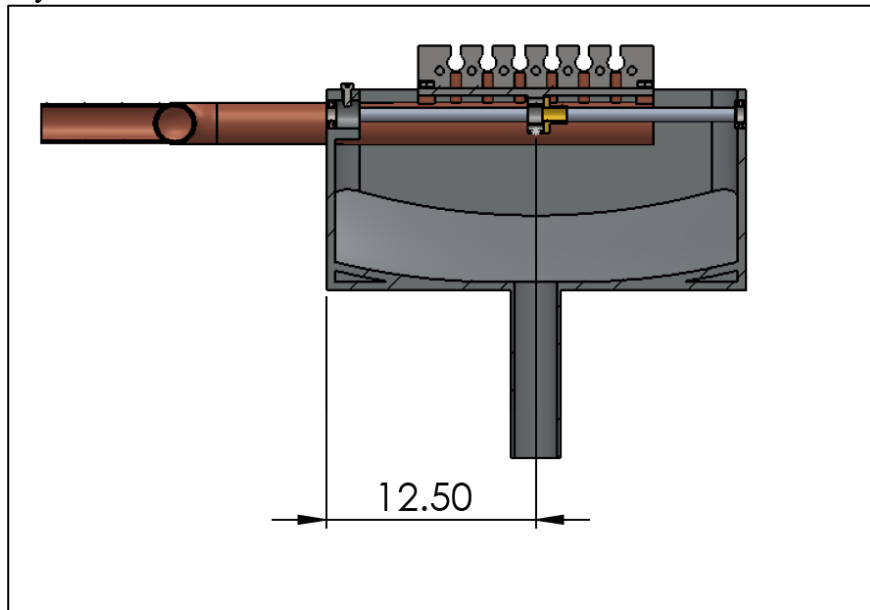


Ilustración 36, Vista seccionada del conjunto de piezas del aplicador. [Fuente: Elaboración propia]

Considerando que la fuerza aplicada en cada rodamiento es de 11.7N y 10.2N respectivamente, se consideró una fuerza mayor que es de 30 N para determinar el momento flexionante máximo y, posteriormente, calcular el diámetro y seleccionar el material adecuado para el eje, se determinó el momento flexionante máximo utilizando la fórmula, y debido a que el eje se encuentra en un momento estacionario se puede analizar como si fuera una viga, véase la figura 36.

Según Shigley la deflexión (δ) en el centro de una viga simplemente apoyada sometida a una carga puntual se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$\delta = \frac{(F * L^3)}{(48 * E * I)}$$

Donde:



δ es la deflexión en el centro de la viga.

F es la carga aplicada en la viga.

L es la longitud de la viga.

E es el módulo de elasticidad del material de la viga.

I es el momento de inercia de la sección transversal de la viga.

Como se mencionó anteriormente, se identificaron 4 opciones de acero adecuadas para la fabricación del aplicador, entre ellos esta: el acero 1018 y el acero 1046. Estos aceros tienen diferentes módulos de elasticidad (módulos de Young) asociados a ellos.

El acero 1018 tiene un módulo de Young aproximado de 200 GPa (gigapascals), mientras que el acero 1046 tiene un módulo de Young aproximado de 210 GPa. Estos valores representan la medida de la rigidez del material y son importantes para calcular las deflexiones y los esfuerzos en el eje.

Además, para calcular el momento de inercia de un círculo, se utiliza la fórmula:

$$I = \frac{(\pi * r^4)}{4}$$

Donde I es el momento de inercia y r es el radio del círculo. Sustituyendo el valor de I, tenemos:

$$\delta = \frac{F L^3}{\left(48 * E * \frac{(\pi * r^4)}{4}\right)}$$

$$\delta = \frac{F L^3}{\frac{48 E \pi r^4}{4}}$$

$$\delta = \frac{F L^3}{12 E \pi r^4}$$

Despejando r se tiene:

$$r = \sqrt[4]{\frac{F L^3}{12 E \pi \delta}}$$

Asumiendo que se desea una deflexión deseada (δ) se consideró $\delta=0.0005\text{m}$ o 0.5mm , ya que se buscó una deflexión mínima. Sustituyendo:

$$r = \sqrt[4]{\frac{30 \text{ N} * (0.25\text{m})^3}{12 * 210\text{GPa} * \pi * 0.0005\text{m}}}$$

$$r = \sqrt[4]{\frac{0.46875\text{Nm}^3}{3.9558\text{Gpam}}}$$

$$r = 3.299\text{mm}$$

$$d = 2r = 2 * 3.299\text{mm} = 6.5986\text{mm}$$

En base al cálculo realizado, se obtuvo un diámetro aproximado de 6.5 mm para el eje. Sin embargo, al considerar los aspectos prácticos y económicos, se decidió mantener el diseño propuesto en la etapa de ingeniería conceptual, utilizando un eje de 8 mm de diámetro.

Esta decisión se basó en que el diámetro de 8 mm no presenta desventajas significativas en términos de costo excesivo o complicaciones adicionales en el proceso de fabricación. Aunque el diámetro inicialmente calculado es ligeramente inferior, se consideró que el margen de seguridad adicional proporcionado por el eje de 8 mm es suficiente. En este caso, se tomó la determinación de optar por un diámetro ligeramente mayor para asegurar la robustez y confiabilidad del conjunto, sin incurrir en costos excesivos o complicaciones innecesarias en la fabricación.

8.4.3.4 Selección de método de retención del eje

Dado que el eje en cuestión no está sometido a cargas axiales, cargas de potencia o torque, y la única fuerza que actúa sobre el eje es de solo 15 N en cada uno de sus extremos, sin ninguna aplicación compleja adicional, se tomó la decisión de seleccionar un anillo de retención del mismo diámetro que el eje. Esta elección se basó en la simplicidad y la eficiencia del anillo de retención para asegurar y posicionar el eje sin la necesidad de componentes adicionales o sistemas más complejos.

Al mantener el mismo diámetro del eje, el anillo de retención se ajustará de manera segura y proporcionará la sujeción necesaria para evitar cualquier movimiento no deseado del eje durante su funcionamiento.

Además, es importante destacar que no es necesario especificar un anillo de retención o un fabricante en particular para esta aplicación. Dado que las cargas y condiciones de funcionamiento son relativamente bajas y sencillas, existe una amplia variedad de opciones de anillos de retención disponibles en el mercado que pueden cumplir con los requisitos de sujeción del eje.

8.4.3.5 Selección del rodamiento lineal:

Para la selección del rodamiento lineal, se consultó el catálogo de rodamientos lineales de la empresa NTN-SNR, un fabricante reconocido que ofrece una amplia distribución en México. Específicamente, se revisó la sección de rodamientos de bolas estándar y reengrasables.

Según la información proporcionada por el fabricante, “los soportes para rodamientos lineales ofrecen ventajas significativas en términos de reducción de costos de fabricación. La capacidad de fijación mediante atornillado facilita la integración del soporte, y el cuerpo de aluminio ultrarrígido, de bajo peso, permite lograr altas aceleraciones y velocidades”



Ilustración 37 Rodamiento serie LSE [Fuente: NTN-SNR]

Al consultar el catálogo de rodamientos lineales de NTN-SNR, se ha verificado que cuentan con modelos aptos para el eje de 8 mm de diámetro que se seleccionó en la sección anterior.

Dimensiones [mm]				Capacidad de carga dinámica [N]	Capacidad de carga estática [N]	Peso [g]	Referencia
M	P	K	S				
M5	8	11	4,2	416	784	175	LSE12UU
M6	10	13	5,2	432	892	260	LSE16UU
M8	11	18	6,8	877	1 370	442	LSE20UU
M10	15	22	8,6	908	1 570	885	LSE25UU
M10	15	22	8,6	1 584	2 740	1330	LSE30UU
M12	18	26	10,3	2 357	4 020	2 570	LSE40UU

Tabla 5.Especificaciones rodamientos lineales [Fuente: NTN-SNR]

El rodamiento lineal LSE20UU seleccionado cumple con creces las necesidades del conjunto. Además de su compatibilidad con el diámetro de eje de 8 mm, este rodamiento ofrece una serie de ventajas adicionales que lo hacen especialmente adecuado.



8.4.3.6 Cálculo de calibre de lámina del aplicador.

Para seleccionar el ancho de la lámina o perfil de lámina con el cual se fabricará el aplicador, se retomó la figura 36 y se consideró la fuerza propuesta de 30 N, la cual se distribuye de manera equitativa entre los dos soportes del conjunto. Por lo tanto, cada soporte recibe una fuerza de 15 N respectivamente.

Nuevamente se hizo el cálculo aumentando la fuerza a 45N. para este caso
Para el cálculo del esfuerzo aplastante en cada soporte, considerando una fuerza de 45 N, se utilizó la fórmula de esfuerzo aplastante.

La fórmula para el esfuerzo aplastante es:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Donde:

σ es el esfuerzo aplastante.

F es la fuerza aplicada.

A es el área de contacto.

Para determinar el área de contacto se planteó como ejemplo que se utilizará lámina de acero de 1018 de calibre

18, utilizando la figura 38 como referencia, se puede observar la forma y dimensiones de la lámina, así como la zona de contacto con la carga aplicada.

Mediante la figura se identificó el área de contacto entre la lámina de acero y la carga. Esta área de contacto puede tener una forma rectangular.

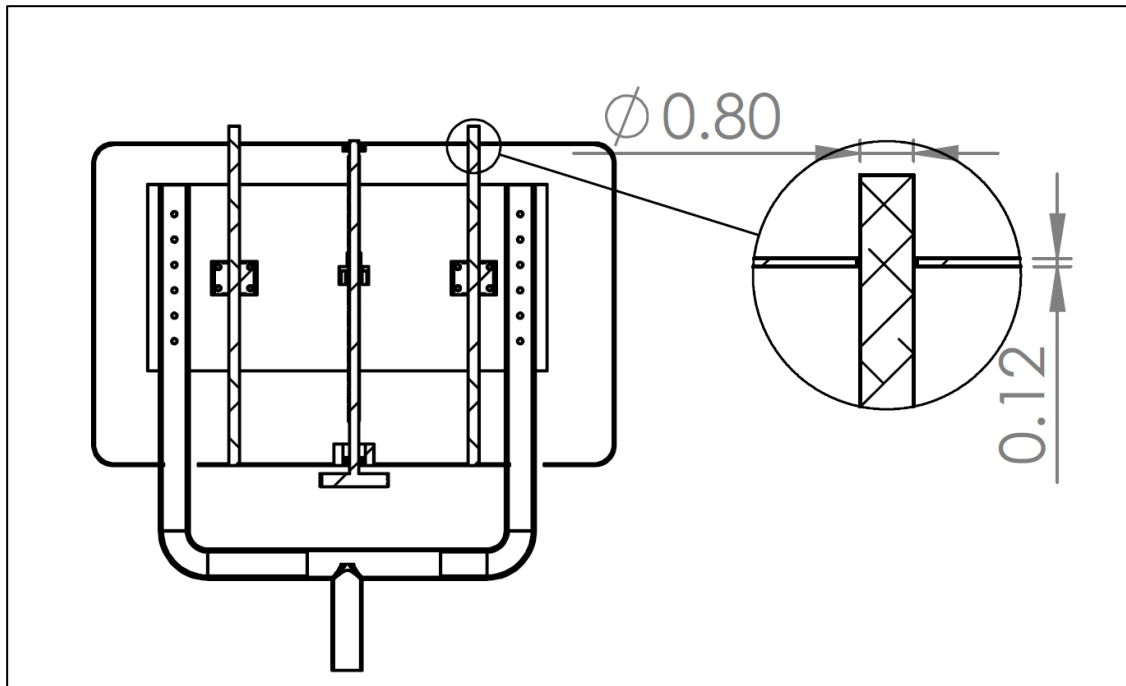


Ilustración 38. Área de contacto del esfuerzo aplastante.

Utilizando la fórmula del área de un rectángulo, se determinó que el área de contacto de la lámina de acero de calibre 18, con un ancho de 8 mm y un espesor de 1.21 mm, es de 9.68 mm². Esta área de contacto es importante para evaluar la distribución de la carga y la resistencia del material en el aplicador.

Ahora, el esfuerzo cortante es:

$$\sigma = \frac{45N}{9.68 \times 10^{-6} m^2} = 4648760.331 Pa$$

El acero 1018 tiene una resistencia a la compresión típica de alrededor de 370 MPa, que es mucho mayor que el esfuerzo de aplastamiento calculado. Esto significa que la lámina de acero de calibre 18 de acero 1018 es capaz de soportar la fuerza de aplastamiento de 45 N sin exceder su resistencia a la compresión.

8.4.3.7 Cálculo de deformaciones del aplicador (cama de nivelación)

Se llevó a cabo un análisis de deformación en la pieza conocida como cama de nivelación. Utilizando simulaciones en SolidWorks, se evaluó la resistencia y comportamiento de esta pieza bajo una carga de 30 kg, que es la carga máxima esperada para la pieza que el Sidetank debe soportar. Sin embargo, es importante destacar que la propia pieza que se coloca en el Sidetank tiene un peso de solo 12 kg. (figura 39).

La elección de una carga de 30 kg como carga máxima se realizó para tener en cuenta posibles factores de seguridad y considerar escenarios de trabajo más exigentes.

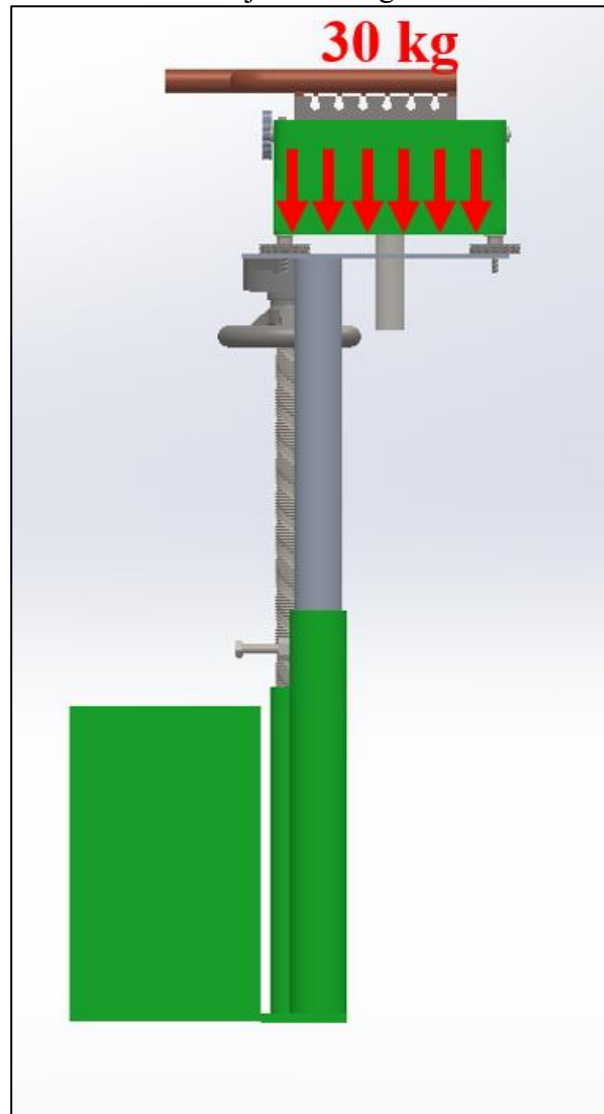


Ilustración 39 Fuerzas que se ejercen sobre la cama de nivelación. [Fuente: elaboración propia].

Se determinó que la deformación máxima de la cama de nivelación del Sidetank fue de apenas 0.348 mm bajo esta carga de 30 kg. Esto indica que la pieza es lo suficientemente resistente para soportar dicha carga y asegurar un funcionamiento adecuado del equipo.

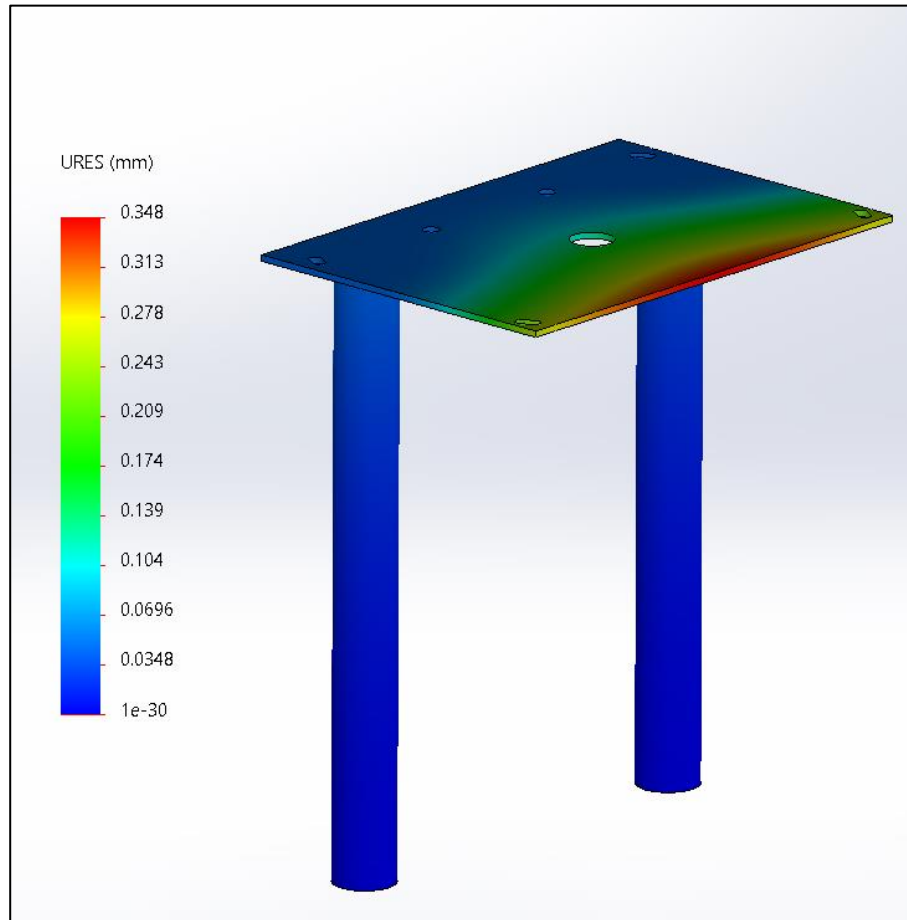


Ilustración 40 Simulación de deformaciones de la "cama de nivelación" [Fuente: elaboración propia]

Los cálculos estructurales y simulaciones en SolidWorks permitieron evaluar y validar el diseño de la cama de nivelación del Sidetank, asegurando que cumpla con los requisitos de resistencia y rigidez necesarios para su correcto funcionamiento. Estos análisis proporcionan una mayor confianza en la integridad estructural del equipo y contribuyen a la optimización de su rendimiento en el proceso de recubrimiento.



8.4.3.8 Cálculo de tornillos de potencia.

Para el cálculo del tornillo de potencia, se consideraron diversos parámetros para garantizar su resistencia y funcionamiento adecuado. A continuación, se describen los principales aspectos considerados en el cálculo:

- Carga máxima: Se consideró un tornillo de potencia capaz de soportar una carga máxima de 30 kg, correspondiente al peso de la tina de aplicación del Sidetank.
- Fuerza aplicada por el operador: También se consideró la capacidad del operador para aplicar la fuerza o el torque necesario para levantar la tina de aplicación. Se realizó una evaluación de la fuerza máxima que un operador promedio puede ejercer de manera cómoda y segura.

En el contexto en el que el aplicador se encuentra en estado estático la mayor parte del tiempo, los criterios de selección para el husillo, como el diámetro y material, se enfocaron principalmente en asegurar que el husillo no obstaculice, e incluso facilite, el movimiento manual de subir y bajar la tina del aplicador.

Para garantizar esto, se consideró el diámetro adecuado del husillo. Un diámetro apropiado permitirá un movimiento suave y sin esfuerzo al ajustar la posición de la tina. Además, es necesario evaluar el material del husillo para asegurarse de que sea lo suficientemente resistente y duradero para soportar las cargas y movimientos repetidos sin comprometer su integridad.

Ahora bien, se sabe que la fuerza máxima que puede ejercer un hombre promedio con el brazo es de 20 kilogramos fuerza y para el caso de una mujer promedio tenemos que puede ejercer una fuerza de máximo 12 kilogramos fuerza y dado que el accionamiento de nuestro tornillo son fin es de forma manual debemos calcular y encontrar un tornillo sin fin con el que podamos subir y bajar el aplicador sin hacer tanto esfuerzo, o, en otras palabras, que sea ergonómico.

Para calcular el tornillo de potencia se tiene que el todo el conjunto de piezas del aplicador a excepción pesa alrededor de 15 kg, pero en este caso se calculó con peso de 30 kg.

Los tornillos seleccionados fueron tornillos sin fin de rosca Acme ya que las roscas Acme tienen una mayor eficiencia, capacidad de carga mejorada, durabilidad y precisión mejorada en comparación con otros tipos de roscas estándar, lo que las hace ideales en sistemas de maquinaria y transmisión de movimiento y potencia.

Ahora la fuerza para levantar este peso se calculó de la siguiente manera:



$$f = m \cdot a$$

Donde:

$$a = 9.81 \frac{m}{s^2}, \quad m = 30 \text{ kg}$$

Entonces:

$$f = 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 30 \text{ kg}$$

$$f = 294.3 \text{ N}$$

Ahora, se sabe que T_R para se calcula para subir una carga y T_L para bajar la carga. Y dado que T_R siempre será mayor que T_L , solo se usó la fórmula para T_R .

$$T_R = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{l + \pi f_c d_m}{\pi d_m - f_c l} \right) + \frac{F f_c d_c}{2}$$

Obteniendo los datos de la tabla 2, para un tornillo de 1.25 pulgadas, entonces se tiene que:

$$F = 294.3 \text{ N} \quad d_m = 29.210 \text{ mm} \quad l = 5.080 \text{ mm} \quad d_c = 47 \text{ mm} \\ f_c = 0.25$$

Sustituyendo:

$$T_R = \frac{294.3 \text{ N} * 0.029210 \text{ m}}{2} \left(\frac{0.00508 \text{ m} + \pi * 0.25 * 0.029210 \text{ m}}{\pi * 0.029210 \text{ m} - 0.25 * 0.00508 \text{ m}} \right) + \frac{294.3 * 0.25 * 0.047}{2}$$

$$T_R = 4.29825 * 0.3096435 + 1.72901$$

$$T_R = 1.331 + 1.72901$$

$$T_R = 3.0599 * m$$

Por lo tanto, se requiere de un torque aproximado de 3.0599N *m para poder subir el aplicador. Ahora, se sabe que una mujer puede ejercer por lo menos 12 kg fuerza con los brazos, esto puede variar muchas veces con la posición del cuerpo humano durante la acción de esta fuerza.

La medida del volante-manivela que se tuvo pensado para poder mover el tornillo sin fin M30 sin fin tiene las siguientes dimensiones:

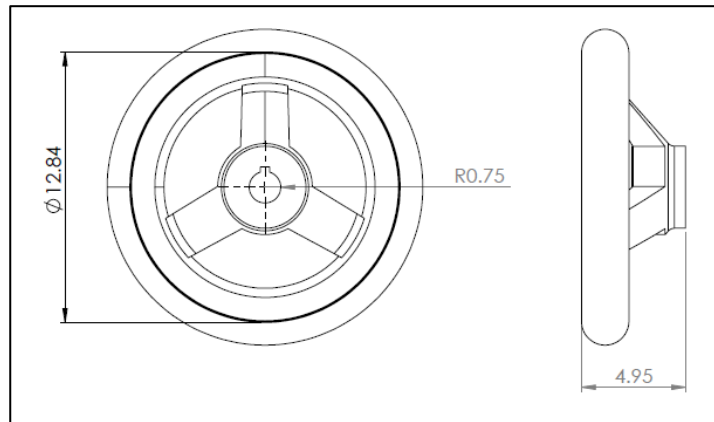


Ilustración 41 Volante-Manivela. Medidas generales [Fuente:]

El radio medio del volante-manivela es de 12.84 o aproximadamente 13 cm (figura 41). Por lo que solo se necesita calcular la magnitud del torque que puede ejercer una mujer promedio. Entonces:

$$M_o = Fd$$

Donde:

$$F = 12kg * f \text{ o } 117.68 N$$

$$M_o = 177.68 \cdot 0.13 m$$

$$M_o = 15.29 N * m$$

Se concluyó que una mujer promedio no presenta problema alguno en la manipulación dado que puede ejercer un torque mayor que el que se necesita para poder elevar la tina del aplicador.

8.4.3.9 Cálculo de flujo de salida de tina del aplicador.

Con la ayuda del químico de planta, quien estuvo a cargo del área de recubrimiento, se supo que las líneas de recubrimiento consumían aproximadamente 385.2 kg de plastisol por cada turno de 8 horas. Esta cantidad de plastisol era necesaria para cubrir 80 posiciones de hilo. Por lo tanto, se determinó que cada posición de hilo consume una cantidad específica de plastisol:

$$\frac{\frac{385.2kg}{80 \text{ posiciones}}}{8 \text{ horas}} = 0.601875 \frac{kg}{h}$$



Por lo que se tiene que el consumo de plastisol es del 0.601875 kg por hora por cada posición, el aplicador para prueba sidetank cuenta con 6 posiciones, así que el consumo de plastisol del aplicador es de:

$$0.601875 \cdot 6 = 3.61125 \frac{kg}{h}$$

La densidad promedio del plastisol es de 1100 kg/m³, así que para convertir el consumo en kilogramos por hora a litros se tuvo que:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Despejando v:

$$v = \frac{m}{\rho} = \frac{3.61125 kg}{1100 \frac{kg}{m^3}} = 0.00328205 m^3$$

$$v = 0.00328205 m^3 \times \left(\frac{1000 l}{1 m^3} \right) = 3.28205 l$$

Entonces el consumo pasa a ser 3.2820 litros por hora para las 6 posiciones del aplicador.

Ahora bien, todas las conexiones de tubería del aplicador son de 1 pulgada o 2.54 cm. Para calcular y garantizar que esta salida de 1 pulgada sea suficiente para evitar derrames de plastisol se tiene que el flujo de entrada es de 3.28205 litros por hora.

El consumo en litros por segundo se calculó dividiendo entre 3600 (3600 segundos en una hora):

$$Q_{Entrada} = \frac{3.28205 \text{ litros}}{3600 \text{ segundos}} \approx 0.000912 l/s$$

Dado que el orificio tiene una pulgada y media de diámetro, el área de la salida del aplicador es:

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

Donde r es igual a:

$$r = \frac{d}{2} = \frac{3.81}{2} = 1.905 \text{ cm}$$

$$A = \pi \cdot (1.905\text{cm})^2$$

$$A = 11.4009\text{ cm}^2 = 0.00114009\text{m}^2$$

Utilizando la ecuación del teorema de Torricelli, se tiene que:

$$v = A\sqrt{2gh}$$

Donde:

v es la velocidad del líquido que sale por el orificio, medida en metros por segundo.

g es la aceleración debida a la gravedad (aproximadamente 9.81 m/s^2).

h es la altura del líquido sobre el orificio, que es igual a 10 cm o 0.1m .

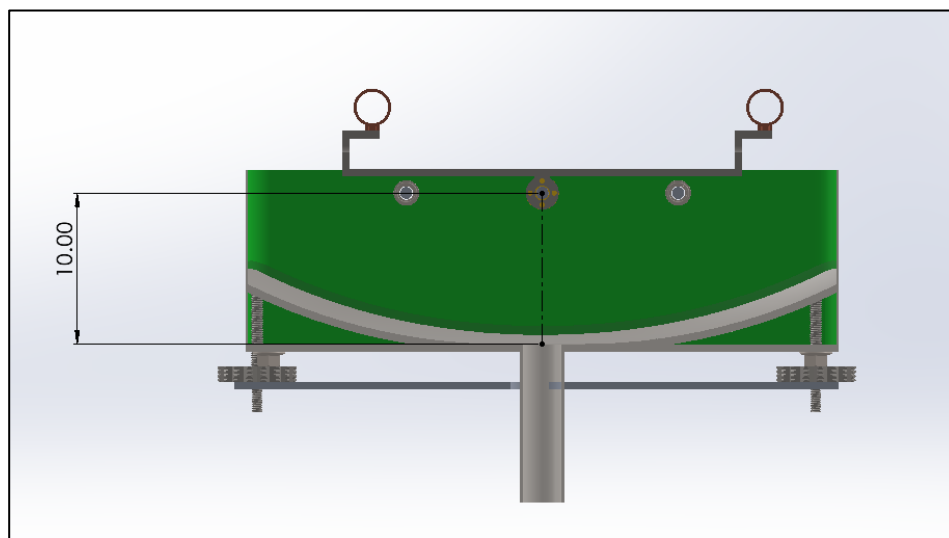


Ilustración 42 Altura del líquido dentro de la tina de aplicador [Fuente: elaboración propia]

Sustituyendo:



$$V = \sqrt{2 * 9.8 \frac{m}{s^2} * 0.1m}$$

$$V = \sqrt{2 * 9.8 \frac{m}{s^2} * 0.1m}$$

$$V = 1.4007 \frac{m}{s}$$

El flujo de salida del aplicador se puede expresar de la forma:

$$Q_{salida} = A * V$$

$$Q_{salida} = 0.000114009m^2 * 1.4007 \frac{m}{s}$$

$$Q_{salida} = 0.0001596126 \frac{m^3}{s} = 0.1596126l/s$$

Esto quiere decir que se tiene un caudal Teórico de aproximadamente $0.1596126 l/s$ y dado que el caudal de entrada es de $0.000912 l/s$, se puede concluir que en teoría no existe ningún problema de derrames de plastisol por un flujo de salida insuficiente.

8.4.4. Planos de fabricación.

En esta fase, se realizaron los planos detallados que contienen todas las dimensiones y especificaciones necesarias para la fabricación del Sidetank y sus componentes. Véase el anexo V

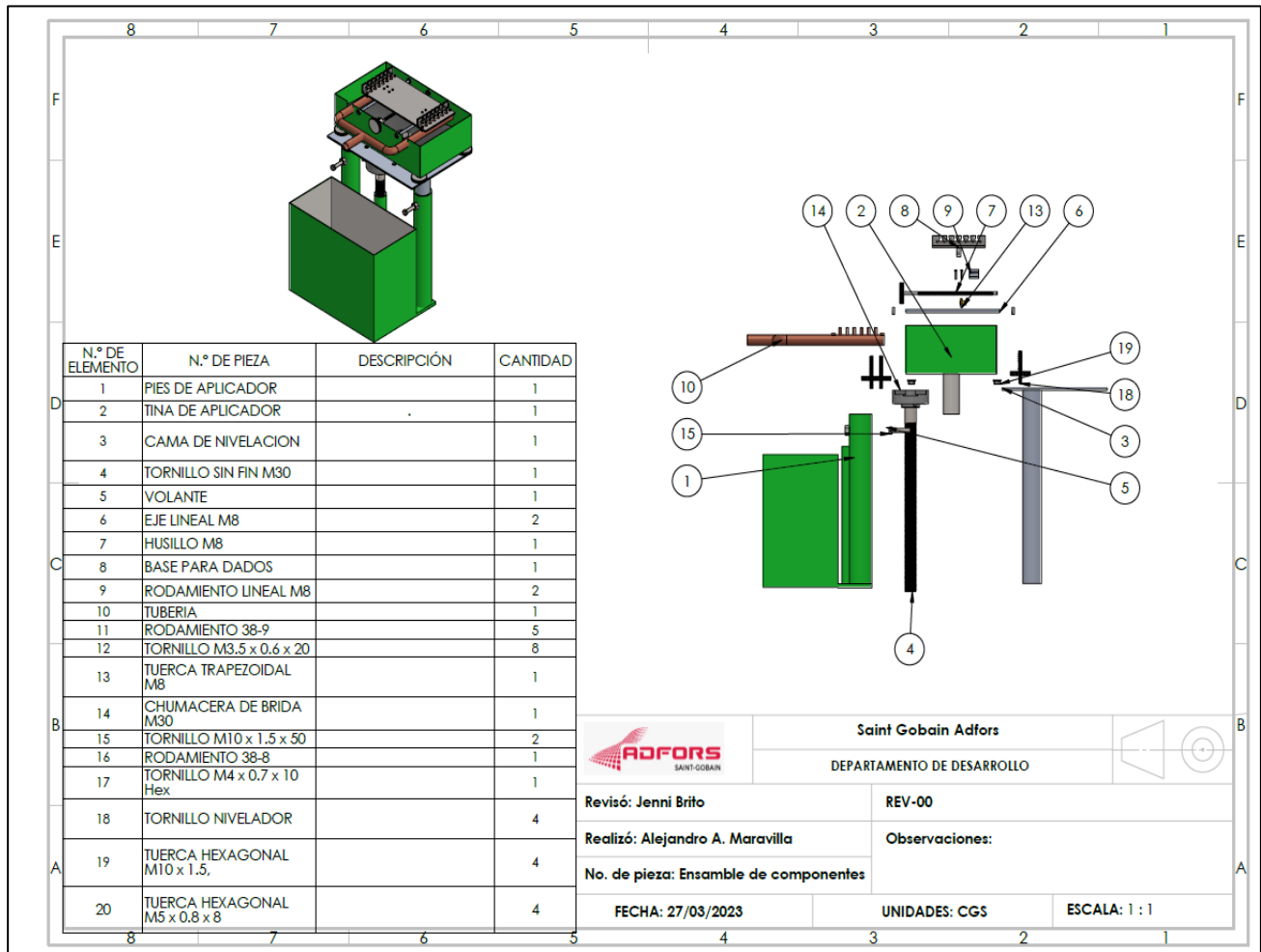


Ilustración 43. Vista explosionada, plano final [Fuente: elaboración propia]

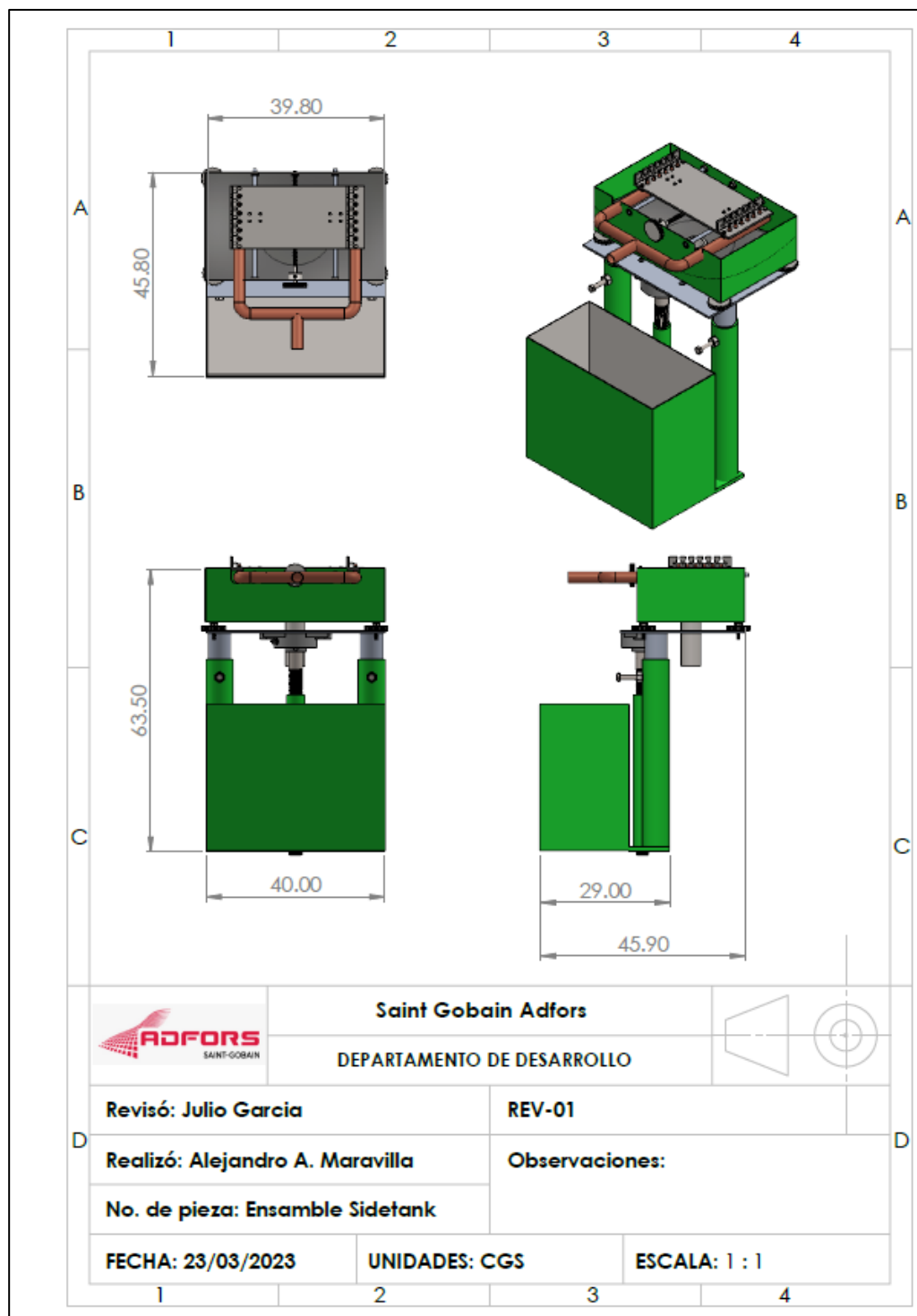


Ilustración 44. Dimensiones generales del Sidetank. [Fuente: elaboración propia]



8.5 Acercamiento con compras

En esta etapa del proyecto, se llevó a cabo un acercamiento con el departamento de compras para iniciar el proceso de adquisición de los materiales y componentes necesarios para la fabricación del Sidetank. Se estableció una comunicación estrecha con el equipo de compras para garantizar la disponibilidad y calidad de los elementos requeridos.

8.5.1 Selección de componentes adicionales

Se realizó una exhaustiva identificación de los materiales y componentes necesarios para la construcción del Sidetank. Basándonos en los diseños aprobados, se elaboró una lista detallada que incluye desde los elementos estructurales hasta los mecanismos y sistemas de funcionamiento. Cada componente fue cuidadosamente seleccionado para asegurar su compatibilidad y cumplimiento de los requerimientos técnicos.

además de los materiales y componentes principales, se identificaron componentes adicionales necesarios para las conexiones del Sidetank. Siendo conscientes de la importancia de contar con un sistema de conexiones eficiente y versátil, se decidió incorporar conexiones rápidas que permitieran una instalación y desmontaje fácil y rápido.

Estas conexiones rápidas ofrecen ventajas significativas, como reducir el tiempo de montaje y desmontaje de las mangueras, minimizar la pérdida de material y evitar posibles fugas. Además, facilitan el mantenimiento y la limpieza del Sidetank, ya que se pueden desconectar rápidamente para realizar estas tareas también, se consideró la necesidad de contar con un sistema de filtrado efectivo en el Sidetank. Se tomó la decisión de cambiar los filtros existentes por nuevos, con el objetivo de garantizar un óptimo filtrado del plastisol y evitar la presencia de impurezas que pudieran afectar la calidad del recubrimiento.

Marca	Modelo	Características	Cantida d	Unida d
N/A	N/A	conexión rápida Macho 1.5" - Rosca hembra	1	pieza
N/A	N/A	conexión rápida Macho 1.5" - Rosca macho	1	pieza
N/A	N/A	conexión rápida Macho 1" - Rosca hembra	3	pieza
N/A	N/A	Conexión rápida Macho 1" - Rosca macho	1	pieza
N/A	N/A	conexión rápida hembra con inserción para manguera 1.5"	2	pieza
N/A	N/A	Abrazadera reforzada de 1"	8	pieza
N/A	N/A	Abrazadera reforzada de 1.5"	2	pieza
N/A	N/A	Manguera EPDM 1.5"	3	metro

N/A	N/A	Manguera EPR 1"	10	metro
N/A	N/A	válvula de bolas de 1"	2	pieza
PARKE R	DF2145-2-060w-vm3-x-2	Filtro duplex	1	pieza
N/A	N/A	Malla de acero inoxidable de 150 mesh para filtro parker DF2145	2	pieza
N/A	N/A	Tuerca NPT 1.5"	1	pieza
N/A	N/A	Tuerca npt 1"	1	pieza
N/A	N/A	Tubo de acero galvanizado de 1"	7	metros
UNLINE		Gabinete tipo armario 36 x 24 x 72"	1	

Tabla 6 Accesorios para el aplicador [Fuente: elaboración propia]

8.5.2 Evaluación de proveedores.

En el proceso de evaluación de proveedores, se contó con el apoyo del departamento de compras para solicitar cotizaciones a los proveedores seleccionados. Como practicante, recibí el respaldo tanto del jefe como del coordinador de inversiones para llevar a cabo esta tarea.

Se realizaron cotizaciones para el Sidetank en su conjunto, considerando todos los componentes necesarios para su construcción. Además, se solicitó cotización para las piezas adicionales mencionadas anteriormente, como las conexiones y mangueras, así como los filtros requeridos para garantizar un buen filtrado.

Cada cotización se gestionó con el proveedor correspondiente, teniendo en cuenta sus capacidades y experiencia en la entrega de los productos solicitados. Se buscó obtener precios competitivos y plazos de entrega acordes a los requerimientos del proyecto. En base a las cotizaciones del anexo II “cotizaciones del sidetank” se tiene:

Proveedor	Costo	Tiempo de entrega
MIM	\$72,684.00	25-28 días hábiles
Electrocontroles	\$151,920.00	N/A
SMITH	\$250,200.00	15-20 días hábiles

Tabla 7 Cotizaciones del nuevo aplicador. [Fuente: Anexo III]

Ahora para las cotizaciones de los componentes adicionales del anexo IV “cotización de componentes adicionales”:

Proveedor	Costo	Tiempo de entrega
Ferre Xalostoc	\$20,709.00	10 días hábiles
Mayco	\$24,092.88	5 días hábiles
Ferretería Santander	\$27,099.00	N/A



Tabla 8 Cotizaciones de componentes adicionales al aplicador [Fuente: Anexo IV]

También se consideró la cotización de los filtros necesarios para el Sidetank. Aunque no se mencionaron en la descripción anterior, gracias a la experiencia del jefe de inversiones, se estimó un costo aproximado de \$70,000 para cada filtro requerido.

Esta estimación se basó en la investigación de mercado y en la experiencia previa del equipo, teniendo en cuenta los precios promedio de los filtros similares disponibles en el mercado.

La colaboración entre el departamento de compras y el equipo encargado del proyecto, incluyendo al jefe y al coordinador de inversiones, permitió llevar a cabo un proceso eficiente de evaluación y selección de proveedores. De esta manera, se logró obtener las cotizaciones necesarias para estimar el presupuesto del proyecto y tomar decisiones informadas en cuanto a los proveedores a elegir.

8.6 Comparativa de bosquejos en términos de costo

Para este punto es importante destacar que en este proyecto no se llevó a cabo una comparativa formal de bosquejos. Desde un inicio, se seleccionó un diseño específico para el Sidetank, el cual se fue refinando a lo largo del proceso de desarrollo.

Durante el proceso de diseño conceptual y las revisiones de diseño, se evaluaron diferentes aspectos técnicos, funcionales y económicos. Se realizaron ajustes y mejoras en el diseño inicial en base a las necesidades identificadas y los comentarios de los expertos y partes interesadas involucradas.

Sin embargo, en cuanto a la selección del diseño final, se tomaron decisiones basadas en los requisitos del proyecto, las especificaciones técnicas y las consideraciones de viabilidad. El enfoque principal no fue realizar una comparativa exhaustiva entre diferentes bosquejos en términos de costo, sino asegurar que el diseño final cumpliera con los estándares de calidad, eficiencia y funcionalidad requeridos.

Por lo tanto, en lugar de una comparativa formal de bosquejos, se siguieron criterios de evaluación y selección basados en los aspectos técnicos, la experiencia previa, la disponibilidad de materiales y componentes, así como la factibilidad económica del proyecto. Debido a que no se realizó una comparativa formal de bosquejos en términos de costo, nos enfocamos en la estimación del presupuesto en el punto “6.1. Estimación de presupuesto”.



8.6.1 Estimación del presupuesto

Se llevó a cabo una estimación detallada del presupuesto para el proyecto del Sidetank. Se recopilaron las cotizaciones proporcionadas por los proveedores seleccionados en el punto 5.2, así como cualquier otra información relevante relacionada con los costos.

Además de la estimación detallada del presupuesto, se tomó en consideración la experiencia y el conocimiento del jefe y del coordinador de inversión. Basándose en su experiencia previa en proyectos similares, se decidió agregar un costo adicional del 5% al presupuesto estimado. Este margen adicional sirve como un colchón financiero para hacer frente a posibles aumentos en los costos o imprevistos durante la ejecución del proyecto.

Asimismo, en algunos casos, cuando existían diferencias significativas entre las cotizaciones de los proveedores, se realizó un promedio de dichas cotizaciones. Esta práctica ayudó a obtener un precio más realista y equilibrado, evitando extremos tanto de sobrevaloración como de subvaloración en los costos.

La inclusión de este margen adicional y la toma de decisiones basada en la experiencia permiten tener un enfoque más prudente y sólido en términos financieros. Esto proporciona una mayor seguridad en el manejo de los recursos y reduce el riesgo de desviaciones presupuestarias significativas. Por lo que tenemos que la estimación del presupuesto es:

Descripción	Cantidad	Costo por unidad	Costo Total (KMXN)
Aplicador	2	\$70,100.00	\$140,200.00
Filtros	2	\$70,000.00	\$140,000.00
Gabinete de almacenaje	1	\$32,100.00	\$32,100.00
Equipo de conexión	1	\$11,300.00	\$11,300.00
Misceláneos	1	\$16,180.00	\$16,180.00
		Total	\$339,780.00



CAPÍTULO 9 Conclusiones

En conclusión, el proyecto ha logrado diseñar un aplicador para las pruebas piloto Sidetank que cumple con los objetivos establecidos. Este aplicador ha sido desarrollado para satisfacer las necesidades del departamento de desarrollo de la planta, permitiendo una ejecución rápida de las pruebas y su adaptación en las 8 líneas de recubrimiento.

El enfoque de diseño basado en la comunicación cercana con las partes interesadas ha sido fundamental para entender y abordar las necesidades específicas del departamento de desarrollo de la planta. Esta comprensión ha permitido desarrollar un aplicador que cumple con los requisitos de velocidad y facilidad de montaje en las líneas de recubrimiento.

Un aspecto destacado es la incorporación de mejoras en cuanto a la ergonomía del aplicador. Si bien hasta el momento solo se ha realizado el diseño y cotización, se espera que durante la implementación se logren cumplir con los objetivos establecidos en este aspecto, brindando un aplicador más cómodo y seguro para los trabajadores involucrados en las pruebas.

El diseño del aplicador se ha llevado a cabo considerando las pruebas y análisis conjuntos de todas las partes involucradas en el proceso. Esta colaboración ha sido fundamental para garantizar que el aplicador cumpla con los requisitos específicos y las expectativas de todas las partes interesadas.

Aunque aún falta la implementación del aplicador, se espera que, en base al diseño desarrollado y a las pruebas y análisis realizados, los objetivos establecidos se cumplan de manera efectiva. La implementación exitosa del aplicador brindará beneficios significativos al departamento de desarrollo de la planta y contribuirá a la optimización de las pruebas piloto Sidetank.

Este proyecto sienta las bases para futuros avances en las pruebas piloto "Sidetank" y representa un paso importante hacia la optimización de los procesos y el logro de los objetivos del departamento de desarrollo de la planta



9.1 Recomendaciones

Basándose en la experiencia acumulada durante el desarrollo del proyecto y en los comentarios recibidos de los operadores y todas las partes involucradas en la ejecución de la prueba sidetank, se recomienda la implementación de protocolos exhaustivos y detallados para su uso. Estos protocolos, que deben ser claros y comprensibles, servirán como una guía práctica para los operadores encargados de llevar a cabo las pruebas, asegurando una ejecución consistente y eficiente.

Estos documentos de protocolo deben abordar varios aspectos importantes del proceso de prueba, como la adecuada alineación del hilo, el manejo y configuración adecuados del equipo, así como las precauciones de seguridad necesarias para proteger la integridad física de los operadores y garantizar un entorno de trabajo seguro.

Además de los protocolos, se sugiere el establecimiento de procedimientos de prueba estandarizados. Estos procedimientos deben definir claramente los parámetros a medir durante la prueba, las condiciones específicas en las que se deben realizar las pruebas, los equipos y materiales necesarios, y los criterios de aceptación para evaluar la calidad y conformidad de los resultados obtenidos.

La estandarización de los procedimientos de prueba brindará una metodología uniforme y coherente para llevar a cabo las pruebas, lo que facilitará la comparación de resultados entre diferentes pruebas y la detección temprana de cualquier anomalía o problema en el proceso. Asimismo, permitirá realizar ajustes y mejoras continuas en función de los hallazgos obtenidos durante las pruebas, lo que contribuirá a optimizar el proceso y garantizar resultados consistentes y confiables.

Para mantener el proceso de prueba actualizado y en línea con los avances y los cambios en los requisitos del equipo de desarrollo, se recomienda establecer un sistema de seguimiento y revisión periódica de las pruebas. Esto implica la realización de evaluaciones regulares para identificar posibles áreas de mejora, abordar problemas recurrentes y actualizar los protocolos y procedimientos según sea necesario. La retroalimentación constante de los operadores y otros profesionales involucrados en el proceso de prueba es fundamental para mantener la eficiencia y la efectividad de las pruebas sidetank.



9.2 Experiencia profesional adquirida

La experiencia profesional adquirida durante el desarrollo del proyecto de diseño del aplicador para la prueba sidetank ha sido sumamente enriquecedora y ha proporcionado valiosos aprendizajes en diversas áreas.

El diseño del aplicador para la prueba sidetank es un proceso complejo que involucra múltiples factores, tales como la eficiencia, la calidad del producto, la ergonomía y la adaptabilidad a diferentes líneas de producción. Se encontró que el diseño ergonómico del aplicador fue crucial para mejorar la comodidad y seguridad de los trabajadores, lo que a su vez mejoró la productividad. Además, se logró reducir el tiempo de instalación del aplicador y evitar desperdicios de material, lo que permitió ahorrar costos de producción y evitar desperdicios durante la ejecución de la prueba.

Además, gracias a la utilización de herramientas de modelado CAD, fue posible crear modelos 3D precisos y detallados que permitieron evaluar diferentes opciones y seleccionar la mejor alternativa para las necesidades del proyecto.

A pesar de las limitaciones del tiempo de ejecución, se pudo cumplir con los objetivos específicos y generar las propuestas de diseño que fueron evaluadas para seleccionar la mejor opción. Esto permitió obtener resultados más certeros durante las pruebas de calidad del hilo en la aplicación de nuevos tipos de recubrimiento, así como rapidez en la alineación del aplicador para la ejecución de la prueba sidetank.

Durante el desarrollo de este proyecto se adquirió una valiosa experiencia en el trabajo en equipo, la gestión de proyectos y la aplicación de herramientas de modelado CAD. El trabajo en equipo fue fundamental para lograr los objetivos del proyecto. La colaboración y comunicación constante entre los miembros del equipo permitió la generación de ideas y la selección de la mejor solución para el diseño del aplicador.

La gestión del proyecto fue otro aspecto crucial de la experiencia obtenida. La definición de objetivos claros, la asignación de tareas, el establecimiento de plazos y el seguimiento del progreso fueron elementos clave para el éxito del proyecto.

Durante todo el proyecto, se fomentó el trabajo en equipo y la colaboración entre los diferentes miembros del equipo. La comunicación constante, la asignación de roles y responsabilidades claras, así como la gestión efectiva de plazos y recursos, fueron aspectos clave para alcanzar los objetivos establecidos. Además, se implementaron metodologías de gestión de proyectos para garantizar una planificación adecuada, un seguimiento regular del progreso y una rápida resolución de problemas o desafíos que surgieran durante el desarrollo del proyecto.



CAPÍTULO 10 Competencias desarrolladas

Análisis de problemas: La identificación de los problemas asociados al SIDETANK y su impacto en las pruebas de recubrimiento requirió un análisis detallado de las situaciones existentes. Esto implicó la capacidad de examinar los procesos y equipos involucrados, identificar las deficiencias y comprender cómo afectaban a las pruebas de recubrimiento.

Investigación y recopilación de información: Se llevó a cabo una investigación exhaustiva sobre las limitaciones y desafíos del SIDETANK, así como la recopilación de información relacionada con las mejores prácticas y soluciones potenciales. Esto involucró la búsqueda de información relevante, la revisión de literatura técnica y la consulta con expertos en el campo.

Diseño de soluciones: Con base en el análisis de los problemas identificados, se desarrollaron propuestas de diseño para mejorar el SIDETANK y optimizar las pruebas de recubrimiento. Esto implicó la capacidad de generar ideas creativas, considerar diferentes enfoques y diseñar soluciones viables que abordaran los desafíos identificados.

Comunicación efectiva: Durante el proyecto, se llevó a cabo una comunicación efectiva con el equipo de desarrollo, los expertos y los responsables de la toma de decisiones. Esto implicó la capacidad de expresar ideas de manera clara y concisa, transmitir información técnica de manera comprensible y colaborar de manera efectiva con diferentes partes interesadas.

Gestión de proyectos: El desarrollo del proyecto para mejorar el SIDETANK requería una gestión efectiva de los recursos, el tiempo y las tareas. Esto implicó la capacidad de planificar, coordinar y monitorear las actividades del proyecto, asegurando que se cumplieran los objetivos establecidos y se resolvieran los problemas de manera oportuna.

Pensamiento crítico: Durante la evaluación del SIDETANK y la propuesta de soluciones, se requirió un pensamiento crítico para analizar los diferentes aspectos del problema, evaluar las opciones disponibles y tomar decisiones fundamentadas. Esto implicó la capacidad de analizar información, considerar diferentes perspectivas y evaluar las implicaciones de las decisiones tomadas.

Gestión del cambio: Durante el proceso de implementación de las mejoras en el SIDETANK, se requirió la capacidad de gestionar el cambio de manera efectiva. Esto implicó la habilidad de anticipar y abordar resistencias al cambio, comunicar los beneficios de las mejoras propuestas y facilitar la transición suave hacia los nuevos procesos y procedimientos.

Innovación y mejora continua: La experiencia en el diseño y mejora del SIDETANK permitió desarrollar habilidades de innovación y búsqueda constante de mejoras. Se fomentó la mentalidad de



CAPÍTULO 11 Bibliografía

- Richard G. Budynas y J. Keith Nisbeth; (2008) “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley” 8va edición. Cap. 1, 3 y 8. ISBN-10: 970-10-6404-6 Editorial McGRAW-HILL.
- FERDINAND P. BEER, et al; (2010) “Mecánica Vectorial para ingenieros” 10ma edición. Cap. 8 pp. 431-440. ISBN-13: 978-607-15-0277-3 Editorial McGRAW-HILL.
- Matt R, et al; (2006) “Mecánica de fluidos 4ta edición. Pearson educación. Pp.246-252.
- Frank M. White, et al; (20011) “Fluid Mechanics” 7ma edicion. Cap. 2 pp 250-265. ISBN: 978-007-74-22-41-7 McGRAW-HILL.
- INTERMEC. (13 de mayo de 2023). INTERMEC. Obtenido de PRODUCTOS DE TRANSMISION DE POTENCIA: https://www.intermec.com.co/poleas_v.php#
- Moring Faires, V. (1970). Diseño de elementos de máquinas. Barcelona: LIMUSA.
- Myzska, D. H. (2012). Máquinas y mecanismos. Mexico: Person Cuarta edicion.
- Moring Faires, V. (1970). Diseño de elementos de máquinas. Barcelona: LIMUSA.
- Elsie Bonilla, B. D. (2020). Mejora continua de los procesos Herramientas y tecnicas. Lima: Universidad de: Fondo Editorial.
- LUSIOM (03 de marzo del 2023). Catálogo SKF. Obtenido de: https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/5249/Catalogo-Husillos.pdf
- SNR (15 de mayo del 2023). Catalogo SNR. Obtenido de: https://www.ntn-snr.com/sites/default/files/2018-03/doc.i_bs_cat3_ea-web.pdf
- Ingeniería mecánica, recuperado el 15 de mayo del 2023 de: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn131.html>
- NSK (20 de mayo del 2023). Catalogo SNK. Obtenido de: <https://www.nskamericas.com/es/products>

Anexos



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

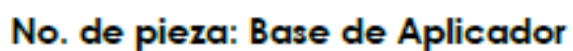
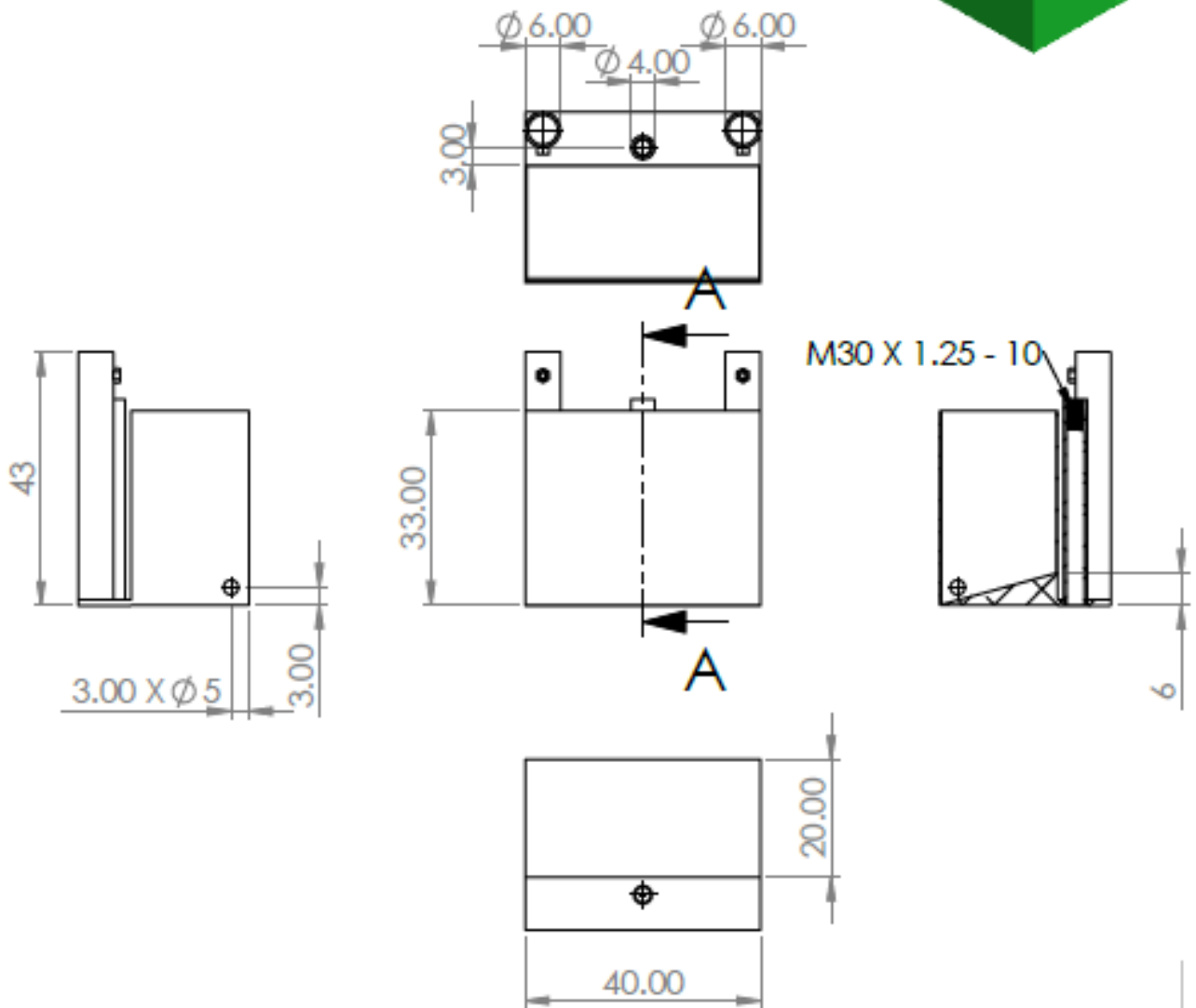


TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Apizaco

Anexo I

“Planos preliminares de primer propuesta de diseño”



1

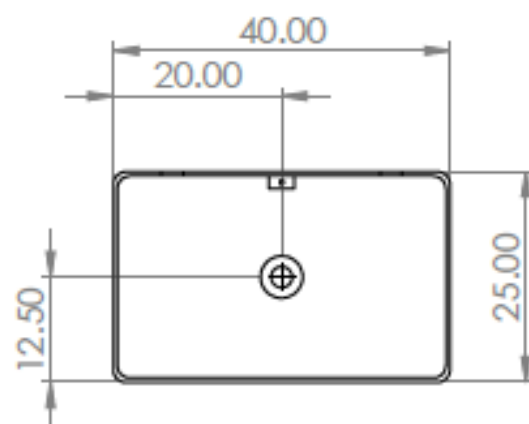
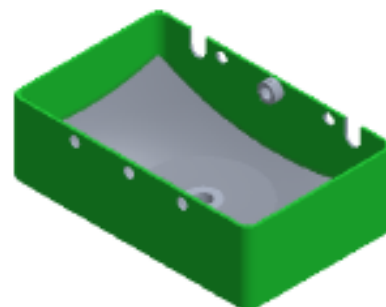
2

3

4

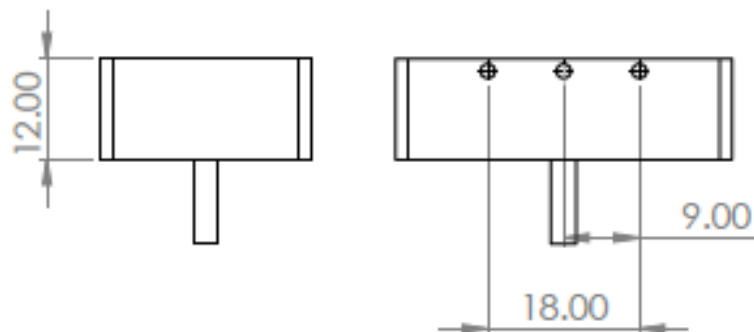
A

A



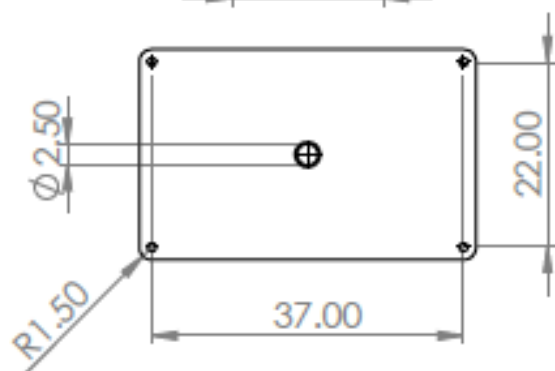
B

B



C

C



Saint Gobain Adfors

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO



Revisó: Jenni Brito

REV-00

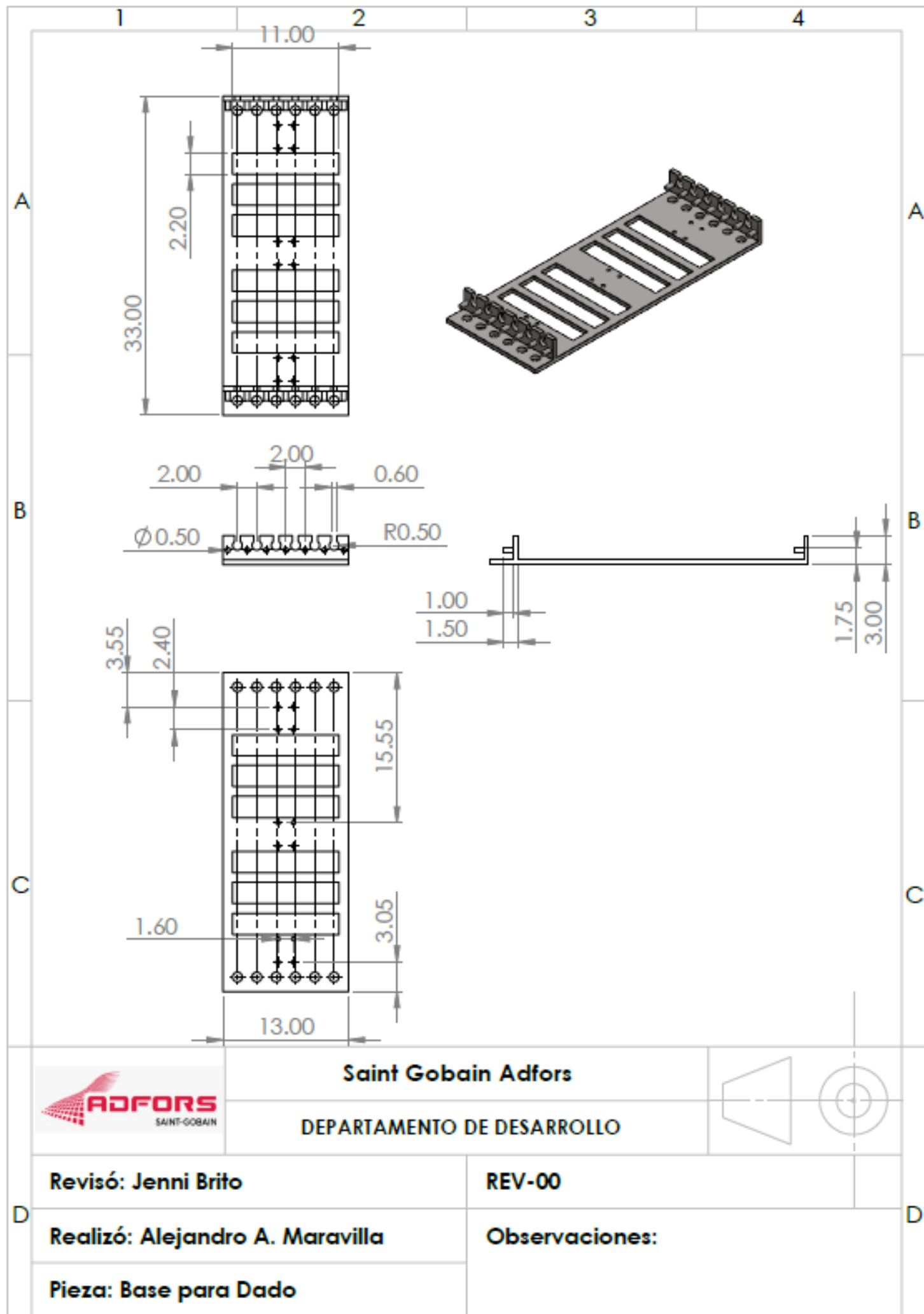
Realizó: Alejandro A. Maravilla

Observaciones:

No. de pieza: Tina de Aplicador

D

D



1

2

3

4

A

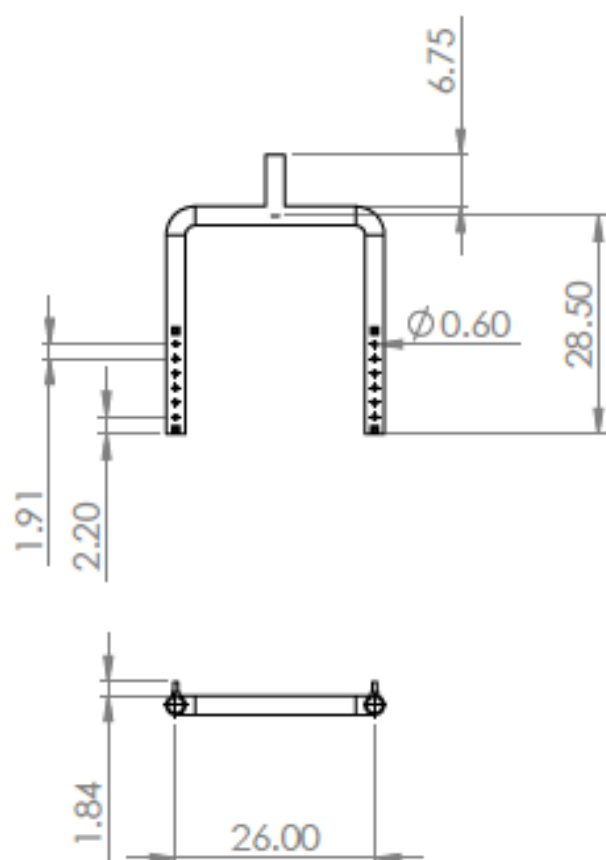
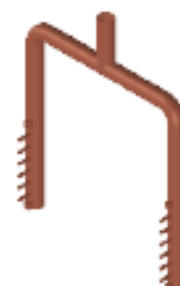
A

B

B

C

C



Saint Gobain Adfors

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO



Revisó: Jenni Brito

REV-00

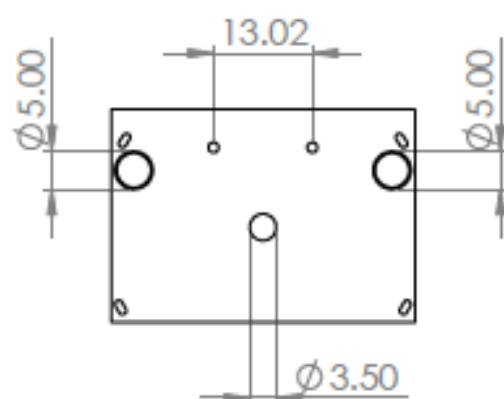
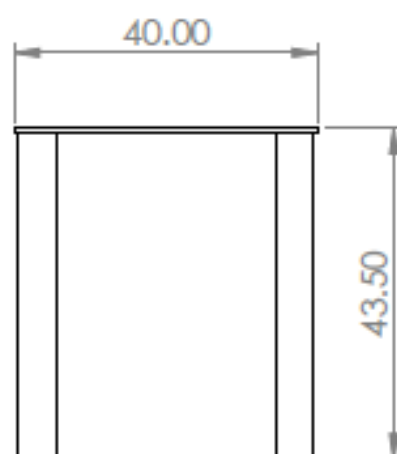
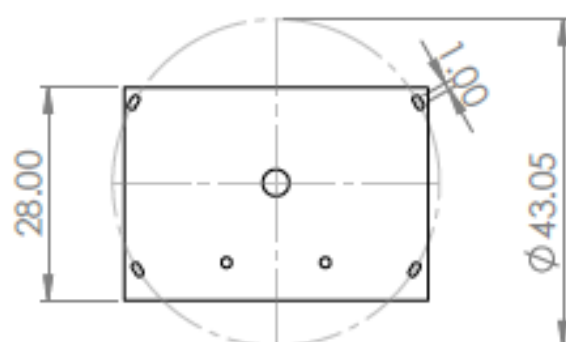
Realizó: Alejandro A. Maravilla

Observaciones:

Pieza: Tubería para Dados

D

D



Saint Gobain Adfors

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO



Revisó: Jenni Brito

REV-00

Realizó: Alejandro A. Maravilla

Observaciones:

Pieza: Cama de Nivelación



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

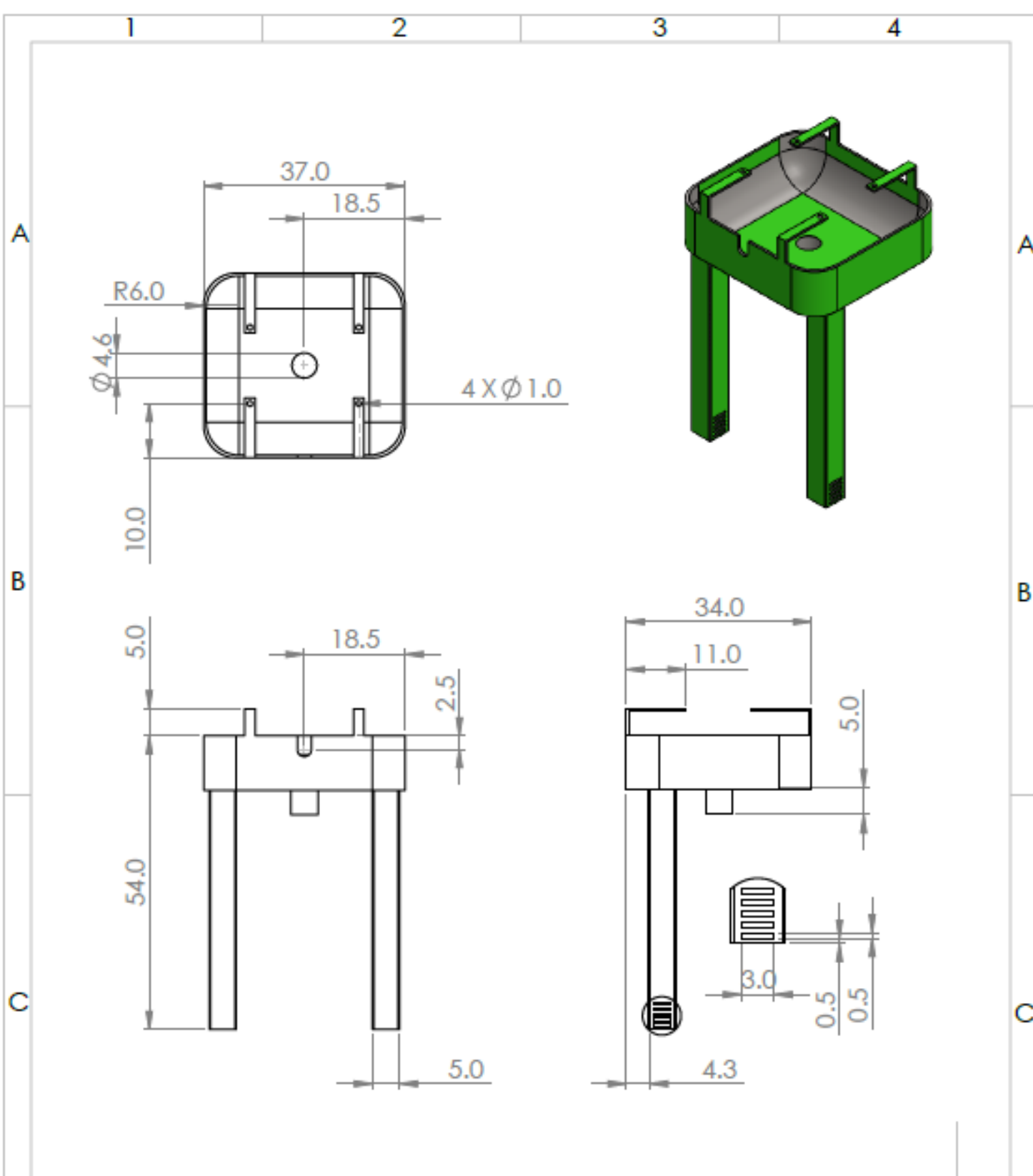


TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Apizaco

Anexo II

“planos preliminares de segunda propuesta”



Saint Gobain Adfors
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO



Revisó: Jenni Brito

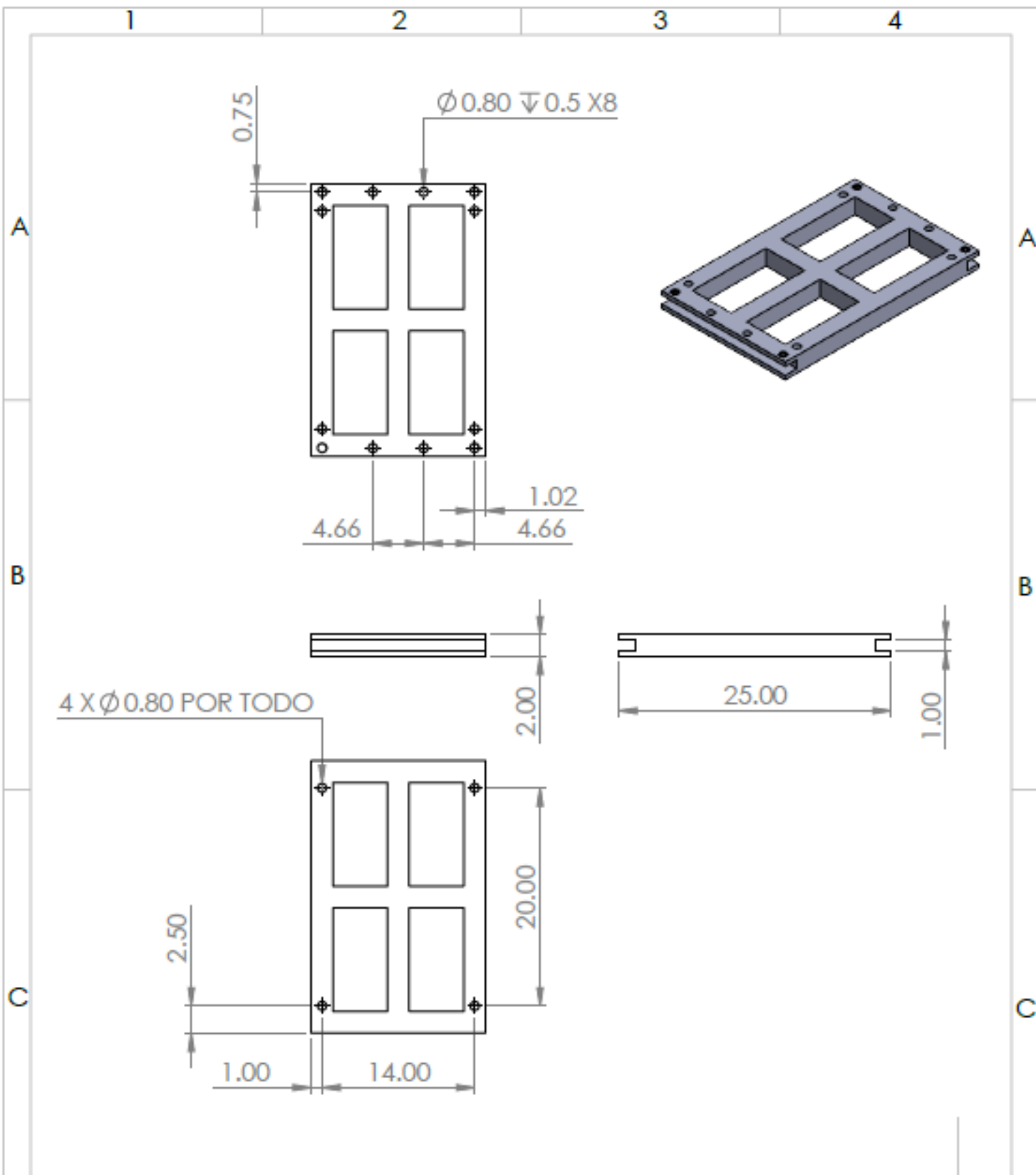
REV-00

Realizó: Alejandro A. Maravilla

Observaciones:

No. de pieza: Tina de aplicador

Material: *Sin especificar*



Saint Gobain Adfors

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO



Revisó: Jenni Brito

REV-00

Realizó: Alejandro A. Maravilla

Observaciones:

No. de pieza: Riel de dados

Material: *Sin especificar*

1

2

3

4

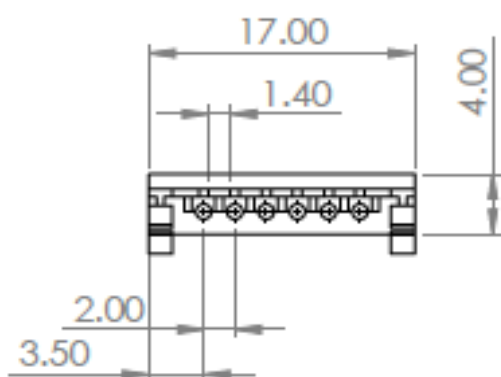
A

A



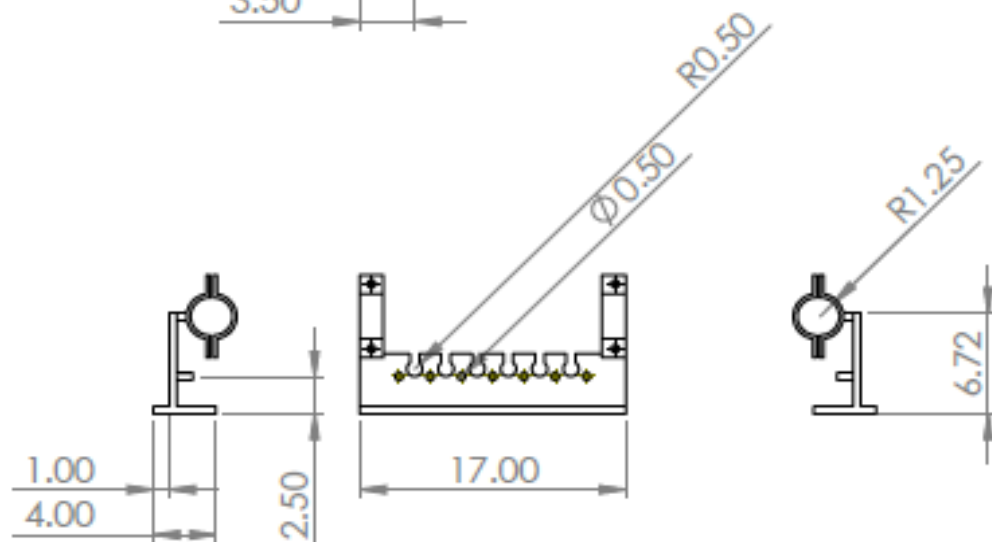
B

B



C

C



Saint Gobain Adfors

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO



D

D

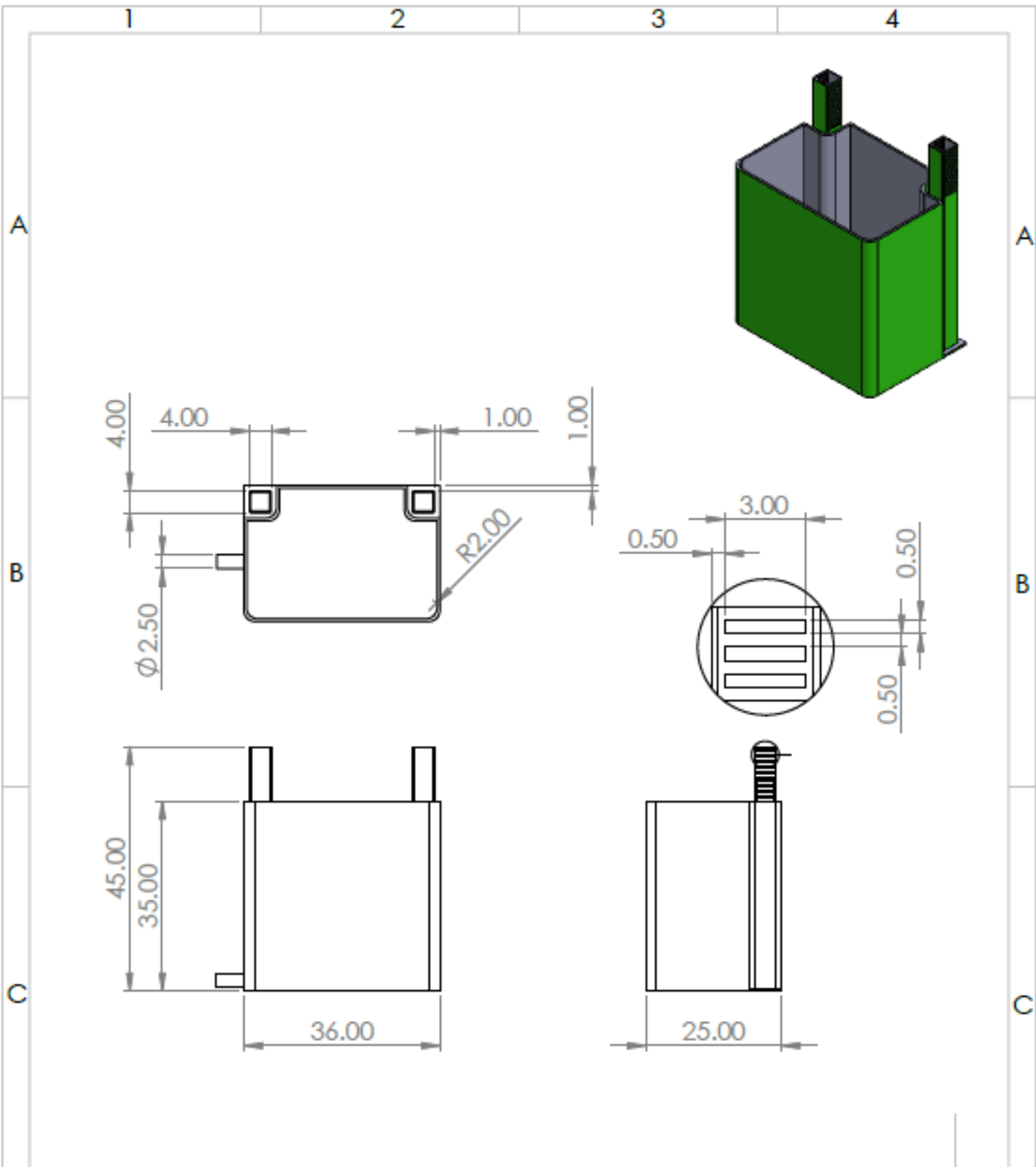
Revisó: Jenni Brito

REV-00

Realizó: Alejandro A. Maravilla

Observaciones:

No. de pieza:



Saint Gobain Adfors
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO



Revisó: Jenni Brito

REV-00

Realizó: Alejandro A. Maravilla

Observaciones:

No. de pieza: 1 Base de aplicador

Material: *Sin especificar*



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Apizaco

Anexo III
“Cotizaciones del aplicador”



ELECTROCONTROLES
Ingeniería en Automatización

ELECTROCONTROLES Y MOTORES DE PUEBLA, S.A. DE C.V.
Prolongación Vicente Guerrero No. 127 Cp. 72730
Col. La trinidad Sanctorum, Cuautlancingo, Puebla.
Tel: (01222) 644-0302, 230-3861 y 294-22-17 Ext. Ventas.
Cel. 221 114 08 32
javierfernandez@ecm-ia.com

SERVICIOS Mantenimiento Preventivo y Correctivo a Maquinaria Industrial-Subestaciones-Plantas de luz-No Break, Reparación y Venta de Equipo Electrónico, Venta de Equipo de Control-Material Eléctrico-Herramienta-Refacciones y Consumibles Industriales, Diagnostico y Solución de Fallas Eléctricas, Instalaciones Eléctricas-Neumáticas e Hidráulicas, Pallería y Obra Civil, Dibujo Industrial, Elaboración de planos.

PROYECTOS Eléctricos en Alta y Baja tensión, Automatización a líneas de producción, Sistemas de Redes Voz y Datos-Cableado Estructurado-Illuminación-Contru Rayos-Tiempos físicas, Programación de PLC's-Drive's-Softstarter's-Pantallas(HMI,CTC) Puertas Automáticas y controles de Acceso Inteligentes, Tableros de Control Eléctrico y para Monitoreo de Productividad-Eficiencia en líneas de Producción.

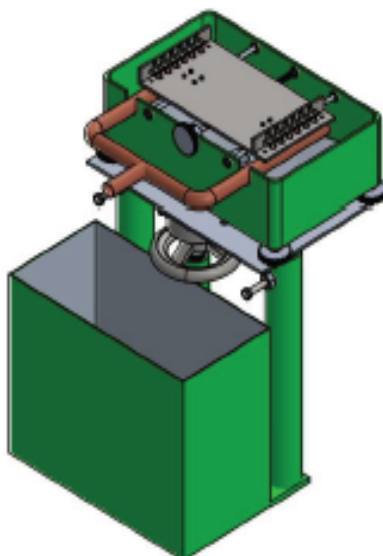
martes, 9 de mayo de 2023

EMPRESA: ADFORS SAINT GOBAIN
ATENCIÓN: ING. JUAN LAMA
C.C
DIRECCIÓN: COAXAMALUCAN, MENA-CD. INDUSTRIAL XXCOHTENCATL 500, PRIMERA SECC ACTIPAC, 90434 TLAX.
TELÉFONO: +52 1 224 304 3799
CORREO: juan.lama@saint-gobain.com

COTIZACIÓN: JFHAPC2305677

POR MEDIO DE LA PRESENTE LE ENVÍO UN CORDIAL SALUDO Y AL MISMO TIEMPO TENGO EL AGRADO DE PRESENTAR A SU CONSIDERACIÓN LA SIGUIENTE COTIZACIÓN:

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	T.E.	P. UNITARIO	TOTAL
1.00	Fabricación de aplador	PZAS	1	5 SEM	\$ 75,960.00	\$ 75,960.00
1.01	Ingeniería de diseño a detalle					
1.02	Suministro de materiales y acabado de aplador					
1.03	Presentación de planos para liberación de fabricación					
1.04	Envío y entrega en sitio					
2.00	Tipo de material a utilizar					
2.01	Lamina acero Inox 1/16					
2.02	Angulo 2" x 2" x 1/8" acero inox					
2.03	Placa 1/4" acero A36					
2.04	Lamina rolada 1/8" acero al carbon					
2.05	Maquinados de sin fin y engranes en acero 1045					
2.06	Corte de placas en laser					
2.07	Pintura en polvo de partes perimetrales					



NOTA:

SUBTOTAL	\$ 75,960.00
IVA	\$ 12,153.60
TOTAL	\$ 88,113.60

MONEDA NACIONAL

FORMA DE PAGO: 50% ANTICIPO, 50% ENTREGA DEL EQUIPO

VIGENCIA: 1 SEMANA

NOS ES GRATO QUEDAR DE UD.



GRUPO SMITH

Troquelados & Herramientas

Calle. Josefa Ortiz De Domínguez N° 11 Centro San Luis Teolocholco

Tlaxcala CP 90850 Reynalda Hernández RFC. HEFR6903158A9

Fecha Cotización

Cotización N°

10/05/2023

116

Nombre Amauri Reyes

Depto.

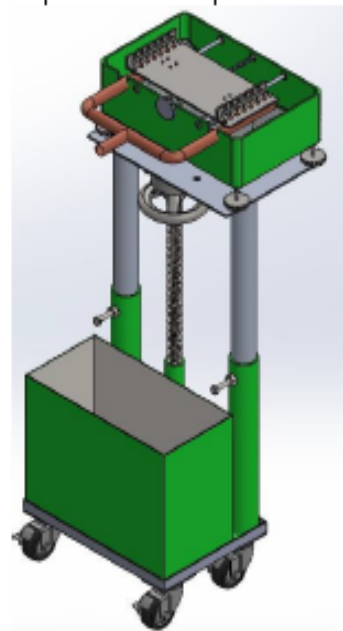
COMPRAS

Compañía VETROTEX

E-mail

POR MEDIO DE LA PRESENTE LE ENVIO LA COTIZACIÓN REQUERIDA,

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT	TOTAL
1	FABRICACIÓN DE APLICADOR SIDETANK FABRICACIÓN DE CHASIS EN: LAMNA NEGRA CAL 18 ACERO COLOCACIÓN DE ANGULO PARA REFUERZO ESTRUCTURAL DEL DISPOSITIVO BASE CON LLANTAS DE POLIURETANO DE Ø4" MANIFOLD EN ACERO INOXIDABLE 304 ESPARRAGO DE Ø1.1/4" EN LUGAR DE ACME Y ASÍ ESTANDARIZAR LOS COMPLEMENTOS.	1	KIT	\$ 125,100.00	\$ 125,100.00



ENTREGA DE 15-20 DIAS HABILES

SUB-TOTAL \$ 125,100.00

CONDICIONES DE VENTA

IVA 16% \$ 20,016.00

✓ Los precios son en pesos mexicanos.

TOTAL \$ 145,116.00

✓ Agregar IVA 16%

✓ Cotización valida por 15 días

✓ 50% Anticipo - 50 % contra entrega

ATENTAMENTE

ELIAS HERNANDEZ HERNANDEZ

MAQUINADOS INDUSTRIALES MIM

SA DE CV

**MATENIMIENTO INDUSTRIAL, SOLDADURAS ESPECIALES, PAILERIA,
FABRICACION DE ESTRUCTURAS EN GENERAL.
TORNO, FRESADORA, CEPILLO, TALADRO**

RFC MIM141204QV2

ProL 20 de Noviembre No. 29, Barrio de Tetzotzocola,
Santa Cruz Tlaxcala ; Tlaxcala. C.P. 90640
Tel: 01 (246) 46 1 18 56
●mim.indus2@yahoo.com

COTIZACION No.
1393

REQUISICION:

Cliente:	SAINT-GOBAIN AMERICA S.A. DE C.V.
Direccion:	Pról. Zacatepec Manzana 42, lote 3
Ciudad:	Ciudad Industrial Xicohtencatl Tetla, Tlaxcala.
ATN:	Lic: Alejandro Maravilla
ATN:	Lic: Juan Lara

Fecha:
09/05/2023
Elaborado por:

[illegible]

TIEMPO DE ENTREGA: DE 25 A 28 DIAS HABILES DESPUÉS DE SU CONFIRMACIÓN

Subtotal	\$ 36,342.00
----------	--------------

L.V.A

NOTA: NUESTROS PRECIOS SON MÁS EL 16% DE I.V.A.

Subtotal

Anticipo

Total

Observaciones: VALIDEZ DE COTIZACION 15 DIAS HABILES



Anexo IV

“Cotizaciones de componentes adicionales”



MAYCO DE APIZACO

Domicilio fiscal

R.F.C. : MAP030708328

COTIZACIÓN No. :

12612

Calle: AV.16 DE SEPTIEMBRE No. 506, CP: 90300, APIZACO, TLAXCALA, MEXICO

Fecha

22/05/2023

Lugar de expedición

Calle: FRANCISCO I. MADERO No. 1112, CP: 90300, APIZACO, TLAXCALA

Cliente: (ASAGV) SAINT-GOBAIN AMERICA

Calle: NICOLAS BRAVO No. 5, Col. PARQUE INDUSTRIAL DE CUAUTLA, CP: 62700, CIUDAD AYALA, AYALA, MORELOS, RFC: SGV980603HN2, Teléfono: 88200 88297MIR 88289MAR

Vendedor :

Enviar a : CP: 62700

Cantidad	Clave	Descripción	% Desc	P/U	Importe
1.000000	04+PAI24	PARTE " A " DE ACERO INOX. DE 1 1/2"	0.00	548.400000	548.400000
1.000000	04+PFI24	PARTE F ACERO INOX 1 1/2	0.00	781.200000	781.200000
3.000000	04+PAI16	PARTE " A " DE ACERO INOX. DE 1"	0.00	337.200000	1.011.600000
1.000000	04+PFI16	PARTE F ACERO INOX 1	0.00	462.600000	462.600000
2.000000	04+PCA124	PARTE " C " DE ACERO INOXIDABLE 1 1/2"	0.00	895.800000	1.791.600000
8.000000	22+0316	ABARZADERA RIMANGUERA ROJA DE 1"	0.00	52.810000	422.480000
2.000000	22+0324	ABRAZADERA RIMANGUERA ROJA DE 1 1/2	0.00	49.610000	99.220000
2.000000	43+SSBV100	VALVULA DE BOLA A. INOX	0.00	987.035000	1,974.070000
6.400000	20+GTUBO16	TUBO DE 1" X 6 M	0.00	116.800000	747.520000

Subtotal	7,838.690000
Descuento	0.000000
Desc. Fin.	0.000000
I.E.P.S.	0.000000
	0.000000
	0.000000
I.V.A.	1,254.190400
Total	9,092.880000

La cotización será vigente hasta el día 06/06/2023

NUEVE MIL NOVENTA Y DOS PESOS 88/100 M.N.

COTIZACIÓN

FERRETERIA SANTANDER S.A. DE C.V.

R.F.C. F8A680618RE3

VIA MORELOS KM 11, Col. INDUSTRIAL XALOSTOC

5999-9996 con 60 líneas

email: ferresan@prodigy.net.mx

General de Ley Personas Morales



9 110304 309266



Datos Cliente:

SAI03261 SAINT-GOBAIN AMERICA, S.A. DE C.V.

RFC: SGV980603HN2

NICOLAS BRAVO

MORELOS, MEXICO.,

P - 166317

Fecha Expedición 20/05/2023 18:43:29

Agente ANGELICA TORRES

Condiciones 30 Días

No.	Cantidad	No. de	Unidad	Código	Cve. SAT	Descripción	Precio Unl.	%	Precio Final	Importe
1	1.00		PZA H87	000000000	31162800		\$ 93.10	0.00	\$ 93.1000	\$ 93.10
CONEXION RAPIDA MACHO 1 1/2 ROSCA HEMBRA ALUMINIO										
2	1.00		PZA H87	000000000	31162800		\$ 146.30	0.00	\$ 146.3000	\$ 146.30
CONEXION RAPIDA MACHO 1 1/2 ROSCA MACHO ALUMINIO										
3	3.00		PZA H87	000000000	31162800		\$ 73.15	0.00	\$ 73.1500	\$ 219.45
CONEXION RAPIDA MACHO 1 ROSCA HEMBRA ALUMINIO										
4	1.00		PZA H87	000000000	31162800		\$ 89.11	0.00	\$ 89.1100	\$ 89.11
CONEXION RAPIDA MACHO 1 ROSCA MACHO ALUMINIO										
5	2.00		PZA H87	000000000	31162800		\$ 279.30	0.00	\$ 279.3000	\$ 558.60
CONEXION RAPIDA HEMBRA CON ESPIGA PARA MANGUERA DE 1 1/2 EN ALUMINIO										
6	8.00		PZA H87	000000000	31162800		\$ 90.44	0.00	\$ 90.4400	\$ 723.52
ABRAZADERA REFORZADA DE 1										
7	2.00		PZA H87	000000000	31162800		\$ 93.10	0.00	\$ 93.1000	\$ 186.20
ABRAZADERA REFORZADA DE 1 1/2										
8	2.00		PZA H87	000000000	31162800		\$ 272.65	0.00	\$ 272.6500	\$ 545.30
VALVULA DE BOLA DE 1 400 PSI BRONCE										
9	1.00		PZA H87	043080014	40172600	TUERCA UNION 1.1/2 GALV. ROSC	\$ 230.40	0.00	\$ 230.4000	\$ 230.40
10	1.00		PZA H87	043080010	40172600	TUERCA UNION 1 GALV. ROSC	\$ 89.81	0.00	\$ 89.8100	\$ 89.81
11	1.00	7.00	PZA H87	119020012	40171500	TUBO GALVANIZADO 1 C-40 C/C	\$ 1,201.50	0.00	\$	\$ 8,410.50

Comentario:

AT .. N. SR. FRANCO COCA LAB SU ALMACEN *** GRACIAS ***

REPRESENTANTE DE VENTAS: ANGELICA

TIEMPO DE ENTREGA: 05 DIAS

VIGENCIA: 05 DIAS

NÚMERO DE REQUISICIÓN: S/N

(Trece Mil Noventa y Nueve Pesos 06/100 M.N.)

Importe \$ 11,292.29

Importe Exento: \$ 0.00

Subtotal: \$ 11,292.29

16.00% I.V.A.: \$ 1,806.77

Total: \$ 13,099.06



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Apizaco

Anexo V
“Planos finales”

1

2

3

4

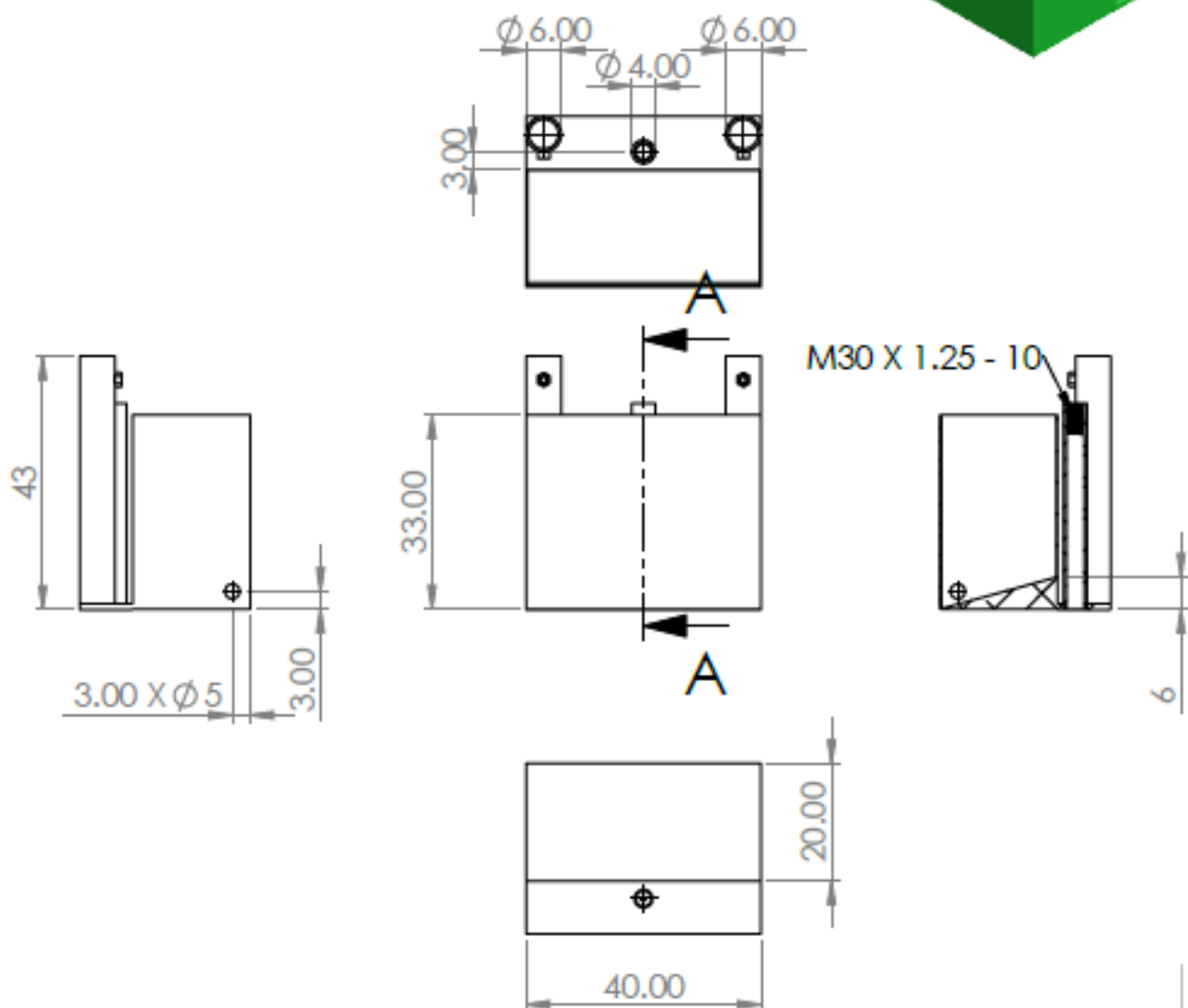
A

A



B

B



C

C



Saint Gobain Adfors

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO



Revisó: Edith Cortez Soria

REV-00

Realizó: Alejandro A. Maravilla

Observaciones:

No. de pieza: Base de Aplicador

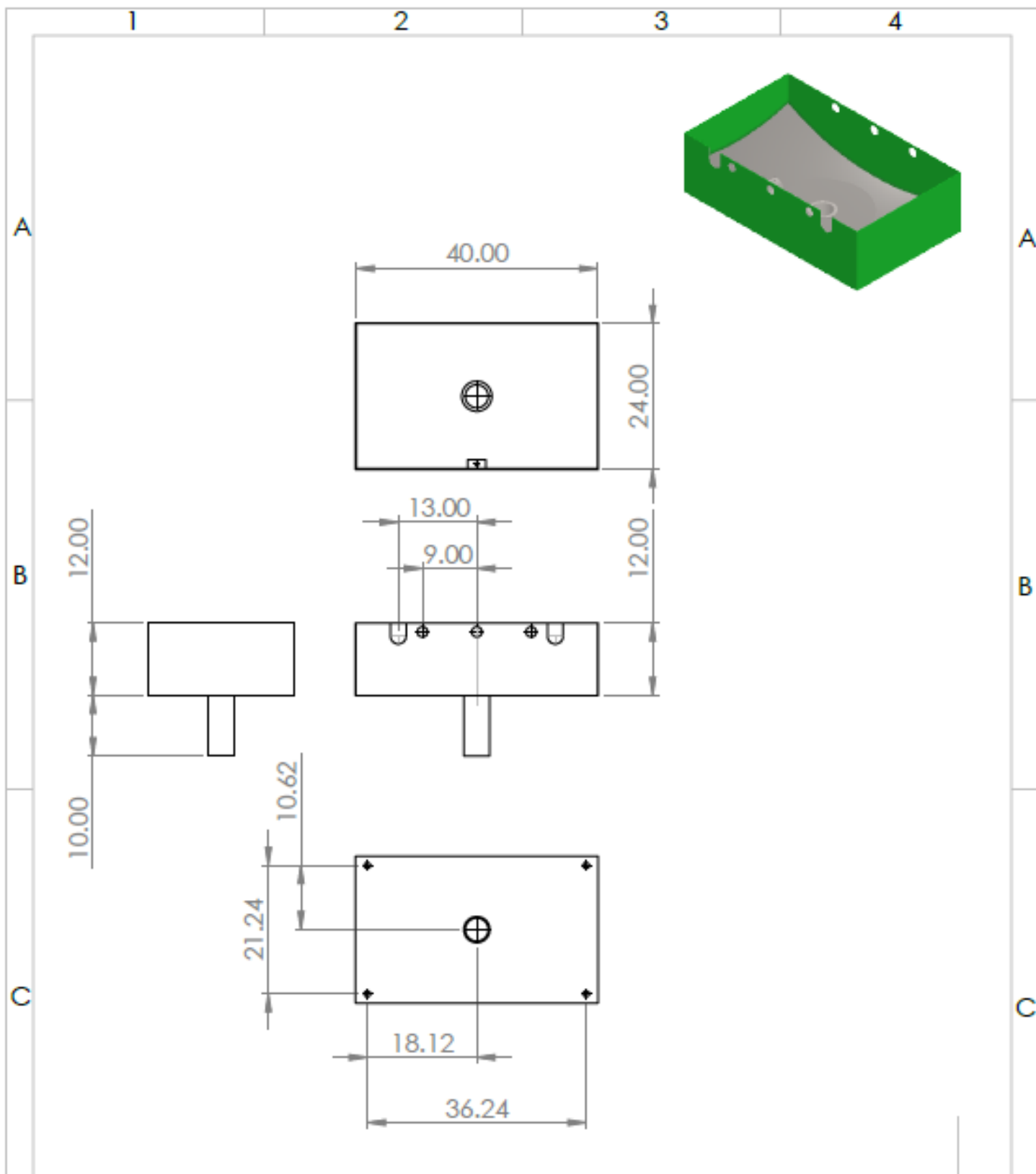
FECHA: 27/03/2023

UNIDADES: CGS

ESCALA: 1 : 1

D

D



Saint Gobain Adfors

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO



Revisó: Julio Garcia

REV-01

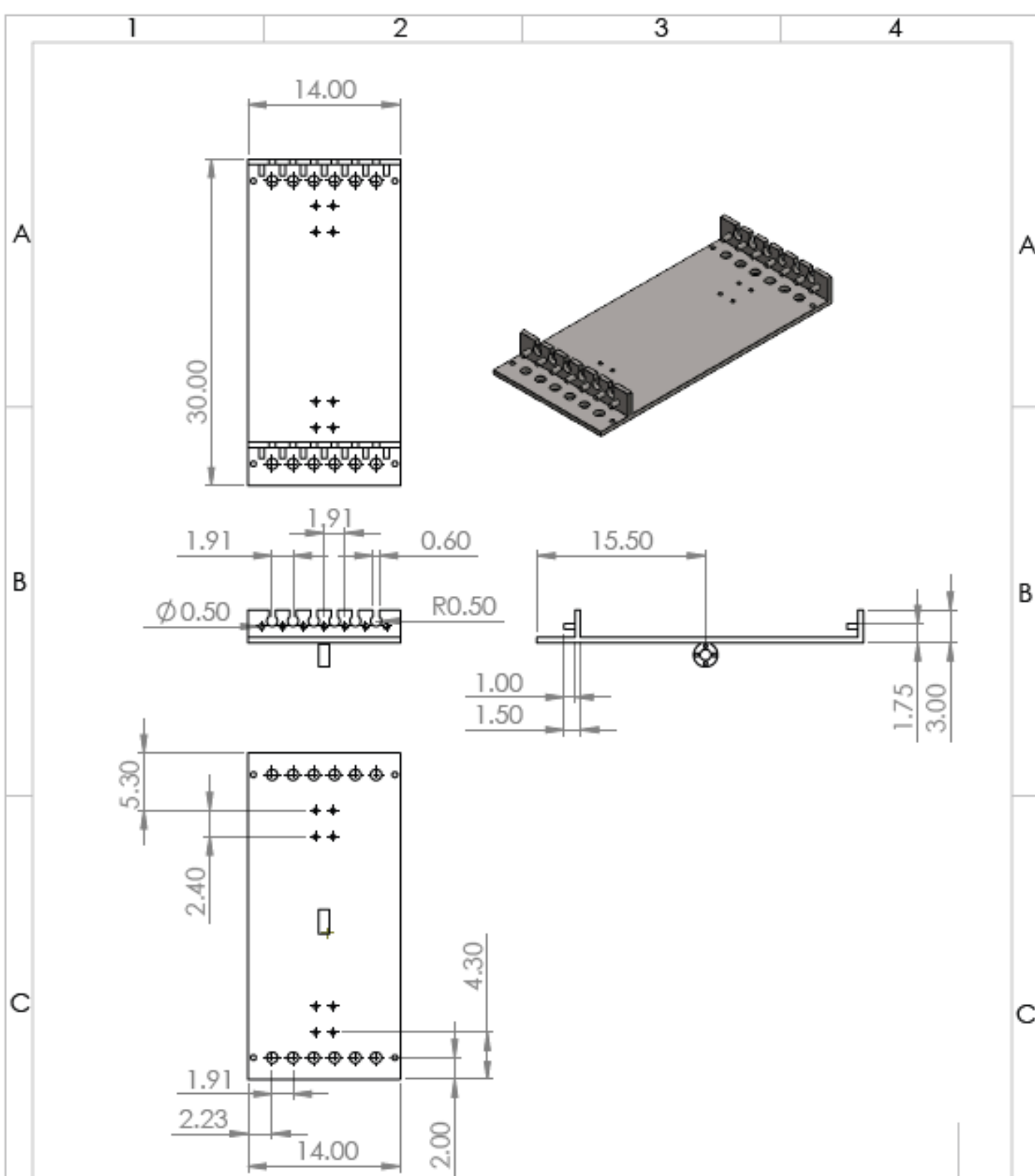
Realizó: Alejandro A. Maravilla

**Observaciones: Material de Lamina de
acero al carbón 1018 calibre 18**

No. de pieza: Tina de Aplicador

D

D



Saint Gobain Adfors

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO



Revisó: Julio Garcia

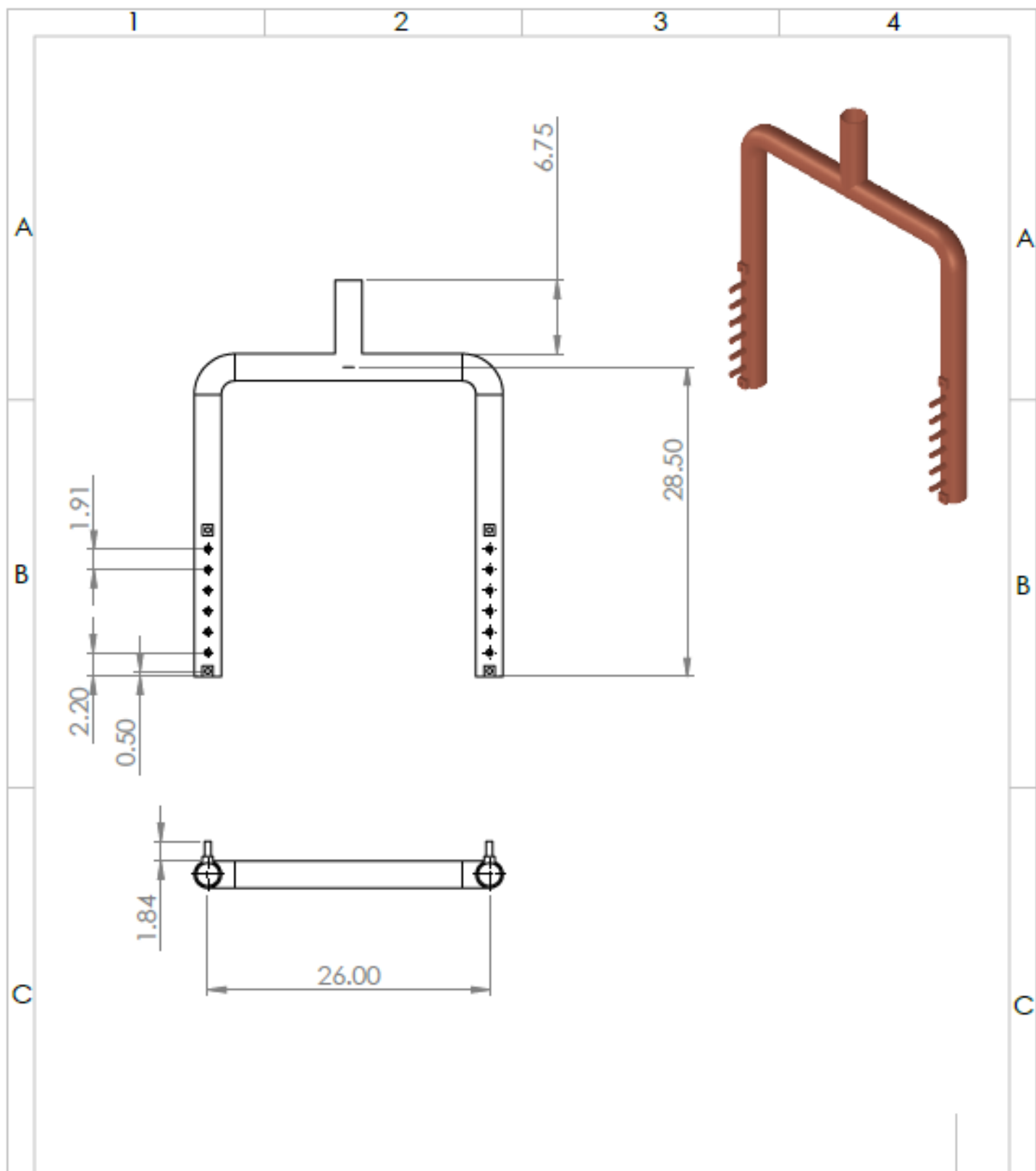
REV-01

Realizó: Alejandro A. Maravilla

**Observaciones: Material de Lamina de
acero al inoxidable 316 calibre 5**

Pieza: Base para Dado

D



Saint Gobain Adfors

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO



Revisó: Julio Garcia

REV-01

Realizó: Alejandro A. Maravilla

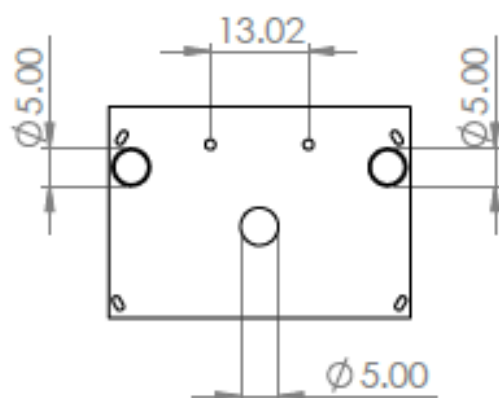
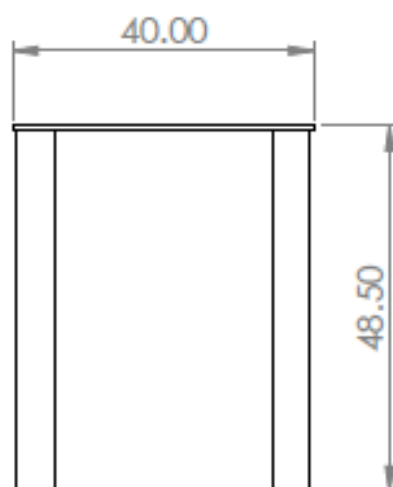
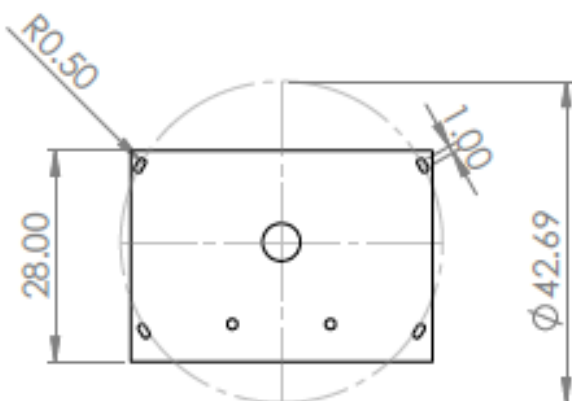
**Observaciones: Material de
acero al carbón 1018.**

Pieza: Tuberia para Dados

FECHA: 25/03/2023

UNIDADES: CGS

ESCALA: 1 : 1



Saint Gobain Adfors

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO



Revisó: Julio Garcia

REV-01

Realizó: Alejandro A. Maravilla

**Observaciones: Material de Lamina de
acero al carbón 1018 calibre 5**

Pieza: Cama de Nivelación