



UNIVERSIDAD TÉCNICA AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA DESARROLLAR
LA MUSCULATURA DEL HOMBRO”**

AUTORES: Andrés David Núñez Tipanguano

Eduardo José Valencia Poaquiza

TUTORA: Ing. Thalía Daniella San Antonio Serrano, Ph.D.

AMBATO - ECUADOR

Enero - 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutora del Proyecto Técnico, previo a la obtención de Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA DESARROLLAR LA MUSCULATURA DEL HOMBRO”**. Elaborado por los señores Andrés David Núñez Tipanguano, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1805075106 y Eduardo José Valencia Poaquiza, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804392734, estudiantes de la Carrera de Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de sus autores.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, enero 2024



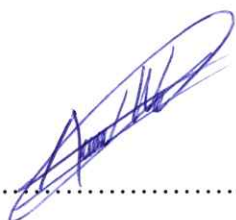
Ing. Thalía Daniella San Antonio Serrano, Ph.D.

TUTORA

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Andrés David Núñez Tipanguano, con C.I. 1805075106 y Eduardo José Valencia Poaquiza con C.I. 1804392734, declaramos que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA DESARROLLAR LA MUSCULATURA DEL HOMBRO”**, así como sus análisis, gráficos, diseño, conclusiones y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad como autores del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, enero 2024



.....
Andrés David Núñez Tipanguano

C.I. 1805075106

AUTOR



.....
Eduardo José Valencia Poaquiza

C.I. 1804392734

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedemos los Derechos de nuestro Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando nuestros derechos de autor.

Ambato, enero 2024



Andrés David Núñez Tipanguano

C.I. 1805075106

AUTOR



Eduardo José Valencia Poaquiza

C.I. 1804392734

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por los estudiantes Andrés David Núñez Tipanguano y Eduardo José Valencia Poaquiza de la Carrera de Mecánica, bajo el tema: “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA DESARROLLAR LA MUSCULATURA DEL HOMBRO**”


Ambato, enero 2024

Para constancia firman



.....
Ing. Christian Byron Castro Miniguano, Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR



.....
Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios por estar siempre presente en mi vida, bendiciendo mi camino con su sabiduría.

A mis dos madres, por ser ese apoyo incondicional, por la paciencia, por sus lecciones de vida, por los ejemplos de constancia y perseverancia para salir adelante.

A mi enamorada Danna, por ser mi motivación y constante fuente de inspiración, por estar presente en los altibajos, por sus consejos y su amor incondicional.

Esta tesis es un logro que quiero compartir con mi familia, ya que cada paso en este camino ha sido gracias a su cariño, comprensión y sacrificio.

Andrés Núñez

DEDICATORIA

A Dios quien ha sido mi guía y fortaleza, por permitirme acercarme a él mediante una oración y así poder caminar de su mano en este arduo camino de la Ingeniería.

A mis padres Wilson y Anita quienes con su amor y esfuerzo me han permitido cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, dedicación, gallardía, y al no temer las adversidades.

A mi hermano Andrés por su apoyo incondicional y su respaldo durante este proceso.

A mi esposa Viviana por apoyarme en las etapas más difíciles de la carrera, por ayudarme a superar cada día los obstáculos, con palabras de fortaleza y haciéndome entender que con esfuerzo lograría culminar mi carrera universitaria.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a toda mi familia porque con sus consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra manera me acompañan en todos mis sueños y metas, especialmente en el fin de mi tan anhelada Ingeniería Mecánica.

Eduardo Valencia

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud a Dios puesto que en medio de los desafíos de este arduo camino he sentido su presencia constante y su guía en mi vida.

Agradezco a mi familia, a mi enamorada Danna, mi hermano Ricardo y a mis madres Susana y Mercedes por su apoyo inquebrantable y la paciencia que me han brindado a lo largo de mi carrera universitaria. Les agradezco de corazón por ser mi fuente de fortaleza y mi razón de esforzarme siempre.

Finalmente agradezco a todos los ingenieros que compartieron su conocimiento y sabiduría en mi proceso de formación académica.

Andrés Núñez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la sabiduría necesaria para culminar esta etapa tan importante en mi vida.

De igual manera agradezco a mi familia, a mi esposa Viviana, mi hermano Andrés y a mis padres Wilson y Anita, por cada palabra de motivación, para poder salir adelante en cada una de las etapas que me he propuesto, y también por dedicarme tiempo y entenderme cuando he pasado momentos no tan gratos en la Universidad.

También agradezco a todos los ingenieros que en cada semestre me brindaron sus conocimientos y experiencia en la carrera de Ingeniería Mecánica.

Eduardo Valencia

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
AGRADECIMIENTO	ix
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
RESUMEN EJECUTIVO	xix
ABSTRACT.....	xx
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1 Máquina de ejercicio de empuje inclinado	3
1.1.2 Máquina de ejercicio de polea para hombros y bíceps	6
1.1.3 Banco de presión de hombros.....	8
1.1.4 Máquina de gimnasia de tren superior.....	11
1.2 Justificación.....	14
1.3 Fundamentación teórica	14
1.3.1. Músculos del hombro.....	14
1.3.2. Métodos para fortalecer la musculatura del hombro	16
1.3.2.1 Empuje con barra	16

1.3.2.2 Empuje con mancuernas	17
1.3.2.3 Uso de máquinas	19
1.3.3. Componentes de máquinas para desarrollar la musculatura del hombro..	20
1.4 Antropometría	21
1.4.1 Antropometría estática y dinámica	21
1.4.2 Ergonomía para máquinas de gimnasio	22
1.4.3 Percentiles	23
1.4.4 Datos antropométricos	24
1.4.4.1 Hombre y mujer adultos	24
1.4.4.2 Áreas para ejercicio gimnástico	24
1.4.5 Equipos de diseño y cálculo.....	25
1.4.5.1 Computador.....	25
1.5 Fórmulas a utilizar en el diseño de la máquina	26
1.5.1 Cálculo de reacciones	26
1.5.2 Esfuerzo simple.....	26
1.5.3 Esfuerzo cortante	26
1.5.4 Deflexión	27
1.5.5 Esfuerzo admisible.....	27
1.5.6 Relación longitud – deflexión permisible.....	28
1.5.7 Esfuerzos máximos	28
1.5.8 Factor de seguridad.....	29
1.5.9 Cálculo de soldadura.....	29
1.6 Objetivos	30
1.6.1 Objetivo General.....	30
1.6.2 Objetivos Específicos	30
CAPÍTULO II	31
2. METODOLOGÍA	31

2.1 Metodología aplicada al proyecto	31
2.2. Datos de personas registradas en el gimnasio	33
2.3. Requerimientos y recursos para la construcción.	33
2.3.1 Recursos humanos	33
2.3.2 Recursos institucionales.....	34
2.4 Nivel o tipo de investigación.....	34
2.4.1 Bibliográfico	34
2.4.2 Exploratorio	34
2.4.3 De Campo	34
CAPÍTULO III.....	35
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
3.1 Cálculo analítico.....	35
3.1.1 Estructura posterior.....	36
3.1.1.1 Diagrama de cuerpo libre y reacciones	36
3.1.1.2 Diseño de componentes.....	40
3.1.1.3 Soldadura	45
3.1.1.4 Factor de seguridad	49
3.1.1.5 Resultado de análisis estructural	50
3.1.2 Estructura base.....	54
3.1.2.1. Diagrama de cuerpo libre y reacciones	54
3.1.2.2 Diseño de la estructura base.....	56
3.1.2.3 Factor de seguridad	61
3.1.2.4 Resultado de análisis estructural	61
3.1.3 Brazos de fuerza.....	65
3.1.3.1 Diagrama de cuerpo libre y reacciones de los brazos de fuerza	65
3.1.3.2 Diseño de los brazos de la fuerza.....	66
3.1.3.3 Factor de seguridad	67

3.1.3.4 Resultado de análisis estructural.....	68
3.2 Prueba de vuelco	69
3.2.1 Tensiones de Von Mises	70
3.2.2 Deformaciones unitarias	71
3.2.3 Factor de seguridad.....	71
3.2.4 Prueba de vuelco real.....	72
3.3 Materiales	72
3.3.1 Acero ASTM A36.....	73
3.3.2 Madera Triplex	73
3.3.3 Caucho vulcanizado.....	73
3.4 Equipos y herramientas para la construcción.....	73
3.4.1 Herramientas de corte	73
3.4.2 Equipos de soldadura	73
3.5 Presupuesto.....	74
3.5.1 Costos directos	74
3.5.2 Costos indirectos.....	75
3.5.3 Costos totales	75
3.6 Proceso de fabricación de la máquina	76
3.7 Comparación entre el diseño en software y el diseño real	82
3.8 Manual de uso y mantenimiento	83
3.8.1 Ficha técnica de la máquina.....	83
3.8.2 Información general.....	84
3.8.3 Lista de repuestos.....	84
3.8.4 Planos de montaje	84
3.8.5 Instrucciones de funcionamiento	86
3.8.6 Normas de seguridad	87
3.8.7 Instrucciones de mantenimiento	87

3.9 Pruebas de funcionamiento de la máquina y recomendaciones	88
CAPÍTULO IV	90
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
4.1. Conclusiones	90
4.2. Recomendaciones.....	91
BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXOS	94
Anexo 1. Diagrama de procesos del proyecto	94
Anexo 2. Datos técnicos de los perfiles estructurales	96
Anexo 3. Dimensiones estructurales del cuerpo.....	98
Anexo 4. Dimensiones funcionales del cuerpo	99
Anexo 5. Fórmulas para deflexión de vigas	100
Anexo 6. Fórmulas del esfuerzo cortante máximo debido a flexión.....	104
Anexo 7. Planos.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño esquemático de la máquina de ejercicio de “empuje” inclinado	4
Figura 2. Prototipo real de la máquina de ejercicio de “empuje” inclinado	5
Figura 3. Esquema de la máquina de ejercicio de polea para hombros y bíceps	7
Figura 4. Prototipo de la máquina de ejercicio de polea para hombros y bíceps	8
Figura 5. Diseño esquemático del banco de presión de hombros	10
Figura 6. Prototipo real del banco de presión de hombros.....	11
Figura 7. Diseño esquemático de la máquina de gimnasia de tren superior	13
Figura 8. Prototipo real de la máquina de gimnasia de tren superior.....	13
Figura 9. Músculos del hombro	15
Figura 10. Músculos que intervienen en el “empuje trasnuca con barra”.....	16
Figura 11. Ejecución del “Empuje frontal con barra” e intervención de músculos ...	17
Figura 12. Proceso del empuje sentado con mancuernas	17
Figura 13. Proceso del “empuje frontal con rotación de la muñeca”.....	18
Figura 14. Proceso de las elevaciones laterales de brazos con mancuernas	18
Figura 15. Ejecución de ejercicio de elevacion frontal alterna con mancuernas	19
Figura 16. Ejecución del ejercicio de elevaciones laterales acostado de lado	19
Figura 17. Uso de polea baja para ejercicio de elevaciones alternas	20
Figura 18. Uso de polea baja para elevaciones frontales alternas.....	20
Figura 19. Dimensiones humanas para diseño de espacios interiores	22
Figura 20. Dimensiones de ejercicios de banca	24
Figura 21. Partes de la máquina	35
Figura 22. Diagrama de pesas en el tubo de la estructura posterior.....	36
Figura 23. Diagrama de cuerpo libre de la estructura posterior.....	37
Figura 24. Diagrama de carga distribuida en los tubos de soporte de pesas.....	37
Figura 25. Diagrama de carga puntual en los tubos de soporte de pesas.....	38

Figura 26. Reacciones de la estructura posterior	39
Figura 27. Dimensiones de las vigas críticas de la estructura posterior.....	40
Figura 28. Diagramas de cortante y momento flector para el tubo de 300 mm.....	41
Figura 29. Cargas puntuales de los discos de fuerza en la viga rectangular	43
Figura 30. Diagrama de cortante y momento flector de la viga de 1300 mm.....	43
Figura 31. carga y dimensiones del tubo circular de 2”	46
Figura 32. Tensiones de Von Mises en la estructura posterior	51
Figura 33. Desplazamientos en la estructura posterior	51
Figura 34. Tensiones en los tubos de soporte de discos de pesa.....	52
Figura 35. Factor de seguridad de los tubos de soporte de los discos de pesa.....	53
Figura 36. Tamaño de soldadura calculado por el programa.....	53
Figura 37. Diagrama de cuerpo libre de la estructura base	54
Figura 38. descomposición de la carga de la persona en vectores	55
Figura 39. Dimensión de la viga rectangular	56
Figura 40. Localización de las cargas	57
Figura 41. Diagramas de cortante y momento flector para la viga de 1150 mm.....	57
Figura 42. Localización de los pernos a analizar	60
Figura 43. Tensiones en la estructura base.....	62
Figura 44. Desplazamientos de los perfiles de la estructura base	62
Figura 45. Tensiones generadas en los pernos críticos	63
Figura 46. Desplazamientos generados en la zona empernada	64
Figura 47. Factor de seguridad de los pernos.....	64
Figura 48. Diagrama de cuerpo libre del brazo de fuerza	65
Figura 49. Descomposición de la carga de los brazos en vectores	65
Figura 50. Diagrama de cortante y momento flector del brazo de fuerza.....	66
Figura 51. Esfuerzo de Von Mises en el brazo de fuerza.....	68
Figura 52. Deformaciones en el brazo de fuerza.....	69

Figura 53. Factor de seguridad del brazo de fuerza.	69
Figura 54. Tensiones de Von Mises para prueba de vuelco.....	70
Figura 55. Deformaciones unitarias para prueba de vuelco.....	71
Figura 56. Factor de seguridad de la estructura ante la prueba de vuelco	71
Figura 57. Prueba de vuelco real.....	72
Figura 58. Diseño de la máquina en software	82
Figura 59. Diseño de la máquina en la vida real.	82
Figura 60. Prueba de la máquina con persona 1.....	88
Figura 61. Prueba de la máquina con persona 2.....	89
Figura 62. Ajuste de asiento.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consideraciones y especificaciones para el diseño de la máquina	2
Tabla 2. Especificaciones de la máquina de ejercicio de inclinado	3
Tabla 3. Componentes de la máquina de “Empuje” inclinado.....	5
Tabla 4. Especificación de la máquina de ejercicio de polea para hombros.....	6
Tabla 5. Componentes principales de la máquina de ejercicio de polea.....	7
Tabla 6. Especificaciones del banco de presión de hombros	9
Tabla 7. Componentes principales del banco de presión de hombros	10
Tabla 8. Especificaciones de la máquina de gimnasia de tren superior.....	12
Tabla 9. Componentes principales de la máquina de gimnasia de tren superior	13
Tabla 10. Medidas para ejercicios en máquinas.....	25
Tabla 11. Especificaciones del computador.....	25
Tabla 12. Esfuerzo permisible a flexión	28
Tabla 13. Datos de usuarios del gimnasio.....	33
Tabla 14. Materiales e insumos para la construcción de la máquina.....	72
Tabla 15. Costos de materiales	74
Tabla 16. Costo de materiales normalizados.....	74
Tabla 17. Costos directos totales.....	75
Tabla 18. Costos indirectos totales.....	75
Tabla 19. Proceso de construcción de la máquina	76
Tabla 20. Ficha técnica de la máquina	83

RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo realizado busca satisfacer la creación de una máquina en el campo de acondicionamiento físico, que se adapte a las condiciones del ambiente de trabajo, puesto que, en el mercado de máquinas de gimnasio extranjeras, las diferencias antropométricas no se ajustan de manera adecuada a las dimensiones corporales de nuestro país, lo cual impide que los usuarios puedan encontrar la posición correcta para el desarrollo de los ejercicios.

En el marco de este proyecto, se llevó a cabo una exhaustiva investigación bibliográfica de patentes relacionadas con máquinas similares. Esta investigación permitió seleccionar los elementos más relevantes como punto de partida para el diseño. Además, se recopilaron datos antropométricos de los usuarios del gimnasio con el propósito de realizar un diseño ergonómico óptimo para la máquina. Una vez recopilada toda la información necesaria, se procedió a realizar el diseño y la simulación de la máquina. Para ello, se llevaron a cabo cálculos analíticos que permitieron verificar la fiabilidad y seguridad del diseño propuesto.

El resultado del proyecto culminó en una máquina de gran robustez, diseñada para ajustarse a las dimensiones antropométricas de las personas del gimnasio de la Universidad Técnica de Ambato. Esta adaptabilidad garantiza una experiencia de uso optimizada, permitiendo un entrenamiento seguro y confiable para quienes la utilicen. La combinación de una sólida construcción y un diseño ergonómico brinda una sensación de seguridad y confianza al momento de utilizarla, por lo que después de realizar sus pruebas correspondientes se obtienen resultados favorables basados en recomendaciones, lo que se traduce en un equipo altamente funcional y adecuado para el gimnasio de la Universidad Técnica de Ambato.

Palabras clave: Acondicionamiento físico, diseño antropométrico, seguridad, ergonomía, brazos de fuerza.

ABSTRACT

The work carried out seeks to satisfy the creation of a machine in the field of physical conditioning, which adapts to the conditions of the working environment, since, in the market of foreign gym machines, the anthropometric differences do not adjust adequately to the body dimensions of our country, which prevents users from finding the correct position for the development of the exercises.

Within the framework of this project, exhaustive bibliographic research of patents related to similar machines was carried out. This research allowed us to select the most relevant elements as a starting point for the design. In addition, anthropometric data was collected from the users of the gym in order to make an optimal ergonomic design for the machine. Once all the necessary information had been collected, the design and simulation of the machine was carried out. Analytical calculations were carried out to verify the reliability and safety of the proposed design.

The result of the project culminated in a very robust machine, designed to fit the anthropometric dimensions of the people in the gymnasium of the Technical University of Ambato. This adaptability guarantees an optimized user experience, allowing a safe and reliable workout for those who use it. The combination of a solid construction and an ergonomic design provides a feeling of safety and confidence when using it, so that after performing the corresponding tests, favorable results based on recommendations are obtained, which translates into a highly functional and suitable equipment for the gymnasium of the Technical University of Ambato.

Keywords: Physical conditioning, anthropometric design, safety, ergonomics, strength arms.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

Tema

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA DESARROLLAR LA MUSCULATURA DEL HOMBRO”

1.1. Antecedentes Investigativos

Las máquinas de entrenamiento para la musculatura del hombro se componen de elementos mecánicos con el propósito de estimular el crecimiento y la definición de los músculos ubicados en esa área específica. Estas máquinas de gimnasio son diseñadas considerando técnicas apropiadas para aprovechar de manera precisa y eficiente las capacidades particulares de cada músculo y articulación. En este proyecto de investigación, se tomarán como referencia las máquinas de gimnasio disponibles en el mercado que están destinadas a desarrollar la musculatura del hombro. Esto se debe a su bajo nivel de complejidad y a los conceptos básicos de mecanismos presentes en su estructura [1].

El diseño de una máquina de alto rendimiento de un gimnasio se basa en el análisis de la técnica más eficiente para desarrollar de manera óptima la zona muscular específica, es por ello que los parámetros que se consideran dentro de este proceso se centran en el mecanismo, la ergonomía, la cantidad de peso establecido y recomendado a trabajar y los resultados que se obtienen tras un periodo constante de entrenamiento. El análisis y observación de diferentes tipos de máquinas de gimnasio, precios, mecanismos de funcionamiento, ergonomía y número de componentes son necesarios para seleccionar las características más relevantes para diseñar la máquina que satisfaga las necesidades de los usuarios [1].

Las especificaciones de las máquinas mencionadas a continuación se limitan a 4 ideas de diseños que posteriormente se utilizarán como referencia para cumplir los objetivos del proyecto, es por ello que se toman las consideraciones en la tabla 1 [1].

Tabla 1. Consideraciones y especificaciones para el diseño de la máquina [1]

Consideración	Descripción
Mecanismo articulado	<p>El mecanismo articulado de la máquina está determinado por los componentes motrices que le darán el funcionamiento ya sea por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Polea: trabaja con placas de acero o de cemento recubierto de caucho. • Mecanismo pivotante: Trabaja con pesos externos (discos de pesas) • Cremallera: Trabaja con peso muerto (peso de cada persona)
Regulación de la silla	<p>En la ergonomía de las máquinas de gimnasio es necesaria la regulación de los soportes donde se apoya el cuerpo humano los cuales pueden ser mediante dos mecanismos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pasador • Tornillo regulador
Tipos de agarre	<p>Dentro de las técnicas de desarrollo de los músculos existen tres tipos de agarre en donde cada uno se encarga de trabajar una zona diferente de la musculatura. Los tipos de agarre son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prono: se realiza colocando las palmas de las manos mirando hacia abajo • Supino: se realiza colocando las palmas de las manos mirando hacia arriba • Neutro: se realiza colocando las palmas mirando la una a la otra, es decir paralelas. <div data-bbox="678 1323 1353 1541" style="text-align: center;"> <p>Supinación Neutral Pronación</p> </div>
Unión de componentes	<p>En el ensamble de los componentes que conforman las máquinas de gimnasio existen dos formas de unir las diferentes partes, mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pernos • Soldadura
Dimensionamiento	<p>Se refiere a las dimensiones de toda la máquina (largo, alto y ancho)</p>

Una vez establecidas las consideraciones y especificaciones, se muestran las ideas más relevantes de las máquinas:

1.1.1 Máquina de ejercicio de empuje inclinado

Es una máquina que posee un asiento inclinado conectado a un marco metálico a lo largo de un plano medio vertical y a dos tubos rectangulares que funcionan de manera independiente permitiendo realizar una mayor cantidad de combinaciones de ejercicios gracias a su mecanismo pivotante. Cada manija está adaptada para ser agarrada por una persona apoyada en el asiento y extendida hacia arriba y aducida en un movimiento de presión inclinado contra los pesos sostenidos para mover el tubo respectivo a lo largo de un plano vertical que converge hacia adentro con respecto al plano medio vertical [1].

Esta máquina se adapta a los movimientos musculoesqueléticos naturales de los brazos y hombros de una persona maximizando así el beneficio muscular y minimizando el estrés articular [1].

- **Especificaciones**

En la tabla 2 se detallan las características de diseño bajo las consideraciones establecidas en la tabla 1.

Tabla 2. Especificaciones de la máquina de ejercicio de inclinado [1]

	Características	Detalle
1	Mecanismo articulado	Mecanismo pivotante
2	Regulación de la silla	Pasador
3	Tipos de agarre	Supino y Prono
4	Unión de componentes	Soldado
5	Dimensiones	43 cm de largo x 185 cm de alto x 192 cm de ancho

- **Detalles adicionales**

- Está realizado por secciones estructurales rectas y/o curvas de acero pesado las cuales son soldadas.
- Posee dos tubos circulares de acero que sirven como soporte para los discos de pesas externos en función del esfuerzo que requiera cada usuario para el mejor desarrollo de los músculos.
- Posee una curva central para dar cabida a la convergencia hacia delante de los lados del marco.
- Las manijas o agarraderas son hechos de tubos doblados que se alojan en la respectiva palanca. El ángulo entre los dos extremos es de 70°.

- **Diseño esquemático**

En la figura 1(a) se presenta la estructura armada de la máquina en donde se aprecia cada uno de los componentes y el funcionamiento individual de las palancas de fuerza, siendo ésta la característica destacable en el presente diseño junto con la regulación de asiento asistido por un pasador, en la figura 1(b) se aprecia las manijas que otorgan los dos tipos de agarre (supino y prono), además de los tubos circulares en donde se colocan los pesos que cada usuario requiera acorde su necesidad, en la figura 1(c) se aprecia el mecanismo pivotante de las palancas de fuerza que al ser estos individuales proporcionan una mayor cantidad de ejercicios que se pueden realizar [1].

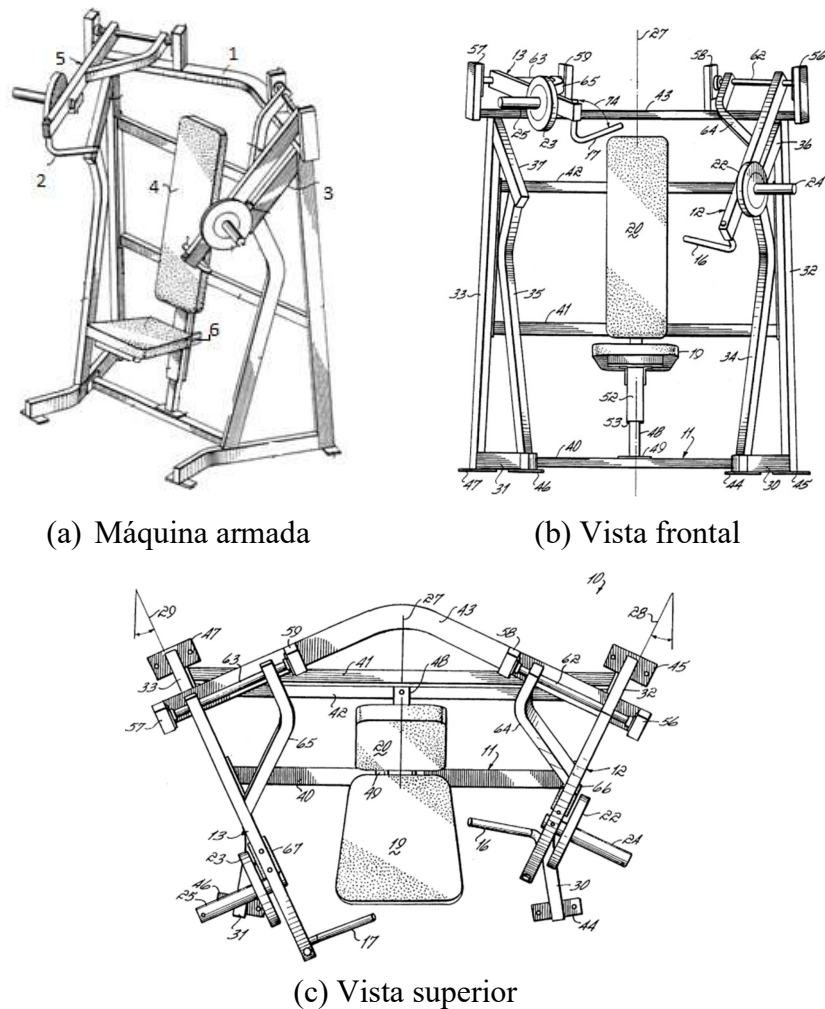


Figura 1. Diseño esquemático de la máquina de ejercicio de “empuje” inclinado [1]

- **Componentes principales**

A partir de la figura 1(a) se mencionan los componentes principales en la tabla 3.

Tabla 3. Componentes de la máquina de “Empuje” inclinado [1].

1. Armazón de la máquina	4. Espaldar regulable
2. Manijas	5. Palancas de fuerza
3. Tubo de soporte lateral	6. Asiento regulable

- **Diseño real**

En la figura 2 se presenta el prototipo construido de la máquina de ejercicio de “Empuje” inclinado, la cual presenta una estructura robusta y firme que junto con el mecanismo de funcionamiento satisfacen las necesidades de los usuarios.



Figura 2. Prototipo real de la máquina de ejercicio de “empuje” inclinado [1]

- **Componente destacable**

El funcionamiento individual de las palancas de fuerza junto con los soportes de peso son componentes que destacan puesto que permiten que la máquina se ajuste a un mayor número de requerimientos que poseen los usuarios para un rendimiento adecuado de los músculos específicos, al ofrecer más combinaciones de ejercicios y el peso ajustable [1].

1.1.2 Máquina de ejercicio de polea para hombros y bíceps

Es una máquina que se caracteriza por trabajar dos zonas musculares, la del hombro y tríceps bajos mediante el accionamiento de poleas que se conectan a placas de acero que pueden ser ajustadas mediante un pasador de acuerdo la necesidad que cada usuario necesite; presenta una estructura rígida de acero que se conecta mediante pernos lo cual facilita su transportabilidad y ensamblaje [2].

- **Especificaciones**

En la tabla 4 se detallan las características de diseño bajo las consideraciones establecidas en la tabla 1.

Tabla 4. Especificación de la máquina de ejercicio de polea para hombros [2].

	Características	Detalle
1	Mecanismo articulado	Polea
2	Regulación de la silla	Pasador
3	Tipos de agarre	Supino, Prono y Neutro
4	Unión de componentes	Pernos
5	Dimensiones	174 cm de largo x 194 cm de ancho x 100 cm de alto

- **Detalles adicionales**

- Posee un mecanismo accionado por poleas que se conectan entre si a placas de acero que pueden ser regulables mediante un pasador
- Las barras o palancas de fuerza son unifuncionales, es decir que están limitadas a un solo tipo de movimiento (suben y bajan al mismo tiempo).
- Posee marcos de acero que protegen a las placas de peso como medio de seguridad para los usuarios.
- Las manijas o agarraderas son fabricadas de acero y recubiertas por un polímero y permiten trabajar los tres tipos de agarres [2].

- **Diseño esquemático**

En la figura 3(a) se aprecia el esquema de diseño completo de la máquina de ejercicio de polea para hombros y bíceps el cual presenta una estructura unida mediante pernos en su totalidad, en la figura 3(b) se observa que el mecanismo de regulación de asiento y espaldar es mediante pernos y en la figura 3(c) se aprecia que posee dos manijas en cada barra de presión para trabajar los tres tipos de agarre [2].

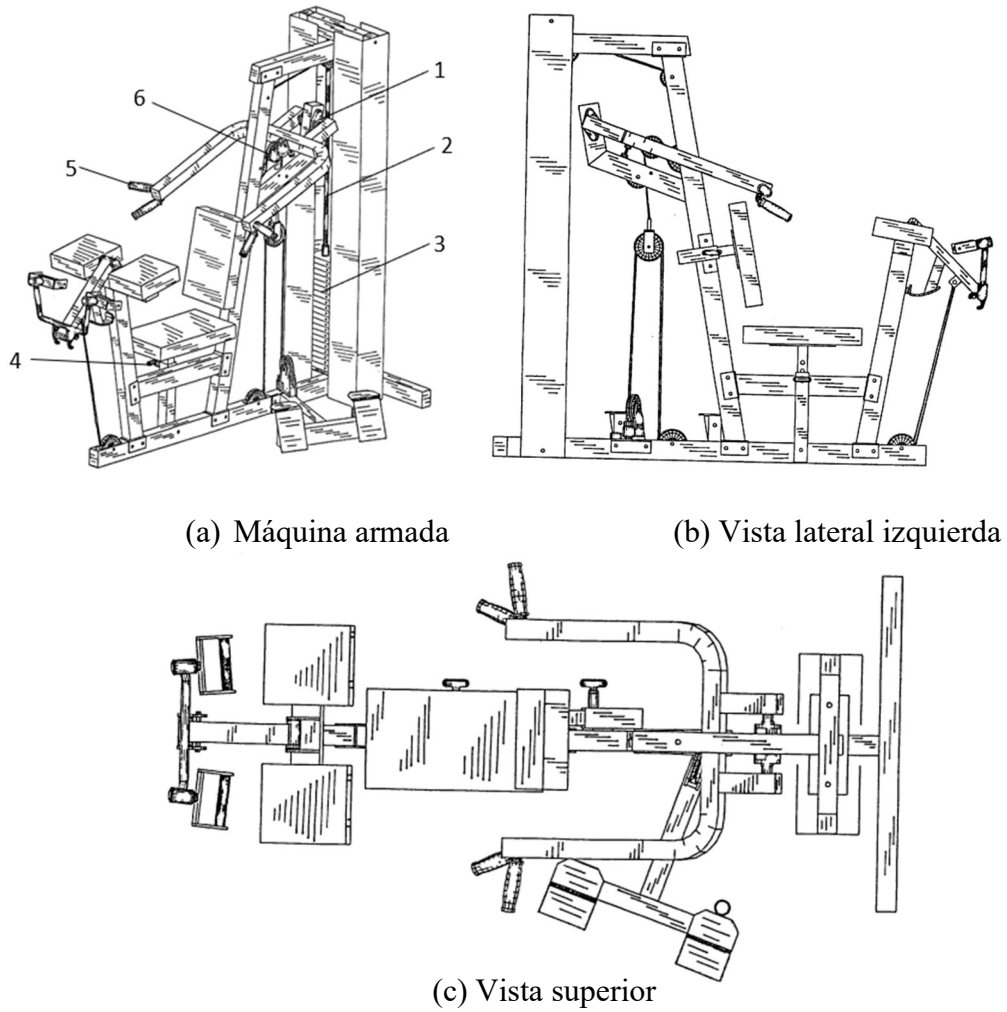


Figura 3. Esquema de la máquina de ejercicio de polea para hombros y bíceps [2]

- **Componentes principales**

A partir de la figura 3(a) se mencionan los componentes principales en la tabla 5.

Tabla 5. Componentes principales de la máquina de ejercicio de polea [2].

1. Tubo de unión de las palancas de fuerza	4. Pasador regulador
2. Cable de acero	5. Manijas
3. Placas de peso	6. Polea

- **Diseño real**

En la figura 4 se observa la máquina real la cual guarda un diseño multifuncional para trabajar dos zonas musculares con variación de peso mediante placas de acero que a su vez están protegidas por un marco metálico para mayor seguridad de los usuarios.



Figura 4. Prototipo de la máquina de ejercicio de polea para hombros y bíceps [2].

- **Componente destacable**

La implementación de dos manijas en cada palanca de fuerza otorga un mejor rendimiento al momento de trabajar los músculos específicos puesto que permiten que se pueda trabajar los tres tipos de agarre y así ejercitar una mayor cantidad de músculos [2].

1.1.3 Banco de presión de hombros

Es una máquina que está enfocada netamente en el desarrollo muscular del hombro debido al funcionamiento basado en brazos de fuerza que están unidos mediante un tubo rectangular de acero conectados a un mecanismo pivotante [3].

El armazón de la máquina es completamente rígido debido a que sus componentes están unidos mediante soldadura, lo cual dificulta su transporte, por otro lado, el espaldar y la silla están conectados mediante pernos a unas placas de soporte en L lo cual impide que estos componentes sean regulables [3].

- **Especificaciones**

En la tabla 6 se detallan las características de diseño bajo las consideraciones establecidas en la tabla 1.

Tabla 6. Especificaciones del banco de presión de hombros [3].

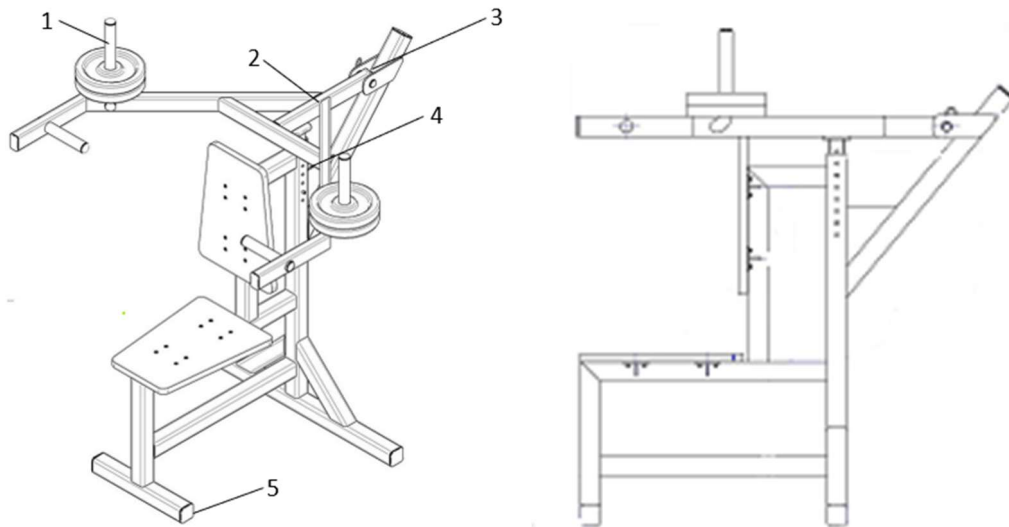
	Características	Detalle
1	Mecanismo articulado	Pivotante
2	Regulación de la silla	No posee
3	Tipos de agarre	Supino y Prono
4	Unión de componentes	Soldadura
5	Dimensiones	114 cm de ancho x 110 cm de largo x 125 cm de alto

- **Detalles adicionales**

- Posee un mecanismo pivotante unifuncional debido a la unión de los dos brazos de fuerza por un tubo rectangular.
- El espaldar y silla no son regulables debido a que están ancladas a soportes mediante pernos.
- Las manijas o agarraderas son hechas de acero y permiten solo dos tipos de agarre, supino y prono.
- Posee tapas de caucho en los orificios de los tubos como medio de seguridad y protección para los filos de los tubos [3].

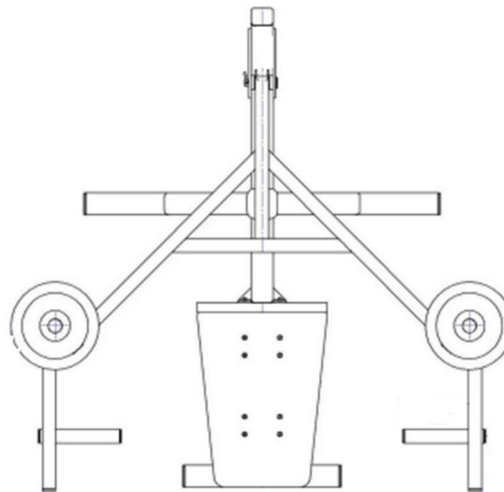
- **Diseño esquemático**

En la figura 5(a) se detalla el diseño esquemático del banco de presión de hombros en donde se aprecia el funcionamiento y componentes que lo conforman en una vista isométrica, en la figura 5(b) se observa que el único componente regulable son los brazos de fuerza mediante un pasador, en la figura 5(c) se presenta el esquema de diseño de los brazos de fuerza que funcionan mediante el peso externo que añade el usuario [3].



(a) Máquina armada

(b) Vista lateral derecha



(c) Vista superior

Figura 5. Diseño esquemático del banco de presión de hombros [3]

- **Componentes principales**

A partir de la figura 5(a) se mencionan los componentes principales en la tabla 7.

Tabla 7. Componentes principales del banco de presión de hombros [3].

1. Soportes de discos de fuerza	4. Pasador regulador
2. Tubo de unión de brazos de fuerza	5. Tapas de caucho
3. Mecanismo pivotante	

- **Diseño real**

En la figura 6 se presenta el prototipo construido de la máquina que se caracteriza por poseer una regulación en la altura de los brazos de fuerza lo cual permite trabajar la musculatura del hombro a varios niveles [3].



Figura 6. Prototipo real del banco de presión de hombros [3].

- **Componente destacable**

Al ser una máquina que está enfocada netamente en el desarrollo muscular de los hombros, la regulación de altura de los brazos de fuerza es el componente que destaca debido a que permite que se trabaje diferentes zonas musculares del hombro, dando como resultado una mayor eficiencia en el crecimiento de los mismos [3].

1.1.4 Máquina de gimnasia de tren superior

Es una máquina destinada a estar en lugares abiertos para la realización de ejercicios en los músculos del tren superior caracterizado por utilizar un mecanismo piñón – cremallera encerrado en una estructura de acero para eliminar peligros. A diferencia de otras máquinas que trabajan con peso externo ya sea mediante discos o placas, esta máquina trabaja con el peso propio de cada persona [4].

- **Especificaciones**

En la tabla 8 se detallan las características de diseño bajo las consideraciones establecidas en la tabla 1.

Tabla 8. Especificaciones de la máquina de gimnasia de tren superior [4].

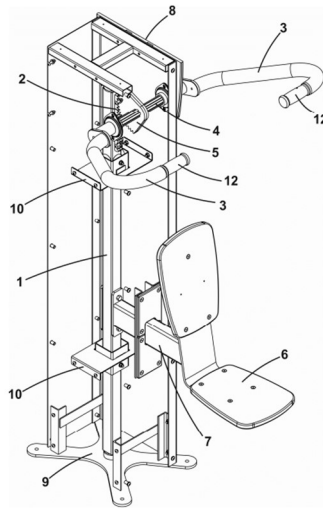
	Características	Detalle
1	Mecanismo articulado	Piñón - cremallera
2	Regulación de la silla	No posee
3	Tipos de agarre	Supino, Prono y Neutro
4	Unión de componentes	Pernos
5	Dimensiones	183 cm de alto x 105 cm de ancho x 111 cm de alto

- **Detalles adicionales**

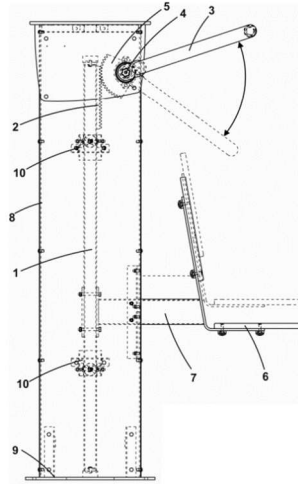
- Posee un par de brazos simétricos, unidos por un eje giro con respecto al eje horizontal y un piñón.
- Posee una columna vertical dotada de movimiento vertical ascendente y descendente dispuesto por una cremallera.
- El asiento es fijo conectado por un travesaño al mecanismo por el cual posee el movimiento vertical de ascenso y descenso.
- Está dotada de anclaje al suelo de la cual emergen únicamente los brazos de fuerza, el asiento y parte del travesaño, quedando el resto de los elementos recogidos y protegidos en el interior de la estructura metálica [4].

- **Diseño esquemático**

En la figura 7(a) se detalla todos los componentes internos de la máquina en donde con mayor facilidad se puede comprender el mecanismo de funcionamiento del piñón – cremallera, en la figura 7(b) se muestra una vista lateral que comprende el movimiento vertical que posee la silla al accionarse el mecanismo del piñón – cremallera [4].



(a) Máquina armada



(b) Vista lateral

Figura 7. Diseño esquemático de la máquina de gimnasia de tren superior [4]

- **Componentes principales**

A partir de la figura 7(a) se mencionan los componentes principales en la tabla 9.

Tabla 9. Componentes principales de la máquina de gimnasia de tren superior [4].

1. Columna de acero	6. Travesaño
2. Engranaje lineal	7. Envoltente
3. Brazos de fuerza	8. Estructura de anclaje
4. Eje horizontal	9. Guías horizontales
5. Engranaje transversal	10. Manijas

- **Diseño real**

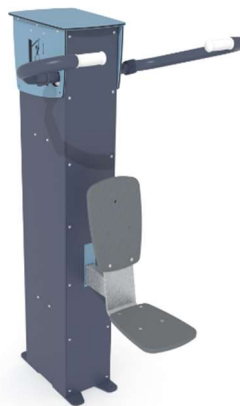


Figura 8. Prototipo real de la máquina de gimnasia de tren superior [4]

- **Componente destacable**

El componente que destaca es el diseño de los brazos de fuerza al presentar un esquema simple pero que a su vez permite realizar los tres tipos de agarre, ahorrando así material al momento de llevar a cabo su construcción [4].

1.2 Justificación

El gimnasio es el lugar donde una o varias personas se ejercitan ya sea por mejorar su estética o por llevar una vida más saludable. En estos lugares acondicionados para el entrenamiento muscular existe maquinaria de todo tipo que sirve para desarrollar varias partes del cuerpo. Todo esto define la importancia de un gimnasio, pues significa un medio hacia una vida más saludable [5].

En la Universidad Técnica de Ambato existe un gimnasio para el uso de la comunidad universitaria. Este está ubicado en el campus Huachi Chico y facilita varios equipos para el entrenamiento personal; sin embargo, el gimnasio carece de una máquina que desarrolle la musculatura de los hombros. Debido a la problemática identificada en el gimnasio, que claramente señala la necesidad de abordar el desarrollo de los grupos musculares del hombro, se propone la concepción y construcción de una máquina específicamente diseñada para este propósito. La implementación de esta máquina se prevé como una solución que contribuirá al crecimiento y fortalecimiento de los músculos del hombro de los estudiantes y el personal que frecuentan el gimnasio de la universidad, brindando así un beneficio directo a estos usuarios [5].

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1. Músculos del hombro

Son tejidos cuya función es proporcionar movimiento y soporte a la cintura escapular (anillo óseo formado por la clavícula y las escapulas) [6]. Los músculos del hombro se clasifican según su ubicación:

- Músculos axioapendiculares anteriores

Se los conoce también como músculos pectorales y unen la extremidad superior con la caja torácica y la clavícula. Los músculos que los conforman son: serrato anterior, subclavio, pectoral mayor, pectoral menor [6].

- Músculos axioapendiculares posteriores

Se dividen en dos grupos:

- 1) Músculos intrínsecos: están formados por los músculos deltoides, redondo mayor y músculos del maguito rotador [6].
- 2) Músculos extrínsecos: se subdividen en las capas superficial y profunda. La superficial incluye a los músculos trapecio y dorsal, y la capa profunda a los romboides y al elevador de la escápula [6].

En la figura 9 se parecían los músculos más relevantes del hombro mismos que están enfocados a ser desarrollados y fomentar el crecimiento mediante la implementación de ejercicios y técnicas adecuadas.

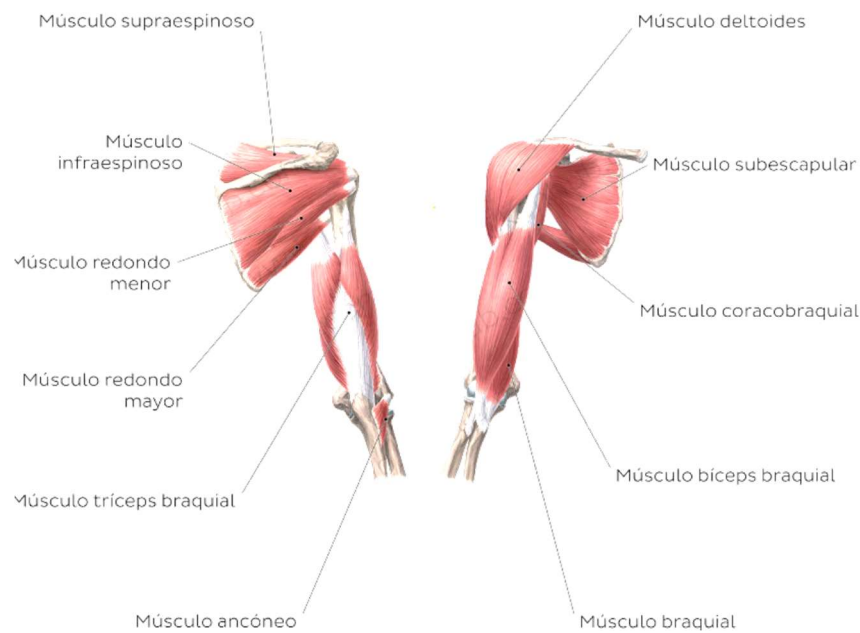


Figura 9. Músculos del hombro (vista frontal y posterior) [6].

Deltoides: Es el musculo más voluminoso con forma triangular, su función es ser abductor del brazo y desplazar el humero hacia adelante y hacia atrás [7].

Supraespinoso: Posee forma triangular, su función es ser abductor del brazo y realizar giros ligeros hacia adentro [7].

Infraespinoso: Su función principal es permitir el giro del hombro hacia afuera.

Redondo menor: Permite el giro del húmero hacia afuera [7].

Redondo mayor: Su función es la abducción del húmero o elevador del hombro.

Subescapular: Gira al húmero hacia afuera [7].

1.3.2. Métodos para fortalecer la musculatura del hombro

Existen varias formas de fortalecer los músculos del hombro mediante ejercicios que pueden o no incluir peso adicional, sin embargo, es recomendable que para tener un mejor desenvolvimiento del crecimiento se realice con peso extra ya sea mediante pesas o elementos externos. En los ejercicios con peso, existen tres implementos que permiten trabajar la musculatura del hombro, el uso de barras, mancuernas y máquinas específicas [8].

1.3.2.1 Empuje con barra

1) Empuje tras nuca con barra: consiste en mantener una postura de espalda recta, y realizar un movimiento ascendente y descendente de la barra detrás de la nuca, asida en pronación. Este ejercicio ejercita músculos como deltoides, trapecio, tríceps braquial y serrato mayor. A menor intensidad intervienen también músculos como el romboide, infraespinoso, redondo menor y supraespinoso [8].

Como recomendación para este tipo de ejercicios para evitar traumatizar la articulación del hombro, la barra debe ascender y descender por debajo de la nuca considerando la morfología y flexibilidad de cada persona. En la figura 10 se presenta un esquema de los músculos que intervienen y la forma de realizar el ejercicio.

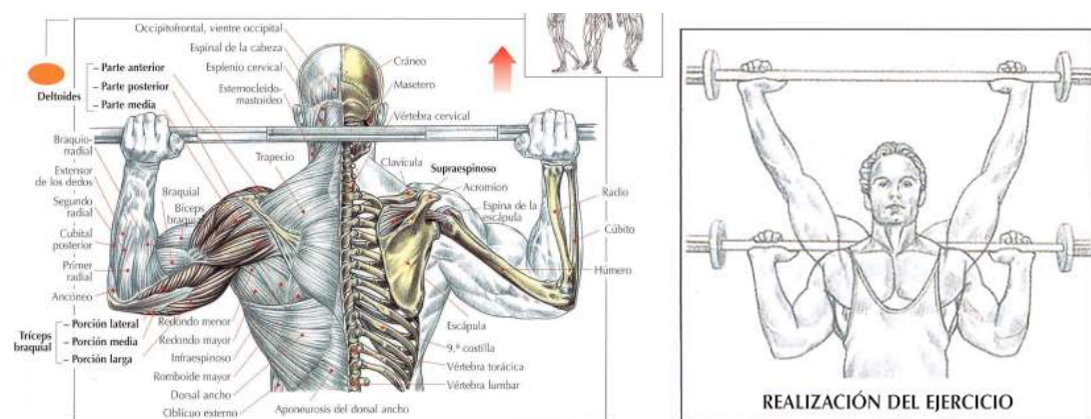


Figura 10. Músculos que intervienen en el “empuje trasnuca con barra” [8].

2) Empuje frontal con barra: Se puede realizar de pie o sentado manteniendo la espalda recta, la barra bien cogida en pronación y apoyada en la parte alta del pecho. En este

ejercicio intervienen los siguientes músculos: deltoides anterior y externo, serrato mayor, trapecio, haz clavicular del pectoral mayor y el tríceps braquial. En la figura 11 se muestra el procedimiento del ejercicio y los músculos que intervienen [8].

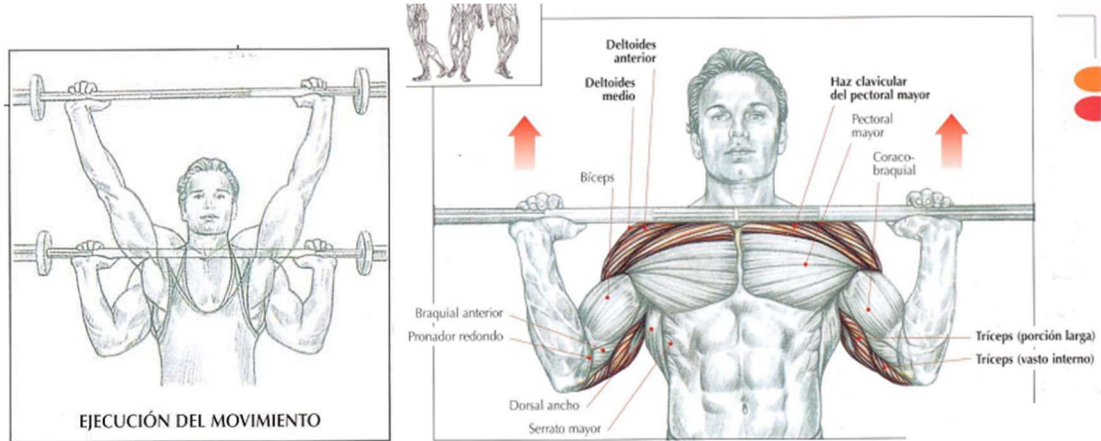


Figura 11. Ejecución del “Empuje frontal con barra” e intervención de músculos [8]

1.3.2.2 Empuje con mancuernas

El uso de mancuernas permite realizar muchas variantes de ejercicios para trabajar varios músculos del hombro, a continuación, se muestran figuras en donde se detallan los procesos de cada ejercicio y los músculos que intervienen.

1) Empuje sentado con mancuernas: consiste en mantener una postura recta de la espalda, soportar las mancuernas a la altura de los hombros cogidas en pronación y elevar los brazos verticalmente [8].

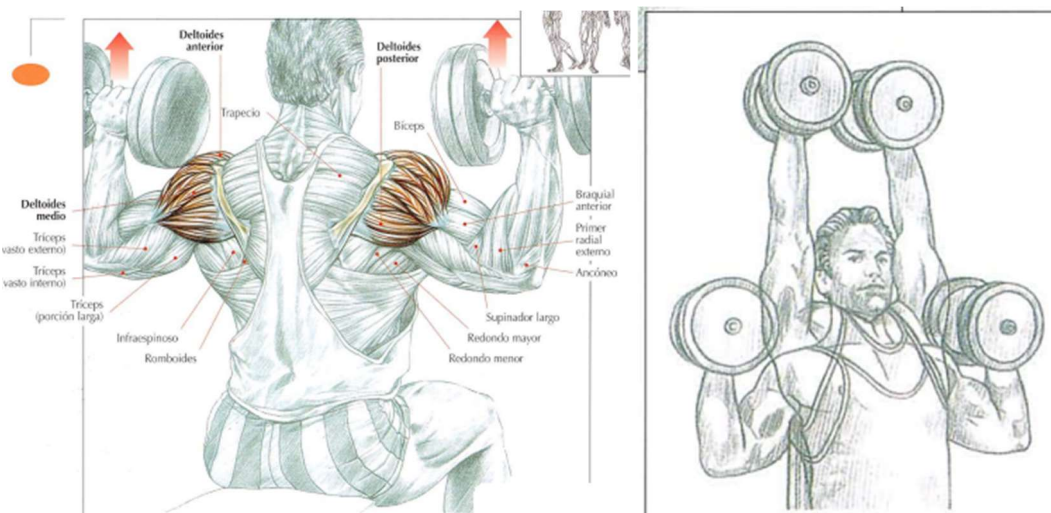


Figura 12. Proceso del empuje sentado con mancuernas [8].

2) Empuje frontal con rotación de muñecas: se realiza sentado en un banco con las mancuernas mantenidas a la altura de los hombros y cogidas en supinación; la elevación de los brazos se realiza alternadamente efectuando una rotación de 90° de la muñeca [8].

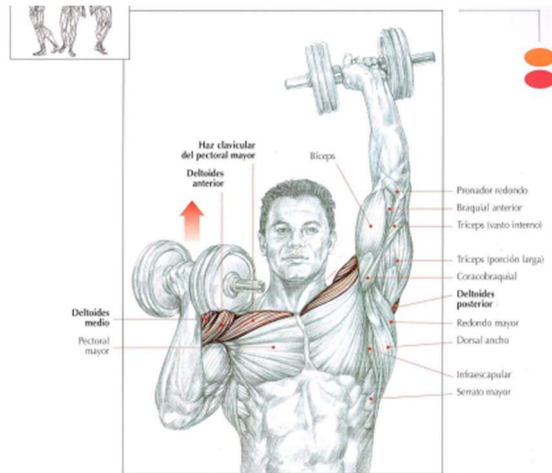


Figura 13. Proceso del “empuje frontal con rotación de la muñeca” [8].

3) Elevaciones laterales de los brazos con mancuernas: se realiza de pie con las piernas ligeramente separadas para un mejor soporte, la espalda recta y los brazos paralelos al cuerpo. El ejercicio consiste en elevar los brazos al mismo tiempo a la altura de los hombros con los codos ligeramente flexionados, trabajando en mayor parte el deltoides medio [8].

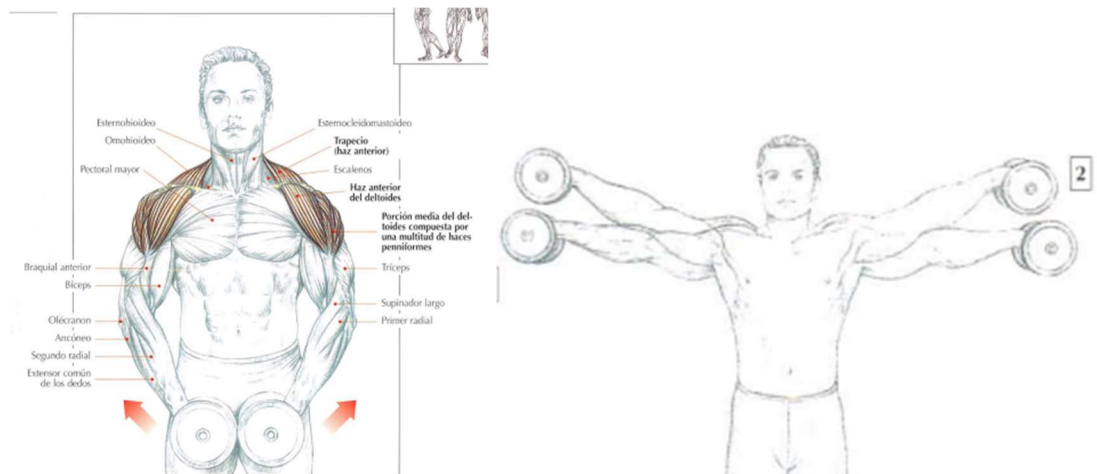


Figura 14. Proceso de las elevaciones laterales de brazos con mancuernas [8].

4) Elevaciones frontales alternas con mancuernas: se realiza con los pies ligeramente separados. la espalda recta y las mancuernas asidas en pronación apoyadas sobre los

muslos. Las elevaciones de los brazos son alternadas hacia adelante hasta el nivel de los ojos.

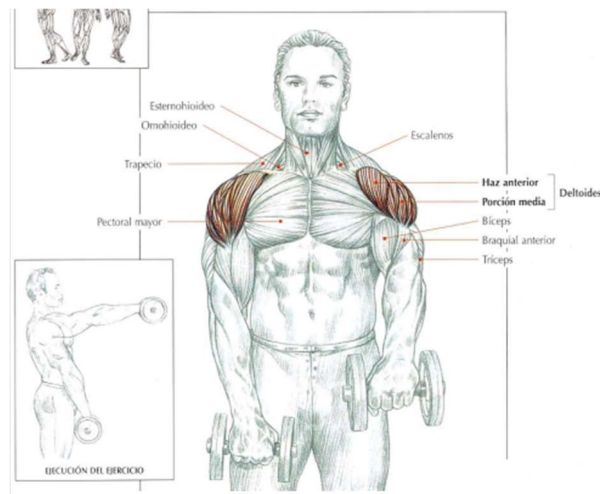


Figura 15. Ejecución de ejercicio de elevación frontal alterna con mancuernas [8]

5) Elevaciones laterales acostado de lado: se realiza acostado de lado en el suelo o sobre un banco con una mancuerna cogida en pronación. La elevación del brazo parte en el plano horizontal y debe ser llevado hasta la vertical. El movimiento trabaja el infraespinoso y todos los haces del deltoides [8].

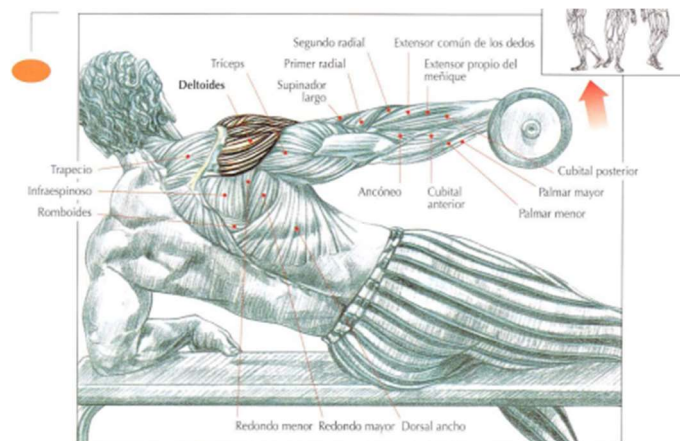


Figura 16. Ejecución del ejercicio de elevaciones laterales acostado de lado [8].

1.3.2.3 Uso de máquinas

Es el método que mejor se consolida para el desarrollo muscular puesto que el uso de máquinas se ajusta a diversos parámetros tales como estatura, ergonomía y acoplamiento de peso de acuerdo con la necesidad del usuario además de que presenta la ventaja de no fatigar otras zonas musculares.

1) Elevaciones laterales con polea baja: se sujeta el mango con la mano paralelo al y tronco y se eleva hasta el plano horizontal a la altura de la cabeza. En este ejercicio se desarrolla el deltoides y principalmente su zona media [8].

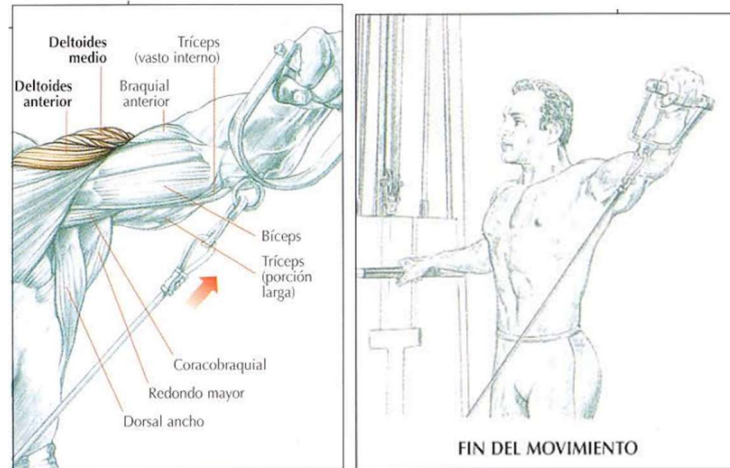


Figura 17. Uso de polea baja para ejercicio de elevaciones alternas [8].

2) Elevaciones frontales alternas con polea baja: similar al ejercicio de elevaciones frontales alternas con mancuernas, pero con la diferencia de que la polea genera una mayor tensión en el deltoides y haz clavicular del pectoral mayor gracias a la fuerza que se opone al movimiento del ejercicio [8].

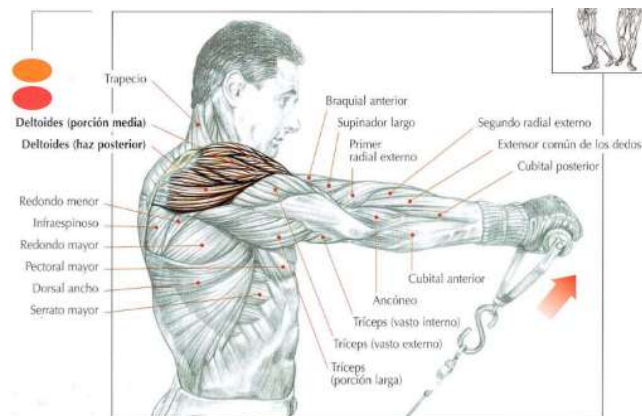


Figura 18. Uso de polea baja para elevaciones frontales alternas [8].

1.3.3. Componentes de máquinas para desarrollar la musculatura del hombro

Los componentes más comunes incluyen:

- Estructura: es la base o soporte de la máquina y generalmente está construido de acero o aluminio.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

Tema

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA DESARROLLAR LA MUSCULATURA DEL HOMBRO”

1.1. Antecedentes Investigativos

Las máquinas de entrenamiento para la musculatura del hombro se componen de elementos mecánicos con el propósito de estimular el crecimiento y la definición de los músculos ubicados en esa área específica. Estas máquinas de gimnasio son diseñadas considerando técnicas apropiadas para aprovechar de manera precisa y eficiente las capacidades particulares de cada músculo y articulación. En este proyecto de investigación, se tomarán como referencia las máquinas de gimnasio disponibles en el mercado que están destinadas a desarrollar la musculatura del hombro. Esto se debe a su bajo nivel de complejidad y a los conceptos básicos de mecanismos presentes en su estructura [1].

El diseño de una máquina de alto rendimiento de un gimnasio se basa en el análisis de la técnica más eficiente para desarrollar de manera óptima la zona muscular específica, es por ello que los parámetros que se consideran dentro de este proceso se centran en el mecanismo, la ergonomía, la cantidad de peso establecido y recomendado a trabajar y los resultados que se obtienen tras un periodo constante de entrenamiento. El análisis y observación de diferentes tipos de máquinas de gimnasio, precios, mecanismos de funcionamiento, ergonomía y número de componentes son necesarios para seleccionar las características más relevantes para diseñar la máquina que satisfaga las necesidades de los usuarios [1].

Las especificaciones de las máquinas mencionadas a continuación se limitan a 4 ideas de diseños que posteriormente se utilizarán como referencia para cumplir los objetivos del proyecto, es por ello que se toman las consideraciones en la tabla 1 [1].

Tabla 1. Consideraciones y especificaciones para el diseño de la máquina [1]

Consideración	Descripción
Mecanismo articulado	<p>El mecanismo articulado de la máquina está determinado por los componentes motrices que le darán el funcionamiento ya sea por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Polea: trabaja con placas de acero o de cemento recubierto de caucho. • Mecanismo pivotante: Trabaja con pesos externos (discos de pesas) • Cremallera: Trabaja con peso muerto (peso de cada persona)
Regulación de la silla	<p>En la ergonomía de las máquinas de gimnasio es necesaria la regulación de los soportes donde se apoya el cuerpo humano los cuales pueden ser mediante dos mecanismos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pasador • Tornillo regulador
Tipos de agarre	<p>Dentro de las técnicas de desarrollo de los músculos existen tres tipos de agarre en donde cada uno se encarga de trabajar una zona diferente de la musculatura. Los tipos de agarre son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prono: se realiza colocando las palmas de las manos mirando hacia abajo • Supino: se realiza colocando las palmas de las manos mirando hacia arriba • Neutro: se realiza colocando las palmas mirando la una a la otra, es decir paralelas. <div data-bbox="678 1323 1353 1541" style="text-align: center;"> <p>The image shows three circular diagrams illustrating different hand grips. The first diagram, labeled 'Supinación', shows a hand with the palm facing up and a 90-degree angle indicated. The second diagram, labeled 'Neutral', shows a hand with the palm facing forward. The third diagram, labeled 'Pronación', shows a hand with the palm facing down and an 85-degree angle indicated.</p> </div>
Unión de componentes	<p>En el ensamble de los componentes que conforman las máquinas de gimnasio existen dos formas de unir las diferentes partes, mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pernos • Soldadura
Dimensionamiento	<p>Se refiere a las dimensiones de toda la máquina en milímetros (largo, alto y ancho)</p>

Una vez establecidas las consideraciones y especificaciones, se muestran las ideas más relevantes de las máquinas:

1.1.1 Máquina de ejercicio de empuje inclinado

Es una máquina que posee un asiento inclinado conectado a un marco metálico a lo largo de un plano medio vertical y a dos tubos rectangulares que funcionan de manera independiente permitiendo realizar una mayor cantidad de combinaciones de ejercicios gracias a su mecanismo pivotante. Cada manija está adaptada para ser agarrada por una persona apoyada en el asiento y extendida hacia arriba y aducida en un movimiento de presión inclinado contra los pesos sostenidos para mover el tubo respectivo a lo largo de un plano vertical que converge hacia adentro con respecto al plano medio vertical [1].

Esta máquina se adapta a los movimientos musculoesqueléticos naturales de los brazos y hombros de una persona maximizando así el beneficio muscular y minimizando el estrés articular [1].

- **Especificaciones**

En la tabla 2 se detallan las características de diseño bajo las consideraciones establecidas en la tabla 1.

Tabla 2. Especificaciones de la máquina de ejercicio de inclinado [1]

	Características	Detalle
1	Mecanismo articulado	Mecanismo pivotante
2	Regulación de la silla	Pasador
3	Tipos de agarre	Supino y Prono
4	Unión de componentes	Soldado
5	Dimensiones	430 mm de largo x 1850 mm de alto x 1920 mm de ancho

- **Detalles adicionales**

- Está realizado por secciones estructurales rectas y/o curvas de acero pesado las cuales son soldadas.
- Posee dos tubos circulares de acero que sirven como soporte para los discos de pesas externos en función del esfuerzo que requiera cada usuario para el mejor desarrollo de los músculos.
- Posee una curva central para dar cabida a la convergencia hacia delante de los lados del marco.
- Las manijas o agarraderas son hechos de tubos doblados que se alojan en la respectiva palanca. El ángulo entre los dos extremos es de 70°.

- **Diseño esquemático**

En la figura 1(a) se presenta la estructura armada de la máquina en donde se aprecia cada uno de los componentes y el funcionamiento individual de las palancas de fuerza, siendo ésta la característica destacable en el presente diseño junto con la regulación de asiento asistido por un pasador, en la figura 1(b) se aprecia las manijas que otorgan los dos tipos de agarre (supino y prono), además de los tubos circulares en donde se colocan los pesos que cada usuario requiera acorde su necesidad, en la figura 1(c) se aprecia el mecanismo pivotante de las palancas de fuerza que al ser estos individuales proporcionan una mayor cantidad de ejercicios que se pueden realizar [1].

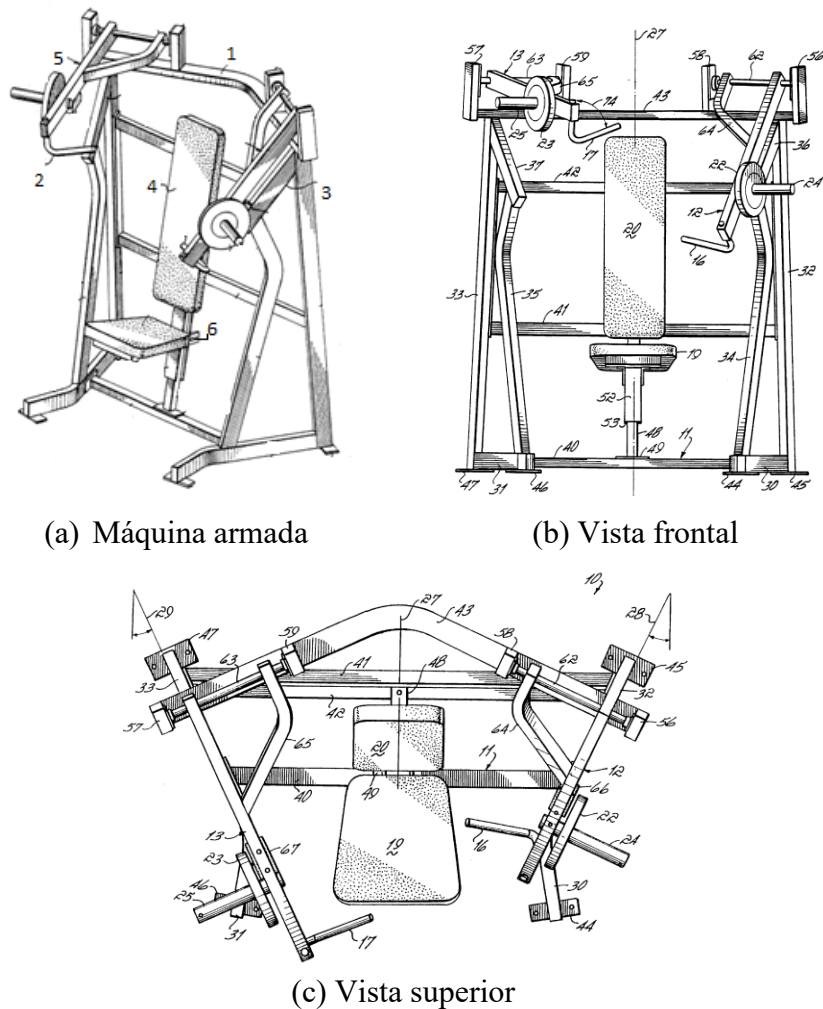


Figura 1. Diseño esquemático de la máquina de ejercicio de “empuje” inclinado [1]

- **Componentes principales**

A partir de la figura 1(a) se mencionan los componentes principales en la tabla 3.

Tabla 3. Componentes de la máquina de “Empuje” inclinado [1].

1. Armazón de la máquina	4. Espaldar regulable
2. Manijas	5. Palancas de fuerza
3. Tubo de soporte lateral	6. Asiento regulable

- **Diseño real**

En la figura 2 se presenta el prototipo construido de la máquina de ejercicio de “Empuje” inclinado, la cual presenta una estructura robusta y firme que junto con el mecanismo de funcionamiento satisfacen las necesidades de los usuarios.



Figura 2. Prototipo real de la máquina de ejercicio de “empuje” inclinado [1]

- **Componente destacable**

El funcionamiento individual de las palancas de fuerza junto con los soportes de peso son componentes que destacan puesto que permiten que la máquina se ajuste a un mayor número de requerimientos que poseen los usuarios para un rendimiento adecuado de los músculos específicos, al ofrecer más combinaciones de ejercicios y el peso ajustable [1].

1.1.2 Máquina de ejercicio de polea para hombros y bíceps

Es una máquina que se caracteriza por trabajar dos zonas musculares, la del hombro y tríceps bajos mediante el accionamiento de poleas que se conectan a placas de acero que pueden ser ajustadas mediante un pasador de acuerdo la necesidad que cada usuario necesite; presenta una estructura rígida de acero que se conecta mediante pernos lo cual facilita su transportabilidad y ensamblaje [2].

- **Especificaciones**

En la tabla 4 se detallan las características de diseño bajo las consideraciones establecidas en la tabla 1.

Tabla 4. Especificación de la máquina de ejercicio de polea para hombros [2].

	Características	Detalle
1	Mecanismo articulado	Polea
2	Regulación de la silla	Pasador
3	Tipos de agarre	Supino, Prono y Neutro
4	Unión de componentes	Pernos
5	Dimensiones	1740 mm de largo x 1940 mm de ancho x 1000 mm de alto

- **Detalles adicionales**

- Posee un mecanismo accionado por poleas que se conectan entre si a placas de acero que pueden ser regulables mediante un pasador
- Las barras o palancas de fuerza son unifuncionales, es decir que están limitadas a un solo tipo de movimiento (suben y bajan al mismo tiempo).
- Posee marcos de acero que protegen a las placas de peso como medio de seguridad para los usuarios.
- Las manijas o agarraderas son fabricadas de acero y recubiertas por un polímero y permiten trabajar los tres tipos de agarres [2].

- **Diseño esquemático**

En la figura 3(a) se aprecia el esquema de diseño completo de la máquina de ejercicio de polea para hombros y bíceps el cual presenta una estructura unida mediante pernos en su totalidad, en la figura 3(b) se observa que el mecanismo de regulación de asiento y espaldar es mediante pernos y en la figura 3(c) se aprecia que posee dos manijas en cada barra de presión para trabajar los tres tipos de agarre [2].

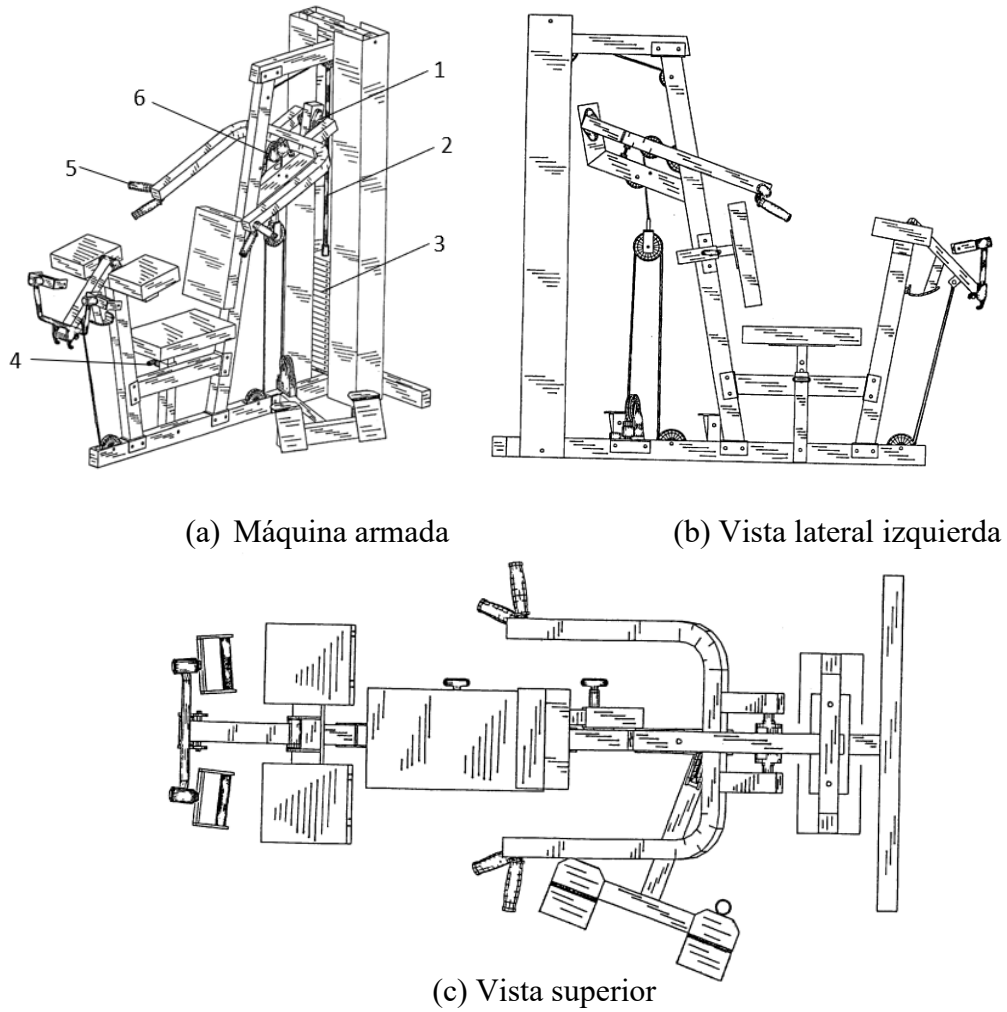


Figura 3. Esquema de la máquina de ejercicio de polea para hombros y bíceps [2]

- **Componentes principales**

A partir de la figura 3(a) se mencionan los componentes principales en la tabla 5.

Tabla 5. Componentes principales de la máquina de ejercicio de polea [2].

1. Tubo de unión de las palancas de fuerza	4. Pasador regulador
2. Cable de acero	5. Manijas
3. Placas de peso	6. Polea

- **Diseño real**

En la figura 4 se observa la máquina real la cual guarda un diseño multifuncional para trabajar dos zonas musculares con variación de peso mediante placas de acero que a su vez están protegidas por un marco metálico para mayor seguridad de los usuarios.



Figura 4. Prototipo de la máquina de ejercicio de polea para hombros y bíceps [2].

- **Componente destacable**

La implementación de dos manijas en cada palanca de fuerza otorga un mejor rendimiento al momento de trabajar los músculos específicos puesto que permiten que se pueda trabajar los tres tipos de agarre y así ejercitar una mayor cantidad de músculos [2].

1.1.3 Banco de presión de hombros

Es una máquina que está enfocada netamente en el desarrollo muscular del hombro debido al funcionamiento basado en brazos de fuerza que están unidos mediante un tubo rectangular de acero conectados a un mecanismo pivotante [3].

El armazón de la máquina es completamente rígido debido a que sus componentes están unidos mediante soldadura, lo cual dificulta su transporte, por otro lado, el espaldar y la silla están conectados mediante pernos a unas placas de soporte en L lo cual impide que estos componentes sean regulables [3].

- **Especificaciones**

En la tabla 6 se detallan las características de diseño bajo las consideraciones establecidas en la tabla 1.

Tabla 6. Especificaciones del banco de presión de hombros [3].

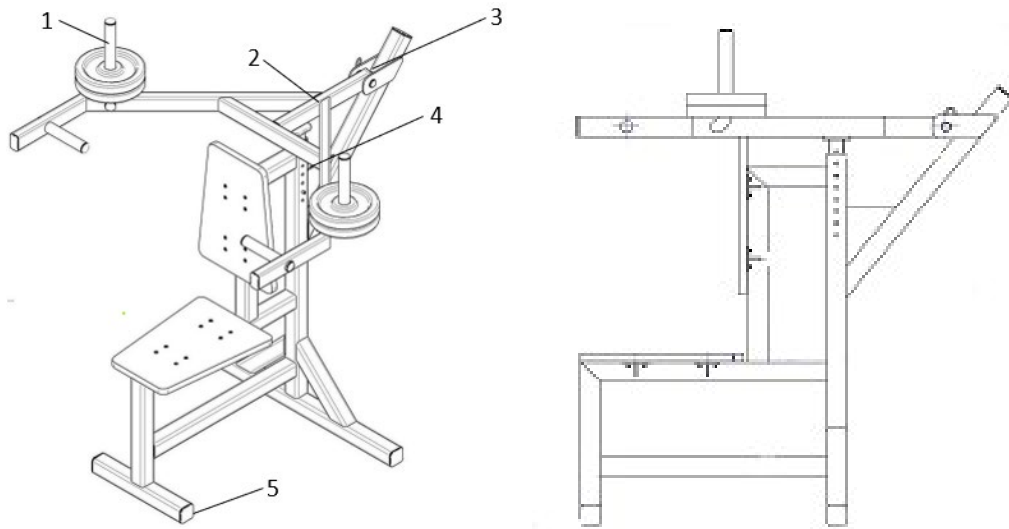
	Características	Detalle
1	Mecanismo articulado	Pivotante
2	Regulación de la silla	No posee
3	Tipos de agarre	Supino y Prono
4	Unión de componentes	Soldadura
5	Dimensiones	1140 mm de ancho x 1100 mm de largo x 1250 mm de alto

- **Detalles adicionales**

- Posee un mecanismo pivotante unifuncional debido a la unión de los dos brazos de fuerza por un tubo rectangular.
- El espaldar y silla no son regulables debido a que están ancladas a soportes mediante pernos.
- Las manijas o agarraderas son hechas de acero y permiten solo dos tipos de agarre, supino y prono.
- Posee tapas de caucho en los orificios de los tubos como medio de seguridad y protección para los filos de los tubos [3].

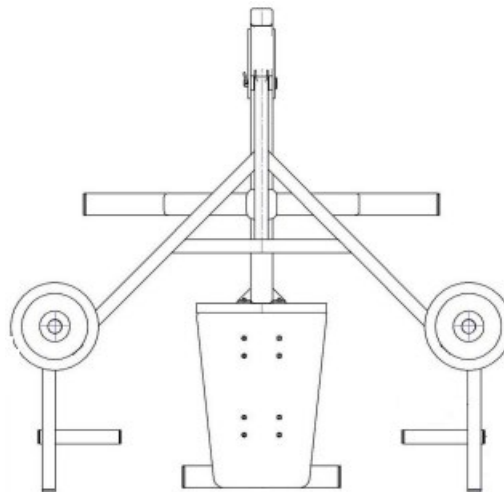
- **Diseño esquemático**

En la figura 5(a) se detalla el diseño esquemático del banco de presión de hombros en donde se aprecia el funcionamiento y componentes que lo conforman en una vista isométrica, en la figura 5(b) se observa que el único componente regulable son los brazos de fuerza mediante un pasador, en la figura 5(c) se presenta el esquema de diseño de los brazos de fuerza que funcionan mediante el peso externo que añade el usuario [3].



(a) Máquina armada

(b) Vista lateral derecha



(c) Vista superior

Figura 5. Diseño esquemático del banco de presión de hombros [3]

- **Componentes principales**

A partir de la figura 5(a) se mencionan los componentes principales en la tabla 7.

Tabla 7. Componentes principales del banco de presión de hombros [3].

1. Soportes de discos de fuerza	4. Pasador regulador
2. Tubo de unión de brazos de fuerza	5. Tapas de caucho
3. Mecanismo pivotante	

- **Diseño real**

En la figura 6 se presenta el prototipo construido de la máquina que se caracteriza por poseer una regulación en la altura de los brazos de fuerza lo cual permite trabajar la musculatura del hombro a varios niveles [3].



Figura 6. Prototipo real del banco de presión de hombros [3].

- **Componente destacable**

Al ser una máquina que está enfocada netamente en el desarrollo muscular de los hombros, la regulación de altura de los brazos de fuerza es el componente que destaca debido a que permite que se trabaje diferentes zonas musculares del hombro, dando como resultado una mayor eficiencia en el crecimiento de los mismos [3].

1.1.4 Máquina de gimnasia de tren superior

Es una máquina destinada a estar en lugares abiertos para la realización de ejercicios en los músculos del tren superior caracterizado por utilizar un mecanismo piñón – cremallera encerrada en una estructura de acero para eliminar peligros. A diferencia de otras máquinas que trabajan con peso externo ya sea mediante discos o placas, esta máquina trabaja con el peso propio de cada persona [4].

- **Especificaciones**

En la tabla 8 se detallan las características de diseño bajo las consideraciones establecidas en la tabla 1.

Tabla 8. Especificaciones de la máquina de gimnasia de tren superior [4].

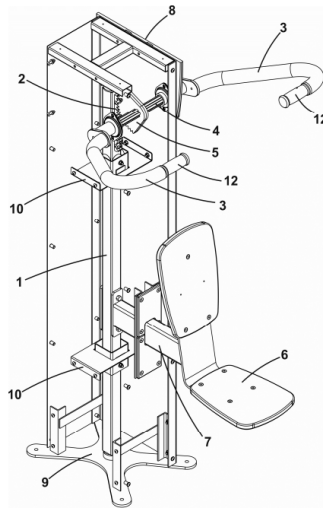
	Características	Detalle
1	Mecanismo articulado	Piñón - cremallera
2	Regulación de la silla	No posee
3	Tipos de agarre	Supino, Prono y Neutro
4	Unión de componentes	Pernos
5	Dimensiones	1830 mm de alto x 1050 mm de ancho x 1110 mm de alto

- **Detalles adicionales**

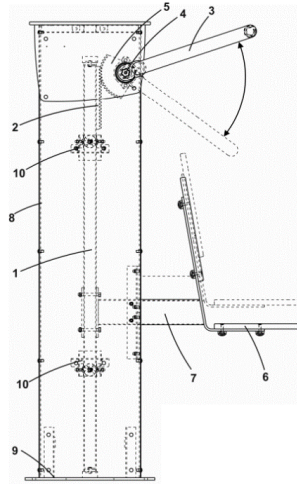
- Posee un par de brazos simétricos, unidos por un eje giro con respecto al eje horizontal y un piñón.
- Posee una columna vertical dotada de movimiento vertical ascendente y descendente dispuesto por una cremallera.
- El asiento es fijo conectado por un travesaño al mecanismo por el cual posee el movimiento vertical de ascenso y descenso.
- Está dotada de anclaje al suelo de la cual emergen únicamente los brazos de fuerza, el asiento y parte del travesaño, quedando el resto de los elementos recogidos y protegidos en el interior de la estructura metálica [4].

- **Diseño esquemático**

En la figura 7(a) se detalla todos los componentes internos de la máquina en donde con mayor facilidad se puede comprender el mecanismo de funcionamiento del piñón – cremallera, en la figura 7(b) se muestra una vista lateral que comprende el movimiento vertical que posee la silla al accionarse el mecanismo del piñón – cremallera [4].



(a) Máquina armada



(b) Vista lateral

Figura 7. Diseño esquemático de la máquina de gimnasia de tren superior [4]

- **Componentes principales**

A partir de la figura 7(a) se mencionan los componentes principales en la tabla 9.

Tabla 9. Componentes principales de la máquina de gimnasia de tren superior [4].

1. Columna de acero	6. Travesaño
2. Engranaje lineal	7. Envoltente
3. Brazos de fuerza	8. Estructura de anclaje
4. Eje horizontal	9. Guías horizontales
5. Engranaje transversal	10. Manijas

- **Diseño real**

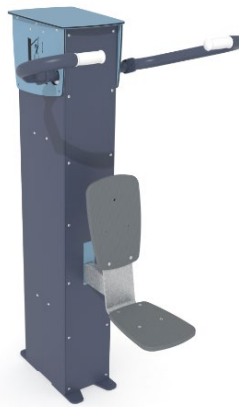


Figura 8. Prototipo real de la máquina de gimnasia de tren superior [4]

- **Componente destacable**

El componente que destaca es el diseño de los brazos de fuerza al presentar un esquema simple pero que a su vez permite realizar los tres tipos de agarre, ahorrando así material al momento de llevar a cabo su construcción [4].

1.2 Justificación

El gimnasio es el lugar donde una o varias personas se ejercitan ya sea por mejorar su estética o por llevar una vida más saludable. En estos lugares acondicionados para el entrenamiento muscular existe maquinaria de todo tipo que sirve para desarrollar varias partes del cuerpo. Todo esto define la importancia de un gimnasio, pues significa un medio hacia una vida más saludable [5].

En la Universidad Técnica de Ambato existe un gimnasio para el uso de la comunidad universitaria. Este está ubicado en el campus Huachi Chico y facilita varios equipos para el entrenamiento personal; sin embargo, el gimnasio carece de una máquina que desarrolle la musculatura de los hombros. Debido a la problemática identificada en el gimnasio, que claramente señala la necesidad de abordar el desarrollo de los grupos musculares del hombro, se propone la concepción y construcción de una máquina específicamente diseñada para este propósito. La implementación de esta máquina se prevé como una solución que contribuirá al crecimiento y fortalecimiento de los músculos del hombro de los estudiantes y el personal que frecuentan el gimnasio de la universidad, brindando así un beneficio directo a estos usuarios [5].

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1. Músculos del hombro

Son tejidos cuya función es proporcionar movimiento y soporte a la cintura escapular (anillo óseo formado por la clavícula y las escapulas) [6]. Los músculos del hombro se clasifican según su ubicación:

- Músculos axioapendiculares anteriores

Se los conoce también como músculos pectorales y unen la extremidad superior con la caja torácica y la clavícula. Los músculos que los conforman son: serrato anterior, subclavio, pectoral mayor, pectoral menor [6].

- Músculos axioapendiculares posteriores

Se dividen en dos grupos:

- 1) Músculos intrínsecos: están formados por los músculos deltoides, redondo mayor y músculos del maguito rotador [6].
- 2) Músculos extrínsecos: se subdividen en las capas superficial y profunda. La superficial incluye a los músculos trapecio y dorsal, y la capa profunda a los romboides y al elevador de la escápula [6].

En la figura 9 se parecían los músculos más relevantes del hombro mismos que están enfocados a ser desarrollados y fomentar el crecimiento mediante la implementación de ejercicios y técnicas adecuadas.

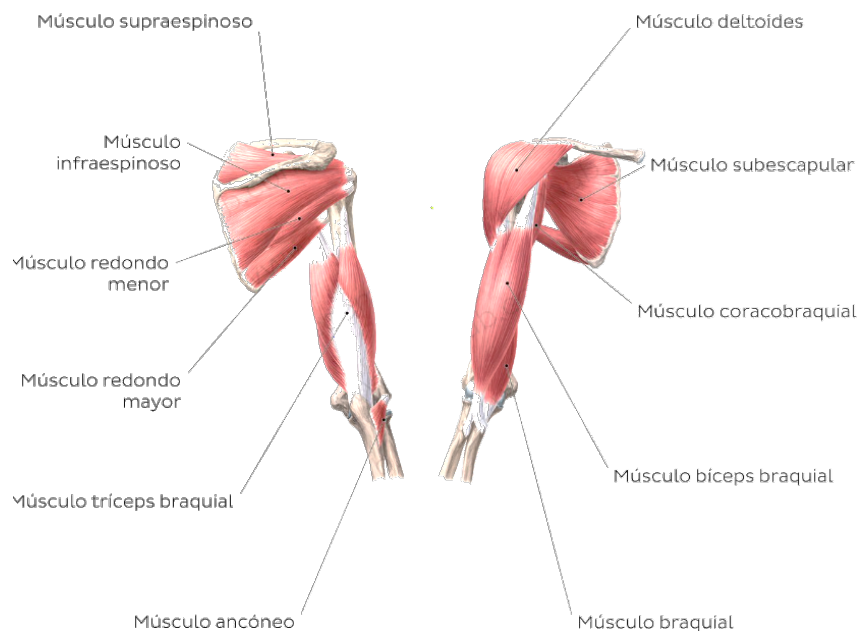


Figura 9. Músculos del hombro (vista frontal y posterior) [6].

Deltoides: Es el musculo más voluminoso con forma triangular, su función es ser abductor del brazo y desplazar el humero hacia adelante y hacia atrás [7].

Supraespinoso: Posee forma triangular, su función es ser abductor del brazo y realizar giros ligeros hacia adentro [7].

Infraespinoso: Su función principal es permitir el giro del hombro hacia afuera.

Redondo menor: Permite el giro del húmero hacia afuera [7].

Redondo mayor: Su función es la abducción del húmero o elevador del hombro.

Subescapular: Gira al húmero hacia afuera [7].

1.3.2. Métodos para fortalecer la musculatura del hombro

Existen varias formas de fortalecer los músculos del hombro mediante ejercicios que pueden o no incluir peso adicional, sin embargo, es recomendable que para tener un mejor desenvolvimiento del crecimiento se realice con peso extra ya sea mediante pesas o elementos externos. En los ejercicios con peso, existen tres implementos que permiten trabajar la musculatura del hombro, el uso de barras, mancuernas y máquinas específicas [8].

1.3.2.1 Empuje con barra

1) Empuje tras nuca con barra: consiste en mantener una postura de espalda recta, y realizar un movimiento ascendente y descendente de la barra detrás de la nuca, asida en pronación. Este ejercicio ejercita músculos como deltoides, trapecio, tríceps braquial y serrato mayor. A menor intensidad intervienen también músculos como el romboide, infraespinoso, redondo menor y supraespinoso [8].

Como recomendación para este tipo de ejercicios para evitar traumatizar la articulación del hombro, la barra debe ascender y descender por debajo de la nuca considerando la morfología y flexibilidad de cada persona. En la figura 10 se presenta un esquema de los músculos que intervienen y la forma de realizar el ejercicio.

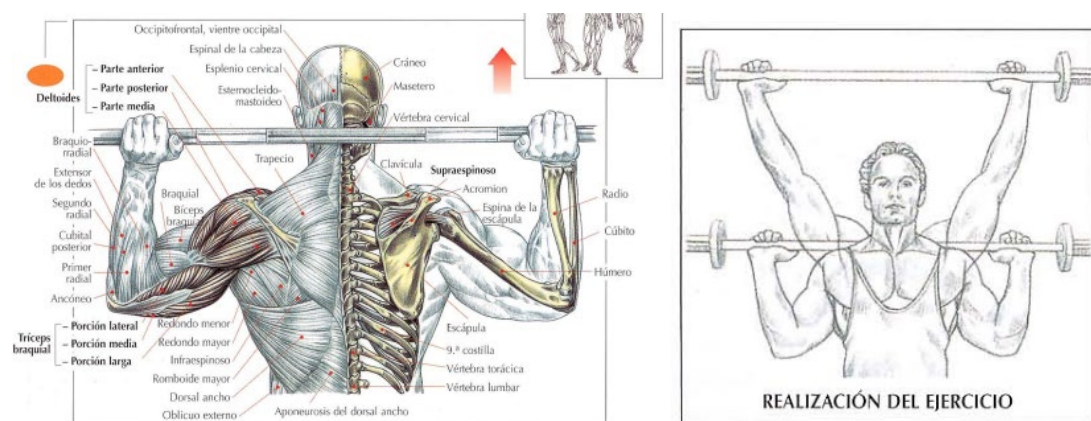


Figura 10. Músculos que intervienen en el “empuje trasnuca con barra” [8].

2) Empuje frontal con barra: Se puede realizar de pie o sentado manteniendo la espalda recta, la barra bien cogida en pronación y apoyada en la parte alta del pecho. En este

ejercicio intervienen los siguientes músculos: deltoides anterior y externo, serrato mayor, trapecio, haz clavicular del pectoral mayor y el tríceps braquial. En la figura 11 se muestra el procedimiento del ejercicio y los músculos que intervienen [8].

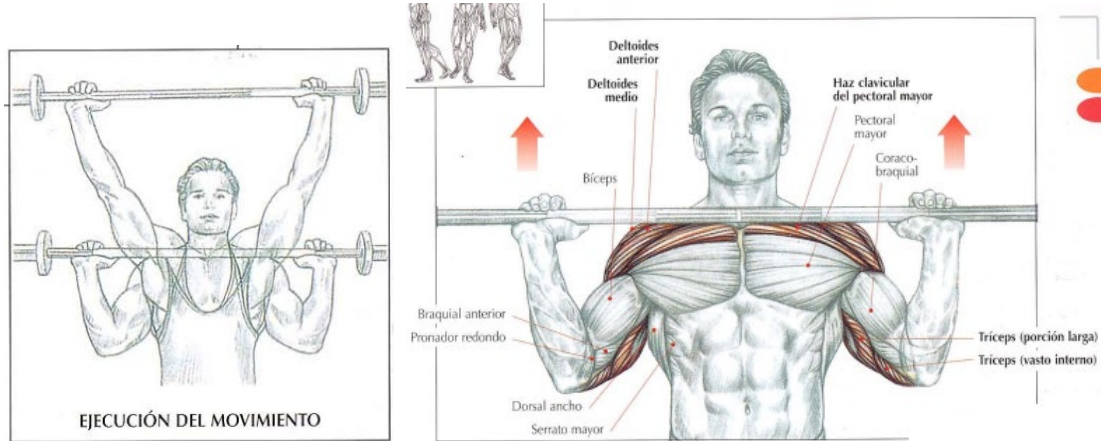


Figura 11. Ejecución del “Empuje frontal con barra” e intervención de músculos [8]

1.3.2.2 Empuje con mancuernas

El uso de mancuernas permite realizar muchas variantes de ejercicios para trabajar varios músculos del hombro, a continuación, se muestran figuras en donde se detallan los procesos de cada ejercicio y los músculos que intervienen.

1) Empuje sentado con mancuernas: consiste en mantener una postura recta de la espalda, soportar las mancuernas a la altura de los hombros cogidas en pronación y elevar los brazos verticalmente [8].

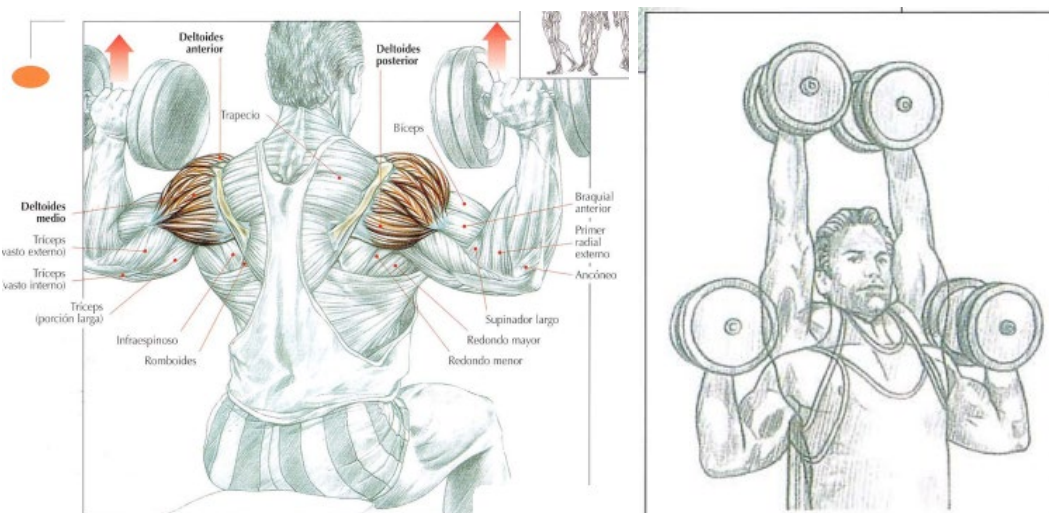


Figura 12. Proceso del empuje sentado con mancuernas [8].

2) Empuje frontal con rotación de muñecas: se realiza sentado en un banco con las mancuernas mantenidas a la altura de los hombros y cogidas en supinación; la elevación de los brazos se realiza alternadamente efectuando una rotación de 90° de la muñeca [8].

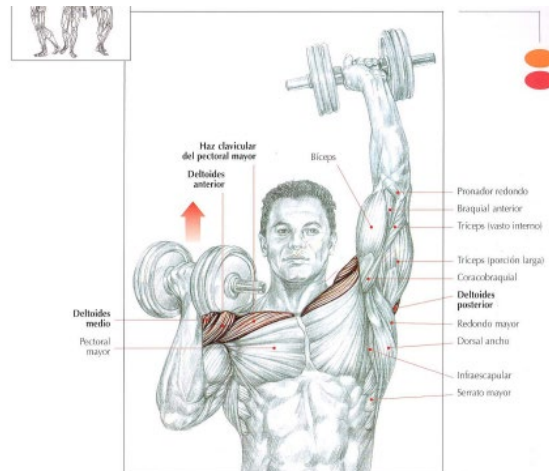


Figura 13. Proceso del “empuje frontal con rotación de la muñeca” [8].

3) Elevaciones laterales de los brazos con mancuernas: se realiza de pie con las piernas ligeramente separadas para un mejor soporte, la espalda recta y los brazos paralelos al cuerpo. El ejercicio consiste en elevar los brazos al mismo tiempo a la altura de los hombros con los codos ligeramente flexionados, trabajando en mayor parte el deltoides medio [8].

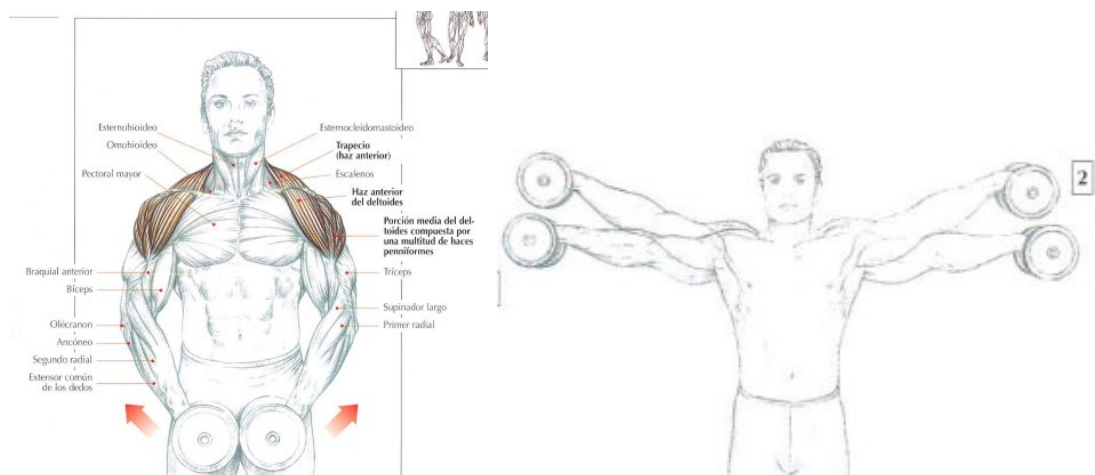


Figura 14. Proceso de las elevaciones laterales de brazos con mancuernas [8].

4) Elevaciones frontales alternas con mancuernas: se realiza con los pies ligeramente separados. la espalda recta y las mancuernas asidas en pronación apoyadas sobre los

muslos. Las elevaciones de los brazos son alternadas hacia adelante hasta el nivel de los ojos.

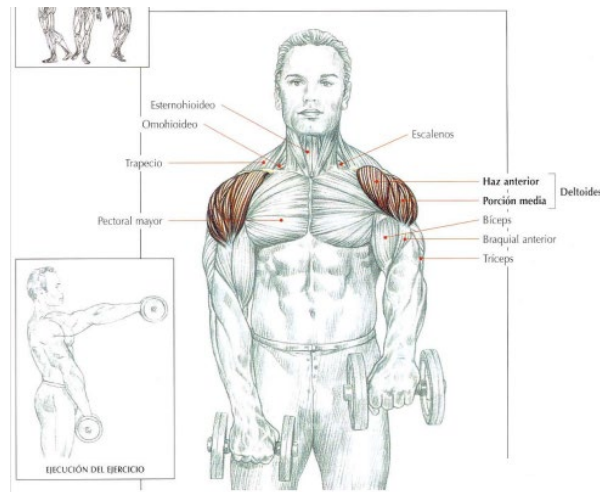


Figura 15. Ejecución de ejercicio de elevación frontal alterna con mancuernas [8]

5) Elevaciones laterales acostado de lado: se realiza acostado de lado en el suelo o sobre un banco con una mancuerna cogida en pronación. La elevación del brazo parte en el plano horizontal y debe ser llevado hasta la vertical. El movimiento trabaja el infraespinoso y todos los haces del deltoides [8].

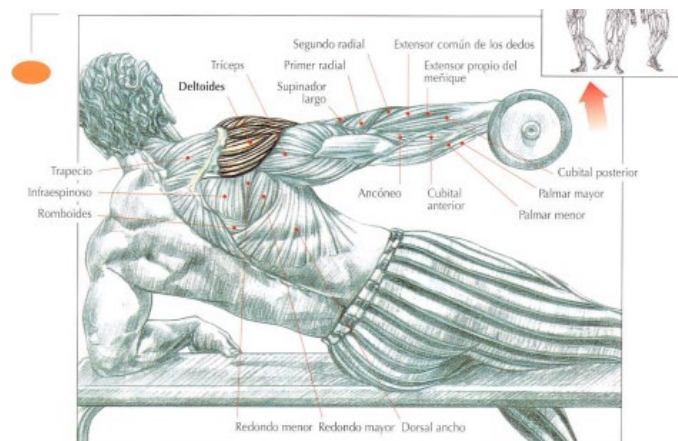


Figura 16. Ejecución del ejercicio de elevaciones laterales acostado de lado [8].

1.3.2.3 Uso de máquinas

Es el método que mejor se consolida para el desarrollo muscular puesto que el uso de máquinas se ajusta a diversos parámetros tales como estatura, ergonomía y acoplamiento de peso de acuerdo con la necesidad del usuario además de que presenta la ventaja de no fatigar otras zonas musculares.

1) Elevaciones laterales con polea baja: se sujeta el mango con la mano paralela al y tronco y se eleva hasta el plano horizontal a la altura de la cabeza. En este ejercicio se desarrolla el deltoides y principalmente su zona media [8].

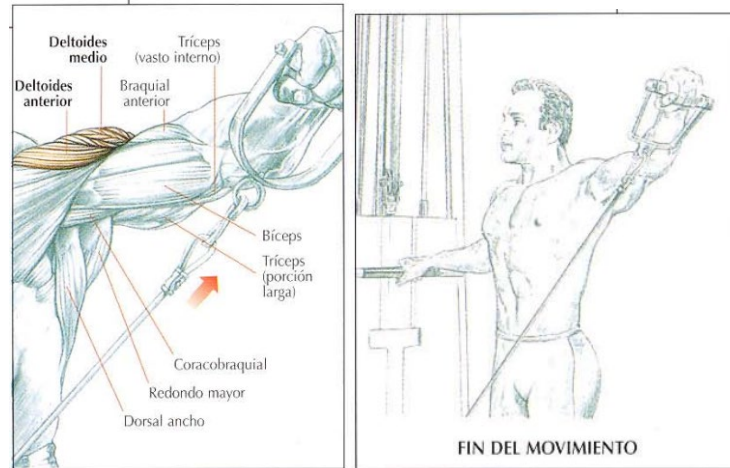


Figura 17. Uso de polea baja para ejercicio de elevaciones alternas [8].

2) Elevaciones frontales alternas con polea baja: similar al ejercicio de elevaciones frontales alternas con mancuernas, pero con la diferencia de que la polea genera una mayor tensión en el deltoides y haz clavicular del pectoral mayor gracias a la fuerza que se opone al movimiento del ejercicio [8].

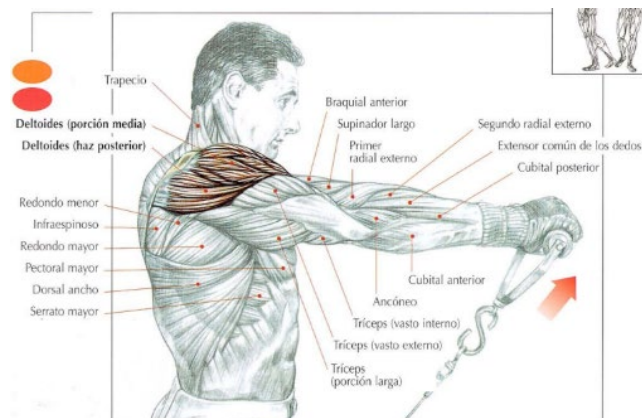


Figura 18. Uso de polea baja para elevaciones frontales alternas [8].

1.3.3. Componentes de máquinas para desarrollar la musculatura del hombro

Los componentes más comunes incluyen:

- Estructura: es la base o soporte de la máquina y generalmente está construido de acero o aluminio.

- **Peso:** Son elementos externos hechos de acero los cuales proporcionan resistencia para el entrenamiento muscular; estos pueden ser discos o bloques.
- **Poleas:** Son componentes que tienen la función de guiar y cambiar la dirección de los cables que conectan los pesos con el agarre.
- **Cables:** generalmente están fabricados de acero y conectan los pesos con los agarres de la máquina.
- **Mecanismo pivotante:** mecanismo que utiliza un punto de rotación para ejecutar una acción específica; el movimiento se realiza alrededor de un punto fijo.
- **Agarres o mangos:** componentes que los usuarios sostienen durante la realización del ejercicio.
- **Asiento:** Son el medio que permiten que al usuario trabajar de una manera más cómoda sus ejercicios, estos pueden ser ajustables mediante pasadores o tornillos [9].

1.4 Antropometría

1.4.1 Antropometría estática y dinámica

La antropometría estática o estructural se enfoca en la medición de dimensiones que son estáticas, es decir, medidas tomadas cuando el cuerpo se encuentra en una posición fija y específica (figura 19). No obstante, dado que los seres humanos están normalmente en movimiento, se ha desarrollado la antropometría dinámica o funcional para medir dimensiones que están relacionadas con el movimiento durante ciertas actividades. Conocer las dimensiones estáticas es fundamental para el diseño de estaciones de trabajo, ya que permite establecer distancias necesarias entre el cuerpo y su entorno, dimensiones de mobiliario, herramientas, etc. Las dimensiones estructurales de diferentes segmentos corporales se toman de forma estática y normalizada, ya sea de pie o sentado. Se pueden recopilar numerosos datos antropométricos estáticos del cuerpo humano, según las necesidades de diseño específicas [10].

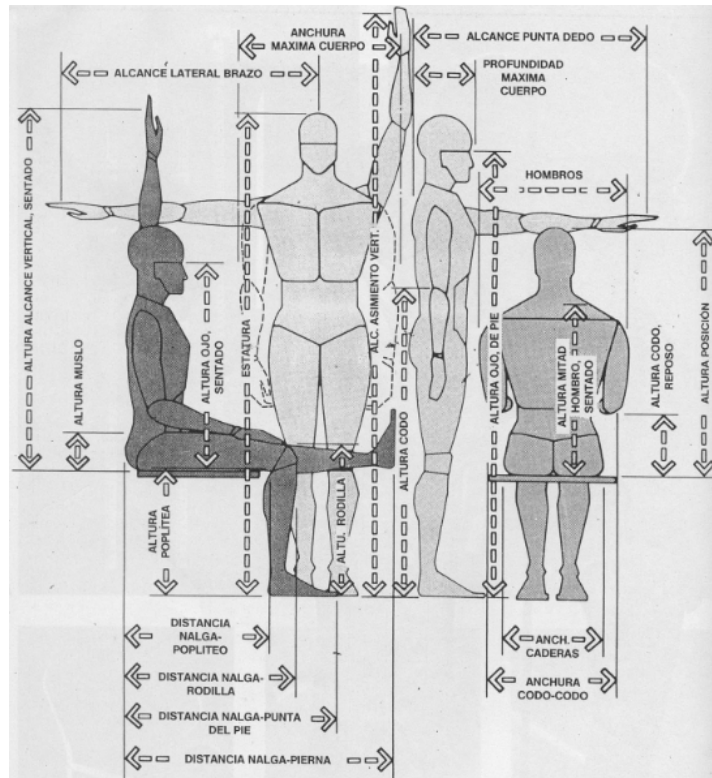


Figura 19. Dimensiones humanas para diseño de espacios interiores [10]

1.4.2 Ergonomía para máquinas de gimnasio

La ergonomía en máquinas de gimnasio se refiere a la aplicación de principios ergonómicos en el diseño y uso de equipos de ejercicios y máquinas utilizadas en gimnasios y centros de acondicionamiento físico. El objetivo es crear máquinas que se adapten de manera óptima al cuerpo humano, promoviendo un entrenamiento seguro, efectivo y cómodo [11].

Algunos aspectos clave de la ergonomía en máquinas de gimnasio incluyen:

- **Ajustabilidad:** Las máquinas deben ser ajustables para adaptarse a diferentes tamaños de cuerpo, rangos de movimiento y niveles de habilidad. Esto permite a los usuarios encontrar una posición adecuada y cómoda para realizar los ejercicios.
- **Posiciones y ángulos de agarre:** Los mangos, asientos y reposabrazos deben estar ubicados en posiciones que permitan una postura adecuada y natural durante el ejercicio. Los ángulos de agarre deben ser ergonómicos y cómodos para evitar la tensión excesiva en las articulaciones y los músculos.

- Amplitud de movimiento: Las máquinas deben permitir una amplitud de movimiento completa y natural para los diferentes grupos musculares involucrados en el ejercicio. Esto evita restricciones o tensiones innecesarias en las articulaciones y músculos.
- Estabilidad y equilibrio: Las máquinas deben ser estables y proporcionar un equilibrio adecuado durante el ejercicio. Esto reduce el riesgo de lesiones por caídas o movimientos inestables.
- Superficies y acolchados: Las superficies de las máquinas, como los asientos y respaldos, deben ser acolchadas y ergonómicas para proporcionar comodidad y soporte adecuado durante el ejercicio. Esto reduce la presión y previene la aparición de molestias o lesiones por fricción.
- Indicaciones claras: Las máquinas deben contar con instrucciones claras y visuales sobre su uso correcto y ajustes adecuados. Esto ayuda a los usuarios a comprender cómo utilizar la máquina de manera segura y eficiente [11].

1.4.3 Percentiles

Los percentiles se utilizan para comprender las dimensiones del cuerpo humano y su variabilidad en la población. Se recopilan datos antropométricos de diferentes segmentos corporales (longitudes de brazo, pierna, torso, altura, etc.) de una muestra representativa de individuos. Luego, se calculan los percentiles para cada dimensión, dividiendo los datos en 100 partes iguales [12].

Estos percentiles antropométricos se utilizan en el diseño de las máquinas de gimnasio para garantizar que se adapten a la mayoría de los usuarios. Por ejemplo, los asientos y respaldos ajustables en las máquinas de entrenamiento de fuerza se diseñan para acomodar una amplia gama de alturas y longitudes de piernas. Esto se logra mediante la incorporación de ajustes de altura y posición del asiento, permitiendo a los usuarios seleccionar la configuración adecuada según sus dimensiones corporales [12].

Al utilizar los percentiles antropométricos en el diseño de las máquinas de gimnasio, se busca asegurar que la población objetivo encuentre posiciones de ejercicio adecuadas y cómodas, evitando posturas incómodas o forzadas que puedan aumentar el riesgo de lesiones o afectar la eficacia del ejercicio [12].

1.4.4 Datos antropométricos

La información que se muestra a continuación se toma del libro “Las dimensiones humanas en los espacios interiores”, misma que ha sido recopilada a través de los años en varios países [13].

1.4.4.1 Hombre y mujer adultos

En el Anexo 3 y 4 se muestran las dimensiones estructurales combinadas y funcionales del cuerpo masculino y femenino respectivamente en percentiles de 5 y 95% [13].

1.4.4.2 Áreas para ejercicio gimnástico

En la figura 20 se muestra un esquema de las máquinas más comunes en el gimnasio y se selecciona por el parentesco que posee con la máquina para desarrollar la musculatura del hombro. La vista frontal y lateral muestran dimensiones totales y relaciones del cuerpo humano con la máquina.

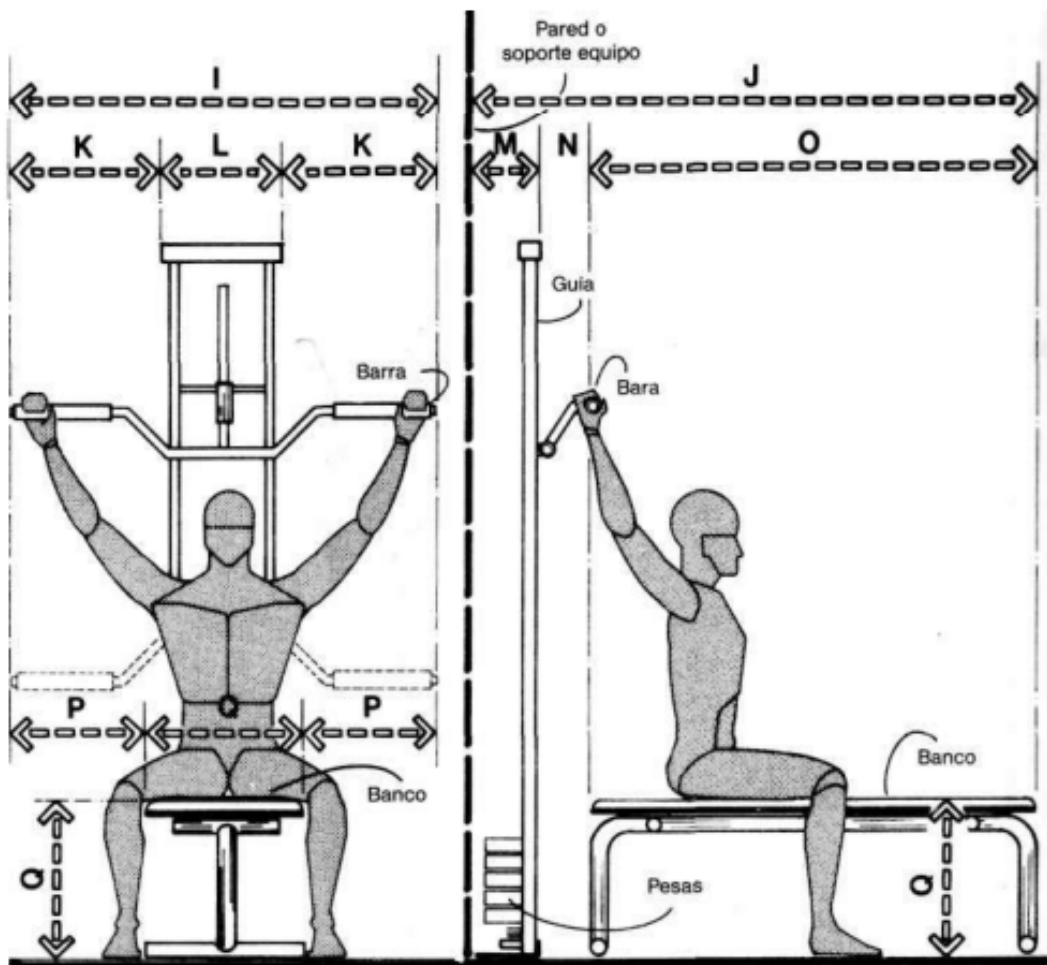


Figura 20. Dimensiones de ejercicios de banca [13]

Las dimensiones correspondientes a cada letra se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 10. Medidas para ejercicios en máquinas [13]

	Pulg	mm
A	83-104	2108-2642
B	35-48	889-1219
C	30	762
D	18-26	457-660
E	55-68	1397-1727
F	25-30	635-762
G	30-38	762-965
H	46	1160-80
I	36-48	914-1219
J	58-76	1473-1930
K	12,0-18,0	305-457
L	12,00	305
M	6,0-12,0	152-305
N	4,0-10	102-254
O	48-54	1249-1372
P	9,0-14	229-356
Q	18-20	457-508

1.4.5 Equipos de diseño y cálculo

1.4.5.1 Computador

Para el diseño y cálculo se utiliza un computador de alto rendimiento para obtener una mayor precisión en los resultados, a continuación, se muestra las características del computador.

Tabla 11. Especificaciones del computador

ALIENWARE 15 R4	
CPU	Intel Core i7-8750H de 8va generación
SO	Windows 11
Memoria RAM	16 GB
Coprocesador de gráficos	NVIDIA GeForce GTX 1060
Memoria	DDR4 de 16 GB

1.5 Fórmulas a utilizar en el diseño de la máquina

1.5.1 Cálculo de reacciones

Es necesario conocer las reacciones que se obtienen al aplicar las diversas cargas en la máquina; es por ello que se realiza una sumatoria de fuerzas considerando un análisis dimensional mediante la primera ley de Newton (Ec 1) [14].

$$\begin{aligned}\sum F &= \sum F_x + \sum F_y = 0 \\ \sum M_o &= \sum M_x + \sum M_y = 0\end{aligned}\quad \text{Ec. (1)}$$

1.5.2 Esfuerzo simple

Se utiliza para calcular la magnitud de la fuerza aplicada a un objeto o estructura, en relación con su área transversal. En términos más generales, es una medida de la fuerza ejercida por unidad de área [14].

La fórmula para calcular el esfuerzo simple (Ec 2), también conocido como "esfuerzo normal" o "esfuerzo de tracción", es:

$$\sigma = \frac{F}{A}\quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

- F es la fuerza aplicada al objeto o estructura, medida en unidades de fuerza como newtons (N).
- A es el área transversal perpendicular a la dirección de la fuerza, expresada en unidades de área, como metros cuadrados (m²).

1.5.3 Esfuerzo cortante

Se refiere a la fuerza de corte que actúa dentro de un material cuando se aplica una fuerza paralela a un plano determinado. También se conoce como "esfuerzo tangencial" o "esfuerzo de cizallamiento" (Ec 3) [14].

$$\tau = \frac{F}{A}\quad \text{Ec. (3)}$$

τ (tau) representa el esfuerzo cortante; F es la fuerza de corte aplicada al material; A es el área transversal sobre la cual se aplica la fuerza de corte

1.5.4 Deflexión

Es la deformación experimentada por una estructura o elemento cuando se le aplica una carga externa. Es una medida de la desviación o el desplazamiento que sufre un objeto debido a la aplicación de una carga [14].

La deflexión puede calcularse utilizando diferentes fórmulas según la geometría y las condiciones de carga de la estructura en cuestión (Anexo 5); para el cálculo analítico se usan las siguientes ecuaciones [14]:

- Deflexión máxima en apoyos simples con carga a una distancia x

$$y_{max} = \frac{Fa(l-x)}{6EI} (x^2 + a^2 - 2lx) \quad \text{Ec. (4)}$$

- Deflexión máxima para un perfil en voladizo con carga distribuida

$$y_{max} = -\frac{wl^4}{8EI} \quad \text{Ec. (5)}$$

- Deflexión máxima para un perfil con apoyos simples y cargas idénticas

$$y_{max} = \frac{Fa}{24EI} (4a^2 - 3l^2) \quad \text{Ec. (6)}$$

Donde:

F es la carga que se aplica; a y b son las distancias que se consideran desde los apoyos; l es la longitud total del perfil; E es el módulo de elasticidad del material; I es la inercia del perfil estructural; w es la carga distribuida

1.5.5 Esfuerzo admisible

En la tabla 12 se muestra las fórmulas de esfuerzo permisible para los diferentes tipos de cargas que soporta la soldadura a tope de elementos mecánicos.

Tabla 12. Esfuerzo permisible a flexión

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n^*
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_{ut}^\dagger$	

* El factor de seguridad n se ha calculado mediante la teoría de la energía de distorsión.

† El esfuerzo cortante en el metal base no debe exceder de $0.40S_y$ del metal base.

- Esfuerzo a flexión permisible

$$0,66S_y \quad \text{Ec. (7)}$$

- Esfuerzo cortante permisible

$$S_{sy} = \tau_{perm} = 0.56S_{ut} \quad \text{Ec. (8)}$$

1.5.6 Relación longitud – deflexión permisible

La ecuación establece que el desplazamiento máximo permitido de una viga bajo carga no debe exceder el valor de $1/360$ de la longitud del claro. Es decir, la deflexión máxima no debe superar una trigésima sexta parte de la longitud de la viga. Esto se aplica principalmente para estructuras en las que se requiere rigidez y estabilidad, y donde grandes deflexiones podrían afectar la integridad de la construcción [14].

$$\frac{L}{360} \quad \text{Ec. (9)}$$

1.5.7 Esfuerzos máximos

Se denomina esfuerzo máximo a la magnitud donde ocurrirá la mayor flexión.

- Esfuerzo máximo

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ec. (10)}$$

Donde: M es el momento; c es el centroide de la figura; I es la inercia

- Esfuerzo cortante máximo

$$\tau = \frac{4V}{3A} \quad \text{Ec. (11)}$$

Donde: V es la fuerza cortante; A es el área

1.5.8 Factor de seguridad

Se utiliza para evaluar la capacidad de una estructura, componente o sistema para resistir cargas o fuerzas sin experimentar fallas o deformaciones excesivas. Se define como la relación entre la capacidad de carga o resistencia de un elemento y la carga máxima esperada o requerida [14].

El factor de seguridad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma} \quad \text{Ec. (12)}$$

Donde: σ_{adm} es el esfuerzo admisible; σ es el esfuerzo calculado

1.5.9 Cálculo de soldadura

Para el análisis de las uniones soldadas sujetas a flexión en un voladizo se usa el diagrama de fuerza cortante y una reacción de momento [14]

La fuerza cortante produce un cortante primario:

$$\tau' = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. (13)}$$

Donde:

A es el área de la garganta

Esfuerzo cortante nominal en la garganta:

$$\tau'' = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ec. (14)}$$

Esfuerzo cortante equivalente:

$$\tau = \sqrt{(\tau')^2 + (\tau'')^2} \quad \text{Ec. (15)}$$

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Diseñar y construir una máquina para desarrollar la musculatura del hombro.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Investigar la anatomía del hombro y los diferentes parámetros de máquinas de gimnasio para el desarrollo de sus grupos musculares.
- Diseñar la máquina usando programas especializados.
- Construir un prototipo de una máquina que desarrolle los grupos musculares del hombro.
- Realizar pruebas en el prototipo y proponer mejoras.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Metodología aplicada al proyecto

- Diseño

En el desarrollo del proyecto, se llevan a cabo diversas etapas que aseguran la adecuada concepción de la máquina. En primer lugar, se realiza una exhaustiva revisión bibliográfica de patentes de máquinas similares. Esta investigación permite seleccionar los componentes más relevantes, que servirán como consideraciones fundamentales para el prediseño de nuestro equipo.

En el gimnasio, se procede a recopilar datos de las personas registradas, tales como estatura, peso y dimensiones antropométricas. Estos datos son fundamentales para realizar los cálculos necesarios en el diseño ergonómico de la máquina, asegurando así una experiencia óptima para los usuarios.

Una vez obtenidos todos los datos relevantes, se lleva a cabo un estudio de mercado para evaluar las opciones de materia prima disponibles. En base a estos resultados, se inicia el cálculo analítico utilizando los materiales disponibles en el mercado. Se plantean análisis con cargas críticas para evaluar la durabilidad y resistencia de la máquina bajo diferentes escenarios.

Simultáneamente, se lleva a cabo una simulación detallada utilizando software especializado. Esta simulación tiene como objetivo otorgar valores aproximados a los cálculos manuales previamente realizados. De esta forma, se asegura que la máquina cumpla con los estándares de seguridad y rendimiento establecidos.

Finalmente, considerando los resultados de todas las etapas previas, se procede a la elaboración de los planos de la máquina. Estos planos se crean considerando los debidos procesos de fabricación, garantizando la viabilidad y calidad del producto final.

- Construcción

El proceso de construcción de la máquina se lleva a cabo siguiendo una secuencia bien definida. En primer lugar, se adquiere la materia prima y todos los materiales necesarios para la fabricación. En el taller mecánico, se organizan meticulosamente

todas las máquinas que se utilizan en el proceso y se determina el personal requerido en cada área para una eficiente ejecución.

A partir de los planos de construcción, se extraen las dimensiones precisas que cada componente debe tener, y se procede a realizar los cortes de los tubos y otros procesos de fabricación según las especificaciones detalladas en los planos.

Durante el proceso de soldadura, se toman en cuenta los datos proporcionados por el software utilizado para garantizar la resistencia de las partes que se unen. Estos parámetros aseguran la calidad y durabilidad de las uniones, lo que es fundamental para el funcionamiento óptimo de la máquina. Se forman así la estructura base, la estructura posterior, el soporte de brazos y los brazos de fuerza de la máquina.

Una vez completadas las partes individuales, se procede al ensamblaje final de la máquina. Este paso es crucial para asegurar que todas las piezas se integren correctamente, formando una unidad coherente y funcional.

Es importante destacar que, durante todo el proceso de construcción, se sigue un enfoque metódico y preciso para garantizar la calidad y eficiencia del resultado final. La meticulosa atención a los detalles y el cumplimiento de las especificaciones establecidas en los planos son fundamentales para lograr una máquina de alto rendimiento y confiable.

- Recomendaciones

Después de finalizar la construcción de la máquina, se procede a realizar pruebas exhaustivas de resistencia y funcionalidad. Estas pruebas tienen como objetivo garantizar que la máquina cumpla con los estándares de seguridad establecidos antes de entregarla al beneficiario, en este caso, el gimnasio de la universidad.

Una vez terminada la construcción de la máquina se realizan las pruebas necesarias considerando los extremos de estaturas y pesos a fin de obtener comentarios y recomendaciones de la experiencia y posibles áreas de mejora. Toda esta retroalimentación recopilada se toma en consideración para futuras mejoras en este tipo de máquinas.

2.2. Datos de personas registradas en el gimnasio

En la tabla 13 se muestran los datos obtenidos de las personas que se encuentran registradas en el gimnasio de la Universidad Técnica de Ambato:

Tabla 13. Datos de usuarios del gimnasio

Persona	Peso (kg)	Altura (mm)
1	53	1530
2	65,5	1580
3	51	1550
4	58	1640
5	60	1520
6	53	1680
7	49	1520
8	63	1680
9	55,5	1550
10	66,5	1740
11	73	1760
12	64	1700
13	65	1700
14	59	1620
15	68	1680
16	59	1710
17	87	1780
18	68	1700
19	57	1710
20	80	1810
21	90	1780
22	60	1510
23	57	1520
24	80	1710
25	60	1610

2.3. Requerimientos y recursos para la construcción.

A continuación, se detallan los recursos necesarios para llevar a cabo la construcción de la máquina.,

2.3.1 Recursos humanos

Las personas que son responsables del desarrollo del presente proyecto técnico son los autores y el docente quien se encarga de guiar el desarrollo de trabajo hasta la finalización.

Andrés Núñez	Estudiante
Eduardo Valencia	Estudiante
Ing. Thalía San Antonio, PhD	Docente

2.3.2 Recursos institucionales

Para la elaboración del presente trabajo de titulación se consideran los siguientes recursos institucionales:

- Gimnasio de la Universidad Técnica de Ambato
- Bibliotecas virtuales (eLibro, Scielo)
- Software especializado
- Repositorios institucionales

2.4 Nivel o tipo de investigación

2.4.1 Bibliográfico

A través de una revisión bibliográfica se indaga patentes de máquinas o equipos similares que otorgan información útil para la selección de componentes para el diseño de la máquina.

2.4.2 Exploratorio

En este campo se indaga información de medidas antropométricas de las personas que se encuentran registradas en el gimnasio para determinar las dimensiones de componentes de la máquina y adecuarlas en función de la necesidad ergonómica.

2.4.3 De Campo

Se lleva a cabo una exhaustiva investigación de proveedores de materiales, procesos de fabricación y técnicas de acabado superficial que sean compatibles con los requisitos específicos del diseño propuesto para la construcción de la máquina.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se realiza el cálculo analítico, simulaciones, construcción, pruebas y propuestas de mejora de la máquina. En la figura 21 se muestran las partes de la máquina que se consideran para los cálculos.

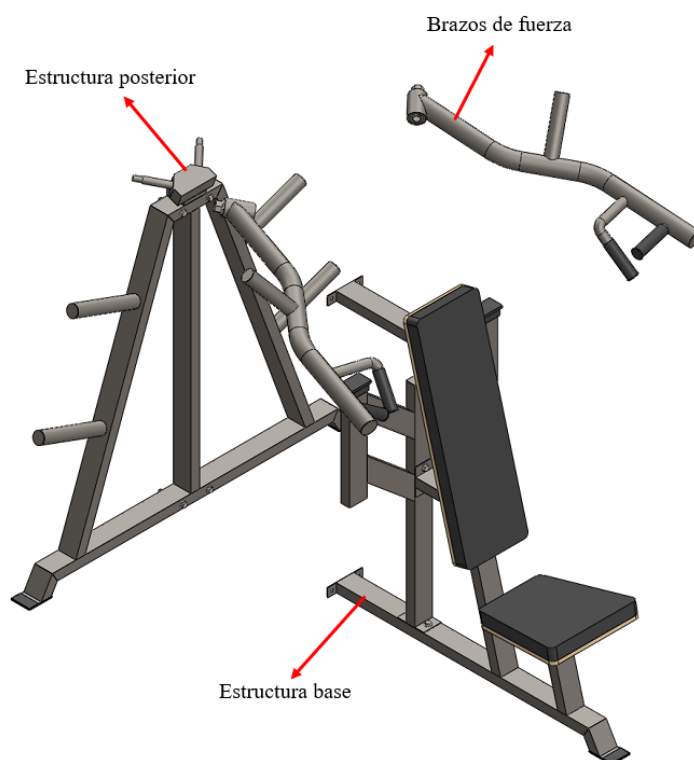


Figura 21. Partes de la máquina

3.1 Cálculo analítico

Se consideran los siguientes datos como cargas críticas con el propósito de evaluar la rigidez, nivel de seguridad y resistencia de la máquina.

Datos:

- **Peso de la persona:** 180 kg (80 kg del peso estándar de una persona + 100 kg que se añade por un margen de seguridad suponiendo que dos personas utilizan la máquina).
- **Peso de los discos:** 150 kg en cada tubo de la estructura posterior (se consideran 7 pesas de 20 kg y una pesa de 10 kg, con el propósito de saturar toda la longitud del tubo)



Figura 22. Diagrama de pesas en el tubo de la estructura posterior

3.1.1 Estructura posterior

A continuación, se realizan los cálculos correspondientes para la estructura posterior de la máquina.

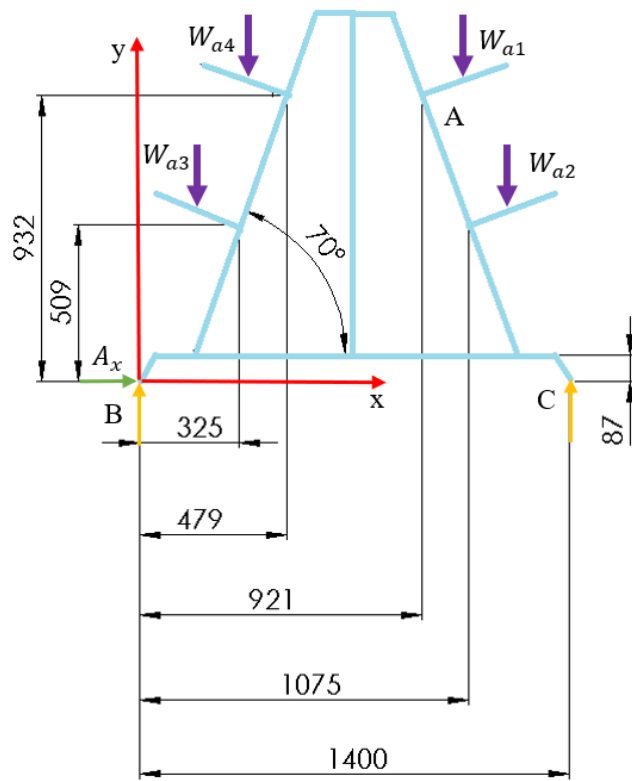
3.1.1.1 Diagrama de cuerpo libre y reacciones

En la figura 23 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la estructura posterior ocupando los siguientes datos:

- $M_{a1} = M_{a2} = M_{a3} = M_{a4} = 150 \text{ kg}$
- $g = 9,8 \text{ m/s}^2$
- $W_{a1,a2,a3,a4} = M_{a1,a2,a3,a4} * g = 1470 \text{ N}$
- $d = 3 \text{ mm}$

Donde:

F es la Carga distribuida; Fp es la carga puntual; $W_{a1,2,3,4}$ es el peso de los discos adicionales; A es la reacción.



Todas las unidades se encuentran en mm

Figura 23. Diagrama de cuerpo libre de la estructura posterior

- Cálculo de reacción y momento de los tubos de soporte de las pesas

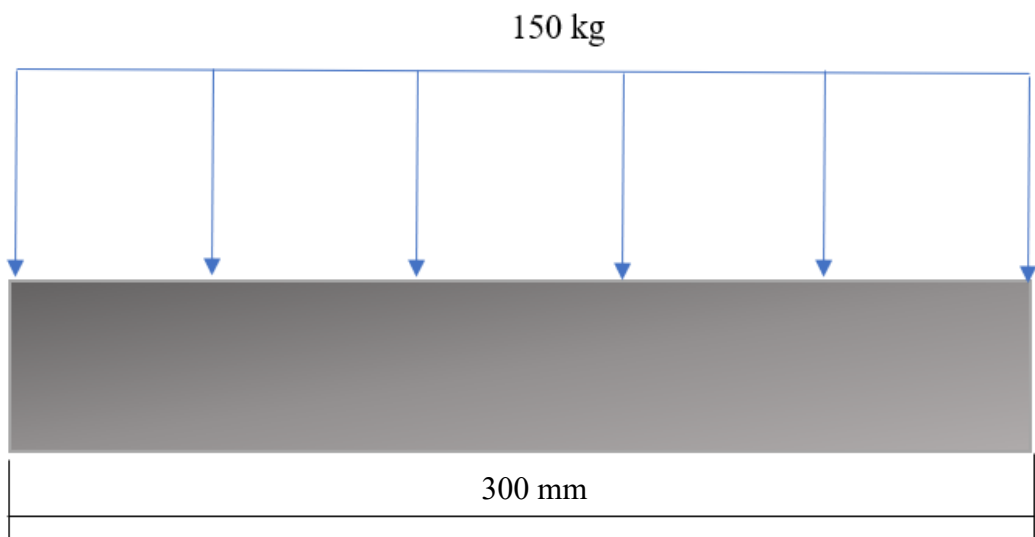


Figura 24. Diagrama de carga distribuida en los tubos de soporte de pesas

Carga distribuida:

$$F = \frac{150 \text{ kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,3 \text{ m}} = 4900 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Carga puntual:

$$F_p = F * d = 4900 \frac{\text{N}}{\text{m}} * 0,3 \text{ m} = 1470 \text{ N}$$

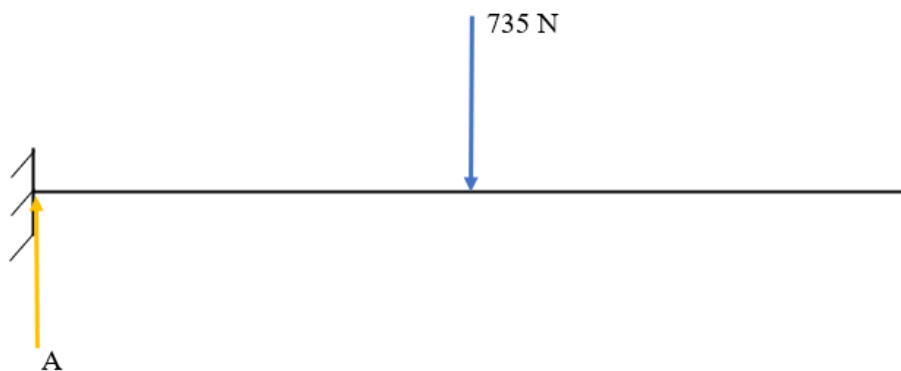


Figura 25. Diagrama de carga puntual en los tubos de soporte de pesas

$$\rightarrow + \sum F_x = 0 \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\uparrow + \sum F_y = 0 \quad (\text{Ec. 1})$$

$$A_y - 1470 \text{ N} = 0$$

$$A_y = 1470 \text{ N}$$

$$\curvearrowright M_A = \frac{F * d^2}{2} \quad (\text{Ec. 3 Anexo 5})$$

$$\curvearrowright M_A = \frac{4900 \frac{\text{N}}{\text{m}} * (0,3 \text{ m})^2}{2} = 220,5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Al ser 4 tubos iguales, los cálculos de reacción y momento son equivalentes para todos.

- Cálculo de reacciones en la estructura posterior

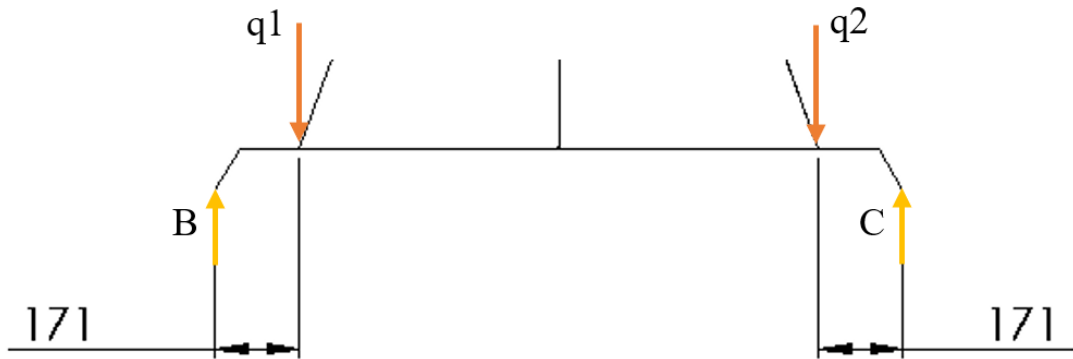


Figura 26. Reacciones de la estructura posterior

Donde:

- $q1 = q2 =$ Carga acumulada de los discos de pesas
- $B, C =$ Reacciones

Datos:

- $q1 = 300 \text{ kg}$

$$q1 = 300 \text{ kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2940 \text{ N}$$

SUMATORIA DE FUERZAS

$$\rightarrow + \sum F_x = 0 \text{ (Ec. 1)}$$

$$\uparrow + \sum F_y = 0 \text{ (Ec. 1)}$$

$$B + C - 2(2940 \text{ N}) = 0$$

$$B + C = 5880 \text{ N}$$

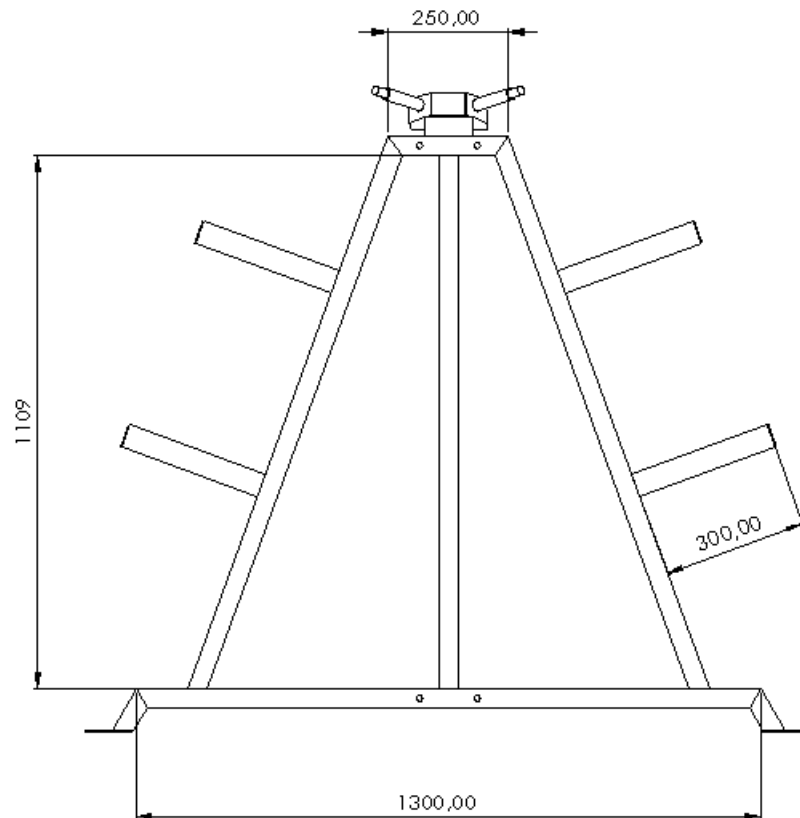
Al tener las mismas distancias entre puntos, se divide la carga para 2 para encontrar las reacciones:

$$B = 2940 N$$

$$C = 2940 N$$

3.1.1.2 Diseño de componentes

En el diseño de la estructura posterior, la función es soportar las cargas distribuidas de los discos de pesas y dar estabilidad y firmeza a la máquina, se consideran las siguientes dimensiones de las vigas que van a soportar las cargas.



Todas las unidades se encuentran en mm

Figura 27. Dimensiones de las vigas críticas de la estructura posterior

- **Diseño para el tubo de 300 mm**
- Se considera un tubo circular de 2 de pulg por 2 mm de espesor en acero ASTM A36.
- Se considera que el tubo va a soportar discos de fuerza equivalente a 150 kg

$$w = \frac{m * g}{L}$$

$$Carga\ soportada = \frac{(150\ kg) * 9,81\ m/s^2}{0,3m} = 4905\ \frac{N}{m}$$

Con la carga de $4095\ \frac{N}{m}$ se realizan los diagramas de fuerza cortante y momento flector.

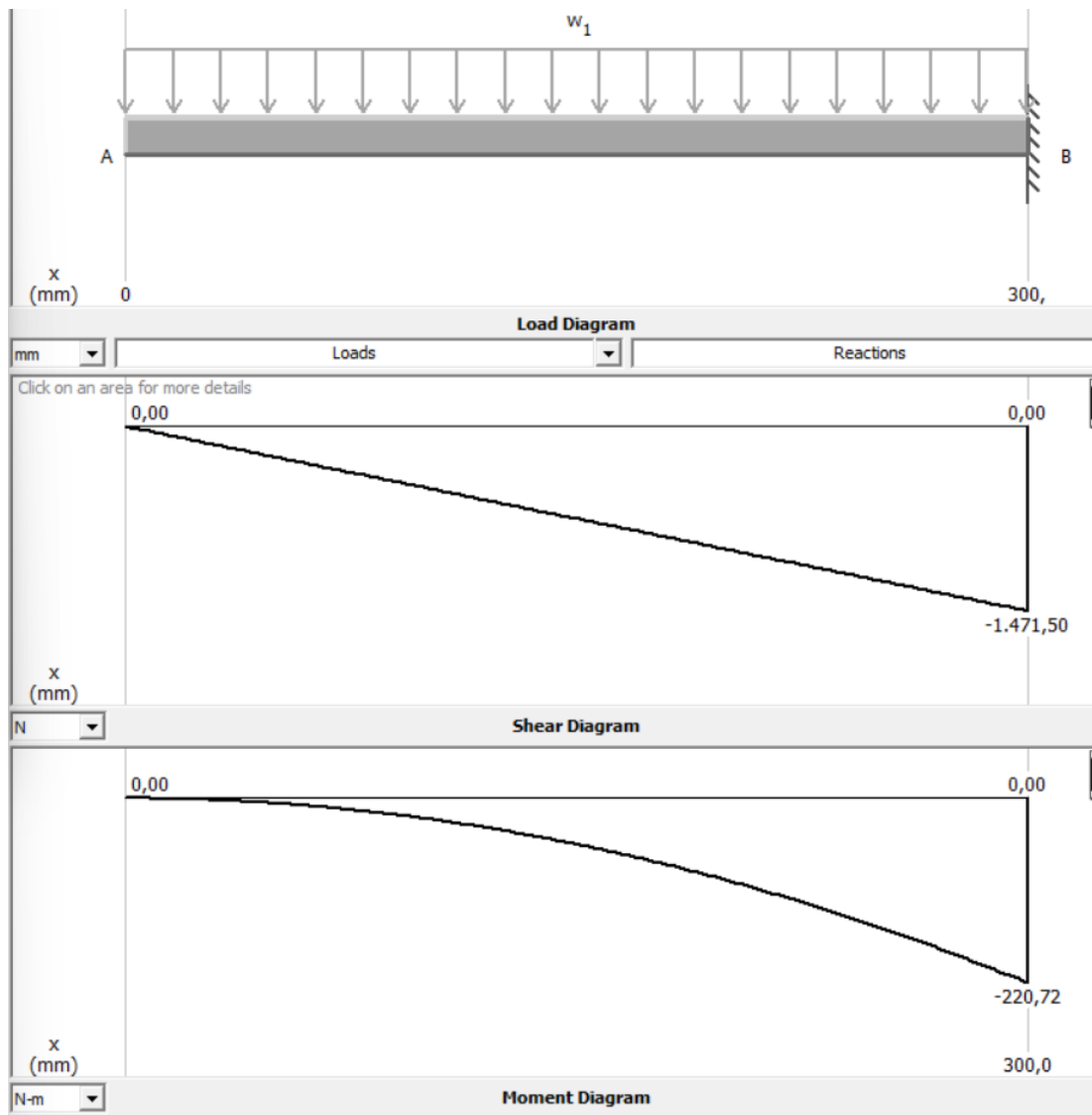


Figura 28. Diagramas de cortante y momento flector para el tubo de 300 mm

Se calcula el esfuerzo admisible a flexión, para el acero ASTM A36, utilizando las ecuaciones:

$$\sigma_{adm} = 0,66 S_y$$

$$\sigma_{adm} = 0,66 (250 * 10^6)$$

$$\sigma_{adm} = 165 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma = \frac{220,72 \text{ Nm} * (0,0254\text{m})}{9,14 * 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\sigma = 61,33 \text{ MPa}$$

Para hallar la y_{max} del tubo en voladizo se usa la ecuación (5) del anexo 5

$$y_{max} = -\frac{wl^4}{8EI}$$

$$y_{max} = -\frac{4905(0,3 \text{ m})^4}{8(200 * 10^9 \text{ Pa})(9,14 * 10^{-8} \text{ m}^4)}$$

$$y_{max} = -0,0002716 \text{ m}$$

$$\frac{L}{360}$$

$$\frac{L}{360} = \frac{0,3 \text{ m}}{360}$$

$$\frac{L}{360} = 0,000833 \text{ m}$$

A partir de los datos se obtiene:

- $\sigma < \sigma_{adm}$
- $y_{max} < \frac{L}{360}$

Por lo tanto, el perfil seleccionado para el tubo circular cumple con los requerimientos.

- **Diseño para la viga de 1300 mm**
- En la viga de 1300 mm se emplea el material acero ASTM A36 y un perfil rectangular de 80x40x3mm.
- Se consideran cargas puntuales aportadas por los discos de fuerza

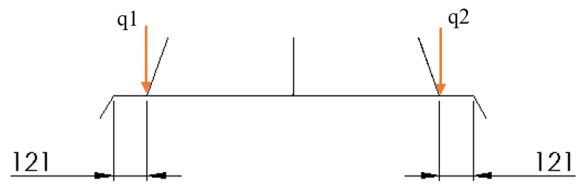


Figura 29. Cargas puntuales de los discos de fuerza en la viga rectangular

$$q_1 = q_2 = (150 + 150kg) * 9,81 \frac{m}{s^2} = 2940 N$$

Con las cargas puntuales de 2940 N se realiza los diagramas de fuerza cortante y momento flector.

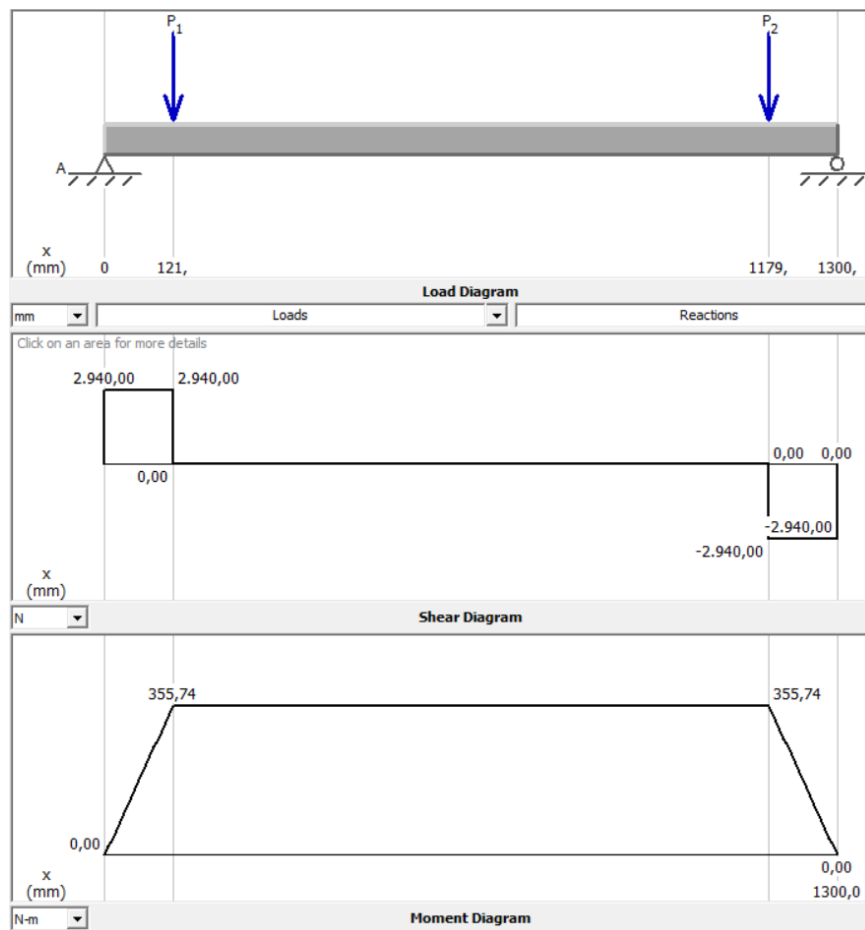


Figura 30. Diagrama de cortante y momento flector de la viga de 1300 mm

Se calcula el esfuerzo admisible a flexión, para el acero ASTM A36, utilizando las ecuaciones:

$$\sigma_{adm} = 0,66 S_y \text{ (Ec. 7)}$$

$$\sigma_{adm} = 0,66 (250 * 10^6)$$

$$\sigma_{adm} = 165 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad (\text{Ec. 10})$$

$$\sigma = \frac{355,74 \text{ Nm} * (0,02\text{m})}{17,49 * 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\sigma = 40,67 \text{ MPa}$$

Para hallar la y_{max} de la viga con apoyo simple se usa la ecuación (6) del anexo 5

$$y_{max} = \frac{Fa}{24EI} (4a^2 - 3l^2) \quad (\text{Ec. 6})$$

$$y_{max} = \frac{(2940 \text{ N})(0,121 \text{ m})}{24(200 * 10^9 \text{ Pa})(17,49 * 10^{-8})} (4(0,121)^2 - 3(1,3)^2)$$

$$y_{max} = -0,0021 \text{ m}$$

$$\frac{L}{360} \quad (\text{Ec. 9})$$

$$\frac{L}{360} = \frac{1,3 \text{ m}}{360}$$

$$\frac{L}{360} = 0,00361 \text{ m}$$

A partir de los datos se obtiene:

- $\sigma < \sigma_{adm}$
- $y_{max} < \frac{L}{360}$

Por lo tanto, el perfil seleccionado para la viga rectangular cumple con los requerimientos.

- **Diseño de los pernos para el mecanismo**

- Los pernos soportan una carga crítica de 1176 N correspondiente a los discos de pesa de los brazos de fuerza
- Se considera un factor de seguridad de 4
- Material: Acero ASTM A36

$$\tau = \frac{\tau_{adm}}{n} \quad (Ec. 12)$$

$$\tau_{adm} = 0,577Sy \quad (Ec. 8)$$

$$\tau_{adm} = 0,557 * 250MPa$$

$$\tau_{adm} = 144,25Mpa$$

$$\tau = \frac{144,25 MPa}{4}$$

$$\tau = 36,06 MPa$$

$$\tau = \frac{4V}{3A} \quad (Ec. 11)$$

$$\tau = \frac{4 \cdot 1176 N}{3 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}}$$

$$36.06 \cdot 10^6 Pa = \frac{4704 N}{2,3561 d^2}$$

$$d = 0.0076 m$$

El diámetro mínimo para el diseño del perno debe ser de 8 mm

3.1.1.3 Soldadura

Datos

$$\phi_{ext} = 50,8 mm$$

$$\phi_{int} = 46,8 mm$$

$$esp_{sold} = 5 mm$$

En la siguiente imagen se muestra la longitud del tubo y la carga que se aplica

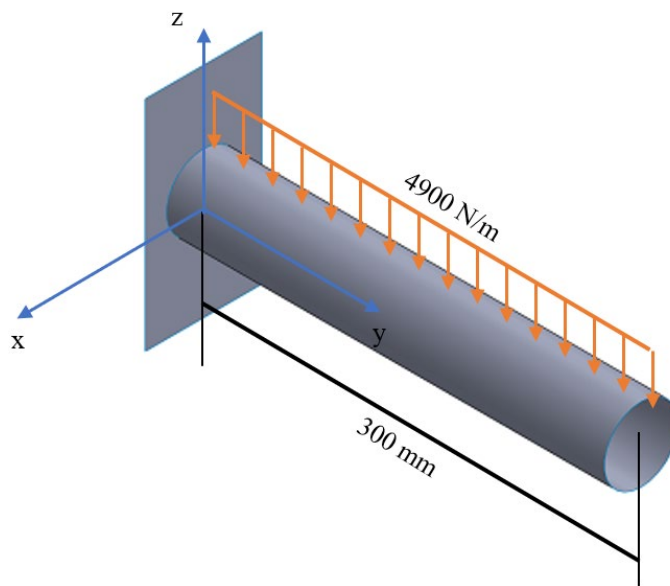
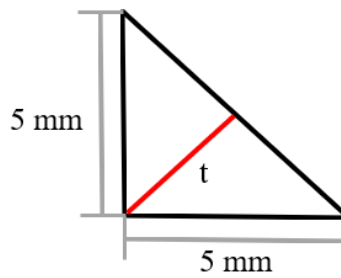


Figura 31. carga y dimensiones del tubo circular de 2''

- Cálculo del espesor real del cordón de soldadura



$$\cos(45) = \frac{t}{0,005m}$$

$$t = 0,00353m$$

$$c_d = \frac{1}{3}b$$

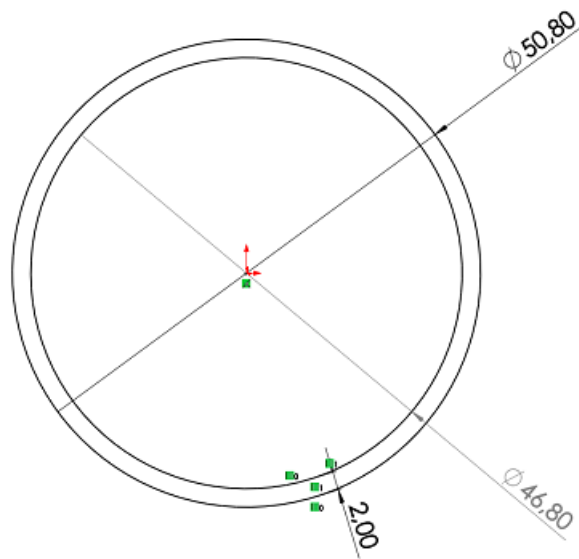
$$c_d = \frac{1}{3}0,005 = 0,00166m$$

Diámetro de la soldadura

$$\Phi_{sold} = 50,8mm + 2(1,66mm) = 54,12mm$$

$$\Phi_{sold} = 0,05412 m$$

- Ubicación del centroide (mm)



$$\bar{y} = 0,02706 \text{ m}$$

Área de la soldadura

$$A_{sold} = \pi * \phi_{sold} * t$$

$$A_{sold} = \pi * 0,05412\text{m} * 0,00353\text{m}$$

$$A_{sold} = 0,000600181 \text{ m}^2$$

Inercias

$$I_x = \frac{\pi \phi_{sold}^3}{8} * t$$

$$I_x = \frac{\pi(0,05412 \text{ m})^3}{8} * (0,00353\text{m})$$

$$I_x = 2,197 * 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$I_x = I_y$$

$$I_z = I_x + I_y = 4,394 * 10^{-7} \text{ m}^4$$

- Análisis de fuerzas y posiciones

$$F_x = 0$$

$$F_y = 0$$

$$F_z = -4900 \frac{N}{m} * 0,3m = -1470 N$$

$$r_x = 0$$

$$r_y = 0,3m$$

$$r_z = 0,0254m$$

- Determinación de momentos

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$\vec{M} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 0 & 0,3 & 0,0254 \\ 0 & 0 & -1470 \end{vmatrix}$$

$$\vec{M} = (-441i + 0j + 0k)$$

$$M_x = -441Nm$$

$$M_{res} = M_x + M_y = -441Nm = M_z$$

- Esfuerzos causados por fuerzas

Al existir fuerzas solo en el eje z

$$\tau'_z = -\frac{Fz}{A_{sold}} \quad (Ec. 13)$$

$$\tau'_z = -\frac{-1470 N}{0,000600181 m^2}$$

$$\tau'_z = 2,4492 MPa$$

- Esfuerzos causados por momentos

$$\tau''_z = \frac{M_z * X}{I_z} \quad (Ec. 14)$$

$$\tau_z'' = \frac{-441Nm * (-0,02706m)}{4,394 * 10^{-7}m^4}$$

$$\tau_z'' = 27,15MPa$$

- Esfuerzo resultante

$$\tau = \sqrt{(\tau_z')^2 + (\tau_z'')^2} \text{ (Ec. 15)}$$

$$\tau = \sqrt{(2,45)^2 + (27,15)^2}$$

$$\tau = 27,26MPa$$

- Esfuerzo cortante admisible

$$\tau_{adm} = 0,557Sy \text{ (Ec. 8)}$$

$$\tau_{adm} = 0,557 * 250MPa$$

$$\tau_{adm} = 144,25Mpa$$

$$\tau < \tau_{adm}$$

Cumple con los requisitos

3.1.1.4 Factor de seguridad

- **Factor de seguridad de la soldadura**

$$n = \frac{\tau_{adm}}{\tau} = \frac{144,25}{27,26}$$

$$n = 5,2$$

- **Factor de seguridad del tubo de tubo de 2" de 300 mm**

$$n = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma} = \frac{165}{61,33}$$

$$n = 2,69$$

- **Factor de seguridad del perfil rectangular (80x40x3)**

$$n = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma} = \frac{165}{40,67}$$

$$n = 4,05$$

3.1.1.5 Resultado de análisis estructural

A continuación, se realizan las simulaciones de la estructura posterior en el software especializado utilizando el análisis por elementos finitos con cargas distribuidas en los tubos de soporte de los discos de pesa; además se considera que los soportes son fijos y el material es acero estructural ASTM A36.

- **Análisis de convergencia**

En la figura 32 se muestra el análisis de convergencia para el mallado de la estructura posterior considerando el número de elementos (malla) versus el esfuerzo de Von Mises.

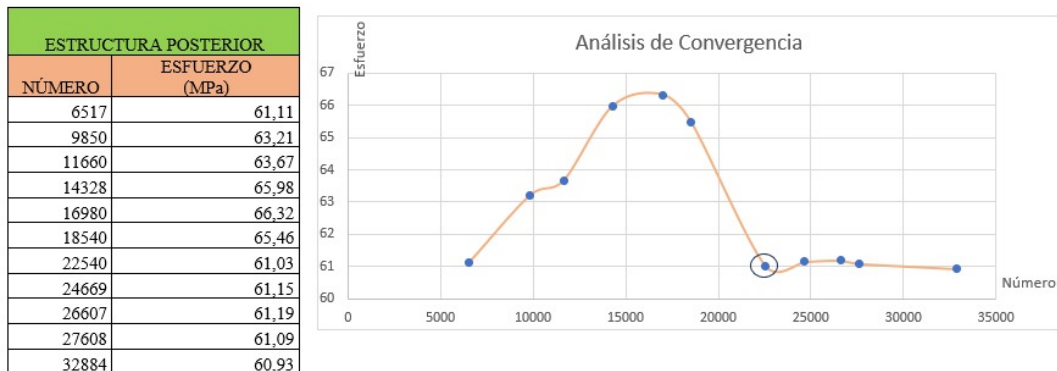


Figura 32. Análisis de convergencia de la estructura posterior

Con un número aproximado de 22500 elementos mallados el diagrama empieza a tener un comportamiento lineal; lo que significa que el esfuerzo empieza a tomar valores más exactos.

- Resultados de simulación de la estructura posterior

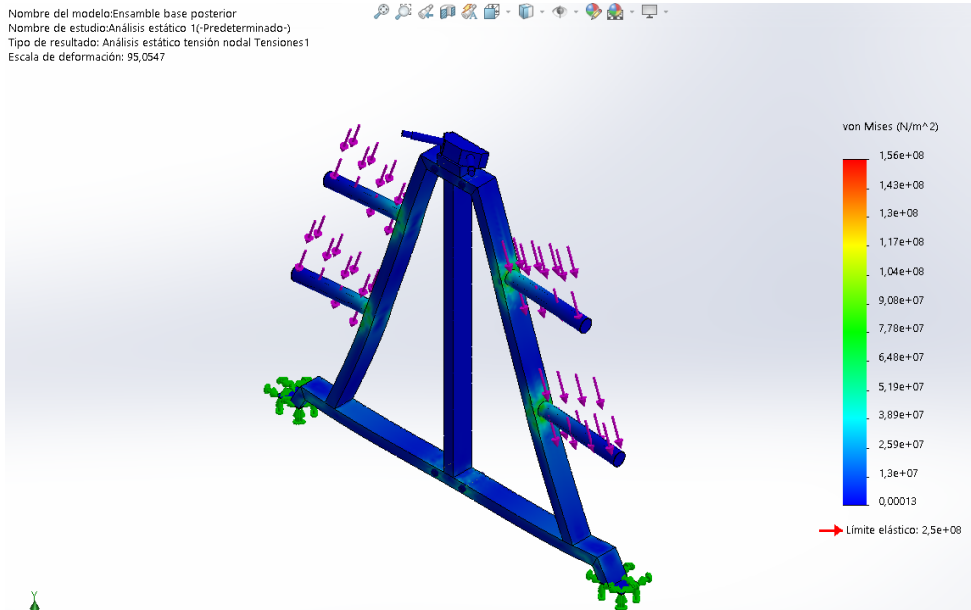


Figura 33. Tensiones de Von Mises en la estructura posterior

Se observa que existe una concentración de esfuerzos en las áreas soldadas de los tubos que soportan los discos de pesas, además de la concentración de esfuerzos generada por los pernos que soportan cargas críticas.

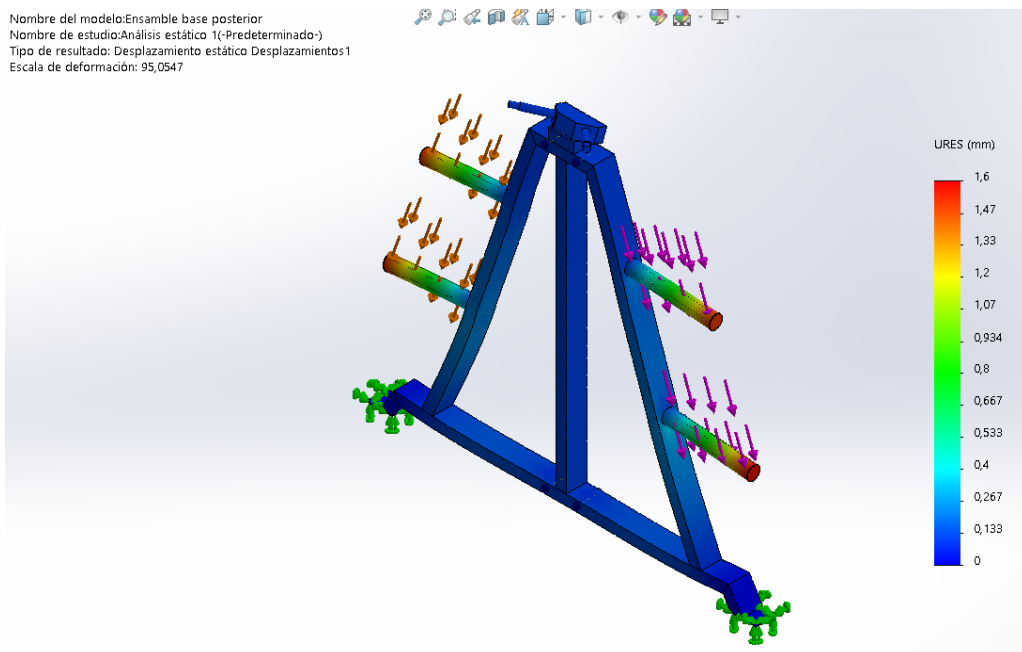


Figura 34. Desplazamientos en la estructura posterior

De igual forma se observa que los desplazamientos estáticos que sufre la máquina se encuentran en los extremos de los tubos que soportan los discos de pesa obteniendo así un desplazamiento máximo de 1,6 mm aplicando las cargas críticas.

- **Análisis de convergencia**

En la figura 35 se muestra el análisis de convergencia para los soportes de discos de pesas de la estructura posterior.

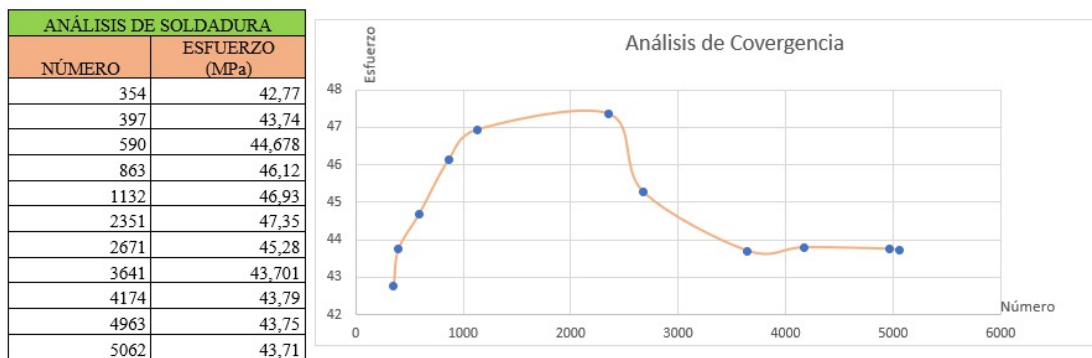


Figura 35. Análisis de convergencia para soportes de discos de pesas

Alrededor de los 36000 elementos mallados el diagrama tiene un comportamiento lineal lo cual muestra valores de esfuerzos con mayor exactitud.

- **Resultado de Análisis**

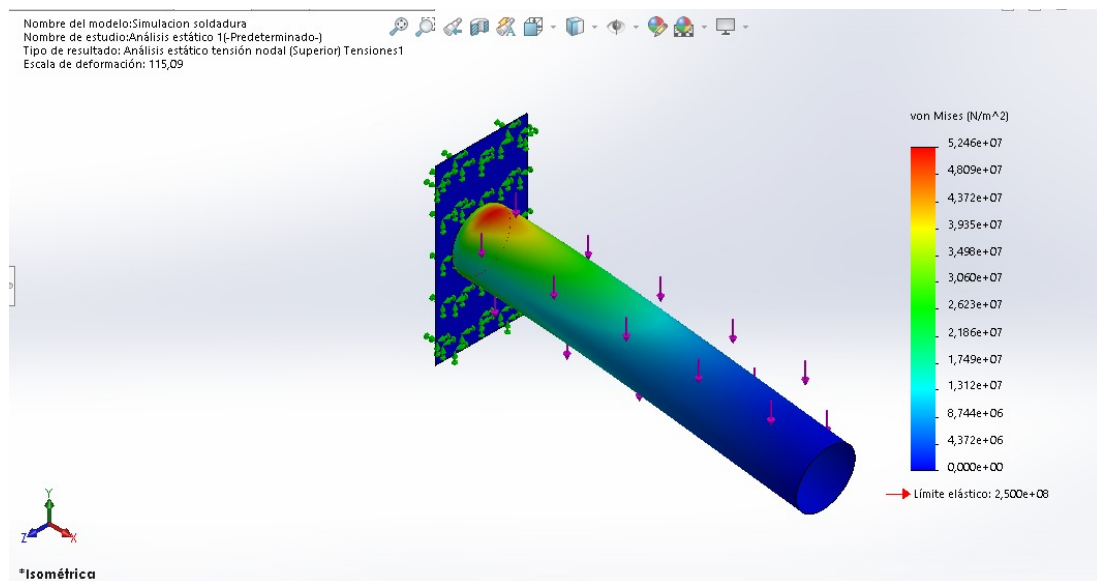


Figura 36. Tensiones en los tubos de soporte de discos de pesa

En la figura se muestra las tensiones a la que está sometida la soldadura de los tubos de soporte de los discos de pesa, obteniendo como resultado tensiones de 26,28 MPa, valores que se encuentran de los parámetros previamente calculados.

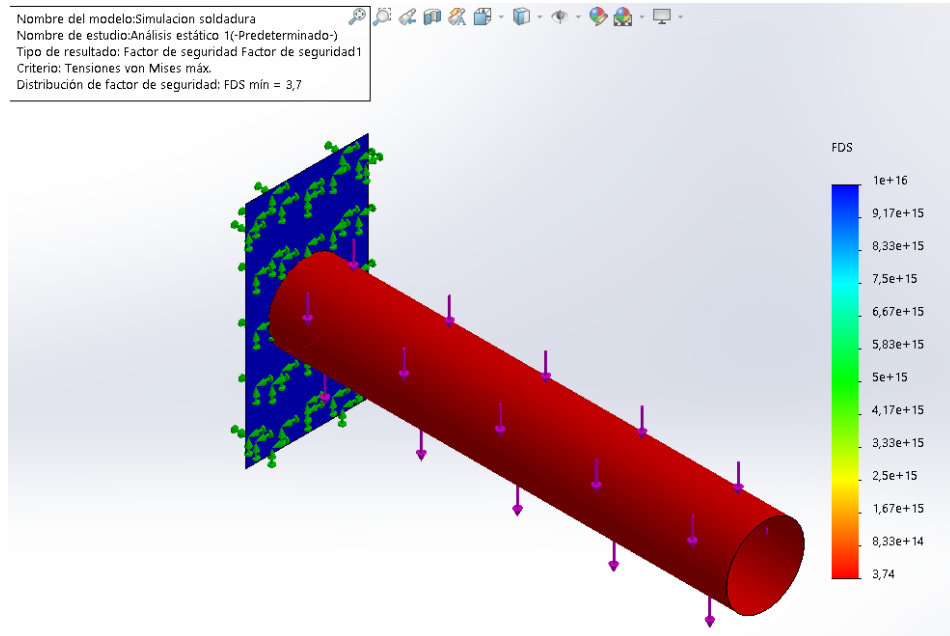


Figura 37. Factor de seguridad de los tubos de soporte de los discos de pesa

En la figura se muestra el factor de seguridad equivalente a 3,4 a través del criterio de tensiones de Von Mises.

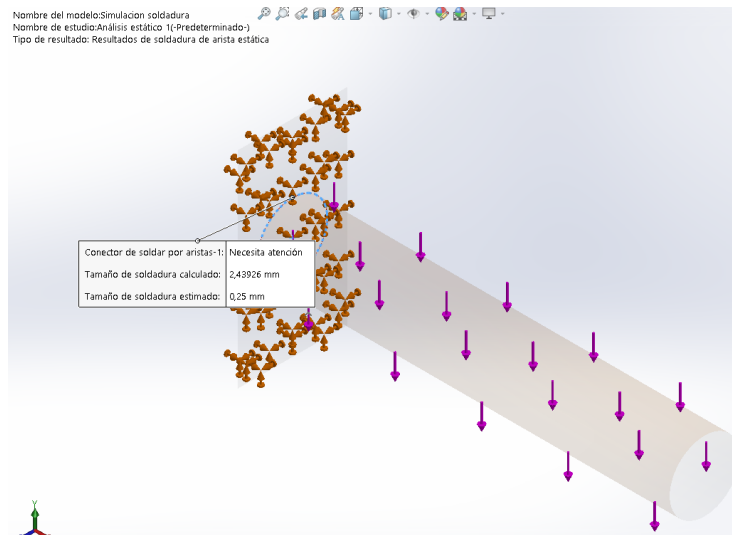
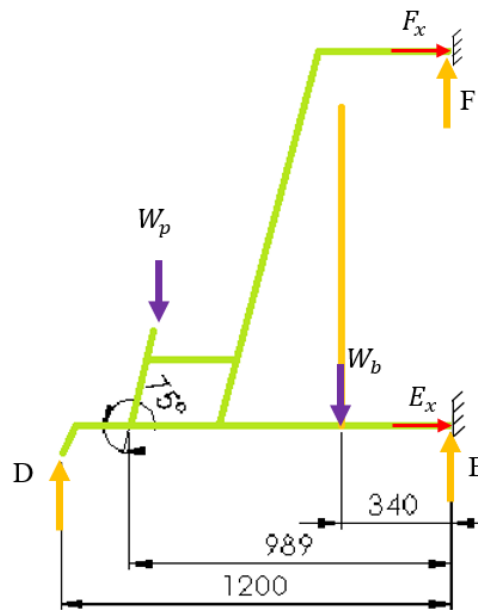


Figura 38. Tamaño de soldadura calculado por el programa

En la figura se establece la recomendación del tamaño de soldadura calculado; valor que fue como considerado como punto de partida referencial para el cálculo analítico de la soldadura.

3.1.2 Estructura base

3.1.2.1. Diagrama de cuerpo libre y reacciones



Todas las unidades están en mm

Figura 39. Diagrama de cuerpo libre de la estructura base

Donde:

- $W_p = \text{Peso de la persona} = 180 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2 = 1764 \text{ N}$
- $W_b = \text{Peso de los brazos de fuerza} = 120 \text{ kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1176 \text{ N}$
- $W_b = 2(1176 \text{ N}) = 2352 \text{ N}$
- $D, E, F_{x,y} = \text{Reacciones}$

Datos

$$M_p = 180 \text{ kg}$$

$$W_p = 180 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1764 \text{ N}$$

$$M_b = 120 \text{ kg}$$

$$W_b = 120 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1176 \text{ N}$$

Descomposición de las fuerzas en vectores

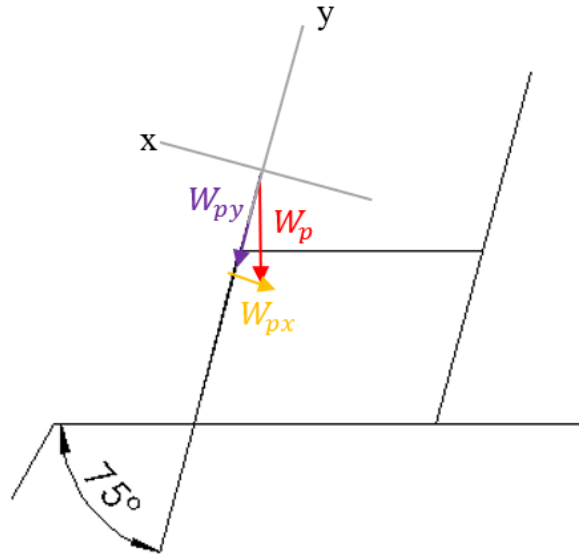


Figura 40. descomposición de la carga de la persona en vectores

$$W_{px} = 1764 \text{ N} * \text{sen}(15) = 456,56 \text{ N}$$

$$W_{py} = 1764 \text{ N} * \text{cos}(15) = 1703,89 \text{ N}$$

SUMATORIA DE FUERZAS

$$\rightarrow + \sum F_x = 0 \text{ (Ec. 1)}$$

$$E_x + F_x + 456,56 \text{ N} = 0$$

Donde:

$$E_x = F_x$$

Por lo tanto:

$$2D_x = 456,46 \text{ N}$$

$$D_x = 228,28 \text{ N}$$

$$\uparrow + \sum F_y = 0 \text{ (Ec. 1)}$$

$$D_y + E_y + F_y - 1703,89 \text{ N} - 2352 \text{ N} = 0$$

$$D_y + E_y + F_y = 4055,89 \text{ N}$$

SUMATORIA DE MOMENTOS

$$\sum M_c = 0 \text{ (Ec. 1)}$$

$$-(1703,89 \text{ N} * 0,211 \text{ m}) - (2352 \text{ N} * 0,860 \text{ m}) + 2E_y = 0$$

$$E_y = 1191,12 \text{ N} = F_y$$

$$D_y = 4055,89 \text{ N} - 2(1191,12 \text{ N}) = 1673,65 \text{ N}$$

3.1.2.2 Diseño de la estructura base

A continuación, se muestra la dimensión del perfil rectangular que van a soportar las cargas críticas

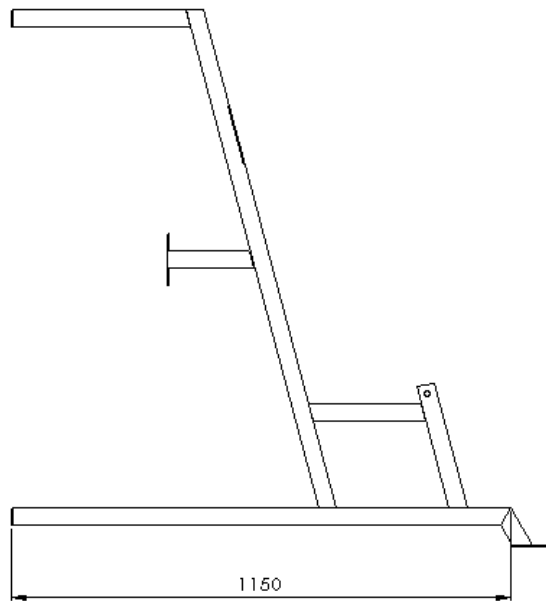


Figura 41. Dimensión de la viga rectangular en mm

- **Diseño para el perfil rectangular de 1150 mm**
- Se considera un perfil rectangular 80x40x3 mm de acero ASTM A36
- Se considera que la viga soporta dos cargas críticas: 180 kg de la persona y 240 kg correspondiente a los discos de pesa en los brazos de fuerza.

$$W_p = 180 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1764 \text{ N}$$

$$W_b = 240 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2352 \text{ N}$$

A continuación, se muestra la localización de las cargas:

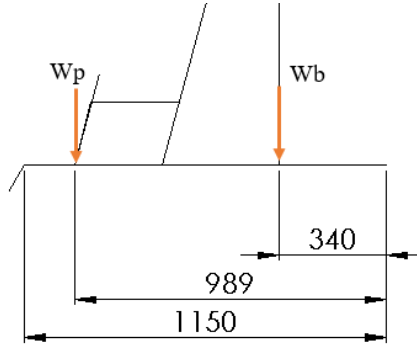


Figura 42. Localización de las cargas

Con las dos cargas de 1764 N y 2352 N se realiza los diagramas de fuerza cortante y momento flector.

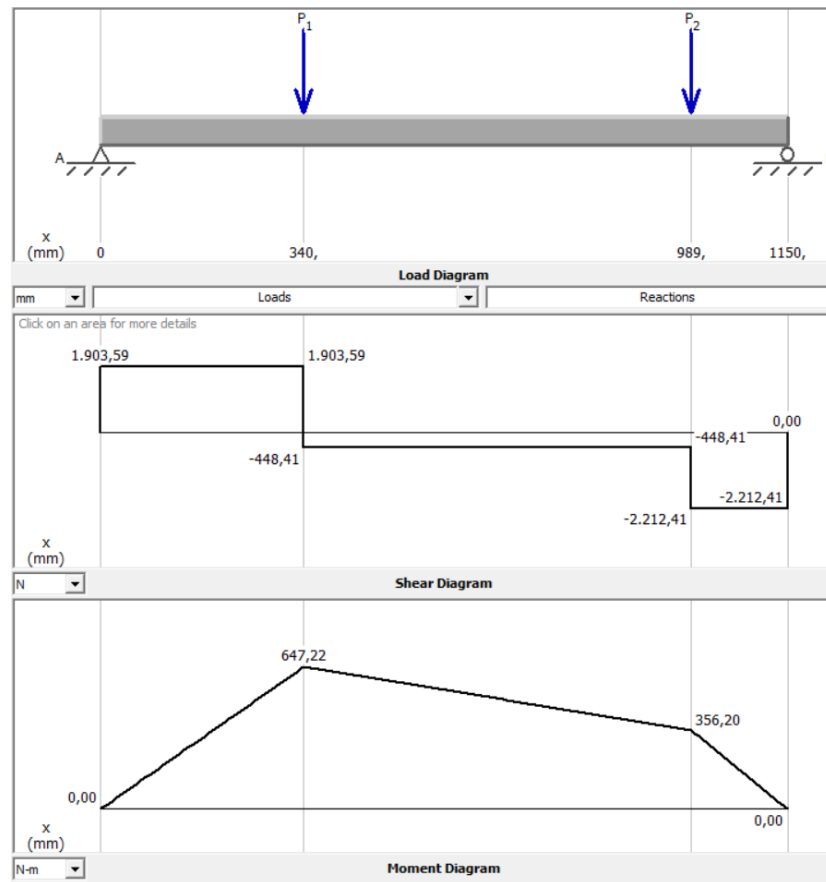


Figura 43. Diagramas de cortante y momento flector para la viga de 1150 mm

Se calcula el esfuerzo admisible a flexión, para el acero ASTM A36, utilizando las ecuaciones (7) y (9).

$$\sigma_{adm} = 0,66 Sy \text{ (Ec. 7)}$$

$$\sigma_{adm} = 0,66 (250 * 10^6)$$

$$\sigma_{adm} = 165 MPa$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \text{ (Ec. 10)}$$

$$\sigma = \frac{647,22 Nm * (0,02m)}{17,49 * 10^{-8} m^4}$$

$$\sigma = 74,01 MPa$$

Para hallar la y_{max} del perfil se usa la ecuación (4) del anexo 5

$$y_{max} = \frac{Fa(l-x)}{6EI} (x^2 + a^2 - 2lx) \text{ (Ec. 4)}$$

$$y_{max} = \frac{2352 N * (0,34m)(1,15m - 0,81m)}{6(200 * 10^9 Pa)(17,49 * 10^{-8} m^4)(1,15m)} (0,81^2 + 0,24^2 - 2(1,15)(0,81))$$

$$y_{max} = -0,0013 m$$

$$\frac{L}{360} \text{ (Ec. 9)}$$

$$\frac{L}{360} = \frac{1,15 m}{360}$$

$$\frac{L}{360} = 0,0032 m$$

A partir de los datos se obtiene:

- $\sigma < \sigma_{adm}$
- $y_{max} < \frac{L}{360}$

Por lo tanto, el perfil seleccionado para la viga rectangular cumple con los requerimientos.

- **Diseño del pasador del asiento**

- El pasador del asiento de la máquina está sometido a un esfuerzo cortante de 1764 N.
- Para el diseño se considera un factor de seguridad de 4.
- Material acero ASTM A36

$$\tau = \frac{\tau_{adm}}{n} \quad (Ec. 12)$$

$$\tau_{adm} = 0,577Sy \quad (Ec. 8)$$

$$\tau_{adm} = 0,557 * 250MPa$$

$$\tau_{adm} = 144,25Mpa$$

$$\tau = \frac{144,25 MPa}{4}$$

$$\tau = 36,06 MPa$$

El esfuerzo cortante máximo por flexión para una viga circular se considera según el Anexo 6

$$\tau = \frac{4V}{3A} \quad (Ec. 11)$$

$$\tau = \frac{4 \cdot 1764 N}{3 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}}$$

$$36.06 \cdot 10^6 Pa = \frac{7056 N}{2,3561 d^2}$$

$$d = 0.0091 m$$

El diámetro mínimo para el diseño del pasador debe ser de 9 mm

- **Diseño de los pernos de la máquina**

Para el diseño de los pernos, se considera la carga crítica de los discos de pesa de los brazos de fuerza junto con el peso del usuario.

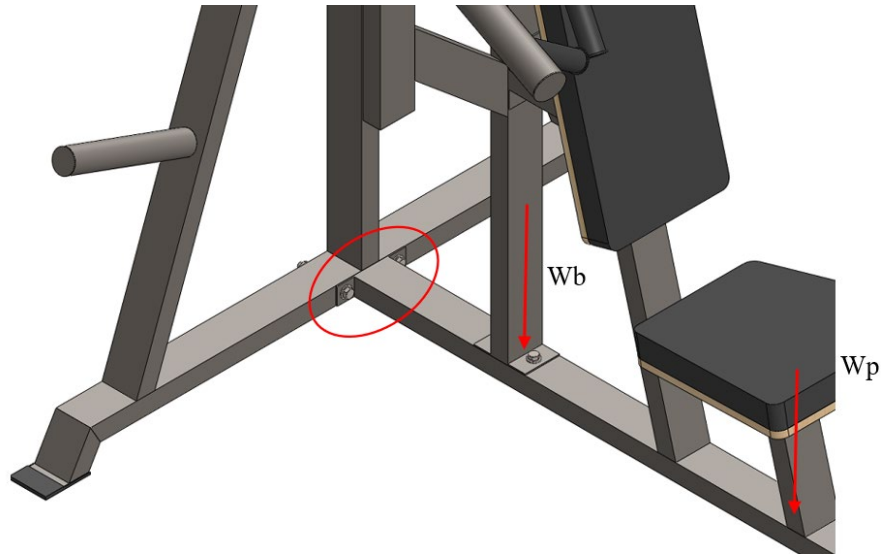


Figura 44. Localización de los pernos a analizar

Datos:

- $W_p = 1764 \text{ N}$
- $W_b = 2352 \text{ N}$
- Los pernos del asiento de la máquina están sometidos a un esfuerzo cortante de 4116 N.
- Para el diseño se considera un factor de seguridad de 4.
- Material acero ASTM A36

$$\tau = \frac{\tau_{adm}}{n}$$

$$\tau_{adm} = 0,577Sy$$

$$\tau_{adm} = 0,577 * 250MPa$$

$$\tau_{adm} = 144,25MPa$$

$$\tau = \frac{144,25 \text{ MPa}}{4}$$

$$\tau = 36,06 \text{ MPa}$$

- Esfuerzo cortante máximo

$$\tau = \frac{4V}{3A}$$

$$\tau = \frac{4 \cdot \frac{4116 N}{2}}{3 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}}$$

$$36.06 \cdot 10^6 Pa = \frac{8232 N}{2,3561 \cdot d^2}$$

$$d = 0.0098 m$$

El diámetro mínimo para el diseño del perno debe ser de 10 mm

3.1.2.3 Factor de seguridad

- Factor de seguridad del perfil rectangular (80x40x3)

$$n = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma} = \frac{165}{74,01}$$

$$n = 2,2$$

3.1.2.4 Resultado de análisis estructural

A continuación, se realizan las simulaciones de la estructura base en el software especializado utilizando el análisis por elementos finitos con cargas puntuales en puntos específicos (en los soportes de los brazos de fuerza y el asiento); además se considera que los soportes son fijos y el material es acero estructural ASTM A36.

- Análisis de convergencia

En la figura 45 se muestra el análisis de convergencia para el mallado de la estructura base considerando el número de elementos (malla) versus el esfuerzo de Von Mises.

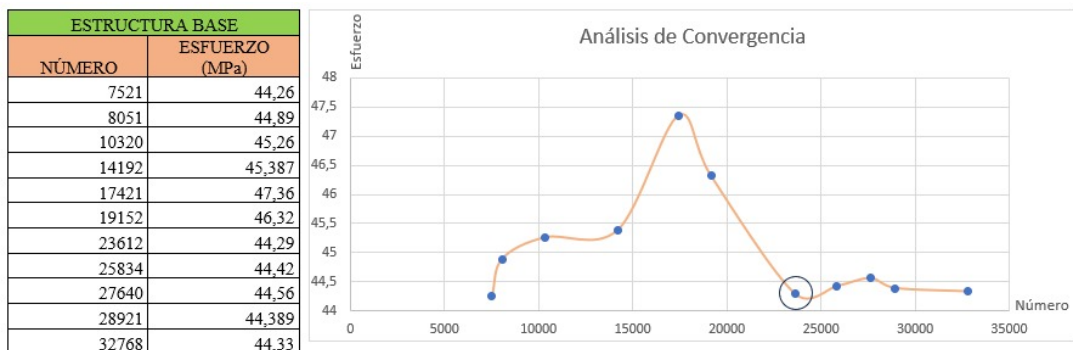


Figura 45. Análisis de convergencia de la estructura posterior

Con un número aproximado de 23000 elementos mallados el diagrama empieza a tener un comportamiento lineal; lo que significa que el esfuerzo empieza a tomar valores más exactos.

- **Resultados de simulación de la estructura base**

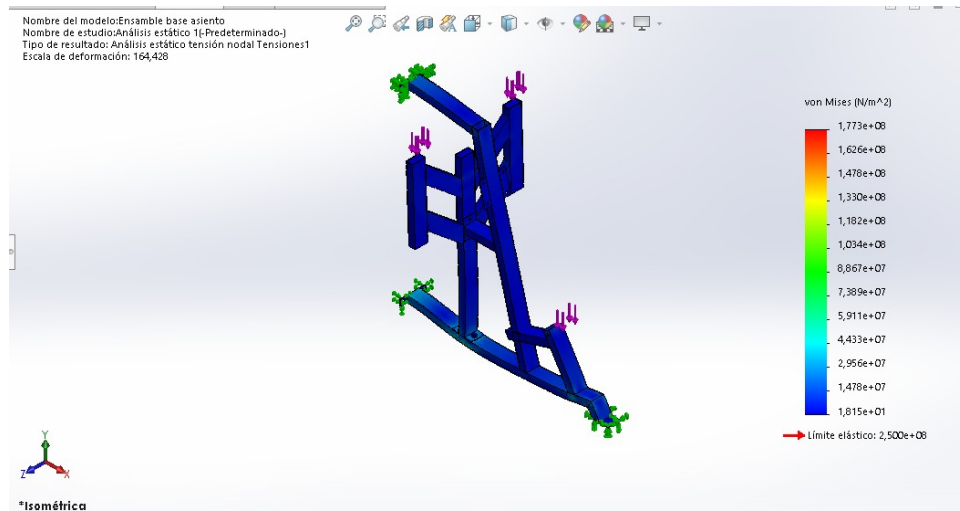


Figura 46. Tensiones en la estructura base

En la figura se muestra las tensiones que se generan en la estructura base de la máquina en donde se evidencia una concentración de esfuerzos en los perfiles que están empernados.

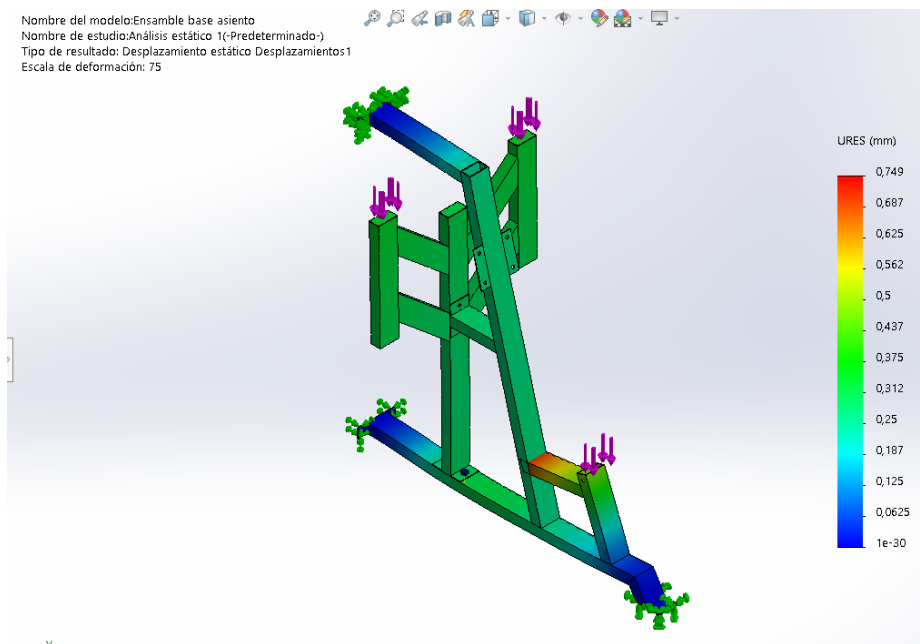


Figura 47. Desplazamientos de los perfiles de la estructura base

La estructura base presenta como resultado desplazamientos equivalentes a 0,3 mm en los perfiles de soporte de las cargas de los discos de pesa y un desplazamientos de 0,6 mm en el perfil de respaldo del asiento del usuario.

- **Análisis de convergencia**

En la figura 48 se muestra el análisis de convergencia para los pernos críticos

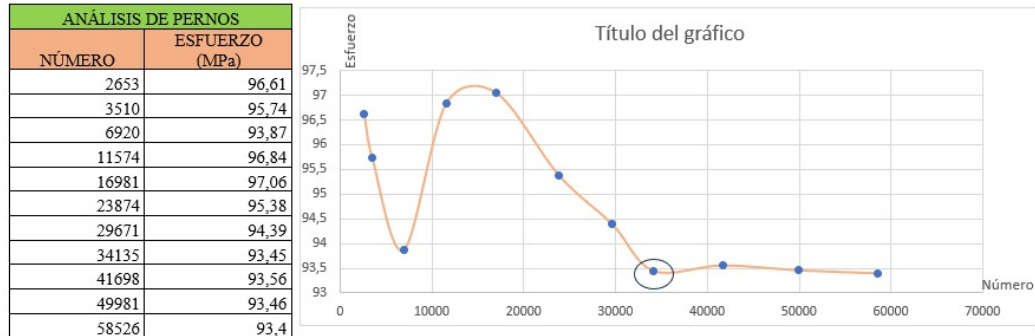


Figura 48. Análisis de convergencia para los pernos

El diagrama tiene un comportamiento lineal a partir de los 34000 elementos mallados, con valores de esfuerzos más exactos.

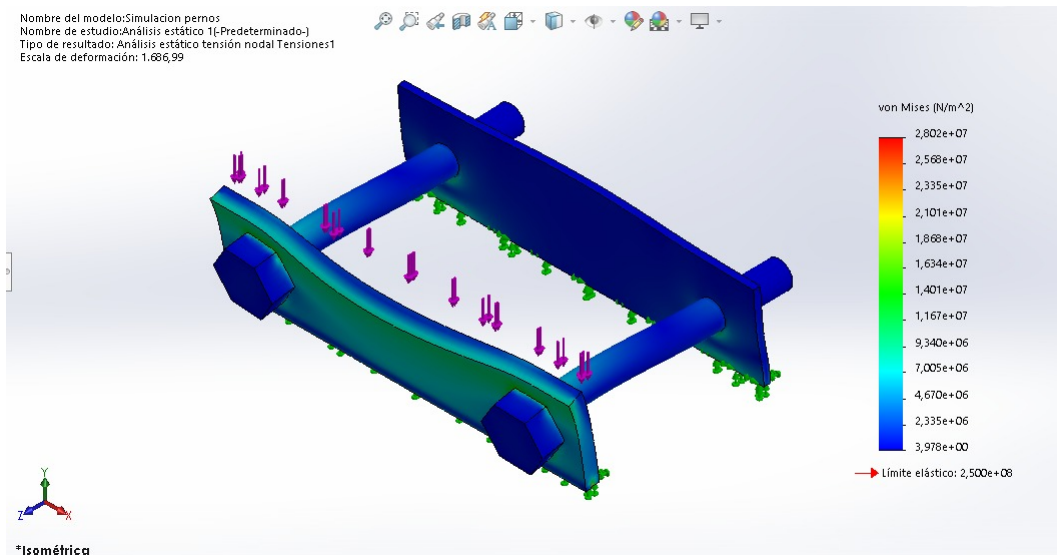


Figura 49. Tensiones generadas en los pernos críticos

Los pernos que se consideran para el análisis son los que unen a la estructura base con la estructura posterior en la parte inferior de la máquina.

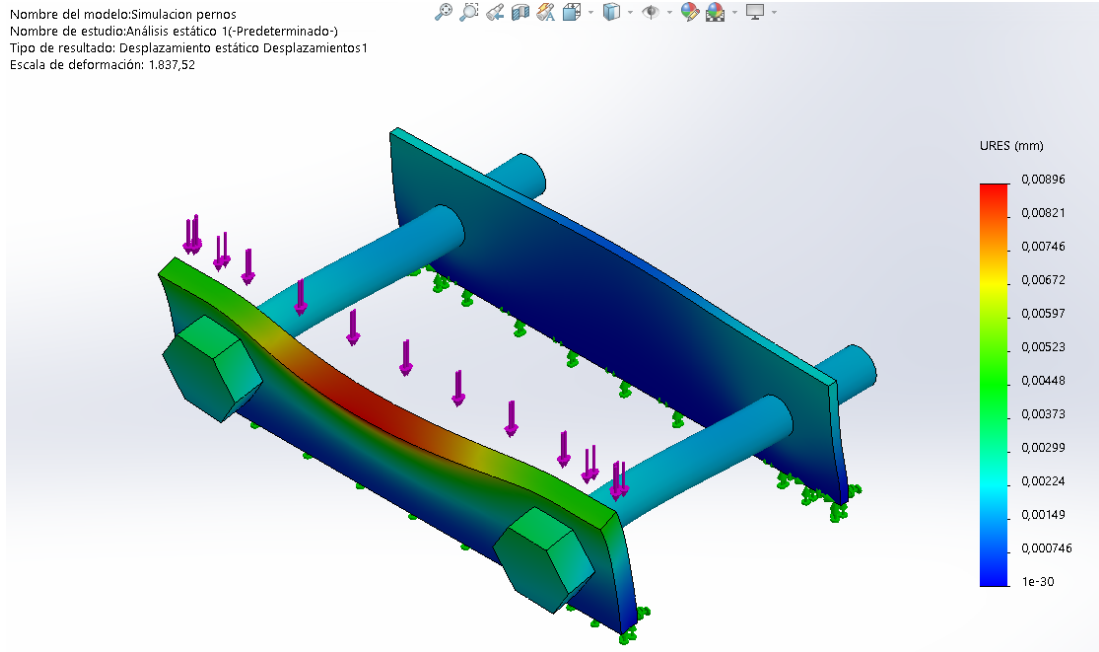


Figura 50. Desplazamientos generados en la zona emperrada

En la figura se evidencia el desplazamiento que poseen las zonas que se encuentran alrededor de los pernos producidos por las cargas de los discos de pesa de los brazos de fuerza y el peso del usuario.

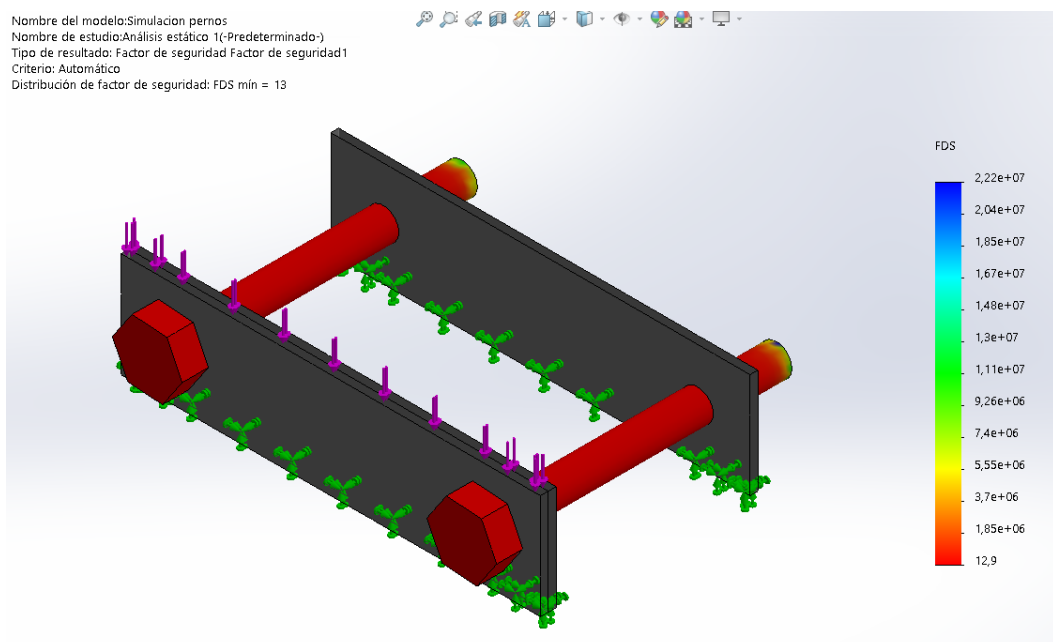


Figura 51. Factor de seguridad de los pernos

En la figura se muestra el factor de seguridad de los pernos, en donde se tiene como resultado equivalente a 12.9; valor que se justifica por la carga que soporta y por el tipo de máquina robusta que se presenta.

3.1.3 Brazos de fuerza

3.1.3.1 Diagrama de cuerpo libre y reacciones de los brazos de fuerza

Se consideran los siguientes datos:

Datos:

$G = \text{Reacción}$

$$W_b = 100 \text{ kg} * 9,8\text{m/s}^2 = 980 \text{ N}$$

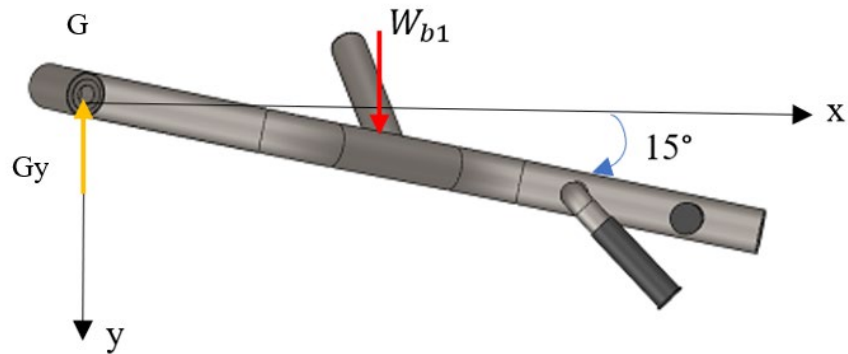


Figura 52. Diagrama de cuerpo libre del brazo de fuerza

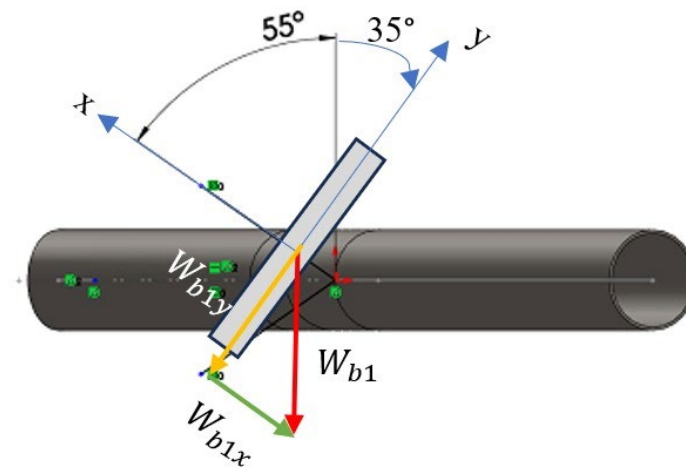


Figura 53. Descomposición de la carga de los brazos en vectores

$$W_{b1x} = 980 \text{ N} * \text{sen}(35) = 562,104 \text{ N}$$

$$W_{b1y} = 980 \text{ N} * \text{cos}(35) = 802,77 \text{ N}$$

SUMATORIA DE FUERZAS

$$\uparrow + \sum F_y = 0 \text{ (Ec. 1)}$$

$$G_y - W_{b1y} = 0$$

$$G_y = 802,77 \text{ N}$$

3.1.3.2 Diseño de los brazos de la fuerza

- Se considera un tubo circular ASTM A36 de 2”.
- Se considera que el tubo considera una carga crítica de 100 kg correspondiente a los discos de pesa en cada brazo.

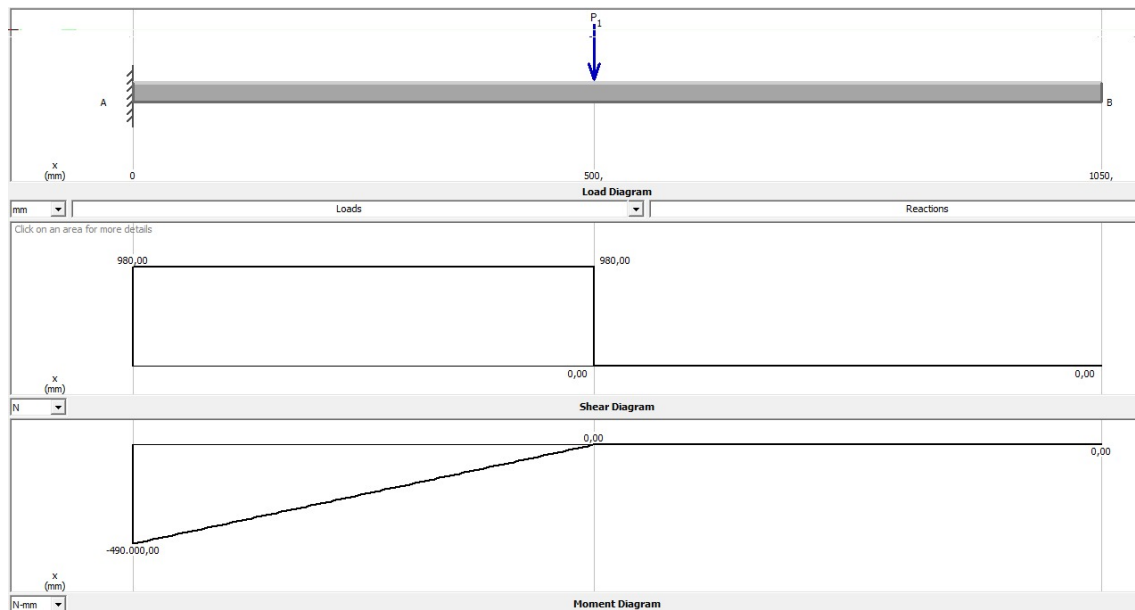


Figura 54. Diagrama de cortante y momento flector del brazo de fuerza

Se calcula el esfuerzo admisible a flexión, para el acero ASTM A36, utilizando las ecuaciones (7) y (9).

$$\sigma_{adm} = 0,66 S_y \text{ (Ec. 7)}$$

$$\sigma_{adm} = 0,66 (250 * 10^6)$$

$$\sigma_{adm} = 165 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad (Ec. 10)$$

$$\sigma = \frac{490 \text{ Nm} * (0,025\text{m})}{8,701 * 10^{-8}\text{m}^4}$$

$$\sigma = 140,78 \text{ MPa}$$

Para hallar la y_{max} del perfil se usa la ecuación (2) del anexo 5

$$y_{max} = \frac{Fx^2}{6EI} (x - 3a) \quad (Ec. 2)$$

$$y_{max} = \frac{980\text{N}(0,050)^2}{6(200 * 10^9 \text{ Pa})(8,70096 * 10^{-8}\text{m}^4)} (0,050 - 3(0,055)) \quad (Ec. 2)$$

$$y_{max} = -0,002694 * 10^{-3}\text{m}$$

$$\frac{L}{360} \quad (Ec. 9)$$

$$\frac{L}{360} = \frac{1,05 \text{ m}}{360}$$

$$\frac{L}{360} = 0,003 \text{ m}$$

A partir de los datos se obtiene:

- $\sigma < \sigma_{adm}$
- $y_{max} < \frac{L}{360}$

Por lo tanto, el perfil seleccionado para el tubo circular cumple con los requerimientos.

3.1.3.3 Factor de seguridad

- **Factor de seguridad del tubo de 65 mm**

$$n = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma} = \frac{165}{140,78}$$

$$n = 1,18$$

3.1.3.4 Resultado de análisis estructural

A continuación, se realizan las simulaciones de los brazos de fuerza en el software especializado utilizando el análisis por elementos finitos con cargas distribuidas en los tubos de soporte de los discos de pesa; además se considera que los soportes son fijos y el material es acero estructural ASTM A36.

- **Análisis de convergencia**

En la figura 55 se muestra el análisis de convergencia para el mallado de los brazos de fuerza.

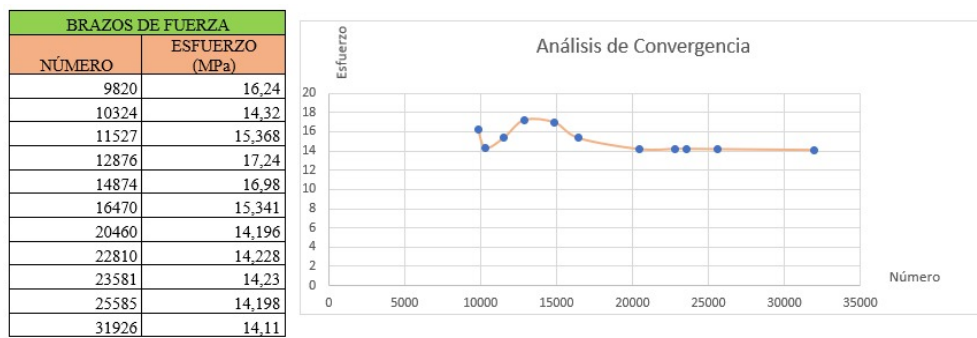


Figura 55. Análisis de convergencia para los brazos de fuerza

Aproximadamente a 22000 elementos mallados el diagrama posee un comportamiento lineal con valores de esfuerzos más exactos.

- **Resultados de simulación de los brazos de fuerza**

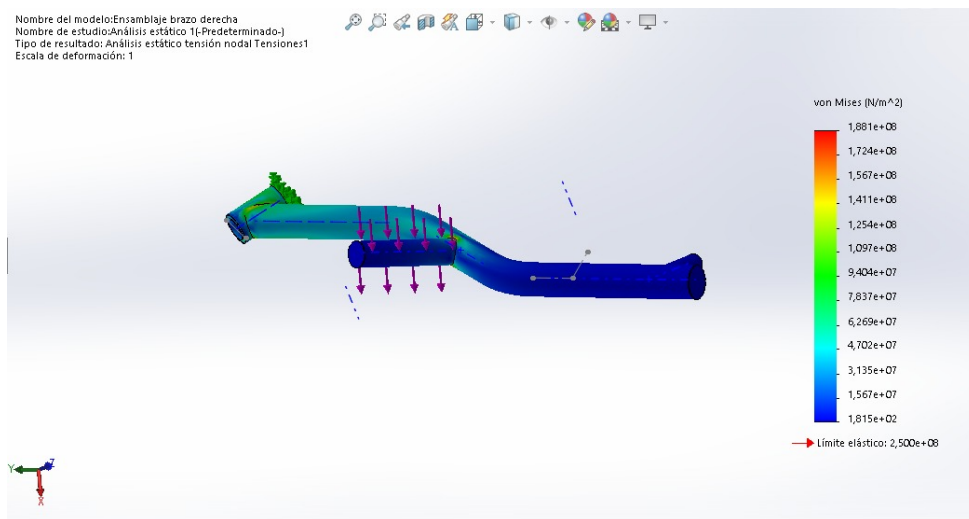


Figura 56. Esfuerzo de Von Mises en el brazo de fuerza

En la figura se muestra una mayor concentración de esfuerzos en la zona que conecta al mecanismo de funcionamiento de la máquina.

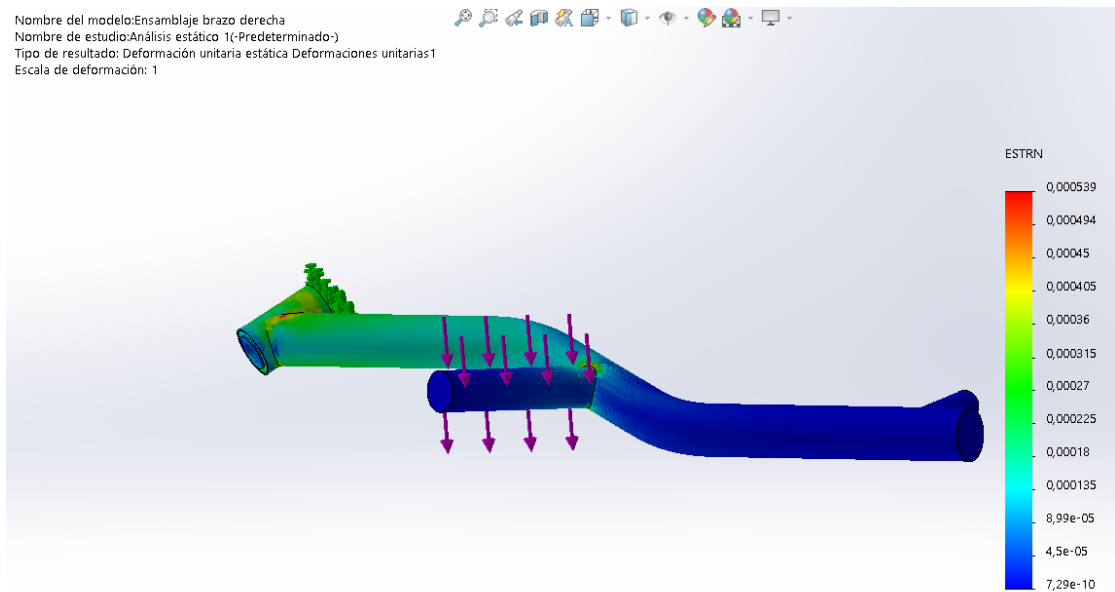


Figura 57. Deformaciones en el brazo de fuerza

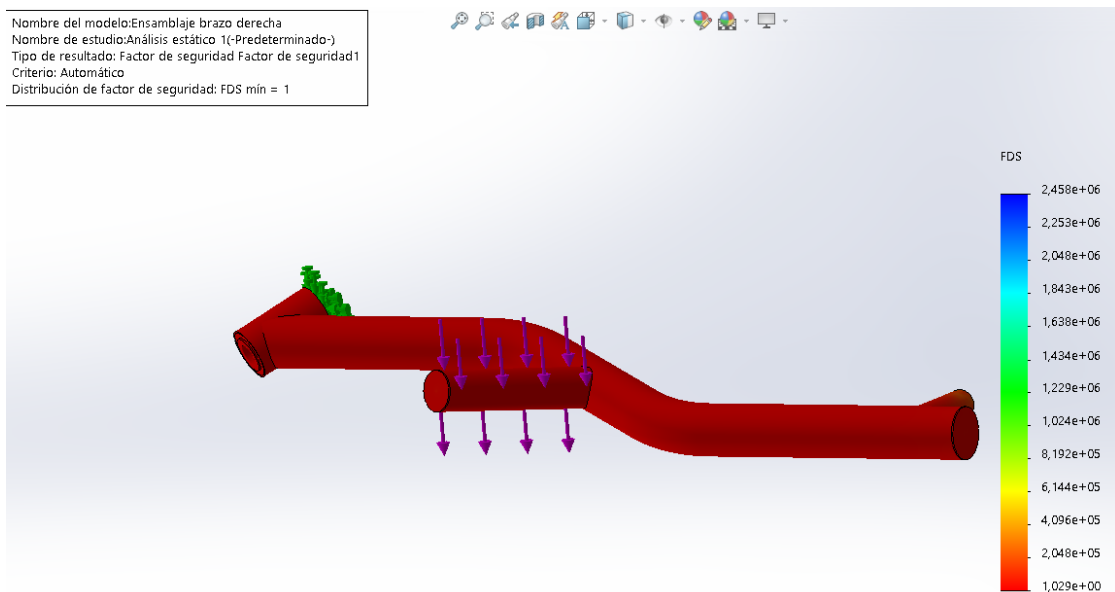


Figura 58. Factor de seguridad del brazo de fuerza.

3.2 Prueba de vuelco

En la siguiente simulación se realiza la prueba de vuelco de la estructura completa de la máquina colocando cargas distribuidas a un solo lado equivalentes a 150 kg respectivamente.

- **Análisis de convergencia**

En la figura 59 se muestra el análisis de convergencia para el mallado de la estructura completa para prueba de vuelco.

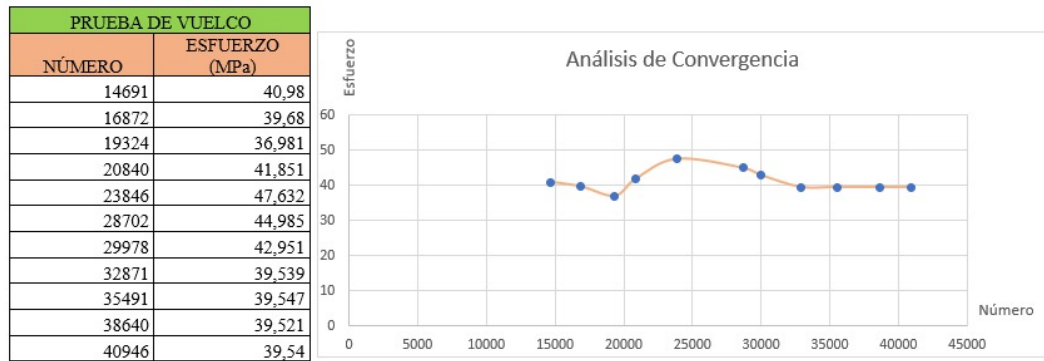


Figura 59. Análisis de convergencia para la estructura completa

3.2.1 Tensiones de Von Mises

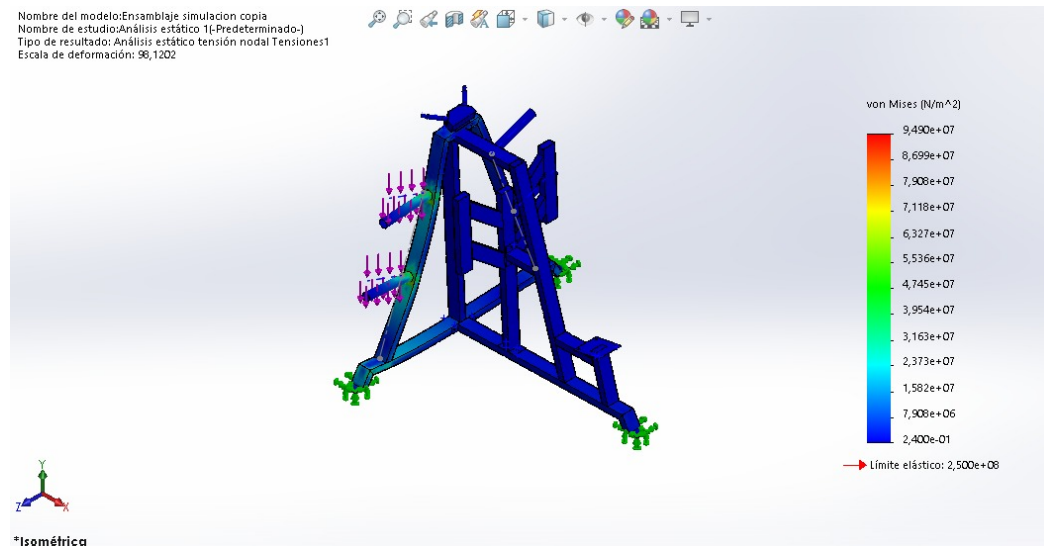


Figura 60. Tensiones de Von Mises para prueba de vuelco

Se evidencia concentraciones de esfuerzos en las juntas soldadas al soportar la carga de 2940 N que se distribuyen en los soportes de los discos de pesas (150 kg en cada soporte de pesas).

3.2.2 Deformaciones unitarias

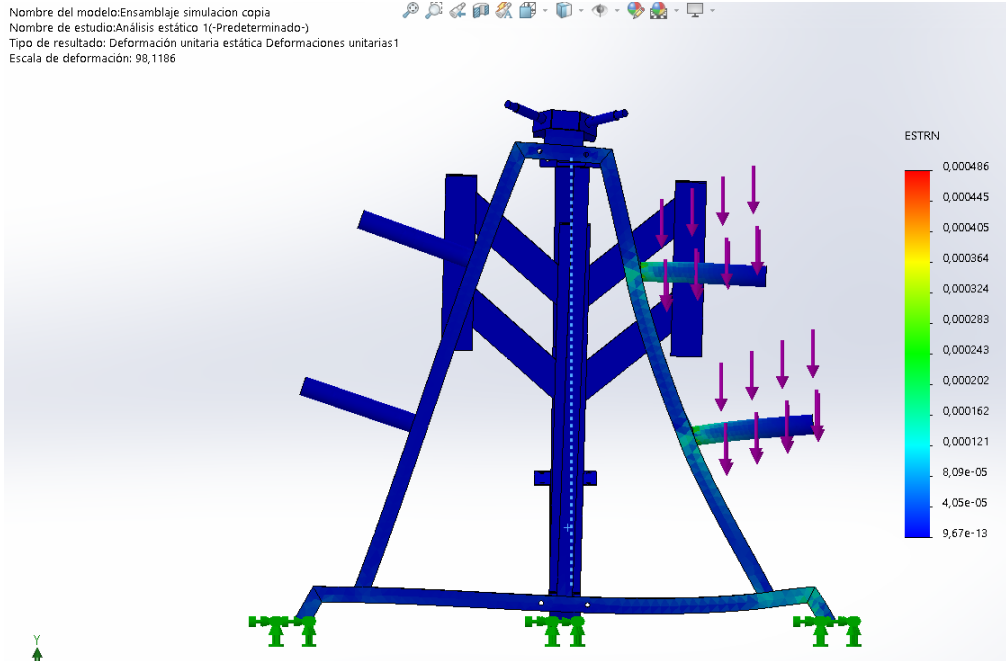


Figura 61. Deformaciones unitarias para prueba de vuelco

3.2.3 Factor de seguridad

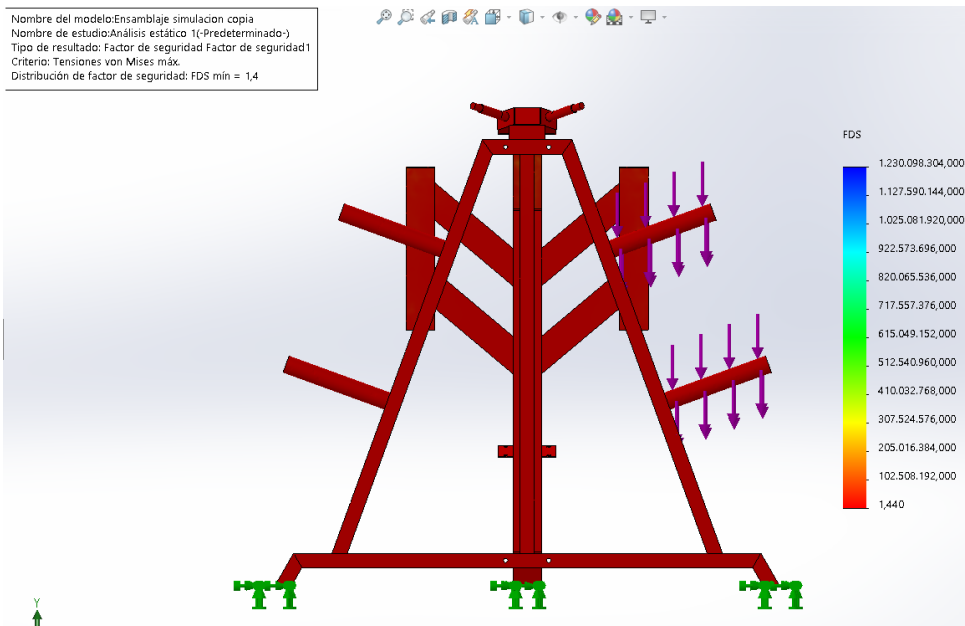


Figura 62. Factor de seguridad de la estructura ante la prueba de vuelco

3.2.4 Prueba de vuelco real

La figura 63 ilustra la prueba de vuelco en condiciones reales, en la que se aplican cargas distribuidas en un solo lado de la estructura, sumando un total de 300 kg. El propósito de esta prueba es comparar los resultados con los obtenidos en la simulación previa. Es importante destacar que, al cargar la máquina de un solo lado, se garantiza que no se voltee.



Figura 63. Prueba de vuelco real

3.3 Materiales

En la máquina se requiere herramientas, materiales, equipos de protección personal e insumos, por lo cual en la tabla 14 se muestran los recursos necesarios y en el anexo 2 se detallan las especificaciones de los tubos.

Tabla 14. Materiales e insumos para la construcción de la máquina.

Materiales e insumos para la construcción	
Materia prima	Tubo rectangular acero ASTM A36 (80x40x3 mm), tubo circular acero ASTM A36 ($2\frac{1}{2}$ pulg x 2 mm), tubo circular acero ASTM A36 (2 pulg x 2 mm), tubo circular acero ASTM A36 (35 x 2 mm),
Elementos normalizados	Pernos, tuercas, arandelas
Insumos	Discos de corte, electrodos, brocas, pintura anticorrosiva
Herramientas	Sierra manual, escuadra, martillo
Equipos	Taladro, torno, tronzadora, cizalla, soldadora SMAW, compresor,
Instrumentos de medición	Flexómetro, calibrador pie de rey
Equipo de protección	Casco de soldar, mandil, casco, gafas

3.3.1 Acero ASTM A36

Se emplea este material debido a su amplio uso en la industria, ya que se destaca por su combinación de fuerza y maleabilidad, cualidades que lo hacen apropiado para una variedad de aplicaciones en la construcción de estructuras metálicas y maquinaria diversa. Además, sus propiedades mecánicas son sumamente favorables, incluyendo una resistencia a la tracción que oscila entre 400-550 MPa y una resistencia al rendimiento de alrededor de 250 MPa (propiedades en el anexo 3) [10].

3.3.2 Madera Triplex

Este material es seleccionado debido a que consiste en un tablero compuesto por múltiples láminas delgadas de madera, conocidas como chapas o láminas, que son estratificadas y adheridas en conjunto. Estas capas se organizan de manera alternada, con sus vetas dispuestas perpendicularmente entre sí, lo que conlleva a una mejora significativa en la resistencia y estabilidad del material [11].

3.3.3 Caucho vulcanizado

Se selecciona este tipo de caucho al tener una gran variedad de aplicaciones en máquinas de gimnasio puesto que son muy resistentes para soportar el impacto y abrasión causados por el uso repetido de las máquinas y el equipo de gimnasio [12].

3.4 Equipos y herramientas para la construcción

Para realizar la construcción se requiere de las siguientes herramientas y equipos:

3.4.1 Herramientas de corte

Las herramientas de corte seleccionadas para tener una mayor precisión y tener un mejor acabado superficial son:

- Cizalla
- Amoladora
- Tronzadora

3.4.2 Equipos de soldadura

Para la soldadura de los componentes de la máquina se considera al proceso SMAW por la facilidad de uso del equipo y la efectividad del proceso.

3.5 Presupuesto

A continuación, se muestran tablas en donde se detalla los costos directos e indirectos del proyecto.

3.5.1 Costos directos

En las tablas 15, 16 y 17 se detallan los costos directos en la construcción de la máquina

Tabla 15. Costos de materiales

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Tubo rectangular acero ASTM A36 80 x 40 x 3 mm	2	\$38,30	\$76,60
Tubo circular acero ASTM A 36 de 2 $\frac{1}{2}$ pulg	1/2	\$10	\$10
Tubo circular acero ASTM A36 de 2 pulg	1/3	\$8	\$8
Tubo circular ASTM A36 de 1 $\frac{1}{4}$ pulg	1/4	\$8	\$8
Platina de 3 pulg	1/6	\$6,50	\$6,50
Platina de 1 $\frac{1}{2}$ pulg	1/6	\$4,50	\$4,50
Agarraderas	4	\$2,50	\$10
Cauchos protectores	6	\$6	\$36
Esponja	2	\$10	\$20
Cuerina	1	\$10	\$10
Eje de ½ pulg	1	\$3,50	\$3,50
Eje de 2 pulg	1	\$7,5	\$7,5
Nylon	2	\$9	\$18
Madera	2	\$5	\$10
Total		\$228,60	

Tabla 16. Costo de materiales normalizados

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Pernos de ½ pulg	16	\$0,48	\$7,68
Tuercas de ½ pulg	18	\$0,12	\$2,16
Arandelas de ½ pulg	32	\$0,10	\$3,20
Tuercas de ¾ pulg	2	\$0,75	\$1,50
Arandelas de ¾ pulg	4	\$0,14	\$0,56
Electrodos E6011	6 kg	\$6	\$36
Electrodos E7018	4 kg	\$7	\$28
Total		\$77,40	

Tabla 17. Costos directos totales

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Mano de obra	2	\$75	\$150
Soldadura	1	\$80	\$80
Mecanizado de elementos	1	\$100	\$100
Materiales	1	\$228,60	\$228,60
Materiales normalizados	1	\$77,40	\$77,40
Insumos	1	\$45	\$45
Total			\$681

3.5.2 Costos indirectos

En la tabla 18 se muestran los costos indirectos para llevar a cabo el presente proyecto

Tabla 18. Costos indirectos totales

Descripción	Cantidad	Precio total
Transporte	1	\$30
Impresiones	1	\$10
Internet	1	\$20
Suministros	1	\$5
Imprevistos	1	\$15
Total		\$80

3.5.3 Costos totales

El costo total se obtiene sumando los costos directos e indirectos dando como resultado:

$$\text{Costo Total} = \$681 + \$80 = \$761$$





3.6 Proceso de fabricación de la máquina

En la tabla 19 se detalla el proceso de construcción de la máquina.

Tabla 19. Proceso de construcción de la máquina

Máquina para desarrollar la musculatura del hombro	
Elemento	Imagen
Proceso de corte de los tubos rectangulares	
Corte de los tubos rectangulares para construcción de las estructuras	
Puntada de la estructura del soporte de los brazos de fuerza	

Proceso de construcción de la máquina

<p>Puntada de la estructura posterior</p>	
<p>Corte de los tubos de 2" para la estructura posterior</p>	
<p>Puntada de los tubos a la estructura posterior</p>	
<p>Ensamble de la estructura del mecanismo a la estructura posterior</p>	

Proceso de construcción de la máquina

Puntada de la estructura
base del asiento



Proceso de perforación de
las placas para los pernos



Puntada de las placas a los
tubos de las estructuras de
ensamble



Proceso de construcción de la máquina

Proceso de doblado para los brazos de fuerza y agarraderas



Doblado de tubos de los brazos de fuerza



Doblado de agarraderas



Proceso de construcción de la máquina

Proceso de torneado de bocines



Mecanismo de los brazos de fuerza



Soldadura de estructura de la máquina



Proceso de construcción de la máquina	
Proceso de pulido de la estructura	
Proceso de pintado de la máquina	
Tapizada de asiento	
Terminado de la máquina	

3.7 Comparación entre el diseño en software y el diseño real

En la figura 64 y 65 se muestra una comparación entre el diseño realizado en el software y la máquina construida.

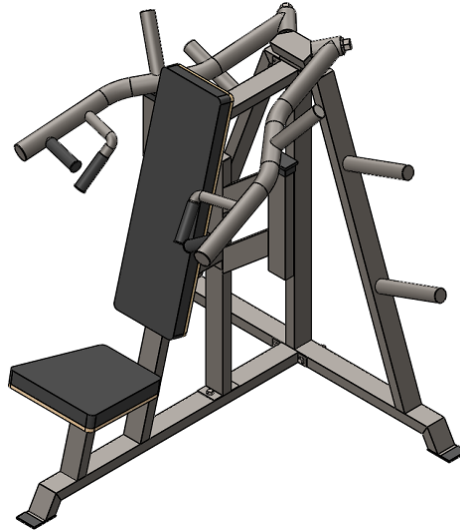


Figura 64. Diseño de la máquina en software



Figura 65. Diseño de la máquina en la vida real.

3.8 Manual de uso y mantenimiento

A continuación, se presenta un plan de mantenimiento basado en fichas técnicas, planos e instrucciones de cuidado y funcionamiento de la máquina.

3.8.1 Ficha técnica de la máquina

La Tabla 20 proporciona una descripción de las especificaciones generales de la máquina.

Tabla 20. Ficha técnica de la máquina

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
FICHA DE:	MÁQUINA	X	EQUIPO		SISTEMA	
			GIMNASIO UNIVERSIDAD			
						
			Máquina para desarrollar la musculatura del hombro			
CARACTERÍSTICAS GENERALES						
MATERIAL	Acero estructural	TIPOS DE AGARRE	Prono, supino, neutro			
MECANISMO	Pivotante individual	CAPACIDAD MÁXIMA	500 kg			
PROCEDENCIA	Ecuador	UNIÓN	Soldadura – pernos			
DIMENSIONES	1350 mm de largo x 1510 mm de ancho x 1400 mm de alto	REGULACIÓN DE LA SILLA	Pin de seguridad			
PESO	85 kg	LUBRICACIÓN	Aceite para máquinas			
COMPONENTES						
Tubo rectangular 80 x 40 x 3 mm			Soporte de brazos de fuerza			
Tubo circular de 2 pulg			Soporte de discos de pesa			
Tubo circular 2½ pulg			Estructura base			
Pin de regulación			Recubrimientos			
Brazos de fuerza			Agarraderas			
FUNCIÓN PRINCIPAL						
Permitir a las personas a realizar ejercicios físicos específicos con el objetivo de mejorar la salud y la condición física.						

3.8.2 Información general

Descripción

La máquina consta de cuatro partes principales: la estructura base, soporte de brazos de fuerza, soporte de discos de pesa y los brazos de fuerza.

- Estructura base: es la parte frontal de la máquina en donde se sitúa el asiento regulable para el usuario.
- Soporte de brazos de fuerza: es la estructura encargada de soportar los brazos de fuerza y sirve de punto inicial para el desarrollo de los ejercicios.
- Soporte de discos de pesa: se encuentra ubicada en la parte posterior de la máquina y es la encargada de dar estabilidad; sirve como soporte para los discos de pesas.
- Brazos de fuerza: es la parte principal de la máquina encargada de desarrollar la musculatura del hombro mediante su funcionamiento de mecanismo pivotante individual.

3.8.3 Lista de repuestos

A continuación, se muestra la lista de repuestos de elementos que se desgastan a mayor frecuencia.

- Pernos de $\frac{1}{2}$ pulg x 4 pulg.
- Pernos de $\frac{1}{2}$ pulg x 2 pulg.
- Tuercas de $\frac{1}{2}$ pulg.
- Tuercas de $\frac{3}{4}$ pulg.
- Arandelas de $\frac{1}{2}$ pulg.
- Arandelas de $\frac{3}{4}$ pulg.
- Recubrimiento de las agarraderas.
- Bocines de nylon.

3.8.4 Planos de montaje

En las siguientes ilustraciones se muestra el proceso de ensamble de la máquina siguiendo la numeración de los círculos amarillos

1



Ensamble de la estructura base a la estructura posterior



2



Ensamble de soporte de brazos a la estructura

3



Ensamble de brazos de fuerza a la estructura posterior con sus respectivas tuercas y arandelas

4



Ensamble del asiento y espaldar a la estructura



5



Ajuste de tuercas del ensamblaje final



3.8.5 Instrucciones de funcionamiento

En los siguientes incisos se detalla las instrucciones que debe seguir el usuario para utilizar la máquina:

- 1) Regular el asiento mediante el pin.
- 2) Tomar los discos de pesa de la parte posterior de la máquina.
- 3) Colocar los discos en los tubos de los brazos de fuerza acorde la necesidad.
- 4) Tomar asiento en una posición erguida formando un ligero arco en la espalda con respecto al espaldar de la máquina.
- 5) Sujetar las agarraderas con la recomendación de agarre del instructor de gimnasio (prono, supino o neutro).
- 6) Realizar el levantamiento de los brazos de fuerza.
- 7) Completar las repeticiones y series que establezca el instructor de gimnasio

- 8) Una vez terminado las repeticiones y series, colocar los discos de pesa en el lugar correspondiente (soporte de discos de pesa).

3.8.6 Normas de seguridad

Es necesario seguir las siguientes instrucciones por seguridad del usuario:

- Recibir orientación por parte del instructor de gimnasio asegurándose de comprender el funcionamiento de la máquina, incluyendo la regulación, pesos recomendados a levantar y las posiciones correctas.
- Ajustar la máquina según la necesidad y capacidad de cada usuario, junto con el asiento y agarraderas para asegurar una postura correcta y cómoda durante el ejercicio.
- Evitar forzar los movimientos o utilizar un peso excesivo, puesto que esto puede provocar lesiones.
- Utilizar equipos de protección tales como: cinturones de levantamiento, muñequeras o guantes.
- Realizar los ejercicios bajo la supervisión del instructor de gimnasio especialmente si el usuario es nuevo o utiliza la máquina por primera vez.
- Limpiar la máquina antes y después de usarla, especialmente si hay sudor o bacterias presentes.

3.8.7 Instrucciones de mantenimiento

Para alargar la vida útil de la máquina es necesario seguir las siguientes instrucciones:

- Limpiar la máquina regularmente evitando utilizar químicos agresivos que puedan dañar los materiales.
- Realizar inspecciones visuales periódicas para verificar si hay desgaste o daños en las partes móviles, agarraderas, almohadillas.
- Aplicar lubricante (aceite de máquina) en los puntos de pivote para mantener suavidad de los movimientos.
- Verificar regularmente si los ajustes y pernos están firmes y en su respectivo lugar.
- Examinar las almohadillas y tapicería en busca de desgarros, rasgaduras o cualquier tipo de deterioro.

3.9 Pruebas de funcionamiento de la máquina y recomendaciones

En las Figuras 60 y 61 se presentan fotografías que ilustran el rendimiento operativo de la máquina en cuestión, con la participación de usuarios de diversas alturas como un grupo de interés. El propósito de estas pruebas radica en la evaluación y validación de la eficacia de la función de ajuste del asiento (figura 62), con el fin de abordar y satisfacer las variadas demandas ergonómicas y anatómicas de los usuarios.

Se consideraron extremos de estaturas, mismos que se detallan a continuación:

- Persona 1: 1510 mm
- Persona 2: 1800 mm



Figura 66. Prueba de la máquina con persona 1



Figura 67. Prueba de la máquina con persona 2



Figura 68. Ajuste de asiento

Después de completar su rutina de ejercicios en la máquina, los usuarios han expresado recomendaciones para mejorar la experiencia. En particular, sugieren que se aumente la rigidez de la esponja en el asiento y el respaldo con el fin de proporcionar una mayor estabilidad. Además, sugieren que se facilite la colocación del pin de seguridad del asiento. Otra sugerencia planteada es la incorporación de recubrimientos en los tubos de agarre para evitar cualquier posibilidad de daño en las palmas de las manos.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La investigación proporcionó una comprensión más profunda de la anatomía del hombro y su relación con el uso de diversas máquinas de gimnasio en el desarrollo muscular de esta región. Los hallazgos en patentes indicaron que las máquinas de gimnasio pueden ser herramientas efectivas para el desarrollo muscular del hombro, ya que permiten un enfoque más específico en los grupos musculares objetivo y proporcionan un control preciso de la carga y el movimiento.
- La selección de los elementos pertinentes extraídos de patentes relacionadas con máquinas de gimnasio posibilitó la creación de un diseño de máquina enfocada en el desarrollo muscular del hombro. Este proceso de diseño se llevó a cabo con la asistencia de software especializado, con el objetivo explícito de atender las necesidades ergonómicas de los usuarios que frecuentan el gimnasio de la Universidad Técnica de Ambato
- Se desarrolló un prototipo de una máquina orientada al fortalecimiento de los músculos del hombro, haciendo énfasis en la aplicación de principios ergonómicos y una selección cuidadosa de materiales con el fin de asegurar que tanto el movimiento como la resistencia proporcionados por la máquina sean idóneos y seguros para los usuarios. Además, se consideró minuciosamente la capacidad de adaptación de la máquina, de modo que pueda satisfacer las diversas necesidades y niveles de condición física.
- Se llevó a cabo pruebas de estabilidad y pruebas de funcionamiento en la máquina con el propósito de entregar un prototipo que funcione de manera óptima y cumpla con las necesidades de los usuarios. Además, se buscó obtener retroalimentación en forma de sugerencias y recomendaciones que puedan orientar mejoras para futuros diseños de máquinas similares.

4.2. Recomendaciones

- Se sugiere la elección de un proveedor fijo que maneje costos no elevados para la adquisición del material, el cual ayudará a reducir considerablemente los costos, además de que se optimizará tiempo y recursos relacionados a la búsqueda de estos.
- Se recomienda realizar una investigación con otro tipo de soldadura en la construcción; para mejorar el acabado superficial, realizar menos retrabajos y reducir los consumibles, permitiéndonos ser más eficientes en cuanto a velocidad de soldadura, tiempo de fabricación y material utilizado, además de mejorar la calidad del producto.
- Se recomienda realizar una mejora del mecanismo de ajuste del asiento regulable, intercambiando el sistema de pin de seguro a uno de cremallera, con el fin de que este sea más amigable hacia el usuario e incluso más sencillo para su uso.
- Se recomienda dar un mantenimiento preventivo a las partes consumibles de la máquina para alargar su vida útil, con el fin de evitar cambios periódicos de las mismas.
- Es importante brindar las instrucciones sobre el correcto manejo de la máquina, ya sea a manera de charlas periódicas con el instructor del gimnasio o de manera visual con ilustraciones.

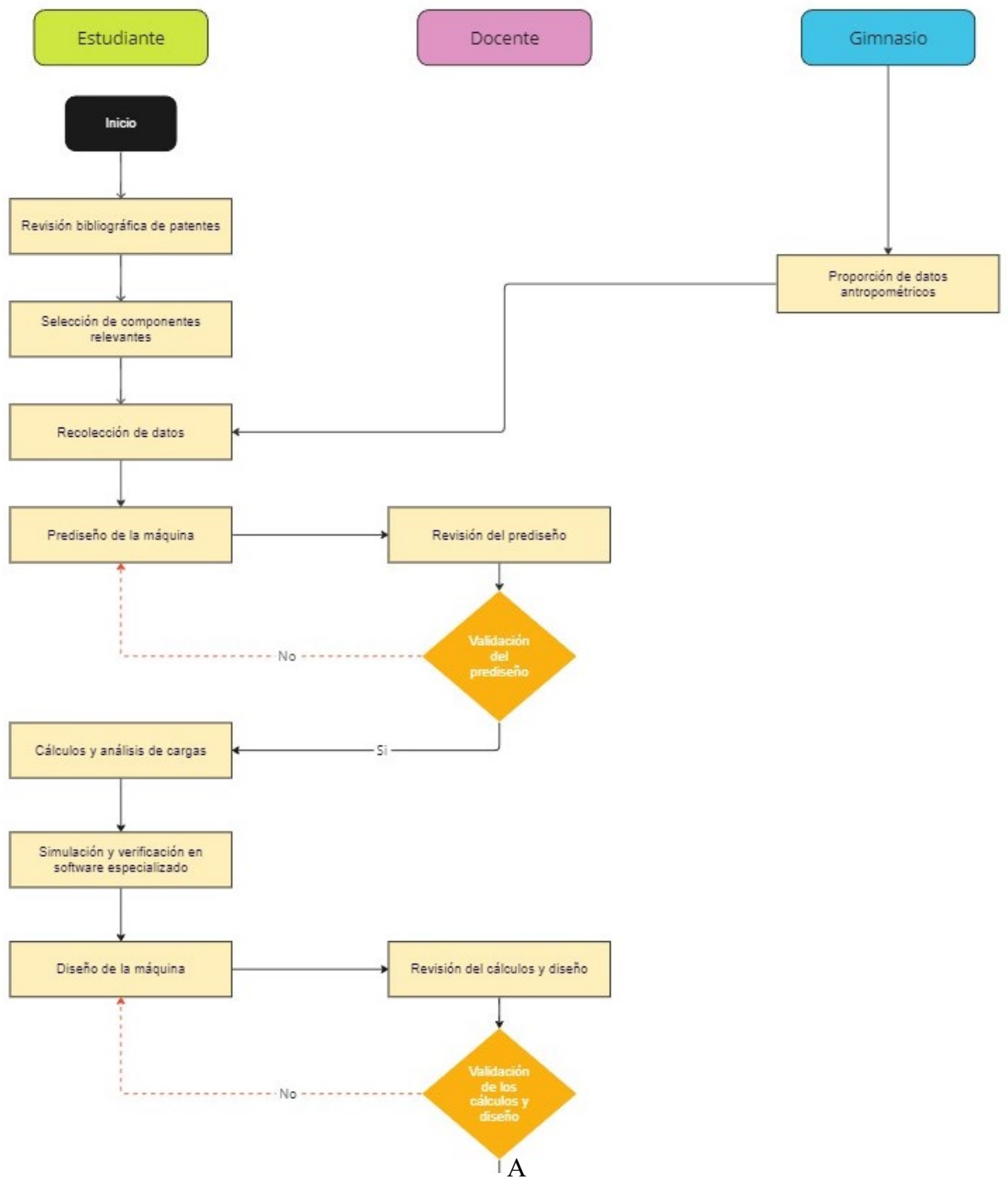
BIBLIOGRAFÍA

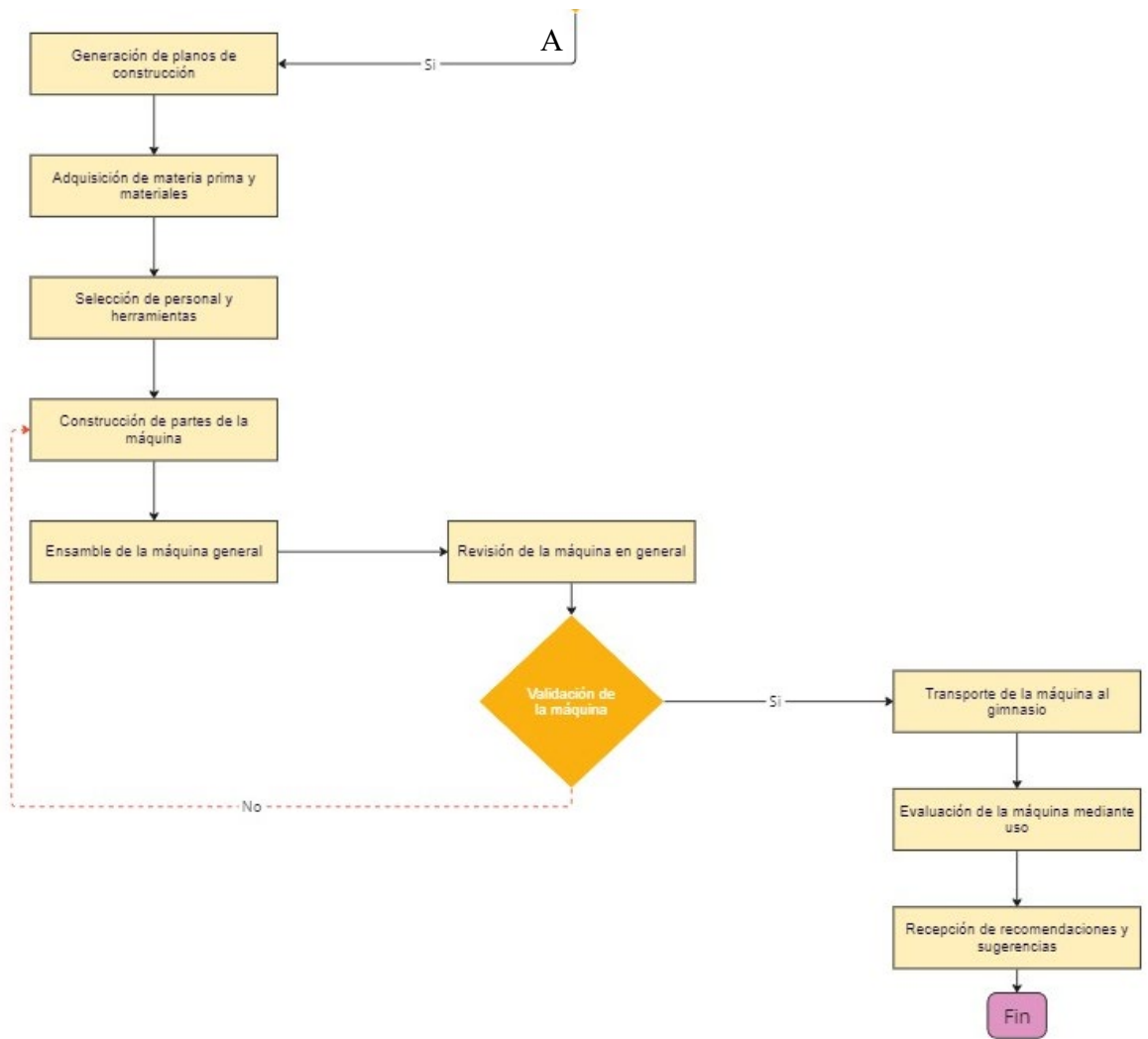
- [1] Cacheiro L. (2020). “Rocfit fitness equipment”. [En línea]. Disponible en: <https://www.rocfit.com/consejos-fitness/maquina-ejercicios-para-hombros>
- [2] Gary A. Jones (1994, Aug.). “Incline empuje exercise machine”. [En línea]. Disponible en: [https://patents.google.com/patent/USRE35470E/en?q=\(lever\)&q=\(frame\)&q=\(incline\)&q=\(incline+empuje\)&q=\(exercise+machine\)&before=priority:19910625&scholar](https://patents.google.com/patent/USRE35470E/en?q=(lever)&q=(frame)&q=(incline)&q=(incline+empuje)&q=(exercise+machine)&before=priority:19910625&scholar)
- [3] Ron Batca L. (1999, May). “Shoulder empuje, bicep curl, and low pulley exercise machine”. [En línea]. Disponible en: [https://patents.google.com/patent/USD440611S1/en?q=\(SHOULDER+EMPUJE%2c+BICEP+CURL%2c+AND+LOW+PULLEY+EXERCISE+MACHINE\)&oq=SHOULDER+EMPUJE%2c+BICEP+CURL%2c+AND+LOW++PULLEY+EXERCISE+MACHINE+](https://patents.google.com/patent/USD440611S1/en?q=(SHOULDER+EMPUJE%2c+BICEP+CURL%2c+AND+LOW+PULLEY+EXERCISE+MACHINE)&oq=SHOULDER+EMPUJE%2c+BICEP+CURL%2c+AND+LOW++PULLEY+EXERCISE+MACHINE+)
- [4] Poler J. (2012). “Shoulder empuje bench machine”. [En línea]. Disponible en: <https://www.craftsmanspace.com/free-projects/shoulder-empuje-bench-plan.html>
- [5] Gómez D, (2013, Dec.). “Invenes oepm”. [En línea]. Disponible en: <https://invenes.oepm.es/InvenesWeb/detalle?p=1&referencia=P201331460>
- [6] Drake, R. L., Vogl, A. W., & Mitchell, A. W. M. (2015). Gray's Anatomy for Students (3rd ed.). Philadelphia, PA: Churchill Livingstone
- [7] Zuñiga A. (2018). “Músculos del hombro”. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/494567920/Resumen-Musculos-Del-Hombro-Zuniga-Romero-Abigail#>
- [8] Delavier F. (2011). “Guia de los movimientos de musculación”. (6th ed.). España, 08915 Badalona
- [9] Budnays K. (2011). Corpomachine.com. [En línea]. Disponible en: <https://www.corpomachine.com/piezas-de-repuesto-para-maquinas-de-gimnasio-c102x1291976>

- [10] Cabello E, “antropometría” [En línea]. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/524376/DTEAntropometriaDP.pdf/032e8c34-f059-4be6-8d49-4b00ea06b3e6#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20antropometr%C3%ADa%20proviene%20de>
- [11] Escandón D, (2018), “Identificación de Riesgos Mecánicos y Ergonómicos en la práctica del CrossFit” [En línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/288581066.pdf>
- [12] Luengo M. (2012). “Antropometría y diseño”. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/download/34019894/archivo_3_para_tesis.pdf.
- [13] Panero J. “Las dimensiones humanas en espacios interiores”, Mex, 1996
- [14] Richar G. Budnays, J. Keith Nisbett, “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley”, 9na edición.

ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de procesos del proyecto





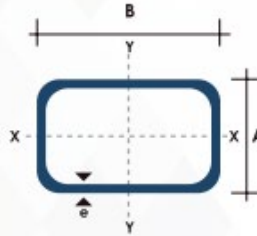
Anexo 2. Datos técnicos de los perfiles estructurales

TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR



Especificaciones Generales:

Norma	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o galvanizado
Largo normal:	6.00 m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm x 40mm a 50mm x 150mm
Espesores:	Desde 1,20mm a 3,00mm

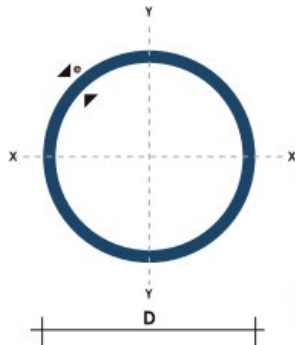


Dimensiones				Área	Ejes Y-Y			Ejes X-X		
A mm	B mm	Espesor (e) mm	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm	I cm ⁴	W cm ³	i cm ³
20	40	1.2	1.09	1.32	2.61	1.30	1.12	0.88	0.88	0.83
20	40	1.5	1.35	1.65	3.26	1.63	1.40	1.09	1.09	0.81
20	40	2.0	1.78	2.14	4.04	2.02	1.37	1.33	1.33	0.79
25	50	1.5	1.71	2.10	6.39	2.56	1.74	2.19	1.75	1.02
25	50	2.0	2.25	2.74	8.37	3.35	1.75	2.80	2.24	1.01
25	50	3.0	3.30	4.14	12.56	5.02	1.74	3.99	3.19	0.99
30	50	1.5	1.88	2.25	7.27	2.91	1.80	3.32	2.21	1.21
30	50	2.0	2.41	2.94	9.52	3.81	1.80	4.28	2.85	1.21
30	50	3.0	3.30	4.21	12.78	5.11	1.74	5.66	3.77	1.16
30	70	2.0	3.03	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.48	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	60	1.5	2.29	2.91	14.90	4.97	2.26	7.94	3.97	1.65
40	60	2.0	3.03	3.74	18.08	6.13	2.22	9.81	4.90	1.62
40	60	3.0	4.48	5.41	25.31	8.44	2.16	13.37	6.69	1.57
30	70	1.5	2.34	2.91	18.08	5.17	2.49	4.76	3.17	1.28
30	70	2.0	2.93	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.25	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	80	1.5	2.76	3.74	31.75	7.94	2.91	10.77	5.39	1.70
40	80	2.0	3.66	4.54	37.32	9.33	2.87	12.70	6.35	1.67
40	80	3.0	5.42	6.61	52.16	13.04	2.81	17.49	8.75	1.63
50	100	2.0	4.52	5.74	74.94	14.99	3.61	25.65	10.26	2.11
50	100	3.0	6.71	8.41	106.34	21.27	3.56	35.97	14.39	2.07
50	150	2.0	6.17	7.74	207.45	27.66	5.18	37.17	14.87	2.19
50	150	3.0	9.17	11.41	298.35	39.78	5.11	52.54	21.02	2.15

TUBO ESTRUCTURAL REDONDO

Especificaciones Generales:

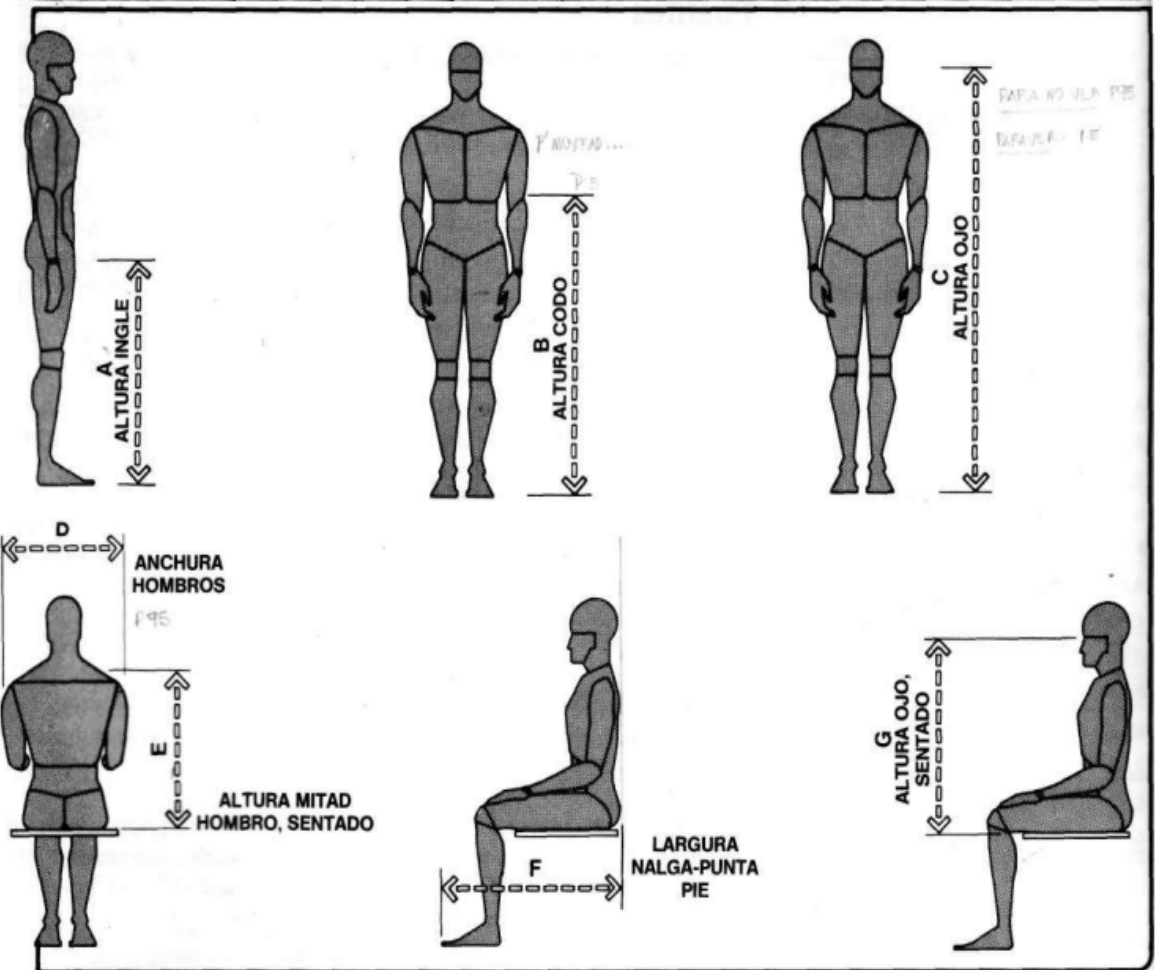
Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o galvanizado
Largos:	6,00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 7/8" a 3"
Espesores:	Desde 1,50mm a 3,00mm



(D) Diámetro	Espesor	Peso	Área	I	W	i
Pulgadas	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³
7/8"	1,50	0,77	0,98	0,53	0,47	0,73
1"	1,50	0,88	1,13	0,81	0,64	0,85
1 1/4"	1,50	1,12	1,43	1,63	1,03	1,07
1 1/2"	1,50	1,35	1,72	2,89	1,52	1,30
1 3/4"	1,50	1,59	2,02	4,67	2,10	1,52
2"	1,50	1,82	2,32	7,06	2,78	1,74
2 1/2"	1,50	2,29	2,92	14,05	4,42	2,19
3"	1,50	2,76	3,52	24,56	6,45	2,64
1"	2,00	1,15	1,47	1,01	0,80	0,83
1 1/4"	2,00	1,47	1,87	2,08	1,31	1,05
1 1/2"	2,00	1,78	2,27	3,71	1,95	1,29
1 3/4"	2,00	2,09	2,67	6,02	2,71	1,50
2"	2,00	2,41	3,07	9,14	3,60	1,73
2 1/2"	2,00	3,03	3,86	18,29	5,76	2,18
3"	2,00	3,66	4,66	32,11	8,43	2,62
2"	3,00	3,54	4,51	12,92	5,09	1,69
2 1/2"	3,00	4,48	5,70	26,15	8,24	2,14
3"	3,00	5,42	6,90	46,29	12,15	2,59

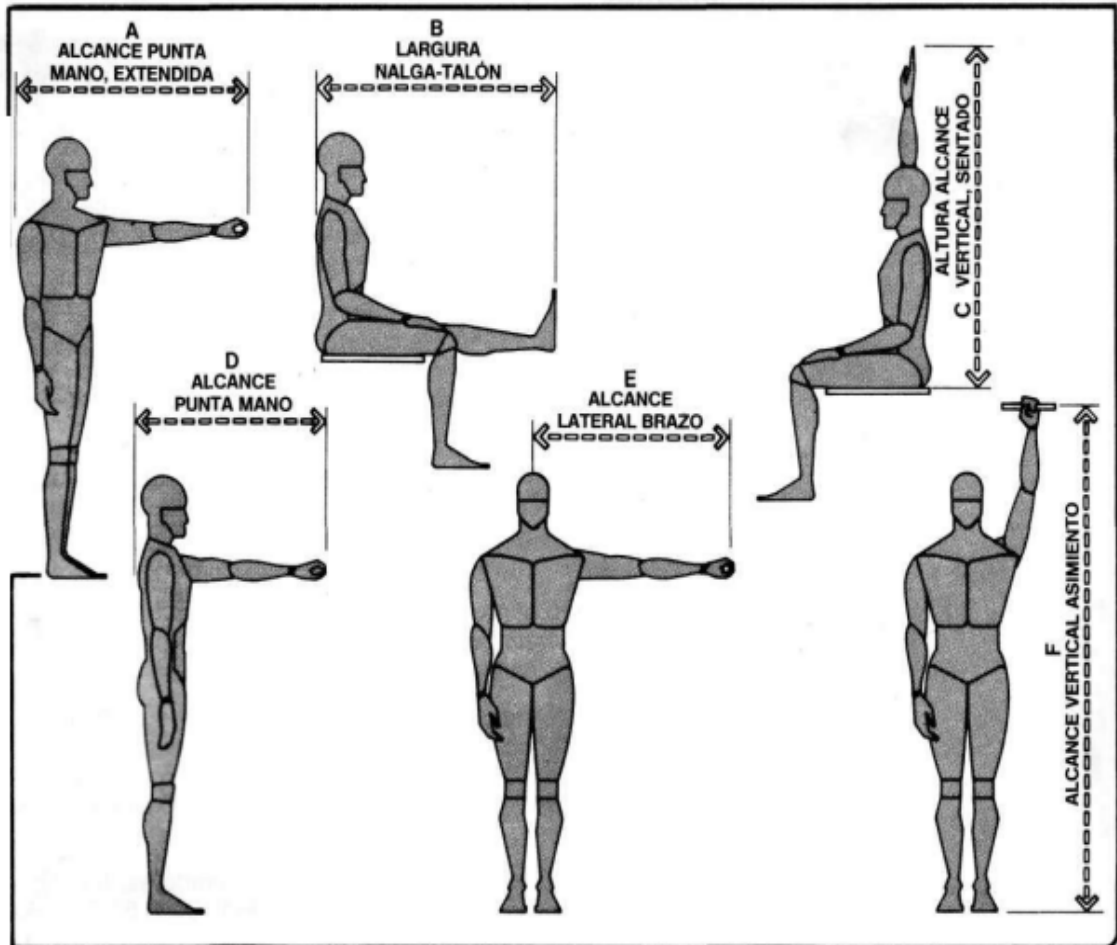
Anexo 3. Dimensiones estructurales del cuerpo

Dimensiones estructurales combinadas del cuerpo de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros, según edad y selección de percentiles															
		A		B		C		D		E		F		G	
		pulg. cm		pulg. cm		pulg. cm		pulg. cm		pulg. cm		pulg. cm		pulg. cm	
95	HOMBRES	36.2	91,9	47.3	120,1	68.6	174,2	20.7	52,6	27.3	69,3	37.0	94,0	33.9	86,1
	MUJERES	32.0	81,3	43.6	110,7	64.1	162,8	17.0	43,2	24.6	62,5	37.0	94,0	31.7	80,5
5	HOMBRES	30.8	78,2	41.3	104,9	60.8	154,4	17.4	44,2	23.7	60,2	32.0	81,3	30.0	76,2
	MUJERES	26.8	68,1	38.6	98,0	56.3	143,0	14.9	37,8	21.2	53,8	27.0	68,6	28.1	71,4



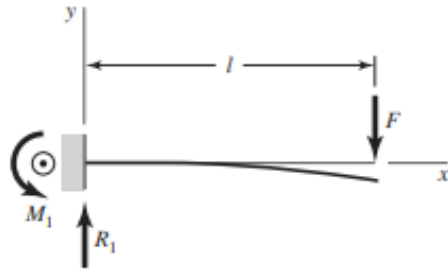
Anexo 4. Dimensiones funcionales del cuerpo

		Dimensiones funcionales del cuerpo de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros, según edad, sexo y selección de percentiles											
		A		B		C		D		E		F	
		pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm
95	HOMBRES	38.3	97,3	46.1	117,1	51.6	131,1	35.0	88,9	39.0	86,4	88.5	224,8
	MUJERES	36.3	92,2	49.0	124,5	49.1	124,7	31.7	80,5	38.0	96,5	84.0	213,4
5	HOMBRES	32.4	82,3	39.4	100,1	59.0	149,9	29.7	75,4	29.0	73,7	76.8	195,1
	MUJERES	29.9	75,9	34.0	86,4	55.2	140,2	26.6	67,6	27.0	68,6	72.9	185,2



Anexo 5. Fórmulas para deflexión de vigas

1 En voladizo: carga en extremo

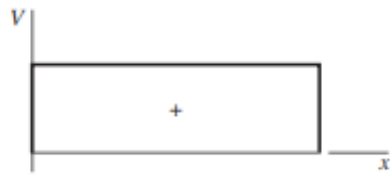


$$R_1 = V = F \quad M_1 = Fl$$

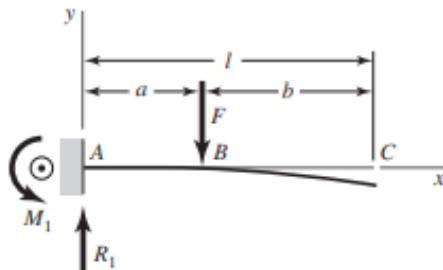
$$M = F(x - l)$$

$$y = \frac{Fx^2}{6EI}(x - 3l)$$

$$y_{\text{máx}} = -\frac{Fl^3}{3EI}$$



2 En voladizo: carga intermedia



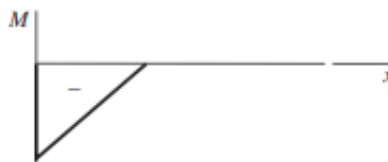
$$R_1 = V = F \quad M_1 = Fa$$

$$M_{AB} = F(x - a) \quad M_{BC} = 0$$

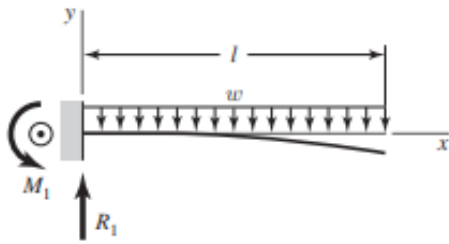
$$y_{AB} = \frac{Fx^2}{6EI}(x - 3a)$$

$$y_{BC} = \frac{Fa^2}{6EI}(a - 3x)$$

$$y_{\text{máx}} = \frac{Fa^2}{6EI}(a - 3l)$$



3 En voladizo: carga uniforme

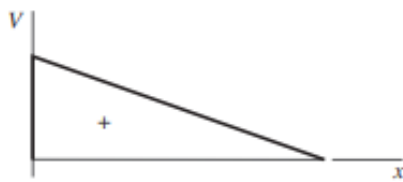


$$R_1 = wl \quad M_1 = \frac{wl^2}{2}$$

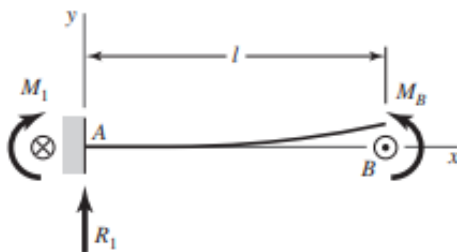
$$V = w(l - x) \quad M = -\frac{w}{2}(l - x)^2$$

$$y = \frac{wx^2}{24EI}(4lx - x^2 - 6l^2)$$

$$y_{\text{máx}} = -\frac{wl^4}{8EI}$$

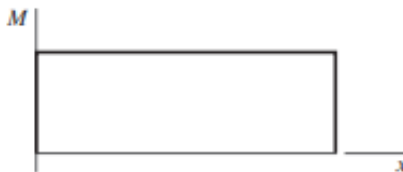


4 En voladizo: carga de momento

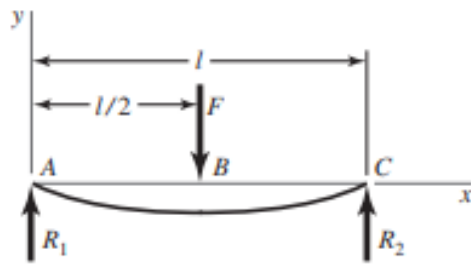


$$R_1 = V = 0 \quad M_1 = M = M_B$$

$$y = \frac{M_B x^2}{2EI} \quad y_{\text{máx}} = \frac{M_B l^2}{2EI}$$



5 Apoyos simples: carga central



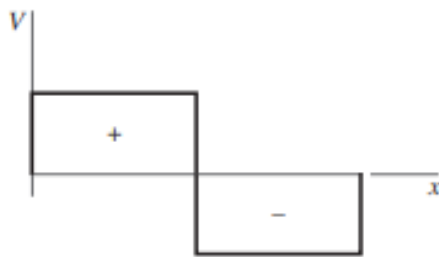
$$R_1 = R_2 = \frac{F}{2}$$

$$V_{AB} = R_1 \quad V_{BC} = -R_2$$

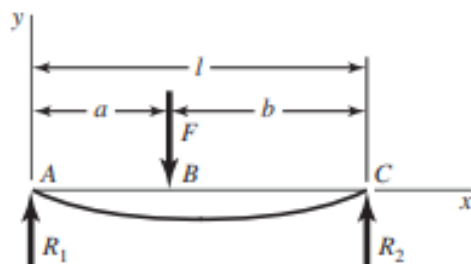
$$M_{AB} = \frac{Fx}{2} \quad M_{BC} = \frac{F}{2}(l-x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fx}{48EI}(4x^2 - 3l^2)$$

$$y_{\max} = -\frac{Fl^3}{48EI}$$



6 Apoyos simples: carga intermedia



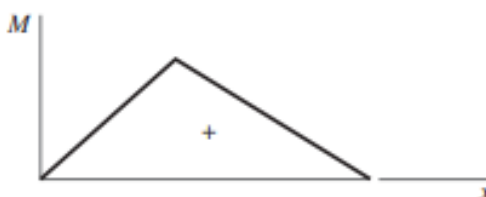
$$R_1 = \frac{Fb}{l} \quad R_2 = \frac{Fa}{l}$$

$$V_{AB} = R_1 \quad V_{BC} = -R_2$$

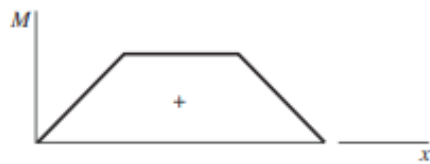
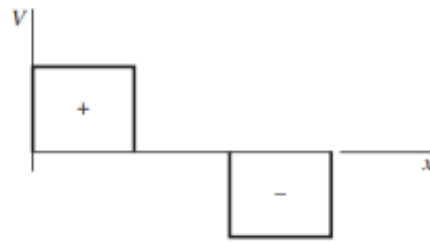
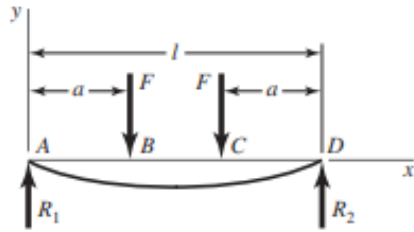
$$M_{AB} = \frac{Fbx}{l} \quad M_{BC} = \frac{Fa}{l}(l-x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fbx}{6EI}(x^2 + b^2 - l^2)$$

$$y_{BC} = \frac{Fa(l-x)}{6EI}(x^2 + a^2 - 2lx)$$



9 Apoyos simples: cargas idénticas



$$R_1 = R_2 = F \quad V_{AB} = F \quad V_{BC} = 0$$

$$V_{CD} = -F$$

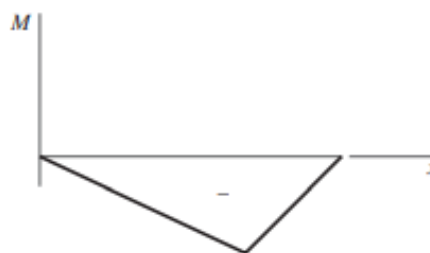
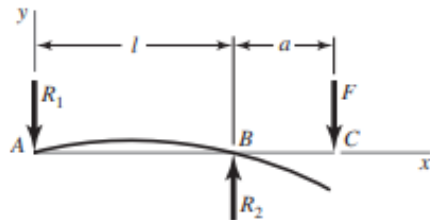
$$M_{AB} = Fx \quad M_{BC} = Fa \quad M_{CD} = F(l-x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fx}{6EI}(x^2 + 3a^2 - 3la)$$

$$y_{BC} = \frac{Fa}{6EI}(3x^2 + a^2 - 3lx)$$

$$y_{\text{máx}} = \frac{Fa}{24EI}(4a^2 - 3l^2)$$

10 Apoyos simples: carga en voladizo



$$R_1 = \frac{Fa}{l} \quad R_2 = \frac{F}{l}(l+a)$$

$$V_{AB} = -\frac{Fa}{l} \quad V_{BC} = F$$

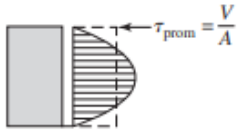



$$M_{AB} = -\frac{Fax}{l} \quad M_{BC} = F(x-l-a)$$

$$y_{AB} = \frac{Fax}{6EI}(l^2 - x^2)$$

$$y_{BC} = \frac{F(x-l)}{6EI}[(x-l)^2 - a(3x-l)]$$

$$y_C = -\frac{Fa^2}{3EI}(l+a)$$

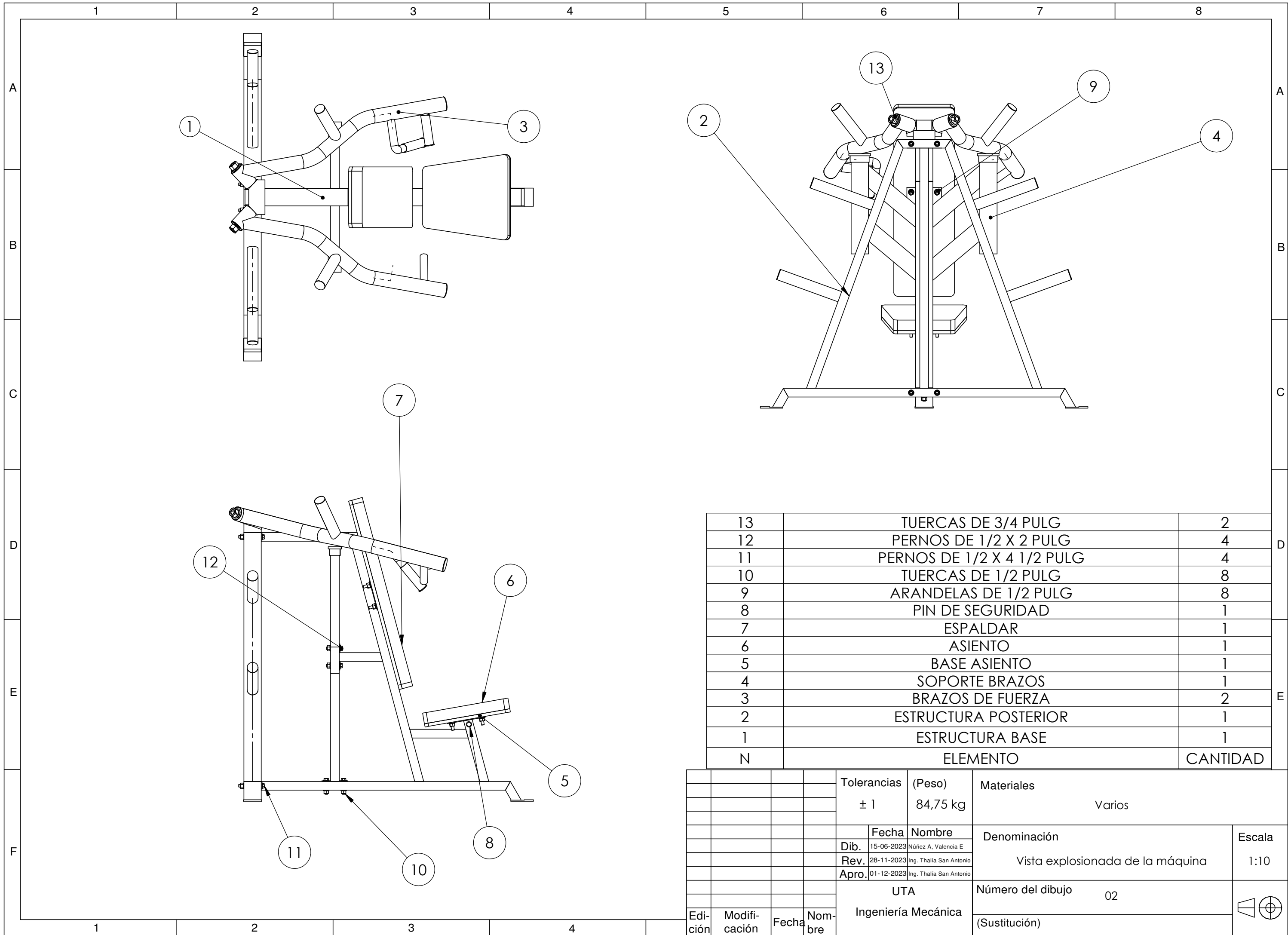
Anexo 6. Fórmulas del esfuerzo cortante máximo debido a flexión

Forma de la viga	Fórmula	Forma de la viga	Fórmula
 <p>Rectangular</p>	$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{3V}{2A}$	 <p>Circular hueca con pared delgada</p>	$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{2V}{A}$
 <p>Circular</p>	$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{4V}{3A}$	 <p>Viga I estructural (con pared delgada)</p>	$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{V}{A_{alma}}$

Anexo 7. Planos

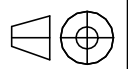


				Tolerancias ± 1	(Peso) 84,75 kg	Materiales Varios	
							Escala 1:20
				Fecha	Nombre	Denominación	
				Dib.	15-06-2023	Núñez A, Valencia E	
				Rev.	28-11-2023	Ing. Thalia San Antonio	
				Apro.	01-12-2023	Ing. Thalia San Antonio	
				UTA		Número del dibujo	
				Ingeniería Mecánica		01	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nom- bre			(Sustitución)	

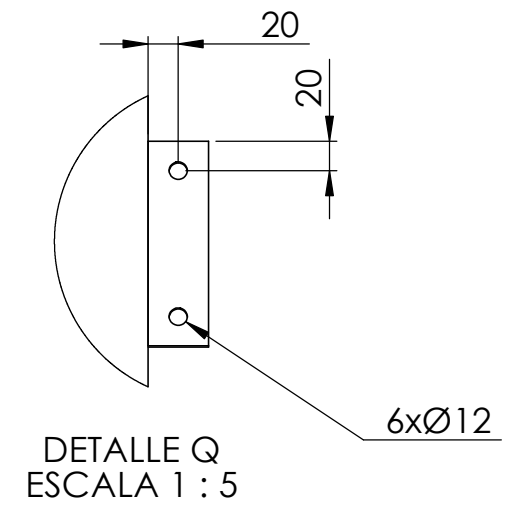
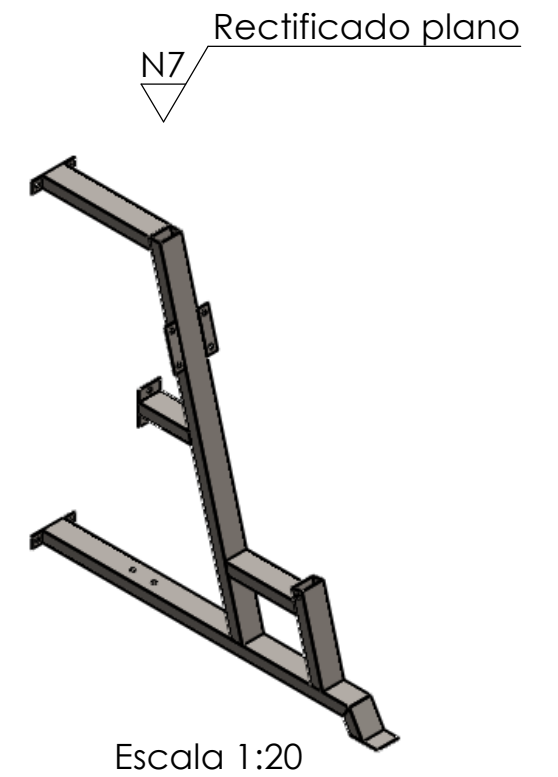
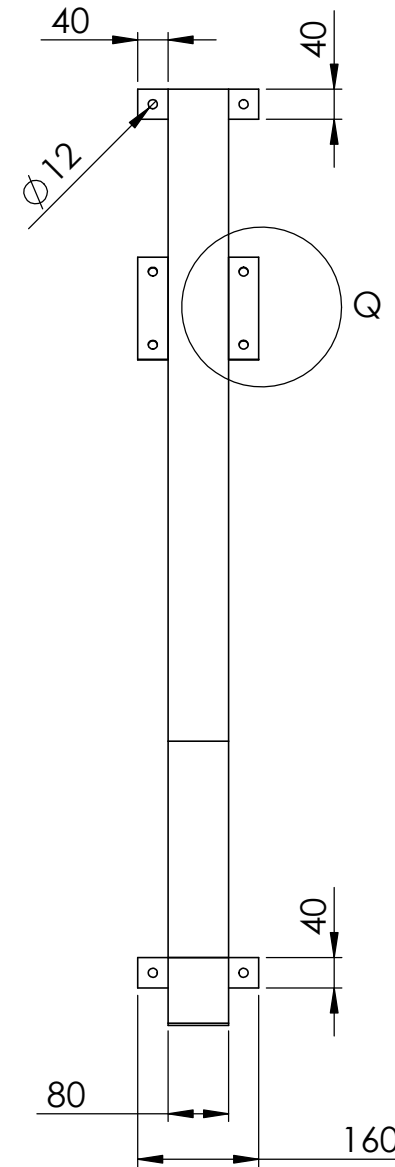
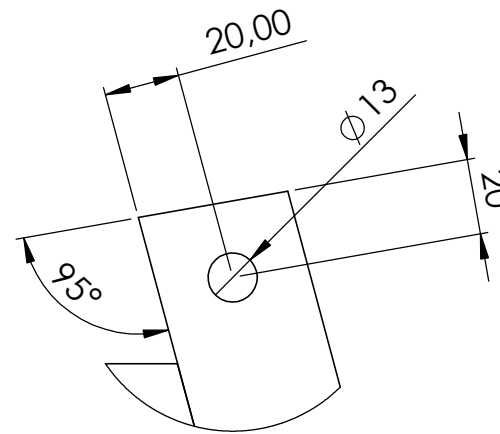
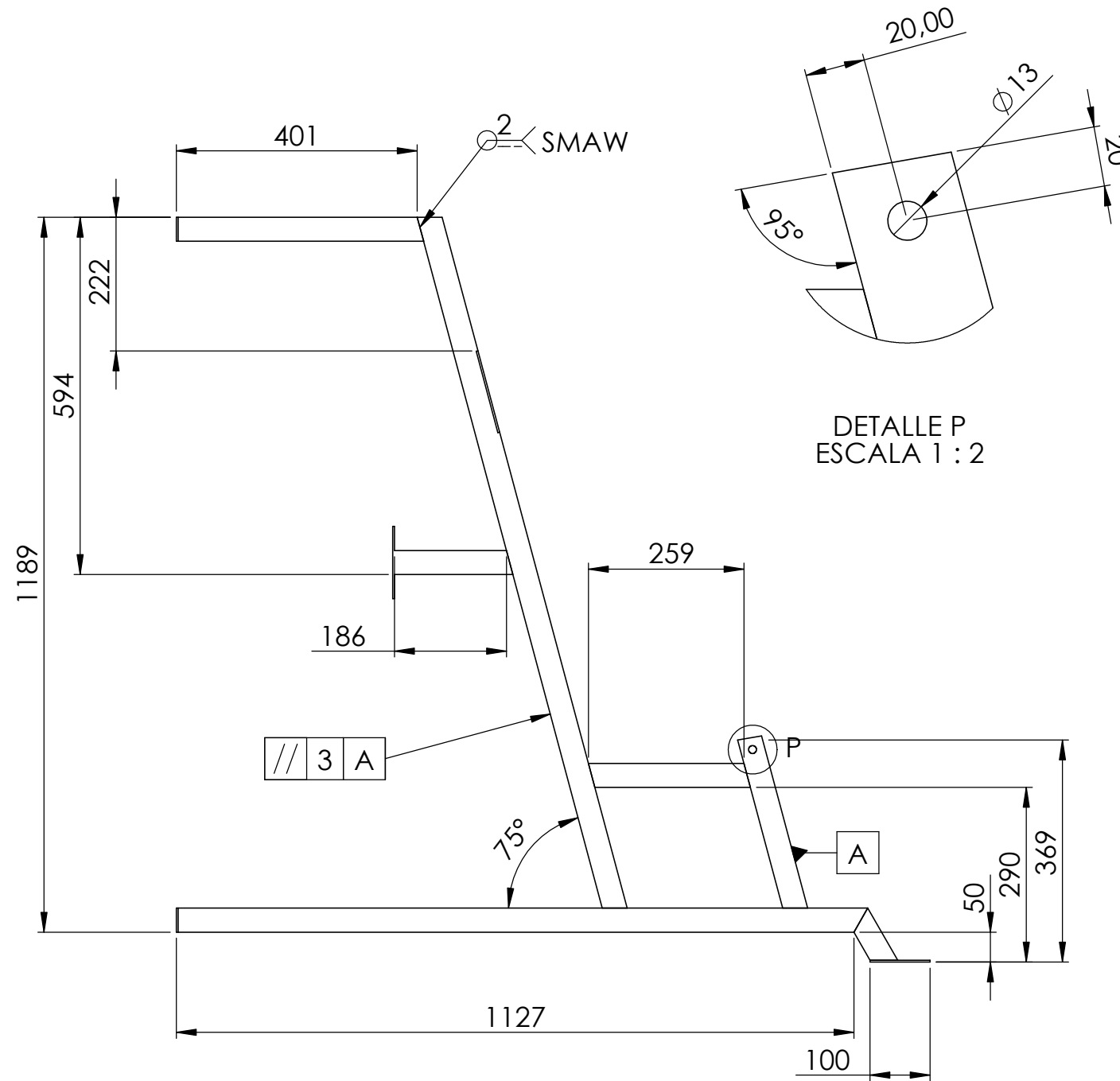


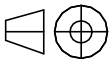
13	TUERCAS DE 3/4 PULG	2
12	PERNOS DE 1/2 X 2 PULG	4
11	PERNOS DE 1/2 X 4 1/2 PULG	4
10	TUERCAS DE 1/2 PULG	8
9	ARANDELAS DE 1/2 PULG	8
8	PIN DE SEGURIDAD	1
7	ESPALDAR	1
6	ASIENTO	1
5	BASE ASIENTO	1
4	SOPORTE BRAZOS	1
3	BRAZOS DE FUERZA	2
2	ESTRUCTURA POSTERIOR	1
1	ESTRUCTURA BASE	1
N	ELEMENTO	CANTIDAD

				Tolerancias	(Peso)	Materiales	
				± 1	84,75 kg	Varios	
					Fecha	Nombre	Denominación
				Dib.	15-06-2023	Núñez A, Valencia E	
				Rev.	28-11-2023	Ing. Thalia San Antonio	
				Apro.	01-12-2023	Ing. Thalia San Antonio	Vista explosionada de la máquina
				UTA		Número del dibujo	Escala
				Ingeniería Mecánica		02	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nom- bre			(Sustitución)	1:10

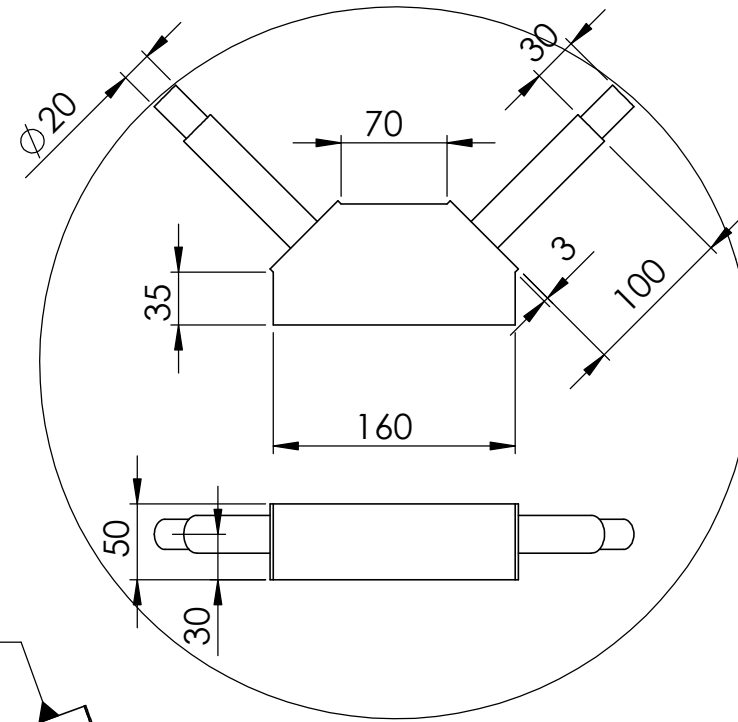
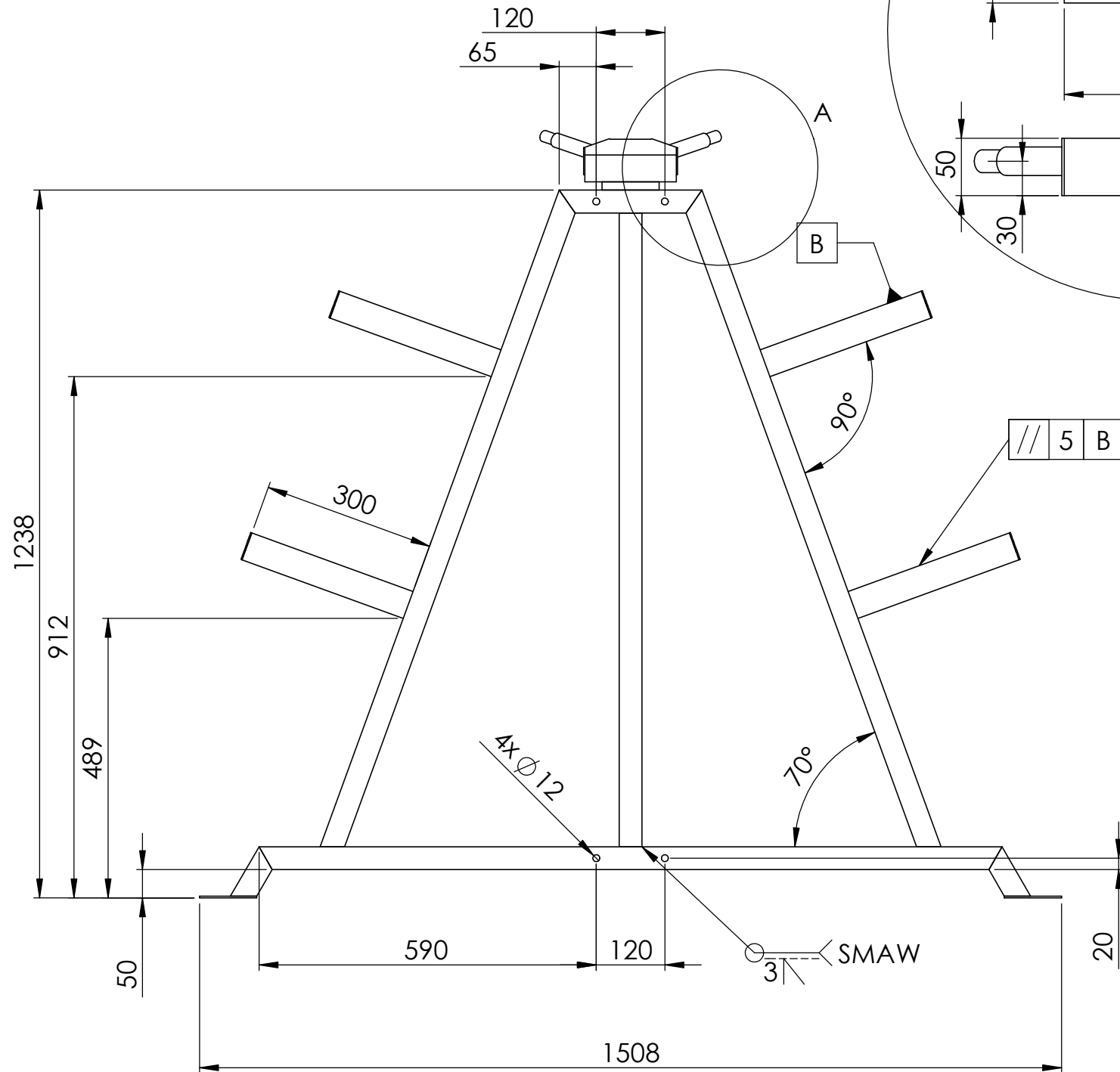


Todas las uniones son juntas soldadas con el proceso establecido.

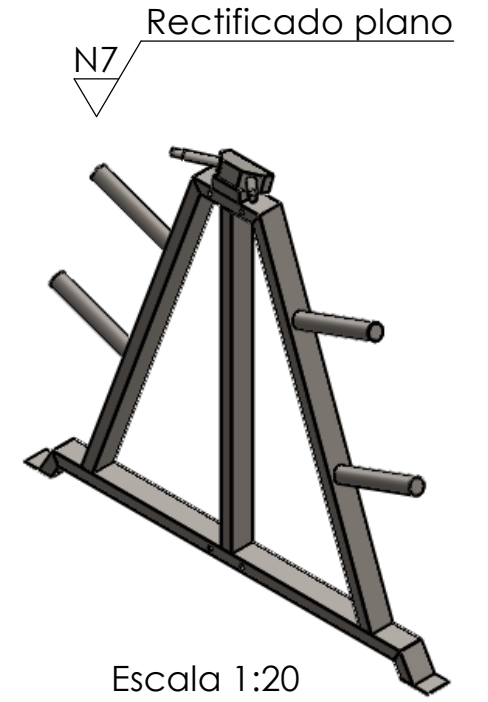
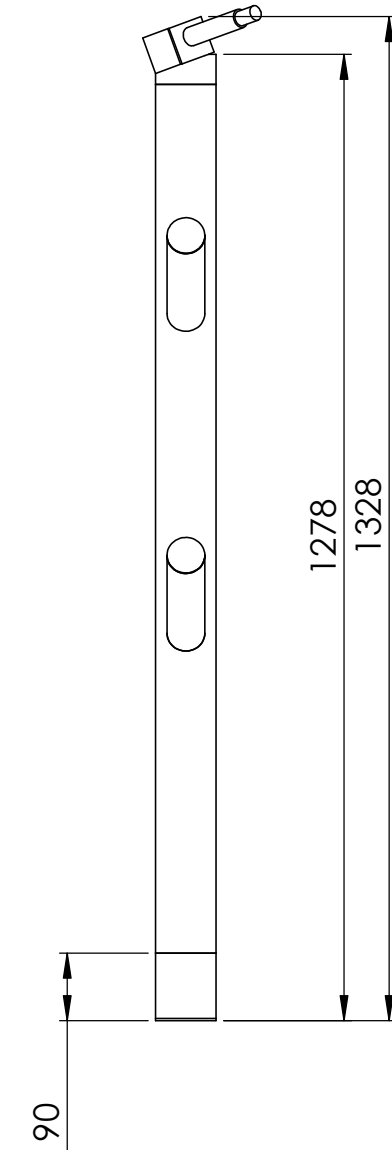


				Tolerancias	(Peso)	Materiales	
				± 1	19,81 kg	Acero ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación
				Dib.	15-06-2023	Núñez A, Valencia E	
				Rev.	28-11-2023	Ing. Thalia San Antonio	
				Apro.	01-12-2023	Ing. Thalia San Antonio	Escala
				UTA		Número del dibujo	
				Ingeniería Mecánica		03	Escala
						(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

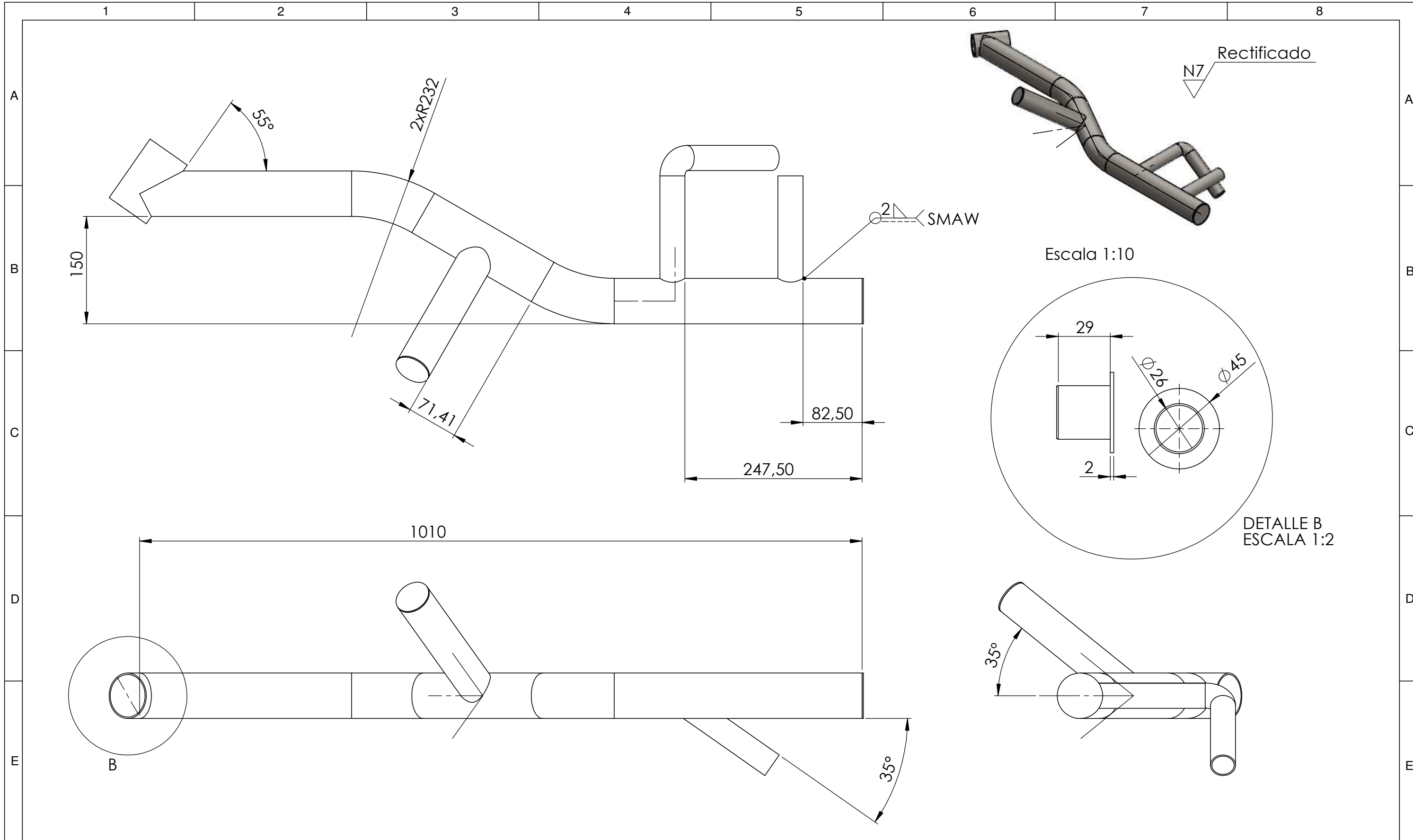
Todas las uniones son juntas soldadas con el proceso establecido.



DETALLE - A
ESCALA 1:2



				Tolerancias	(Peso)	Materiales	
				± 1	33,35 kg	Acero ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación
				Dib.	15-06-2023	Núñez A, Valencia E	
				Rev.	28-11-2023	Ing. Thalia San Antonio	
				Apro.	01-12-2023	Ing. Thalia San Antonio	Estructura posterior
				UTA		Número del dibujo	Escala
				Ingeniería Mecánica		04	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	1:10



					Tolerancias	(Peso)	Materiales	
					± 1	4,75 kg	Acero ASTM A36	
						Fecha	Nombre	Denominación
					Dib.	15-06-2023	Núñez A, Valencia E	
					Rev.	28-11-2023	Ing. Thalia San Antonio	
					Apro.	01-12-2023	Ing. Thalia San Antonio	Escala
					UTA		Número del dibujo	
					Ingeniería Mecánica		05	Escala
							(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					1:10

F

E

D

C

B

A

1

2

3

4

1

2

3

4

5

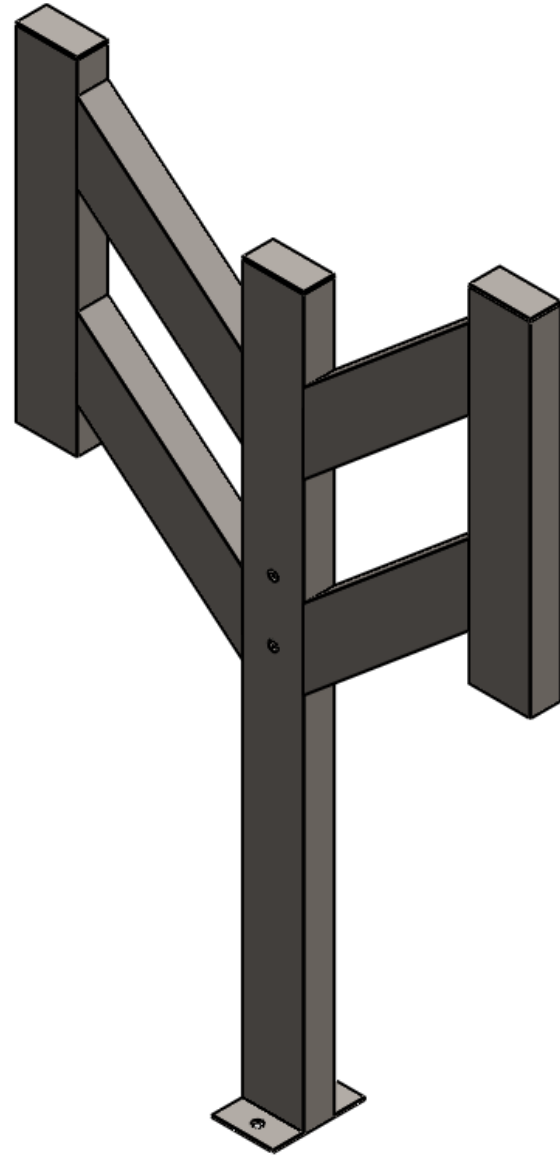
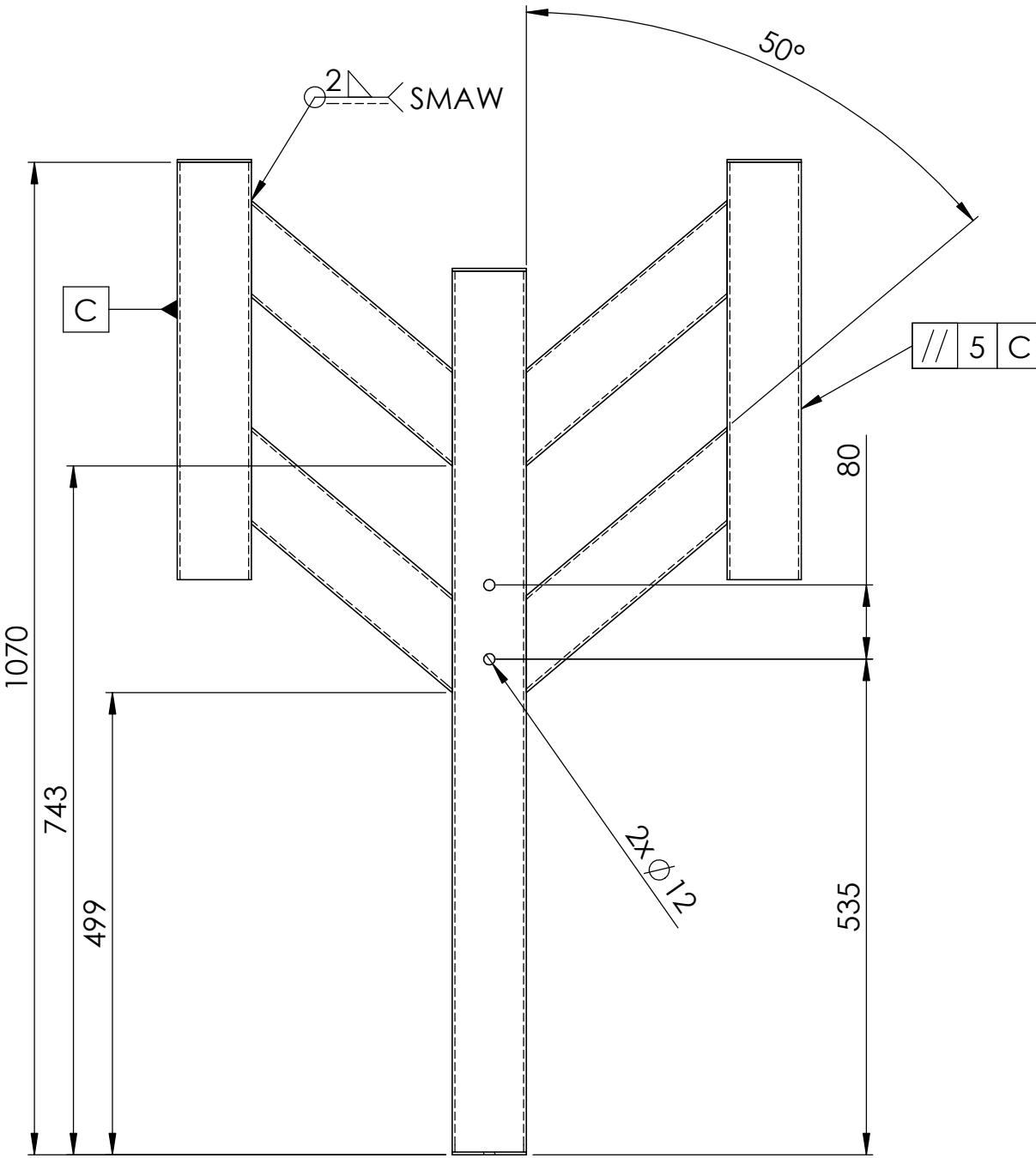
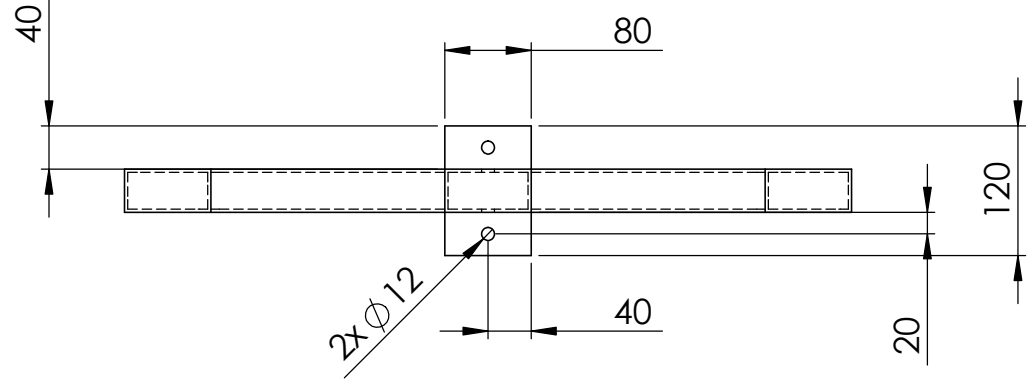
6

7

8

Todas las uniones son juntas soldadas con el proceso establecido.

N7 Rectificado plano



				Tolerancias	(Peso)	Materiales		
				± 1	16,44 kg	Acero ASTM A36		
					Fecha	Nombre	Denominación	Escala
				Dib.	15-06-2023	Núñez A, Valencia E		
				Rev.	28-11-2023	Ing. Thalia San Antonio		
				Apro.	01-12-2023	Ing. Thalia San Antonio	Soporte brazos	1:10
				UTA		Número del dibujo		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica		(Sustitución)		

1

2

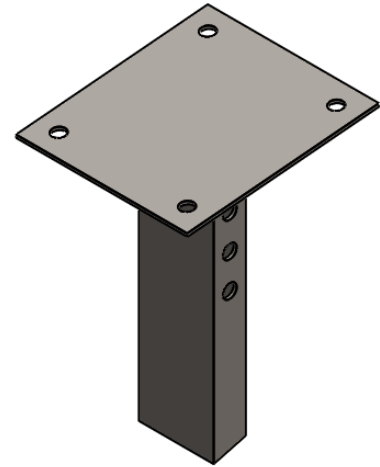
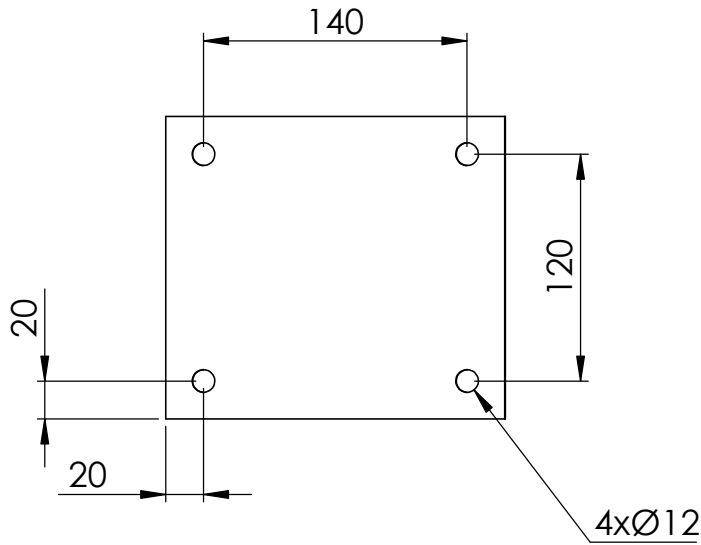
3

4

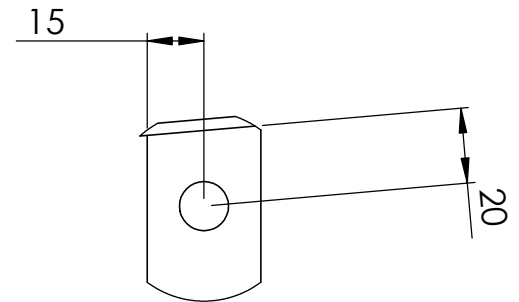
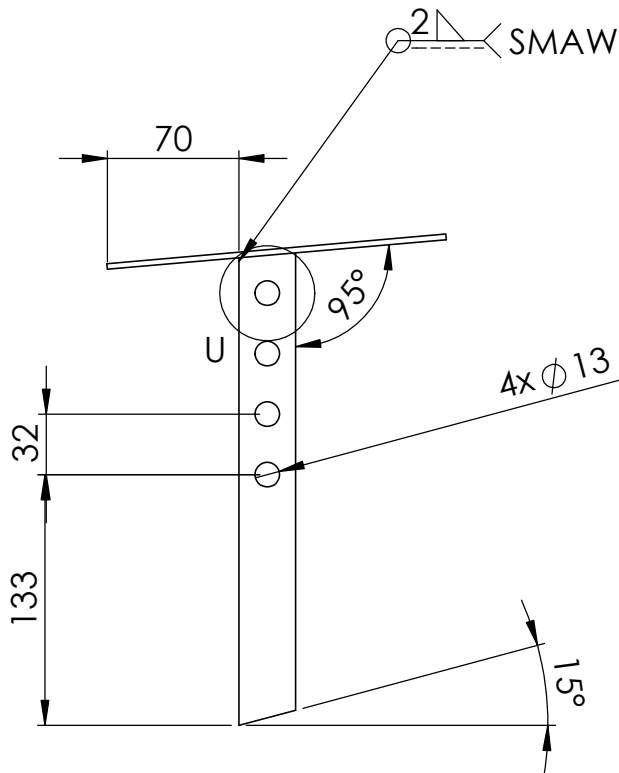
A

Todas las uniones son juntas soldadas con el proceso establecido.

B



C

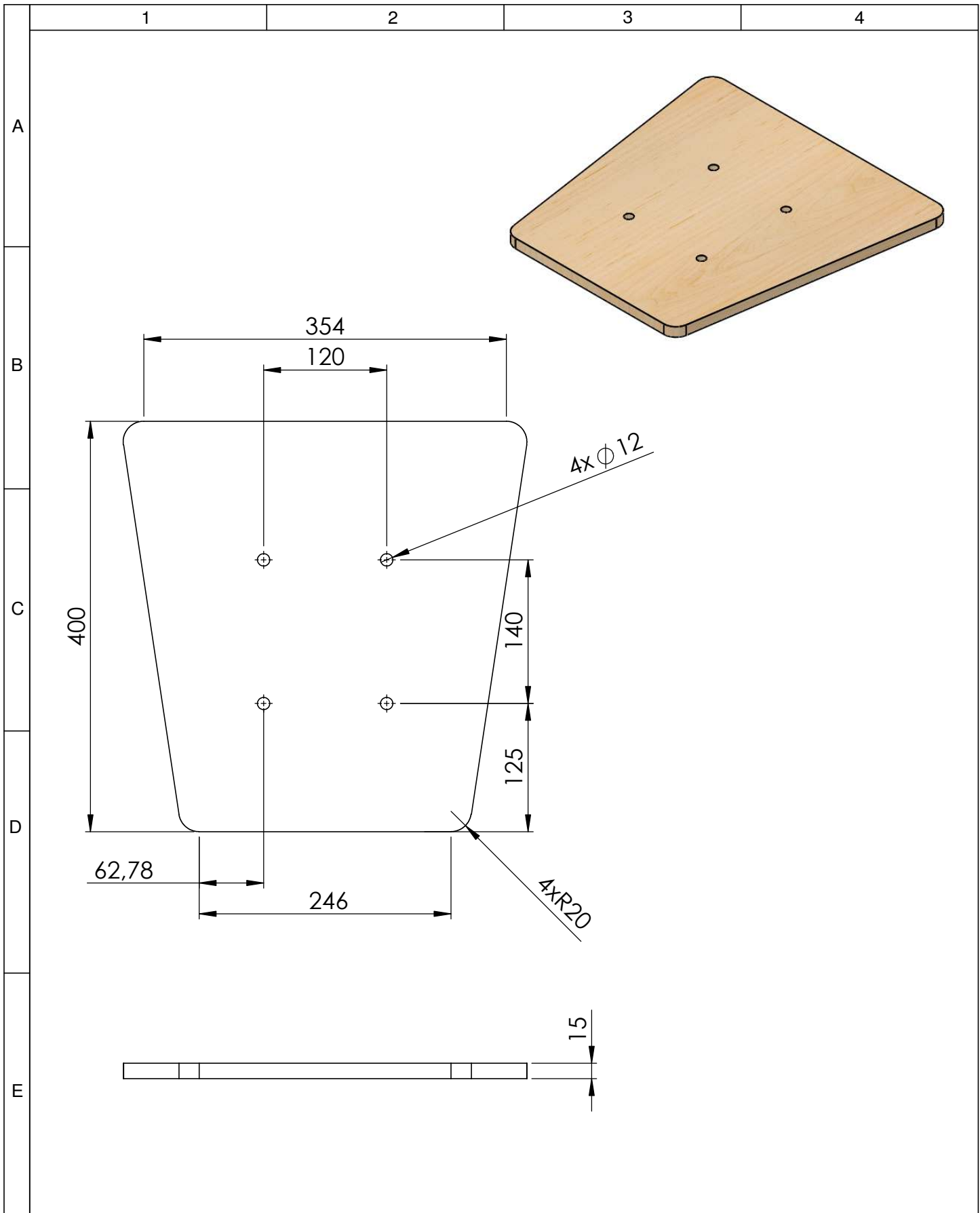


DETALLE U
ESCALA 1:2

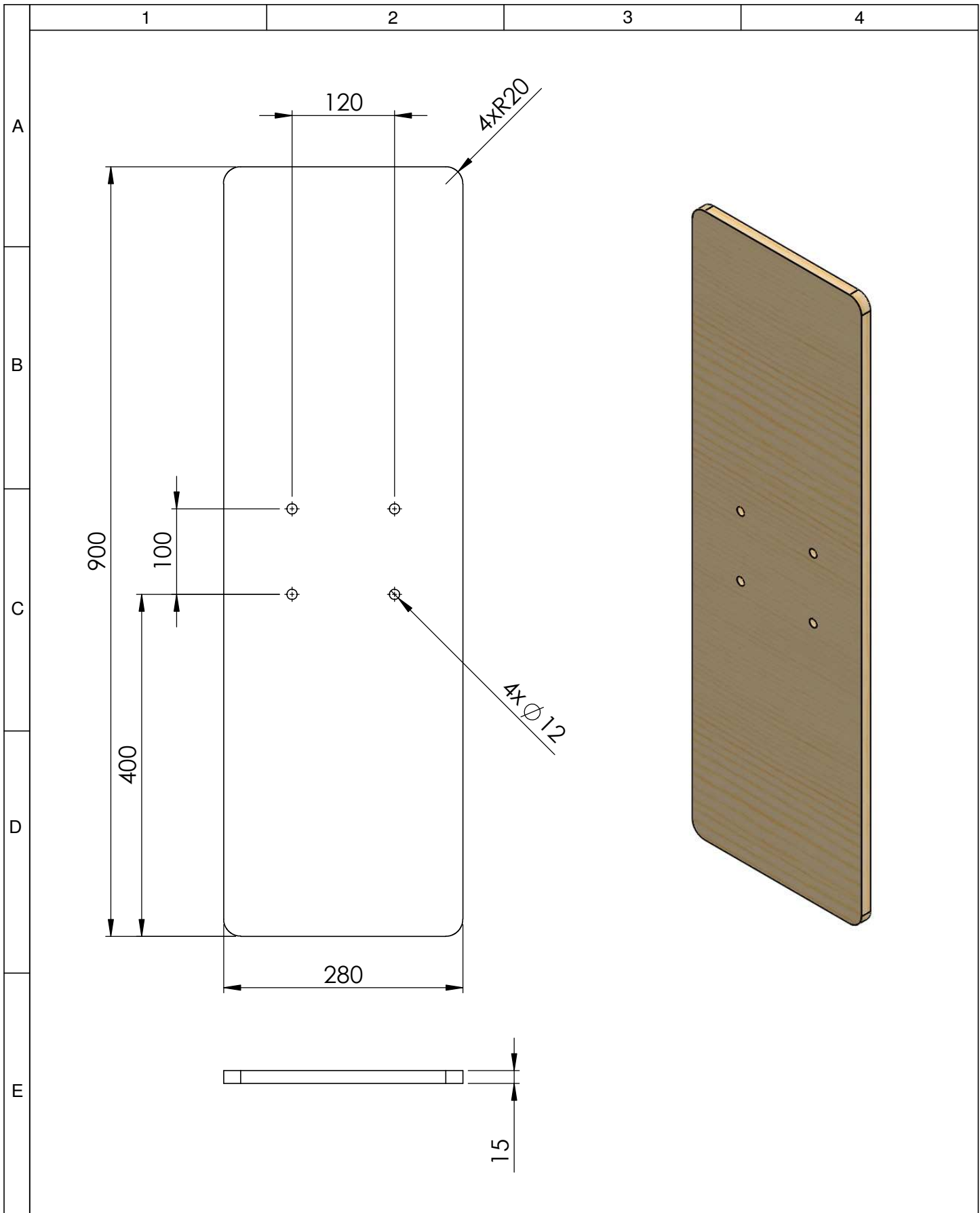
D

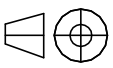
E

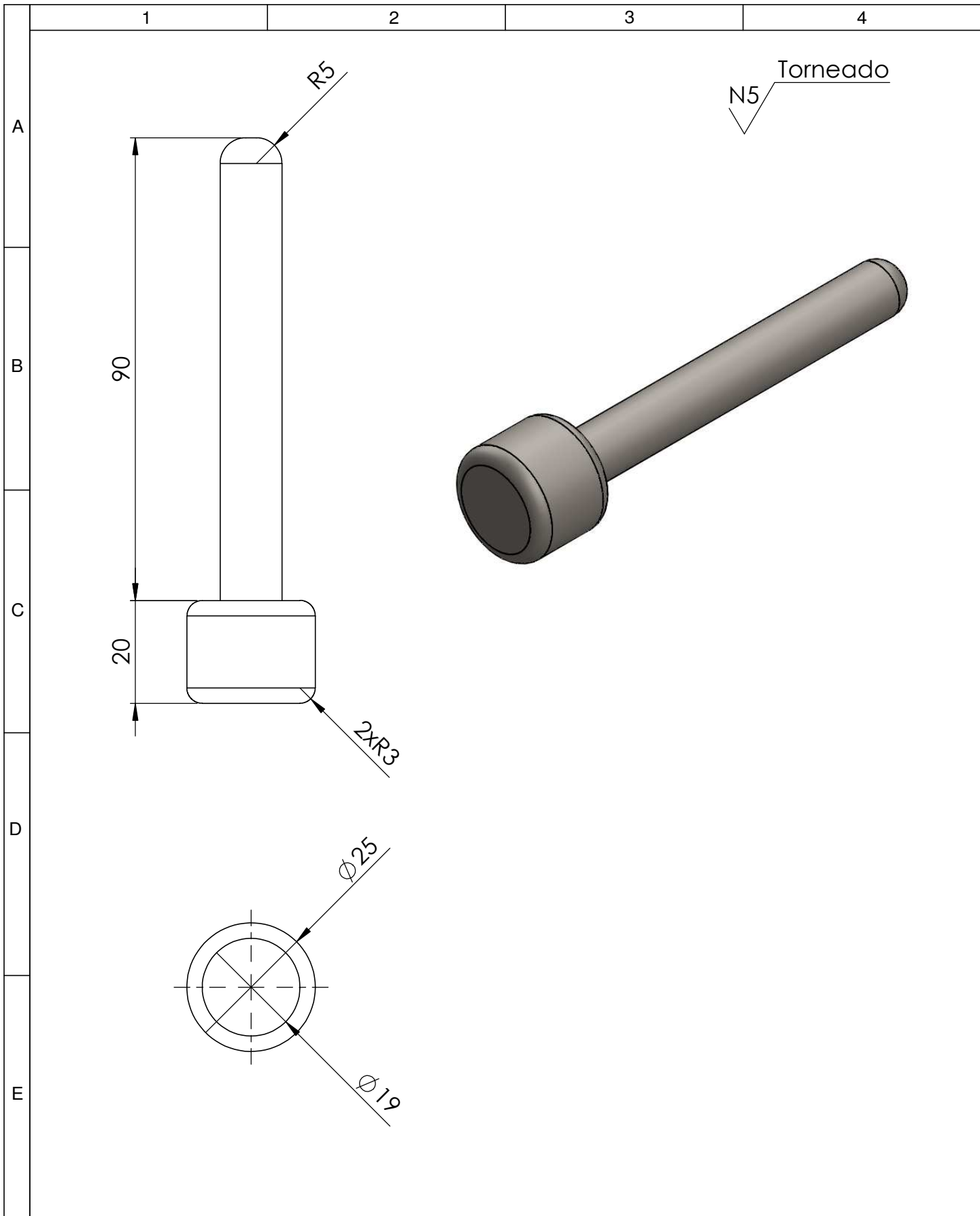
				Tolerancias ± 1	(Peso) 1,73 kg	Materiales Acero ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación Base Asiento
				Dib.	15-06-2023	Núñez A, Valencia E	
				Rev.	28-11-2023	Ing. Thalía San Antonio	
				Apro.	01-12-2023	Ing. Thalía San Antonio	
				UTA		Número del dibujo	Escala 1:5
				Ingeniería Mecánica		07 (Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				Tolerancias ± 1	(Peso) 1 kg	Materiales Triplex	
						Denominación Asiento	Escala 1:5
				Dib.	15-06-2023 Núñez A, Valencia E		
				Rev.	28-11-2023 Ing. Thalia San Antonio		
				Apro.	01-12-2023 Ing. Thalia San Antonio		
				UTA		Número del dibujo	
				Ingeniería Mecánica		08	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancias ± 1	(Peso) 1,28 kg	Materiales Triplex	
					Fecha	Nombre	Denominación Espaldar
				Dib.	15-06-2023	Núñez A, Valencia E	
				Rev.	28-11-2023	Ing. Thalía San Antonio	
				Apro.	01-12-2023	Ing. Thalía San Antonio	Escala 1:10
				UTA		Número del dibujo	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica		09 (Sustitución)	



				Tolerancias ± 1	(Peso) 0,18 kg	Materiales Acero ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación Pin de seguridad
				Dib.	15-06-2023	Núñez A, Valencia E	
				Rev.	28-11-2023	Ing. Thalia San Antonio	
				Apro.	01-12-2023	Ing. Thalia San Antonio	Escala 1:1
				UTA		Número del dibujo 10	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nom- bre	Ingeniería Mecánica		(Sustitución)	