



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS QUE PERMITA DETERMINAR LA POTENCIA, TRABAJO Y ENERGÍA PARA EL LABORATORIO DE FÍSICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA”

Autor: Marlon Rodrigo Sandoval Sagal

Tutor: Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero, Mg.

AMBATO - ECUADOR

Septiembre - 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS QUE PERMITA DETERMINAR LA POTENCIA, TRABAJO Y ENERGÍA PARA EL LABORATORIO DE FÍSICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA”. Elaborado por el Sr. Marlon Rodrigo Sandoval Sagal, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 0503345662, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Proyecto Técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluida en su totalidad.

Ambato, septiembre 2023



.....

Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero, Mg
Tutor

AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Marlon Rodrigo Sandoval Sagal, con C.I. 0503345662 declaro que todos los contenidos y actividades expuestos en el desarrollo del presente Proyecto Técnico con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS QUE PERMITA DETERMINAR LA POTENCIA, TRABAJO Y ENERGÍA PARA EL LABORATORIO DE FÍSICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA”**, así también los análisis estadísticos, ideas, criterios, tablas conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2023



.....
Marlon Rodrigo Sandoval Sagal

C.I. 0503345662

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo 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 proceso de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realicen respetando mis derechos de autor.

Ambato, septiembre 2023



Marlon Rodrigo Sandoval Sagal

C.I. 0503345662

AUTOR

APROBCIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico realizado por el estudiante Marlon Rodrigo Sandoval Sagal, de la Carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS QUE PERMITA DETERMINAR LA POTENCIA, TRABAJO Y ENERGÍA PARA EL LABORATORIO DE FÍSICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA”

Ambato, septiembre 2023

Para constancia firman



Ing. Alex Santiago Mayorga Pardo, Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Oscar Iván Analuisa Maiza, Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico el proyecto principalmente a Dios, por ser quién me ha dado la dicha de aprender y disfrutar de la vida hasta el presente día. A mis padres Livia y Sergio quienes con su dedicación, esfuerzo, apoyo y sabias palabras nunca han permitido que desista para lograr cumplir mis objetivos, a mis hermanos Roberto y Nahelie quienes compartieron a mi lado de alegrías y tristezas. A mi novia Erika, quién con su apoyo y palabras de aliento se convirtió en parte fundamental para que pueda cumplir uno de mis más anhelados sueños, A mis amigos/as, quienes me supieron brindar una amistad verdadera y muchas enseñanzas, y a todas las personas que me apoyaron en cada etapa de mi vida, mismas que con sus consejos y buenas energías han permitido formarme como persona y seguir adelante, gracias a todos por ser ahora parte de este sueño.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato específicamente a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica que han permitido formarme como un profesional.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica quienes me supieron inculcar conocimientos, valores y empatía a lo largo de la carrera.

A mi tutor de proyecto Ing. Mauricio Carrillo por su tiempo, enseñanzas y paciencia con las cuales se pudo lograr sacar adelante este proyecto.

A mi Familia, amigos/as por el apoyo, por las palabras de aliento y compañía brindada de inicio a fin de la carrera.

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DE TRABAJO DE TIRULACION.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN EJECUTIVO	xvii
ABSTRACT	xviii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1.Antecedentes Investigativos.....	1
1.2.Objetivos	2
1.2.1.Objetivo general	2
1.2.2.Objetivos Específicos	2
CAPÍTULO II	3
METODOLOGÍA	3
2.1. Materiales.....	3
2.2. Diagrama de Diseño.....	8
2.3. Diagrama de construcción.....	9
2.4.Metodología.....	10
2.4.1.Bibliográfico	10
2.4.2.Experimental.....	10
2.4.3.Campo	10
2.5.Parámetros del mecanismo.....	11
2.5.1.Trabajo.....	11
2.5.2. Potencia.....	13
2.5.3. Energía.....	14
2.6.Partes principales del banco de pruebas.....	18
•Deflexión del Riel	21
•Cálculo del centroide.....	21

•Cálculo de deflexión.....	22
2.7.Manual de Utilización.....	26
CAPÍTULO III.....	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
3.1. Análisis y discusión de los resultados.....	36
3.2. Tablas comparativas.....	36
3.3. Tablas comparativas generales con Masa 1 = 0.20 Kg y Masa 2 = 0.21Kg	51
3.4. Tablas comparativas generales con Masa 1 = 0.21kg y Masa 2 = 0.225kg	70
3.5. Tablas comparativas generales con Masa 1 = 0.22 kg y Masa 2 = 0.25kg	88
CAPÍTULO IV.....	36
4.1. CONCLUSIONES	36
4.2. RECOMENDACIONES	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Materia prima utilizada en el modelo	3
Tabla 2.2. Datos de entrada y salida.....	16
Tabla 2.3. Inercia del perfil	22
Tabla 3.1 Resultados de los ensayos realizados	36
Tabla 3.2 Resultados de los ensayos realizados	36
Tabla 3.3 Primera combinación masa de 0.2, 0.21 y ángulo de 0 grados	36
Tabla 3.4 Segunda combinación masa de 0.2, 0.21 y ángulo de 10 grados	39
Tabla 3.5 Tercera combinación masa de 0.2, 0.21 y ángulo de 20 grados	43
Tabla 3.6 Cuarta combinación masa de 0.2, 0.21 y ángulo de 30 grados	47
Tabla 3.7 Quinta combinación masa de 0.21, 0.225 y ángulo de 0 grados	54
Tabla 3.8 Sexta combinación masa de 0.21, 0.225 y ángulo de 10 grados	58
Tabla 3.9 Séptima combinación masa de 0.21, 0.225 y ángulo de 20 grados	62
Tabla 3.10 Octava combinación masa de 0.21, 0.225 y ángulo de 30 grados	66
Tabla 3.11 Novena combinación masa de 0.22, 0.25 y ángulo de 0 grados	72
Tabla 3.12 Decima combinación masa de 0.22, 0.25 y ángulo de 10 grados	76
Tabla 3.13 Onceava combinación masa de 0.22, 0.25 y ángulo de 20 grados.....	80
Tabla 3.14 Doceava combinación masa de 0.22, 0.25 y ángulo de 30 grados.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Diagrama de Diseño.	8
Figura 2.2: Diagrama de Construcción.	10
Figura 2.3: Esquema de trabajo.....	11
Figura 2.4: Medición de ángulo con inclinómetro.....	13
Figura 2.5. Variación de energía potencial	15
Figura 2.6. Regla digital por infrarrojo	16
Figura 2.7. Partes principales del banco de pruebas	17
Figura 2.8. Banco de pruebas para calcular la potencia, trabajo y energía	18
Figura 2.9 Diagrama de cuerpo libre.....	18
Figura 2.10. Sección transversal del riel	21
Figura 2.11. Deflexión de riel	23
Figura 2.12. Diagrama de cuerpo libre de la viga de elevación	24
Figura 2.13. Modelo del banco de pruebas finalizado	26
Figura 2.14. Banco de pruebas en superficie plana.....	26
Figura 2.15. Conexión a red eléctrica de la máquina.....	27
Figura 2.16. Comprobación de sistemas electrónicos	27
Figura 2.17. Comprobación de sistemas mecánicos	28
Figura 2.18. Masa del móvil sin peso adicional	28
Figura 2.19. Masa del móvil con peso adicional	28
Figura 2.20. Masa del contrapeso	29
Figura 2.21. Verificación del ángulo con inclinómetro	29
Figura 2.22. Mordaza de seguridad	29
Figura 2.23. Verificación de altura por medio de regla digital	30
Figura 2.24. Ingreso de valores de entrada	30
Figura 2.25. Móvil en posición	31
Figura 2.26. Liberación del móvil	31
Figura 2.27. Cálculo de datos	31
Figura 2.28. reinicio de datos	32
Figura 2.29. Diagrama del problema	32
Figura 2.30 Diagrama de cuerpo libre	32
Figura 2.31. Variación de energía potencial	35

Figura 3.1. Gráfica tiempo real vs tiempo calculado con ángulo de 0 grados masa 2.20,2.21	37
Figura 3.2. Gráfica trabajo real vs trabajo calculado con ángulo de 0 grados masa 2.20,2.21	37
Figura 3.3. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulo de 0 grados masa 2.20,2.21	38
Figura 3.4. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulo de 0 grados masa 2.20,2.21	38
Figura 3.5. Gráfica tiempo real vs tiempo calculada con ángulo de 10 grados masa 2.20,2.21	40
Figura 3.6. Gráfica trabajo real vs trabajo calculada con ángulo de 10 grados masa 2.20,2.21	41
Figura 3.7. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulo de 10 grados masa 2.20,2.21	41
Figura 3.8. Gráfica energía cinética real vs energía cinética a calculada con ángulo de 10 grados masa 2.20,2.21	42
Figura 3.9. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulo de 10 grados masa 2.20,2.21	42
Figura 3.10. Gráfica tiempo real vs tiempo calculada con ángulo de 20 grados masa 2.20,2.21	44
Figura 3.11. Gráfica trabajo real vs trabajo calculada con ángulo de 20 grados masa 2.20,2.21	45
Figura 3.12. Gráfica Potencia real vs Potencia calculada con ángulo de 20 grados masa 2.20,2.21	45
Figura 3.13. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulo de 20 grados masa 2.20,2.21	46
Figura 3.14. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulo de 20 grados masa 2.20,2.21	46
Figura 3.15. Gráfica Tiempo real vs tiempo calculada con ángulo de 30 grados masa 2.20,2.21	48
Figura 3.16. Gráfica Trabajo real vs trabajo calculada con ángulo de 30 grados masa 2.20,2.21	49

Figura 3.17. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulo de 30 grados masa 2.20,2.21.....	49
Figura 3.18. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulo de 30 grados masa 2.20,2.21	50
Figura 3.19. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulo de 30 grados masa 2.20,2.21	50
Figura 3.20. Gráfica tiempo real vs tiempo calculado con ángulos de 0, 10, 20, 30 grados masa 2.20,2.21	51
Figura 3.21. Gráfica trabajo real vs trabajo calculado con ángulos de 0, 10, 20, 30 grados masa 2.20,2.21	52
Figura 3.22. Gráfica potencia real vs potencia calculado con ángulos de 0, 10, 20, 30 grados masa 2.20,2.21	53
Figura 3.23. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulos de 0, 10, 20, 30 grados masa 2.20,2.21	53
Figura 3.24. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulos de 0, 10, 20, 30 grados masa 2.20,2.21	54
Figura 3.25. Gráfica tiempo real vs tiempo calculada con ángulos de 0, grados masa 0.21,0.225	55
Figura 3.26. Gráfica trabajo real vs trabajo calculada con ángulos de 0, grados masa 0.21,0.225	56
Figura 3.27. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulos de 0, grados masa 0.21,0.225	56
Figura 3.28. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulos de 0, grados masa 0.21,0.225	57
Figura 3.29. Gráfica tiempo real vs tiempo calculada con ángulos de 10, grados masa 0.21,0.225	59
Figura 3.30. Gráfica trabajo real vs trabajo calculada con ángulos de 10, grados masa 0.21,0.225	59
Figura 3.31. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulos de 10, grados masa 0.21,0.225	60
Figura 3.32. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulos de 10, grados masa 0.21,0.225	60

Figura 3.33. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulos de 10, grados masa 0.21,0.225	61
Figura 3.34. Gráfica tiempo real vs tiempo calculada con ángulos de 20, grados masa 0.21,0.225	63
Figura 3.35. Gráfica trabajo real vs trabajo calculado con ángulos de 20, grados masa 0.21,0.225	63
Figura 3.36. Gráfica potencia real vs potencia calculado con ángulos de 20, grado masa 0.21,0.225	64
Figura 3.37. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculado con ángulo de 20, grados masa 0.21,0.225.....	64
Figura 3.38. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculado con ángulo de 20, grados masa 0.21,0.225	65
Figura 3.39. Gráfica tiempo real vs tiempo calculado con ángulo de 30, grados masa 0.21,0.225	67
Figura 3.40. Gráfica trabajo real vs trabajo calculado con ángulo de 30, grados masa 0.21,0.225	67
Figura 3.41. Gráfica potencia real vs potencia calculado con ángulo de 30, grados masa 0.21,0.225	68
Figura 3.42. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculado con ángulo de 30, grados masa 0.21,0.225	68
Figura 3.43. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulo de 30, grados masa 0.21,0.225	69
Figura 3.44. Gráfica Tiempo real vs tiempo calculada con ángulos de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.21,0.225	70
Figura 3.45. Gráfica trabajo real vs trabajo calculada con ángulos de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.21,0.225	70
Figura 3.46. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulos de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.21,0.225	71
Figura 3.47. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulos de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.21,0.225	71
Figura 3.48. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulos de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.21,0.225	72

Figura 3.49. Gráfica tiempo real vs tiempo calculada con ángulo de 0, grados masa 0.22,0.25	73
Figura 3.50. Gráfica trabajo real vs trabajo calculado con ángulo de 0, grados masa 0.22,0.25	74
Figura 3.51. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulo de 0, grados masa 0.22,0.25	74
Figura 3.52. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulo de 0, grados masa 0.22,0.25	75
Figura 3.53. Gráfica tiempo real vs tiempo calculado con ángulo de 10, grados masa 0.22,0.25	77
Figura 3.54. Gráfica trabajo real vs trabajo calculado con ángulo de 10, grados masa 0.22,0.25	77
Figura 3.55. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulo de 10, grados masa 0.22,0.25.....	78
Figura 3.56. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulo de 10, grados masa 0.22,0.25	78
Figura 3.57. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulo de 10, grados masa 0.22,0.25	79
Figura 3.58. Gráfica tiempo real vs tiempo calculada con ángulo de 20, grados masa 0.22,0.25	81
Figura 3.59. Gráfica trabajo real vs trabajo calculado con ángulo de 20, grados masa 0.22,0.25	81
Figura 3.60. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulo de 20, grados masa 0.22,0.25	82
Figura 3.61. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulo de 20, grados masa 0.22,0.25	82
Figura 3.62. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulo de 20, grados masa 0.22,0.25	83
Figura 3.63. Gráfica tiempo real vs tiempo calculado con ángulo de 30, grados masa 0.22,0.25	85
Figura 3.64. Gráfica trabajo real vs trabajo calculado con ángulo de 30, grados masa 0.22,0.25	85

Figura 3.65. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulo de 30, grados masa 0.22,0.25.....	86
Figura 3.66. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulo de 30, grados masa 0.22,0.25	86
Figura 3.67. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulo de 30, grados masa 0.22,0.25	87
Figura 3.68. Gráfica tiempo real vs tiempo calculado con ángulo de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.22,0.25	88
Figura 3.69. Gráfica trabajo real vs trabajo calculado con ángulo de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.22,0.25	88
Figura 3.70. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulo de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.22,0.25	89
Figura 3.71. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulo de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.22,0.25	89
Figura 3.72. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulo de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.22,0.25	90

RESUMEN EJECUTIVO

En este proyecto se presenta la necesidad de contar con material didáctico para los laboratorios, específicamente en el área de física, permitiendo que los estudiantes de la Facultad tengan una herramienta que facilite la comprensión en los temas: trabajo, potencia y energía de un cuerpo.

En el presente proyecto se realizó la construcción de un banco de pruebas, iniciando con la creación de los planos con la ayuda de un software, para los cuales se tomaron en consideración los materiales y medidas de los componentes principales de la máquina, una base de acero A36 como estructura, un PLC Mitsubishi fx1 16MR, una pantalla HMI, Sensores de movimiento infrarrojo, fuentes de poder y relés, los cuales en conjunto realizan la función requerida propia del banco de pruebas.

Se prestó mayor interés a los datos de entrada más importantes como son: las masas y el ángulo de inclinación, posteriormente se efectuaron 12 ensayos variando estos datos, para iniciar las comparaciones se ingresaron las masas a un ángulo determinado, se repitió el ensayo utilizando las mismas masas con la diferencia que en esta ocasión el ángulo sería distinto permitiendo comparar los datos arrojados por el banco de pruebas y los cálculos realizados manualmente por medio de la física newtoniana.

Finalmente se concluye que el banco de pruebas se comporta en conformidad a los objetivos planteados, donde los cálculos de error no sobrepasan un seis por ciento, demostrando que los datos arrojados por el banco de prueba y calculados teóricamente son similares.

Palabras Claves: Banco de Pruebas, Física Newtoniana, Ángulo de inclinación, Velocidad, Energía cinética, Energía potencial, Masa.

Revisado 4/07/2023

ABSTRACT

This project presents the need to have didactic material for laboratories, specifically in the area of physics, allowing Faculty students to have a tool that facilitates understanding of the topics: work, power and energy of a body.

In the present project, the construction of a test bench was carried out, beginning with the creation of the plans with the help of software, for which the materials and measurements of the main components of the machine were taken into consideration, a database of A36 steel as a structure, a Mitsubishi fx1 16MR PLC, an HMI screen, infrared motion sensors, power sources and relays, which together perform the required function of the test bench.

Greater interest was paid to the most important input data such as: the masses and the angle of inclination, later 10 tests were carried out varying these data, to start the comparisons the masses were entered at a certain angle, the test was repeated using the same masses with the difference that on this occasion the angle would be zero allowing to compare the data obtained from the test bench and the calculations carried out manually by means of Newtonian physics.

At the end of the test bench, it will be delivered to the Faculty of Civil and Mechanical Engineering, who will make it available to students, ensuring their educational well-being.

Keywords: Test Bench, Newtonian Physics, Angle of inclination, Speed, Kinetic energy, Potential energy, Mass.

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS QUE PERMITA DETERMINAR LA POTENCIA, TRABAJO Y ENERGÍA PARA EL LABORATORIO DE FÍSICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA”

1.1. Antecedentes Investigativos

En [1], todos los cuerpos pueden modificar continuamente sus características, tanto en forma, temperatura y composición. Para poder llevar a cabo estas modificaciones es necesario de energía; esta palabra es aplicada a todo aquello que es capaz de realizar un trabajo, en la física este tiene un concepto específico, pero se encuentra estrechamente ligada a diferentes actividades cotidianas, principalmente se trata del desplazamiento de un cuerpo es decir, para que haya trabajo es necesario que la fuerza que se está aplicando al cuerpo desplace su punto de aplicación a una determinada distancia, cuando se definió el concepto no se hizo referencia al tiempo invertido para realizarlo, es así, que para subir un cuerpo a una determinada altura no importa que método se utilice, si subirlo a mano o con un montacarga, el trabajo realizado siempre es el mismo, pues se traslada el peso a una determinada altura, pero el tiempo empleado será probablemente distinto, como el montacarga realiza el trabajo a menor cantidad de tiempo se concluye que tiene más potencia, por lo que se dice que la potencia es el trabajo realizado en cada unidad de tiempo.

Según [2], la energía se encuentra estrechamente ligada al trabajo, pues es la capacidad que poseen los cuerpos para llevarlo a cabo. Por lo tanto, es necesario de energía para que un cuerpo o máquina funcione, Se pueden destacar dos tipos principales: energía cinética, es aquella que poseen los cuerpos en movimiento y energía potencial, la cual depende de la posición del cuerpo en el espacio, en este caso se dice que interviene un campo de fuerza.

De acuerdo a [4], en física el trabajo se reduce principalmente a la transformación que sufren los cuerpos, dentro de las más comunes que se puede encontrar son las transformaciones mecánicas (transformaciones en el estado de movimiento de un

cuerpo), si el cuerpo se mueve en el mismo sentido que actúa la fuerza este será un trabajo motor, por otra parte, si el cuerpo se mueve en sentido contrario a la fuerza se lo conoce como trabajo resistente, al trabajo motor se le considera positivo mientras que al trabajo resistente se lo considera negativo, un claro ejemplo de un trabajo motor positivo es la fuerza que se encarga de alar un cuerpo(motor positivo) pues la fuerza se mueve en dirección al objeto, mientras que la fuerza de fricción se considera (resistente negativa) pues actúa contraria al movimiento del cuerpo.

A juicio de [5], cuando se compara un motor o maquinaria el punto más importante a tomar en cuenta es la rapidez con que estos pueden realizar un trabajo, dentro de la ingeniería el concepto de potencia lleva gran importancia en la física, pues cuando un ingeniero emprende un proyecto sobre el diseño de una máquina, se centra principalmente en la cantidad de trabajo que esta puede realizar, esto es lo que se llama potencia, técnicamente la potencia es igual al trabajo que se realiza por unidad de tiempo, este dato es de suma importancia al momento de seleccionar un motor o maquinaria con características específicas de trabajo.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseño y construcción de un banco de pruebas que permita determinar la potencia, trabajo y energía para el laboratorio de física de la facultad de ingeniería civil y mecánica.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar los parámetros mecánicos para la construcción de un banco de pruebas que permita la obtención de potencia, trabajo y energía.
- Diseñar y seleccionar los elementos que conformen el banco de pruebas de acuerdo con los estándares internacionales de construcción de equipos de laboratorio de física.
- Realizar pruebas de funcionamiento y validar los resultados que entrega el banco de pruebas con la teoría de la física newtoniana.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. Materiales Materia Prima

En la tabla 2.1 se puede apreciar los componentes básicos de manufactura que se utilizarán para la creación del modelo propuesto.

Tabla 2.1 Materia prima utilizada en el modelo [Autor]

MATERIALES UTILIZADOS					
#	Esquema	Elemento	Material	Descripción	Cantidad
1		Estructura o base	Acero A36	Altura 1.0 m Largo 1.20 m Ancho 0.5 m	1
2		Perfil de aluminio	Aluminio	Ancho 8cm Largo 1.20 m Altura 5 cm	1
3		Bisagra	Acero	Ancho 3.3 cm Largo 6.3 cm Espesor 2mm	2

#	Esquema	Elemento	Material	Descripción	Cantidad
4		Rodamiento	Acero	<p>Ø eje 5 mm</p> <p>Ø exterior 1.5</p> <p>Espesor 5 mm</p>	1
5		PLC Mitsubishi fx1 16 MR	Plástico & componen tes electrónic os	<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de alimentación 12-24 V DC • Fuente de tensión de servicio 24V DC 400mA • Entradas 8. • Memoria de programación 8kb. • Tiempo de procesamiento 0,55 µs • Entradas analógicas 66 • Salidas analógicas 32. 	1

#	Esquema	Elemento	Material	Descripción	Cantidad
6		Pantalla HMI samkoon	Plástico & Componentes electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño de pantalla 4.3plg • Alimentación 24V • Resolución 480*272. • Iluminación LED. • Pantalla táctil de alta precisión de 4 cables. • Peso 0.2 kg 	1
7		Sensor de movimiento infrarrojo.	Baquelita & componentes electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentación 3.3 V - 5 V • Rango de detección 20-30 cm. • Ángulo de detección 35 °. • Sensibilidad ajustable. • Peso 0.001kg 	2

#	Esquema	Elemento	Material	Descripción	Cantidad
8		Fuente de poder 24 V	Plástico & componentes electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia de salida 72W. • Voltaje de salida 24V DC • Corriente de salida 3A. • Temperatura y humedad de trabajo - 10°C + 50°C, 20% humedad. 	1
9		Fuente de poder 5 V	Plástico & componentes electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje entrado 110V - 220V 50-60 HZ. • Potencia salida 15 W. • Temperatura de trabajo. -10°C + 50°C 	1
10		Micro relés	Plástico aislante & Cobre	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto conmutado • 24V. • 2 contactos. 	4

#	Esquema	Elemento	Material	Descripción	Cantidad
11		Cable o cuerda	Polyester	<ul style="list-style-type: none"> • Longitud 1.40 m • Diámetro 2 mm • E=323000000 (N/m²) 	1
12		Cable de transferencia de datos Cable de módem nulo serie RS232 de 10 pines	Plástico, caucho, cobre.	<ul style="list-style-type: none"> • Conector serial • Cable HDMI • Compatibilidad en dispositivos Modem, computadoras personales impresoras etc 	1
13		Pesas calibradas	Acero 1018	<ul style="list-style-type: none"> • Pesos variables de 100 a 500 gr. • Dimensiones variables. 	10
14		Balanza	Metal componentes electrónicos, polímeros	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología en sensor avanzado. • Resultados en onzas, gramos y libras. 	1

2.2. Diagrama de Diseño

En la figura 2.1 se muestra el diagrama de diseño considerando aspectos importantes como son variables de entrada, variables de salida y dimensiones.

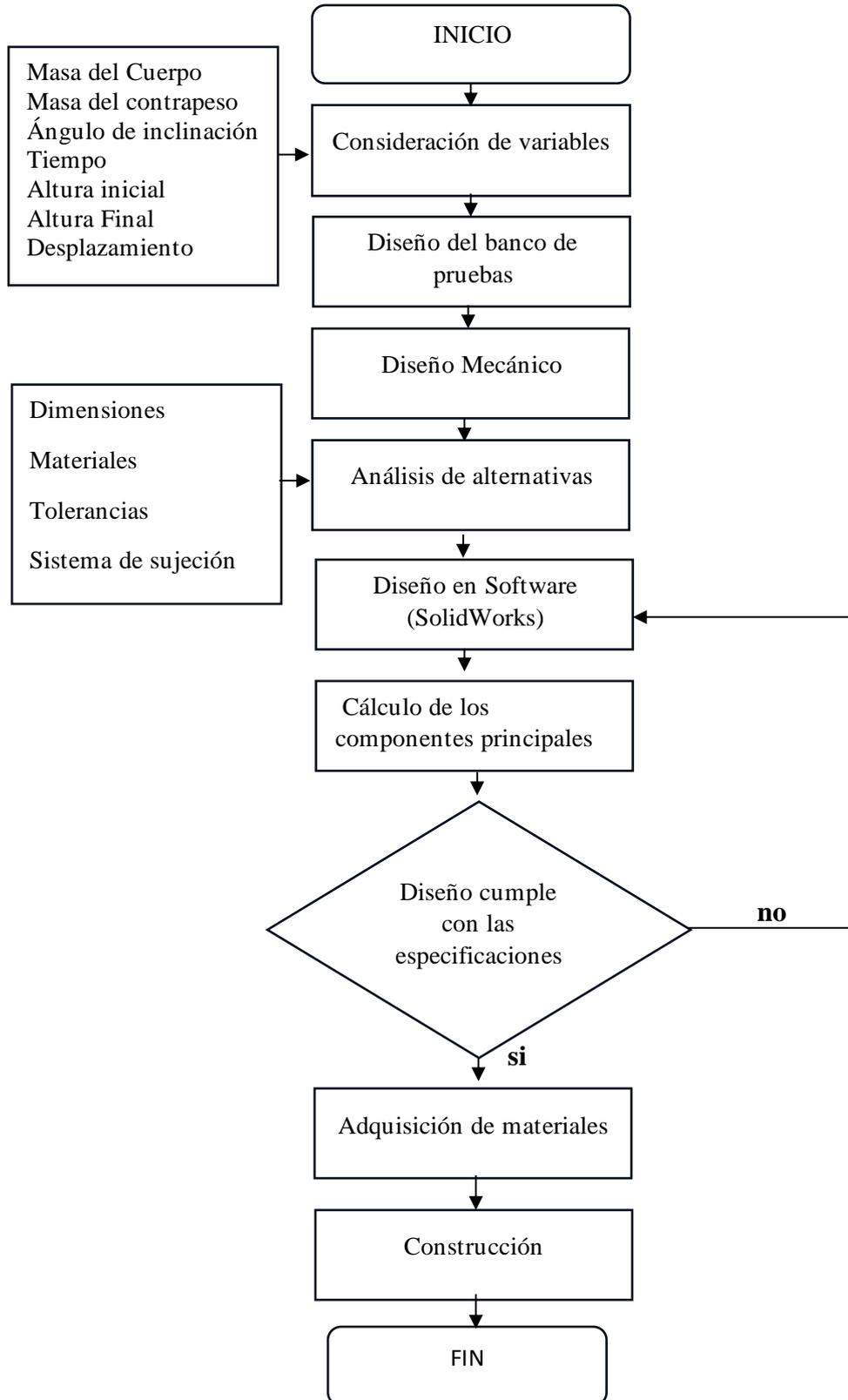
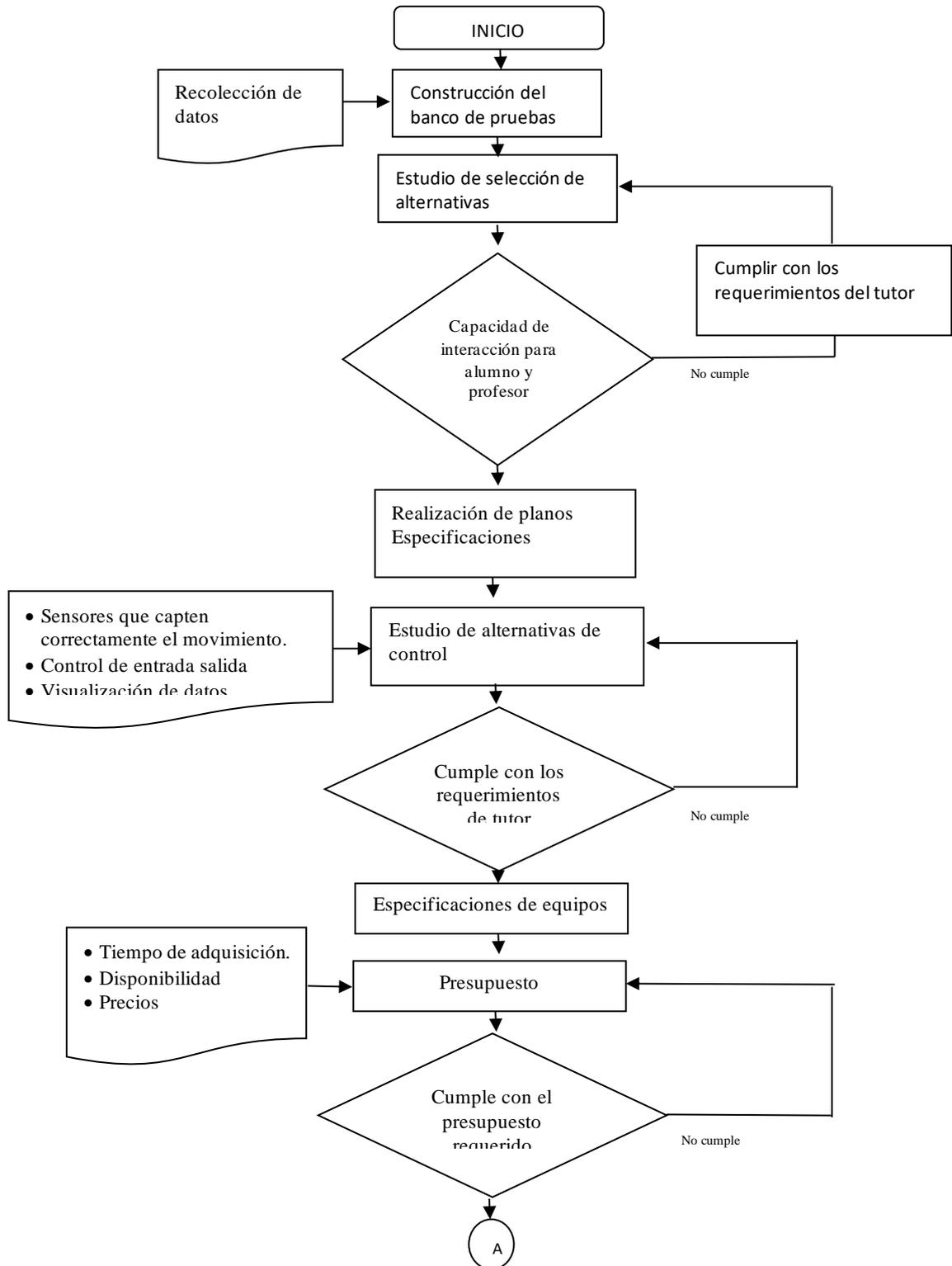


Figura 2.1: Diagrama de Diseño. [Autor]

2.3. Diagrama de construcción

En la figura 2.2 se muestra el diagrama de construcción, considerando ciertos factores como:



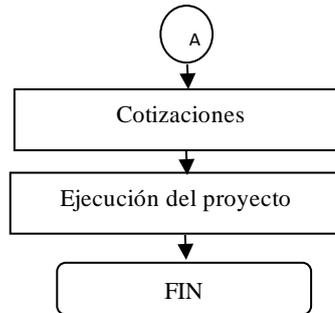


Figura 2.2: Diagrama de Construcción. [Autor]

2.4. Metodología

2.4.1. Bibliográfico

Este método permitió adquirir mayor conocimiento sobre el tema a estudiar, su función principalmente fue buscar fuentes de información confiables relacionadas con el tema, sean estas libros, catálogos, artículos científicos o videos, inmiscuyendo información específica durante el proyecto, el método permaneció presente durante todo el tiempo de ejecución, pues se buscó información necesaria para resolver los problemas presentes en el desarrollo del mismo, permitiendo la valoración y análisis de diferentes opciones donde se pudo empezar abordar el proyecto con una base informativa valida.

2.4.2. Experimental

En base a prueba error se pueden seleccionar las partes que cumplen con el objetivo dado, este método interviene principalmente en la selección de elementos, pues gracias a la realización de diferentes pruebas se pudo seleccionar los componentes que mejor cumplen con el propósito del diseño y eliminar otros que implicarían un problema futuro durante la construcción y funcionamiento de la máquina, un claro ejemplo es el sistema de elevación donde fue necesario la utilización de este método.

2.4.3. Campo

Mediante este método se pudo comparar los datos obtenidos en la máquina con los datos obtenidos en papel, además de realizar diferentes ensayos por medio de la variabilidad de los datos de entrada, en este caso en particular las masas con las que se realizan el ensayo y la inclinación de la plataforma, es entonces que este método fue importante al momento de obtener los resultados y corroborarlos con cálculos realizados con la física newtoniana.

2.5. Parámetros del mecanismo

Dentro de la física se encuentran temas puntuales como lo es el trabajo, la potencia y la energía, a la física se le considera como una ciencia influyente debido a que ayuda al ser humano a comprender su entorno y se ha transformado en nueva tecnología, por ende, un beneficio para él mismo. [1]

2.5.1. Trabajo

Para que exista trabajo es necesario que la fuerza pueda desplazar su punto de aplicación a una distancia determinada como se muestra en la figura 2.3, en términos dinámicos el trabajo se define como el producto de una fuerza aplicada por la distancia o espacio que ha recorrido el cuerpo en la misma dirección de la fuerza. [6]

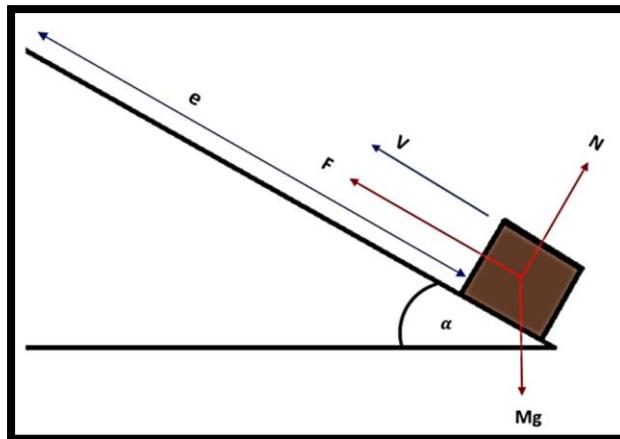


Figura 2.3: Esquema de trabajo. [3]

Es entonces que el trabajo realizado por la fuerza (F) al desplazar el punto de aplicación en una distancia (e) se puede expresar según la ecuación (1) [6][7]:

$$W = F \cdot e \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

Donde:

W= Trabajo

F= Fuerza

e = Espacio

$$F = m * g \quad (2)$$

Donde:

m = Masa

g = Gravedad

El banco debe proporcionar la manera de ingresar el parámetro masa, por lo tanto, se debe incluir un sistema que permita realizar dicha función, este consta de un porta pesas donde se coloca diferentes probetas cuyas masas varían dependiendo del ensayo a realizar, para proporcionar el movimiento al sistema se optó por la caída libre de un contrapeso, este se encuentra unido directamente al carro o móvil por medio de un hilo permitiendo halarlo, el móvil es un chasis de aluminio montado sobre 4 rodamiento donde será colocada la masa (dato de entrada), al igual que la masa del contrapeso esta puede variar de 0.1 kg a 0.25 kg según el ensayo a realizar. El carro o móvil se monta sobre el riel de aluminio permitiendo activar y desactivar los sensores al momento de pasar por frente de ellos, al igual que la masa del móvil la masa del contrapeso será multiplicada por la gravedad o aceleración, obteniendo finalmente la fuerza con la que el móvil es halado, por otra parte, el banco debe contar con un espacio donde se pueda demostrar el recorrido, distancia (e), la longitud de ensayo es de 1 m pues es la distancia en la cual dos sensores se encuentran colocados para realizar la prueba, se optó por esta longitud debido a la facilidad de cálculo y dimensiones de la máquina, pues con esta longitud su diseño no tendrá dimensiones exageradas, por otra parte, implementar un riel muy pequeño dificultaría la comprensión de la prueba, ya que el esta terminaría de forma apresurada, dificultando observar el funcionamiento del recorrido del carro, activación y desactivación de los sensores.

Por otra parte, el banco debe contener una manera de generar un ángulo de inclinación, esto se consigue inclinando el riel por donde el móvil transita, esta inclinación será dada de forma manual por medio de una guía con eslabones de seguridad a los lados, para conocer el grado de inclinación se utiliza un inclinómetro como se muestra en la figura 2.4, una vez la plataforma llegue a la inclinación deseada se procede a asegurar la misma con los eslabones de seguridad garantizando que el ángulo no varíe durante la prueba, tomando en cuenta que el ángulo mínimo es 0 grados y el ángulo máximo es 45 grados con la horizontal, se tomó el valor de este ángulo porque el móvil se encuentra encarrilado sobre un riel de aluminio, por medio de ensayo prueba y error cuando se trabaja con ángulos superiores y velocidades altas el móvil tiende a descarrilar del riel, ocasionando exceso de fricción incluso llegar a detenerse, un segundo motivo es que el riel con un ángulo superior a 45 grados tendería a desestabilizar la máquina por su altura.



Figura 2.4: Medición de ángulo con inclinómetro. [Autor]

2.5.2. Potencia

Dentro de la física como tal la potencia se encuentra dada como el trabajo realizado en cada unidad de tiempo, es decir si la fuerza aplicada en un cuerpo realiza un trabajo W en el tiempo t , la potencia está dada según la ecuación (3). [8][5]

$$P = \frac{W}{t} \quad (3)$$

Donde:

P= Potencia

W= Trabajo

t= Tiempo

El trabajo se obtiene de la ecuación (1), por otra parte, el banco debe generar el tiempo de recorrido del móvil, para esto se utiliza dos sensores de movimiento infrarrojo marca Pzsmocn, Sensor de proximidad/IR, cuya histéresis es de 0.001, posee un rango de detección de 2 a 30 cm y un ángulo de detección de 35 ° emite un haz infrarrojo y recibe un haz de reflejo, estos se ubican al inicio y al final del riel permitiendo iniciar y finalizar un contador interno del PLC'S , se utiliza este equipo principalmente por sus características pues permite realizar cálculos internamente, he ingresar algoritmos quienes arrojan resultados por medio de la pantalla HMI, es un dispositivo confiable para procesar operaciones, permite leer y controlar impulsos digitales, además ayuda incorporar un programa que sea capaz de gestionar todo un equipo, controlando las operaciones a cumplir, este posee un tamaño reducido y fácil transporte, con el equipo se pretende dar mayor robustes al sistema pues tiene la capacidad de funcionar en un duro entorno, donde intervienen altas temperaturas, ruidos eléctricos, impactos y vibraciones, lo contrario ocurriría con una tarjeta DAQ la cual no soporta un entorno

hostil y ocasionaría problemas en el funcionamiento de la máquina, finalmente posee un total de ocho entradas digitales de las cuales se ocuparán solamente dos, dejando varias libres para un proceso de automatización total en el futuro, como puede ser la implementación de un sistema de lazo cerrado que permita controlar un motor a pasos el cual será utilizado para elevar el riel de aluminio por donde el móvil pasa.

2.5.3. Energía

La energía mecánica es toda aquella capaz de producir cambios de posición, velocidad o de forma en los cuerpos, dentro de las cuales las principales son. La energía cinética y la energía potencial. [5]

- **Energía cinética**

La energía cinética es aquella que poseen los cuerpos en movimiento, esta se expresa como (E_c), donde se aplica una fuerza F durante un tiempo t , solo depende de la masa y velocidad a la que se desplaza, finalmente, la ecuación de la energía cinética es:[9][1]

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (4)$$

Donde:

E_c = Energía Cinética

m = Masa

v = Velocidad

La velocidad se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$V = a * t \quad (5)$$

V = Velocidad

a = aceleración

t = Tiempo

Cuyos datos fueron obtenidos en el anterior apartado.

- **Energía potencial**

Dependiendo de la altura del suelo en la que se encuentre un cuerpo, este poseerá energía potencial, la cual se denomina energía potencial gravitatoria, debido a que depende de la posición en el campo gravitatorio terrestre. Se puede calcular su valor mediante el trabajo necesario para elevar un cuerpo de masa m a una altura h . [10]

La ecuación de la energía potencial es:

$$E_p = m . g . h \quad (6)$$

Donde:

E_p = Energía Potencial

m = Masa

g = Gravedad

h = Altura

Por otro lado, el trabajo del peso de un objeto cuando se desliza sobre un plano inclinado, sin rozamiento de una altura inicial h_o a una altura final h_f es.[2]

$$W = m \cdot g \cdot \text{sen } \theta \cdot h \text{ pero } h \text{ sen } \theta = h_o - h_f$$

W = Trabajo

m = Masa

h = Altura

Donde:

$$h = (h_f - h_i) \text{ como se muestra en la figura (2.5)}$$

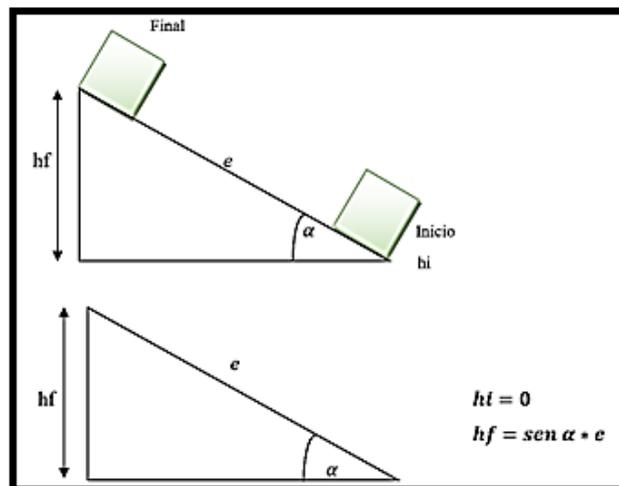


Figura 2.5. Variación de energía potencial [Autor]

Por lo tanto, la ecuación de la energía potencial cuando se desliza por un plano inclinado está dada por:

$$W = m g (h_o - h_f) = mgh_o - mgh_f \quad (7)$$

Dentro del proyecto, las alturas se obtienen por medio de una regla digital como se muestra en la figura 2.6, permitiendo conocer la altura inicial (h_o) y la altura final (h_f), por medio de la pantalla HMI estas alturas serán ingresadas para realizar el cálculo a través del PLC`S.



Figura 2.6. Regla digital por infrarrojo

- **Energía total**

Un cuerpo puede poseer a la vez energía cinética como energía potencial, un claro ejemplo es un avión que se mueve a cierta altura, este posee energía cinética como energía potencial gravitatoria, la energía total de un cuerpo es la sumatoria de todas las energías que este posee.[11]

$$ET = Ec + Ep = \frac{1}{2} m v^2 + mgh \quad (8)$$

Donde:

ET= Energía Total

Ec= Energía Cinética

EP=Energía Potencial

Con lo antes mencionado en la tabla 2.2, se puede observar los datos de entrada los cuales se deberán ingresar para que la máquina pueda arrojar los resultados (datos de salida).

Tabla 2.2. Datos de entrada y salida [Autor]

DATOS DE ENTRADA				DATOS DE SALIDA		
	NOMBRE	SÍMBOLO	UNIDADES	NOMBRE	SÍMBOLO	UNIDADES
Masa del cuerpo	Masa	m	Kilogramo(Kg)	Fuerza	F	Newton (N)
Masa del contrapeso	Masa	m	Kilogramo(Kg)	Trabajo	W	Julio(J)
Ángulo de inclinación	Ángulo	∠	Grados(°)	Potencia	P	Vatio(W)
Desplazamiento	Distancia	e	Metros(m)	velocidad	V	m/s
Tiempo	Tiempo	s	Segundos (s)	Energía cinética	Ec	Julio(J)
Altura inicial	Altura	ho	Metros (m)	Energía potencial	Ep	Julio(J)
Altura final	Altura	hf	Metros (m)	Energía total	Et	Julio(J)

El bosquejo principal del que parte el proyecto se presenta en la figura 2.7, donde se visualizan las partes de la máquina, por otra parte, en la figura 2.8 se aprecia a la máquina en la realidad, para ver la viabilidad de este modelo se realizan los cálculos de cada pieza.

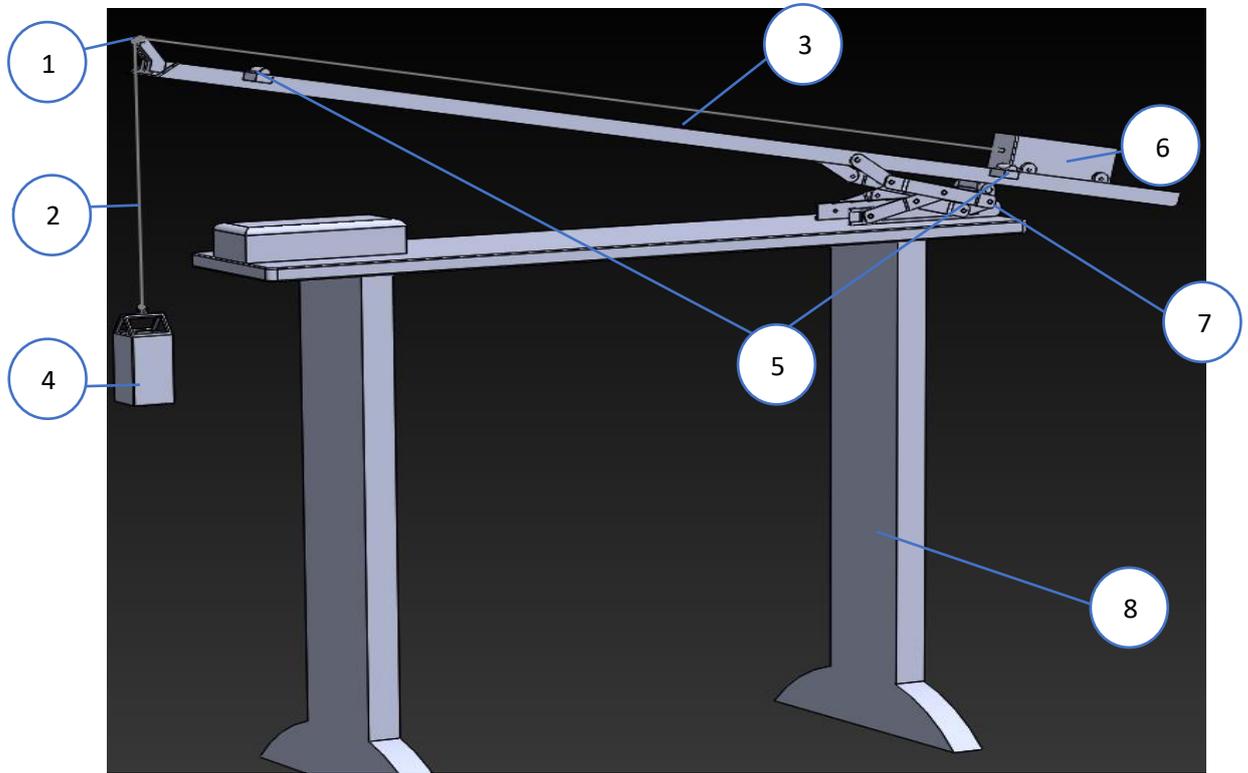


Figura 2.7. Partes principales del banco de pruebas [Autor]



Figura 2.8. Banco de pruebas para calcular la potencia, trabajo y energía [Autor]

2.6. Partes principales del banco de pruebas

Polea

La polea se la toma en cuenta para el diseño debido a que permite cambiar la dirección de la fuerza con la que el carro es alado, transfiriendo la fuerza del contrapeso al móvil como se muestra en la figura 2.9.

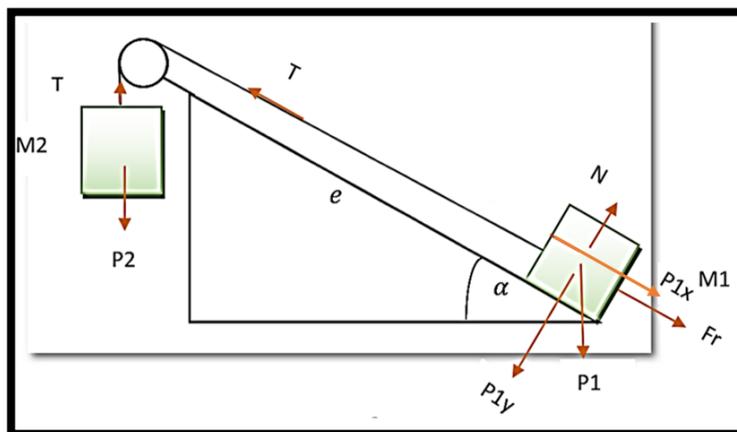


Figura 2.9 Diagrama de cuerpo libre [Autor]

Datos

$$m1 = 0.2 \text{ kg}$$

$$m2 = 0.21 \text{ kg}$$

$$P1 = 0.2 * 9.81 = 1.962N$$

$$P2 = 0.274 * 9.81 = 2.06N$$

$$P1x = m * g \text{ sen } 35^\circ = 0.2kg * 9.81 \frac{m}{s^2} \text{ sen } 35^\circ = 1.125 N$$

$$P1y = m * g \text{ cos } 35^\circ = 0.2kg * 9.81 \frac{m}{s^2} \text{ cos } 35^\circ = 1.607N$$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$N - P1y = 0$$

$$N = P1y$$

$$P1y = 1.607 = N$$

$$Fr = u * N$$

Coeficiente de fricción riel rueda (0.1)

$$Fr = 0.1 * 1.607$$

$$Fr = 0.1607$$

Eje del movimiento

$$T - P1x - Fr = m1 * a \quad \text{para } m1$$

$$P2 - T = m2 * a \quad \text{para } m2$$

$$P2 - Fr - P1x = (m1 + m2)a$$

$$a = \frac{P2 - Fr - P1x}{m1 + m2}$$

$$a = \frac{2.06 - 0.1607 - 1.125}{0.2 + 0.21}$$

$$a = 1.88 \frac{m}{s^2}$$

$$T = (m1 * a) + P1x + Fr$$

$$T = (0.2 * 1.88) + 1.125 + 0.1607$$

$$T = 1.66 N$$

Según los cálculos realizados se seleccionó una polea de acrílico con rodamiento en el eje capaz de soportar tensiones superiores a 75 N lo que implica que no existirá ningún problema en el momento de su funcionamiento pues, la tensión calculada en el cable es de 1.919 N muy inferior al límite de su capacidad, la selección se basa

principalmente por los pesos que se manejan, los cuales no son altos (máximo 0.22 kg y min 0.1 kg), además de coincidir con las dimensiones necesarias en el modelo para que oponga la mínima cantidad de fricción.

Cable o cuerda

La máquina debe encontrar la manera de transmitir el movimiento desde el contra peso hacia el carro o móvil, para lo cual se utiliza una cuerda o cable, para esto se toma en cuenta dos opciones de material, el nylon y el polyester, según [12], se presenta el cálculo del estiramiento en cada caso facilitando la selección del material, para esto se utiliza la ecuación 9.

$$y = \frac{F * l}{A * Al} \quad (9)$$

Donde:

y: Módulo de elasticidad o módulo de Young (N/m^2)

l: Longitud (m)

A: Área transversal (m^2)

Al: Estiramiento (m)

Datos:

Módulo de estiramiento del nylon = $2690000000(N/m^2)$

Módulo de estiramiento del polyester = $3230000000(N/m^2)$

D= 2.4 mm = 0.0024 m

L= 1.25 m

F = T = 1.919 N

$$A = \frac{1}{4} * \pi * (0.0024)^2$$

$$A = 0.000004523m^2$$

Desarrollo:

De la ecuación 9 se despeja Al que es el estiramiento que tendrá el hilo, entonces:

- Estiramiento para el hilo nylon:

$$Al = \frac{F * l}{A * y}$$

$$Al = \frac{(1.919N)*(1.25m)}{(2690000000 \frac{N}{m^2})*(0.000004523 m^2)}$$

$$Al = 0.000197 m$$

$$Al = 0.197 \text{ mm}$$

- Estiramiento del hilo de polyester:

$$Al = \frac{(1.919N) \cdot (1.25 \text{ m})}{\left(3230000000 \frac{N}{m^2}\right) \cdot (0.000004523 \text{ m}^2)}$$

$$Al = 0.00164$$

$$Al = 0.164 \text{ mm}$$

Con los resultados obtenidos y según las características necesarias que el hilo debe tener el material seleccionado es el polyester pues tiene menos estiramiento que el nylon, característica fundamental al momento de realizar el ensayo, además este puede soportar masas de hasta 10 kg superior a la masa calculada que es de 0.19 kg, lo que implica que el hilo resistirá de forma adecuada a la tensión sometida.

Riel de aluminio

- Deflexión del Riel

Según[13], para una mayor precisión en el ensayo se procede a calcular la deflexión que existe en el riel al aplicar la máxima carga posible dentro de los parámetros del ensayo, para lo cual se divide el perfil en partes simples como se muestran en la figura 2.10.

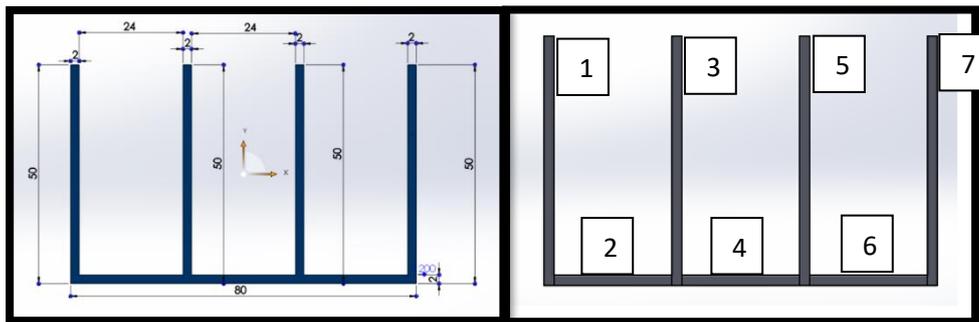


Figura 2.10. Sección transversal del riel [Autor]

A continuación, en la tabla 2.3 se puede apreciar el área individual y sus distancias tanto en el eje y como en el x.

- Cálculo del centroide

Figura	$A1(\text{mm}^2)$	$X1(\text{mm})$	$Y1(\text{mm})$	$A1 \times X1(\text{mm})^3$	$A1 \times Y1(\text{mm})^3$
1	100	1	25	100	2500
2	48	14	1	672	48

3	100	27	25	2700	2500
4	48	40	1	1920	48
5	100	53	25	5300	2500
6	48	66	1	3168	48
7	100	79	25	7900	2500
Σ	544			21760	10144

Tabla 2.3. Inercia del perfil [Autor]

$$\bar{x} = \frac{21760 \text{ mm}^3}{544 \text{ mm}^2} = 40 \text{ mm}$$

$$\bar{y} = \frac{10144 \text{ mm}^3}{544 \text{ mm}^2} = 18.6470 \text{ mm}$$

Cálculo de Inercia

$$I_x = \Sigma I_{xi} + \Sigma A x_i d^2$$

$$\Sigma I_{xi} = 20833,33 + 16 + 20833,33 + 16 + 20833,33 + 16 + 20833,33$$

$$\Sigma I_{xi} = 83381.32 \text{ mm}^4$$

$d1 = 6,67 \text{ mm}$	$A1 * d1^2 = 4448.89 \text{ mm}^4$
$d2 = -17.33 \text{ mm}$	$A2 * d2^2 = 14415.78 \text{ mm}^4$
$d3 = 6,67 \text{ mm}$	$A3 * d3^2 = 4448.89 \text{ mm}^4$
$d4 = -17.33 \text{ mm}$	$A4 * d4^2 = 14415.78 \text{ mm}^4$
$d5 = 6,67 \text{ mm}$	$A5 * d5^2 = 4448.89 \text{ mm}^4$
$d6 = -17.33 \text{ mm}$	$A6 * d6^2 = 14415.78 \text{ mm}^4$
$d7 = 6,67 \text{ mm}$	$A7 * d7^2 = 4448.89 \text{ mm}^4$
$\Sigma A_i * D_i^2 = 61042.9 \text{ mm}^4$	

$$I_x = \Sigma I_{xi} + \Sigma A x_i d^2$$

$$I_x = 83381.32 \text{ mm}^4 + 61042.9 \text{ mm}^4$$

$$I_x = 144424.22 \text{ mm}^4$$

- **Cálculo de deflexión**

En la figura 2.11 se puede apreciar en modo en que la viga sufre la deflexión debido a las cargas sobre ella.

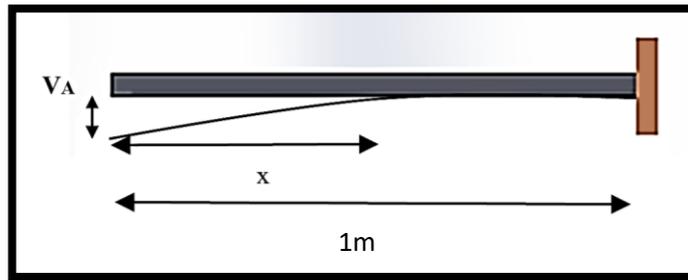
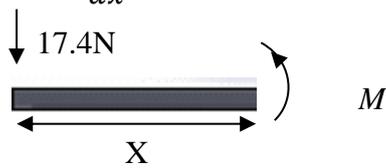


Figura 2.11. Deflexión de riel [Autor]

$$EI = \frac{d^2v}{dx^2} = M(x)$$



$$M = -Px$$

$$Ec1) EI = \frac{d^2v}{dx^2} = -Px$$

$$Ec 2) EI \frac{dv}{dx} = -\frac{Px^2}{2} + C1$$

$$Ec 3) Elv = -\frac{Px^3}{6} + C1 + C2$$

En un empotramiento deflexión = 0

Condiciones de apoyo

$$\frac{dv}{dx} = 0$$

$$v = 0$$

$$\frac{dv}{dx} = 0 \text{ en } x = L$$

$$EI(0) = -\frac{P(L)^2}{2} + C1$$

$$C1 = \frac{PL^2}{2}$$

$$EI \frac{dv}{dx} = -\frac{Px^2}{2} + C1$$

Condición en el apoyo deflexión = 0

$$v = 0 \text{ en } x = L$$

$$EI(0) = -\frac{P(L)^3}{6} + \frac{PL^2}{2}(L) + C2$$

$$C2 = -\frac{P(L)^3}{3}$$

Sustituyendo C1 y C2 en Ec 3

$$EIv = -\frac{Px^3}{6} + \frac{PL^2}{2} + \frac{p(L)^3}{3}$$

$$v = \frac{P}{6EI}(-x^3 + 3L^2x - 2L^3)$$

X=0

$$v = \frac{P}{6EI}(-0^3 + 3L^2 \cdot 0 - 2L^3)$$

$$v = -\frac{PL^3}{3EI}$$

$$v = \frac{(2.285 + 2.687 + 1.919)N \times (1m)^3}{3(6.65 \times 10^{10})(0.00000014442122)}$$

$$v = 2.3917 \text{ m}$$

$$v = 0.239 \text{ mm Deflexión}$$

Riel de elevación

- Tensión en el riel de elevación

En la figura 2.12 se puede apreciar el diagrama de cuerpo libre, donde se muestran las fuerzas a las que el riel está sometido, según [14], la fuerza de compresión que sufre el riel de elevación es:

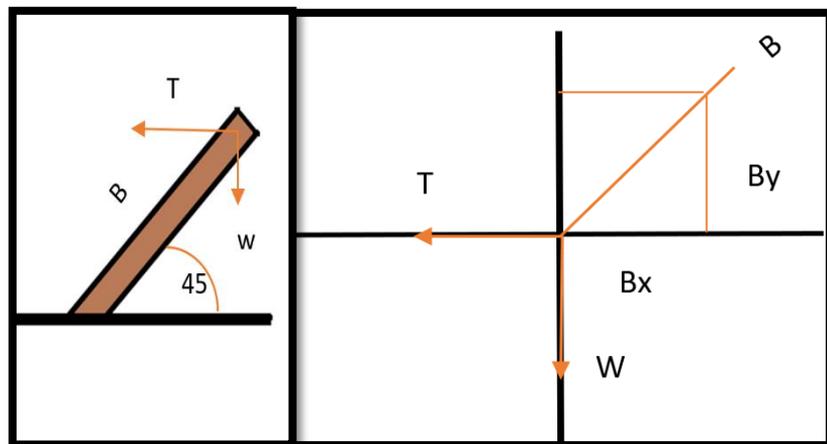


Figura 2.12. Diagrama de cuerpo libre de la viga de elevación [Autor]

$$By = B \cos 45^\circ$$

$$Bx = B \sin 45^\circ$$

$$Wx = 0$$

$$W_y = -W$$

$$B_y = B \cos 45^\circ$$

$$T_x = -T = 1.919N$$

$$B_y = B \cos 45^\circ$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$B_y + W_y + T_y$$

$$B \sin 45^\circ - 14.78 - 1.91 = 0$$

$$B = \frac{16.54}{\sin 45^\circ}$$

$$B = 23.60N$$

Es una guía con eslabones de seguridad a los lados, su función principal es facilitar la elevación de la plataforma y mantener el ángulo deseado sin que esta se mueva, esto gracias al apriete de los eslabones permitiendo realizar el ensayo de forma correcta.

Contrapeso

Se eligió este método por la simplicidad pues la instalación de un motor llevaría mucho más tiempo, además se complicaría al momento de realizar la programación, pues, aumentarían variables a tomar en consideración propias del motor.

Sensor de proximidad IR infrarrojo

La función principal de estos elementos es iniciar y finalizar un contador interno en el PLC's cuando el carro pase frente a los sensores, permitiendo obtener el tiempo que el carro tarda en recorrer la distancia de ensayo.

Carro o móvil.

Se monta sobre el riel de aluminio, que permite la activación de los sensores a su paso, logrando obtener datos, los cuales son procesados por el PLC's y visualizados en la pantalla HMI.

Estructura o base

Sirve como base donde todos los componentes mecánicos son montados, permitiendo una mejor visualización y confort para el operador.

Por lo antes mencionado y de acuerdo con las necesidades que planea cubrir el modelo, el diseño de la máquina se puede observar en la figura 2.13, la cual muestra como el

riel forma diferentes ángulos con el horizontal dato que varía a lo largo del ensayo pues, es una variable de entrada.

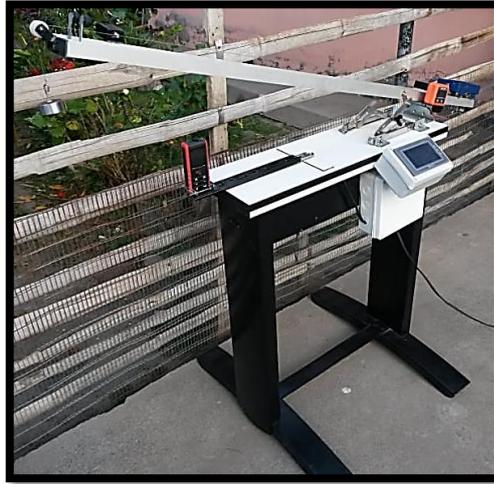


Figura 2.13. Modelo del banco de pruebas finalizado [Autor]

2.7. Manual de Utilización

- **Procedimiento estudiantes**

1. Colocar la máquina en una superficie nivelada, evitando variaciones y movimientos durante la prueba como se muestra en la figura 2.14.



Figura 2.14. Banco de pruebas en superficie plana [Autor]

2. Conectar la máquina a la fuente de poder “110 V” red doméstica como se muestra en la figura 2.15.



Figura 2.15. Conexión a red eléctrica de la máquina [Autor]

3. Encender la máquina y verificar que el funcionamiento del sistema sea el adecuado, (sensores, pantalla HMI), para comprobar el correcto funcionamiento de los sensores se lo puede hacer por medio de inspección visual, pues estos emiten un haz de luz verde, por otra parte, la pantalla HMI debe mostrar el menú anteriormente programado, permitiendo ingresar los valores de entrada y posteriormente se muestren los valores de salida “resultados del ensayo” como se muestra en la figura 2.16.

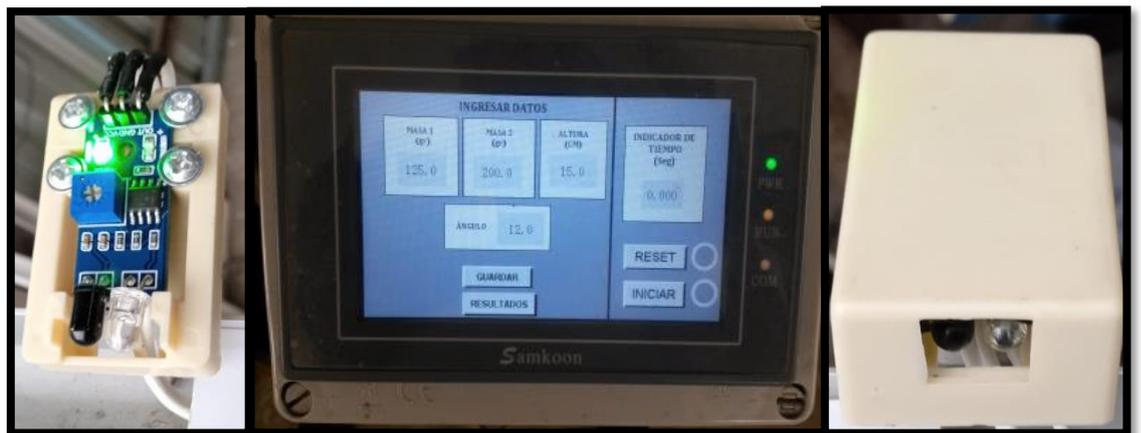


Figura 2.16. Comprobación de sistemas electrónicos [Autor]

4. Comprobar los componentes móviles, (riel de aluminio, riel de elevación, carro o móvil), verificar que la pista del riel de aluminio se encuentre libre de impurezas y obstáculos que puedan ocasionar que el móvil se descarrile o detenga, por otra parte comprobar que el riel de elevación mantenga su posición durante la prueba esto por medio del apriete en los eslabones de seguridad, finalmente revisar que los rodamientos del móvil giren

adecuadamente pues estos entran en contacto directo con el riel de aluminio, como se muestra en la figura 2.17



Figura 2.17. Comprobación de sistemas mecánicos [Autor]

5. Utilizar la balanza y pesar el carro o móvil sin la masa sobre él, como se muestra en la figura 2.18.



Figura 2.18. Masa del móvil sin peso adicional [Autor]

6. Nuevamente, utilizar la balanza para pesar el carro o móvil con la masa sobre él, como se muestra en la figura 2.19.



Figura 2.19. Masa del móvil con peso adicional [Autor]

7. Repetir el paso (5) y (6) con la masa del contrapeso.



Figura 2.20. Masa del contrapeso [Autor]

8. Por medio del inclinómetro, verificar el ángulo deseado para la prueba, como se muestra en la figura 2.21.



Figura 2.21. Verificación del ángulo con inclinómetro [Autor]

9. Una vez encontrado el ángulo, dar apriete a las mordazas que se encuentran en los laterales del riel de elevación como se muestra en la figura 2.22, asegurando que el ángulo no varíe a lo largo de la prueba.



Figura 2.22. Mordaza de seguridad [Autor]

10. Verificar la altura por medio de la regla digital, como se muestra en la figura 2.23.



Figura 2.23. Verificación de altura por medio de regla digital [Autor]

11. Por medio de la botonera de la pantalla HMI ingresar los datos de entrada encontrados en los apartados (5,6,7,10), la pantalla muestra las celdas de masa 1, masa 2 y altura, presionar en la pantalla donde se desplegará un teclado numérico e introducir el valor como se muestra en la figura 2.24.

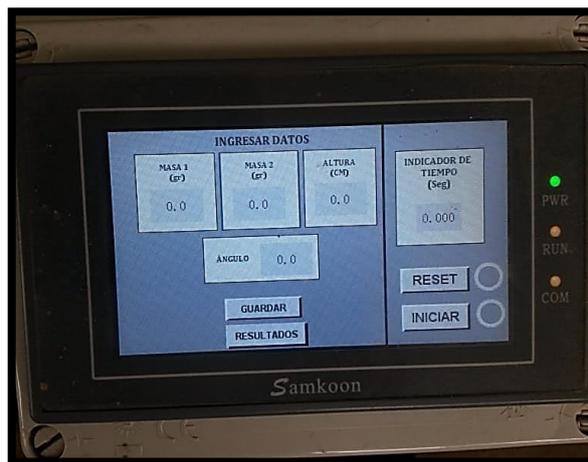


Figura 2.24. Ingreso de valores de entrada [Autor]

12. Colocar el móvil y el contrapeso, en el lugar indicado para iniciar el ensayo o la prueba, como se muestra en la figura 2.25.

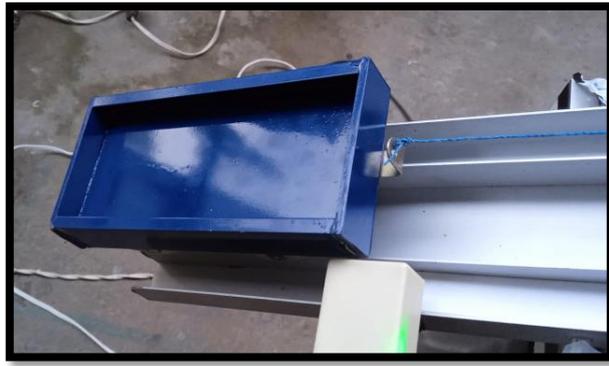


Figura 2.25. Móvil en posición [Autor]

13. Iniciar la prueba, liberando el móvil como se muestra en la figura 2.26.



Figura 2.26. Liberación del móvil [Autor]

14. Tomar el dato del tiempo proporcionado por la máquina y mostrado por medio de la pantalla HMI y realizar el ensayo para posteriormente comparar los resultados con lo calculado mediante las ecuaciones.

15. Por medio de la botonera ubicada en la pantalla HMI, presionar el botón guardar como se muestra en la figura 2.27, permitiendo calcular los resultados, en la parte inferior se encuentra el botón “resultados” el cual permite visualizar los datos arrojados por el PLC’s.

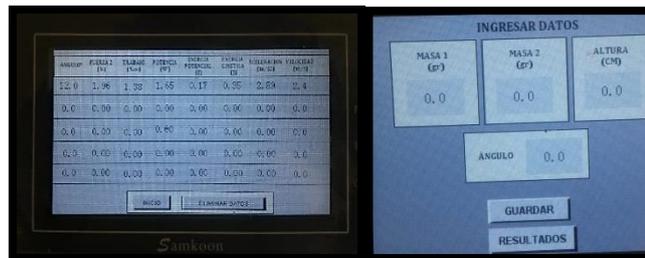


Figura 2.27. Cálculo de datos [Autor]

16. A través de la pantalla HMI presionar el botón reset, permitiendo ingresar datos nuevamente, como se muestra en la figura 2.28.



Figura 2.28. reinicio de datos [Autor]

Problema modelo

Con la teoría antes descrita a continuación se muestra un problema modelo donde se utilizan todas las ecuaciones necesarias para la comparación con los datos arrojados por la máquina (capítulo 3), la figura 2.29 y 2.30 permite tener la noción de cómo se aborda el ensayo de forma teórica.

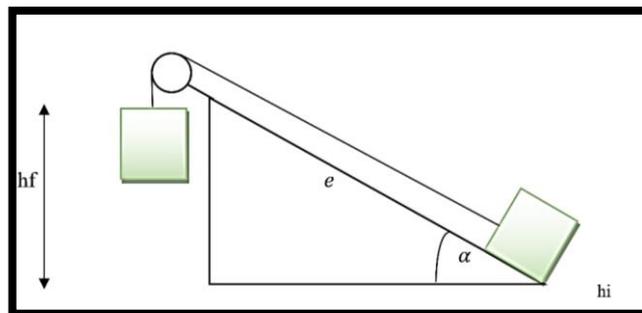


Figura 2.29. Diagrama del problema [Autor]

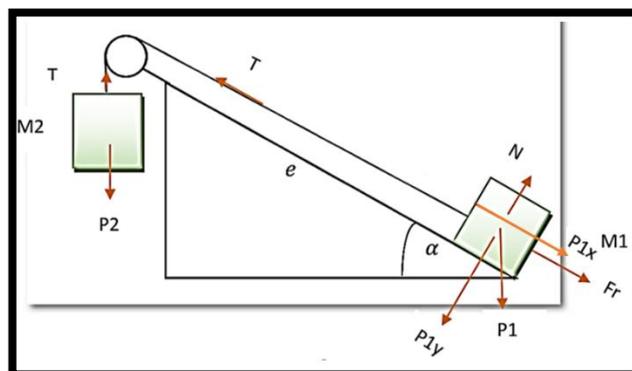


Figura 2.30 Diagrama de cuerpo libre [Autor]

Para poder calcular el trabajo es necesario obtener la fuerza con que el cuerpo es halado, la fuerza es igual a la tensión, por lo tanto, conociendo que la masa del cuerpo y masa del contrapeso son datos de entrada, se ocupará la ecuación (2) para obtener los pesos.

Para fines prácticos se dará valores a los datos de entrada donde la masa del cuerpo será de 0.2 kg y la del contrapeso de 0.21 kg, es así que:

Datos

$$m_1 = 0.2 \text{ kg}$$

$$m_2 = 0.21 \text{ kg}$$

$$P_1 = 0.2 * 9.81 = 1.962N$$

$$P_2 = 0.274 * 9.81 = 2.06N$$

$$P_{1x} = m * g \text{ sen } 35^\circ = 0.2kg * 9.81 \frac{m}{s^2} \text{ sen } 35^\circ = 1.125 N$$

$$P_{1y} = m * g \text{ cos } 35^\circ = 0.2kg * 9.81 \frac{m}{s^2} \text{ cos } 35^\circ = 1.607N$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$N - P_{1y} = 0$$

$$N = P_{1y}$$

$$P_{1y} = 1.607 = N$$

$$F_r = u * N$$

Coeficiente de fricción riel rueda (0.1)

$$F_r = 0.1 * 1.607$$

$$F_r = 0.1607$$

Eje del movimiento

$$T - P_{1x} - F_r = m_1 * a \quad \text{para } m_1$$

$$P_2 - T = m_2 * a \quad \text{para } m_2$$

$$P_2 - F_r - P_{1x} = (m_1 + m_2)a$$

$$a = \frac{P_2 - F_r - P_{1x}}{m_1 + m_2}$$

$$a = \frac{2.06 - 0.1607 - 1.125}{0.2 + 0.21}$$

$$a = 1.88 \frac{m}{s^2}$$

$$T = (m_1 * a) + P_{1x} + F_r$$

$$T = (0.2 \times 1.88) + 1.125 + 0.1607$$

$$T = 1.66 \text{ N}$$

Esta es la fuerza con la que el cuerpo es halado, posteriormente para obtener el trabajo se utiliza la ecuación (1) y conociendo que la distancia es de 1m se tiene:

$$W = 1.66 \text{ N} \times 1\text{m} \times \cos (35)^\circ$$

$$W = 1.35 \text{ J}$$

Para calcular la potencia se utiliza la ecuación (3), considerando que antes se debe obtener la variable tiempo, en el caso de la maquina esta se obtiene por medio de los sensores.

$$t = \sqrt{\frac{d}{0.5 * a}}$$

$$t = \sqrt{\frac{1}{0.5 * 1.88}}$$

$$t = 1.03 \text{ s}$$

$$P = \frac{1.35 \text{ J}}{0.64 \text{ s}}$$

$$P = 1.03 \text{ W}$$

La Energía cinética se calcula por medio de la ecuación (4) y conociendo que la velocidad está dada por:

$$v = a * t$$

$$v = 1.88 * 1.03$$

$$v = 1.936 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Ec = \frac{1}{2} \times 0.2 \text{ kg} \times 1.936^2$$

$$Ec = 0.375 \text{ J}$$

Por otro lado, la energía potencial viene dada por la ecuación (6) entonces:

$$Ep = m \times g \times h$$

Donde:

$$h = (hf - hi) \text{ como se muestra en la figura (2.31)}$$

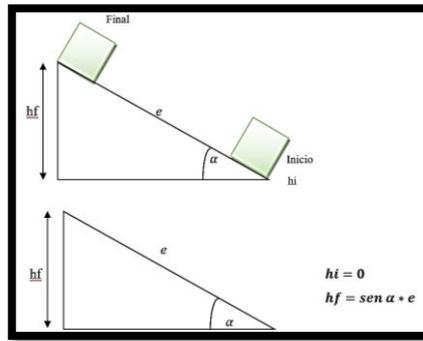


Figura 2.31. Variación de energía potencial [Autor]

$$h_i = 0$$

$$h_f = \text{sen } 35^\circ \times 1$$

$$h_f = 0.57 \text{ m}$$

$$h = (0.57 - 0)$$

$$h = 0.57 \text{ m}$$

$$E_p = 0.2 \text{ kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0.57 \text{ m}$$

$$E_p = 1.118 \text{ J}$$

$$E_T = 1.55 \text{ J}$$

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados.

Para el siguiente análisis se prestó mayor interés a los datos de entrada más importantes como los son: las masas y el ángulo, se realizaron 12 ensayos variando estos principales datos, para iniciar con las comparaciones se utilizaron dos masas constantes con las cuales se realizó el ensayo cuatro veces a diferente ángulos de inclinación, 0°, 10°, 20° y 30°, para posteriormente repetir el ensayo utilizando diferentes masas, los pesos se variaron tres veces utilizando pesos bajos, medios y altos al final, permitiendo analizar los datos arrojados en cada caso, en la tabla 3.1 y 3.2 se presentan los resultados obtenidos por medio de cálculos newtonianos en cada caso mencionado anteriormente.[15][16].

Tabla 3.1 Resultados de los ensayos realizados [Autor]

TABLA DE TRABAJO POTENCIA Y ENERGÍA									
#	DATOS DE ENTRADA				DATOS DE SALIDA				
	Masa del cuerpo (Kg)	Masa del contrapeso (kg)	Distancia (m)	Ángulo (grados)	Tiempo (s)	Trabajo (J)	Potencia (W)	Energía (J)	
1	0,2	0,21	1	0	0,66	1,11	1,666600486	0,909219512	
2	0,2	0,21	1	10	0,73	1,26	1,717565927	1,085177234	
3	0,2	0,21	1	20	0,83	1,36	1,643622209	1,258696588	
4	0,2	0,21	1	30	0,95	1,38	1,453960532	1,424505276	
5	0,21	0,225	1	0	0,66	1,17	1,777723484	0,966115862	
6	0,21	0,225	1	10	0,73	1,33	1,836553089	1,152660887	
7	0,21	0,225	1	20	0,82	1,44	1,763762603	1,336559668	
8	0,21	0,225	1	30	0,93	1,46	1,568764778	1,512224534	
9	0,22	0,25	1	0	0,65	1,26	1,947890433	1,046956596	
10	0,22	0,25	1	10	0,71	1,44	2,025882244	1,247835762	
11	0,22	0,25	1	20	0,79	1,55	1,964345552	1,445680823	
12	0,22	0,25	1	30	0,89	1,58	1,772154309	1,634480356	

Tabla 3.2 Resultados de los ensayos realizados [Autor]

#	Tension	W1	W2	Ec	V	Ep	h	hf	hi
1	1,11	1,10541951	1,10541951	0,91	3,0153267	0	0	0	0
2	1,28	1,27839652	1,2589748	0,74	2,72851518	0,34069772	0,17364818	0,17364818	0
3	1,44	1,44306428	1,35603686	0,59	2,42415566	0,67104352	0,34202014	0,34202014	0
4	1,59	1,59441946	1,38080776	0,44	2,1059565	0,981	0,5	0,5	0
5	1,17	1,17212586	1,17212586	0,97	3,03333207	0	0	0	0
6	1,36	1,35554113	1,33494742	0,79	2,75149877	0,35773261	0,17364818	0,17364818	0
7	1,53	1,53014575	1,43786667	0,63	2,45330481	0,7045957	0,34202014	0,34202014	0
8	1,69	1,69063443	1,46413236	0,48	2,14292754	1,03005	0,5	0,5	0
9	1,26	1,2627766	1,2627766	1,05	3,08509112	0	0	0	0
10	1,46	1,46037697	1,43819056	0,87	2,81726538	0,3747675	0,17364818	0,17364818	0
11	1,65	1,64848528	1,54906946	0,70753295	2,53616201	0,73814787	0,34202014	0,34202014	0
12	1,82	1,82138596	1,57736651	0,55538036	2,24697849	1,0791	0,5	0,5	0

Nota: la tabla 3.2 es continuación de la tabla 3.1

3.2. Tablas comparativas

A continuación, se presenta la comparación de los datos obtenidos por medio de los calculo newtonianos con los obtenidos con el banco de pruebas.

Tabla 3.3 Primera combinación masa de 0.2, 0.21 y ángulo de 0 grados [Autor]

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
Ficha de toma de datos experimentales							
Datos generales							
Nombre:	Marlon Sandoval						
Fecha de ensayo	25 de julio de 2022						
Primera combinación							
Estimación de resultados							
Masa 1	0.2			Masa 2	0.21		
Ángulo	0°						
Datos arrojados por la máquina							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s²)	Velocidad (m/s)
0.66	1.12	1.12	1.66	0	0.90	4.54	3
Datos obtenidos por cálculos teóricos							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s²)	Velocidad (m/s)
0.66	1.11	1.11	1.66	0	0.91	4.55	3.01

Con los datos comparados en la tabla 3.3 se obtiene el siguiente error:

Error en el tiempo

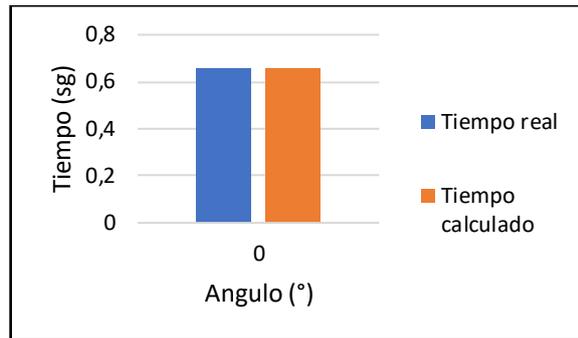


Figura 3.1. Gráfica tiempo real vs tiempo calculado con ángulo de 0 grados masa 2.20,2.21 [Autor]

$$t_a = 0.66 - 0.66$$

$$t_a = 0$$

$$t_r = \frac{0}{0.66} * 100$$

$$t_r = 0\%$$

Error del trabajo

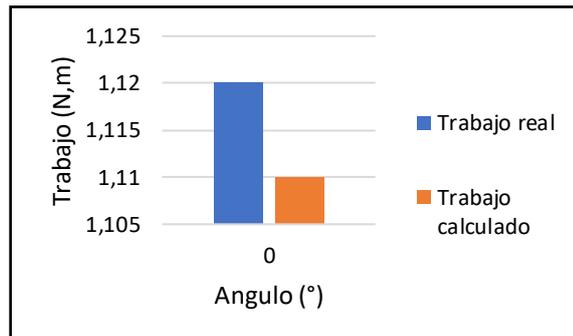


Figura 3.2. Gráfica trabajo real vs trabajo calculado con ángulo de 0 grados masa 2.20,2.21

[Autor]

$$E_a = 1.12 - 1.11$$

$$E_a = 0.01$$

$$E_r = \frac{0.01}{1.12} * 100$$

$$E_r = 0.89\%$$

Error de la potencia

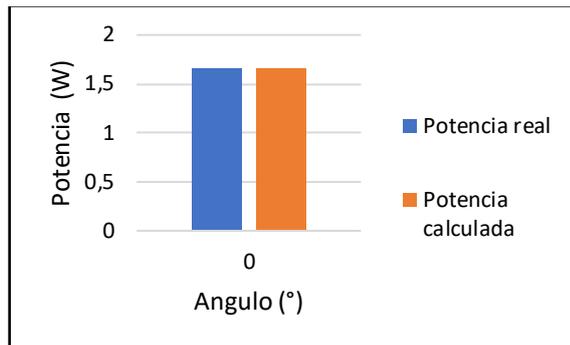


Figura 3.3. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulo de 0 grados masa 2.20,2.21

[Autor]

$$E_a = 1.66 - 1.66$$

$$E_a = 0$$

$$E_r = \frac{0}{1.66} * 100$$

$$E_r = 0 \%$$

Error de la energía cinética

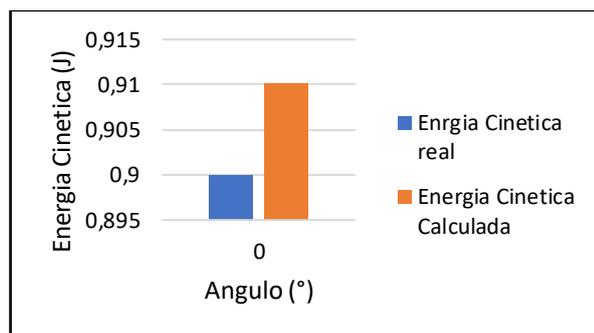


Figura 3.4. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulo de 0 grados masa

2.20,2.21 [Autor]

$$E_a = 0.90 - 0.91$$

$$E_a = 0.01$$

$$E_r = \frac{0.01}{0.90} * 100$$

$$E_r = 1.1 \%$$

Error de la energía potencial

$$E_a = 0 - 0$$

$$E_a = 0$$

$$E_r = \frac{0}{0} * 100$$

$$E_r = 0 \%$$

Interpretación:

- Se dispuso como primera masa 0.20 kg y como segunda masa 0.21 kg con una inclinación de 0 grados, datos de entrada, con los cuales se pudo obtener el tiempo, trabajo la potencia, energía cinética y la energía potencial, datos obtenidos por medio de cálculos manuales de acuerdo con ecuaciones y datos arrojados por la máquina con los cuales se pudo realizar comparativas y cálculos de error para cada caso.
- En la tabla 3.3 se puede apreciar los valores de las diferentes mediciones realizadas por la máquina, además de los valores calculados manualmente, para mayor efecto de comprensión se aprecian diferentes gráficas comparativas, donde se indica el tiempo, potencia, trabajo, energía cinética y energía potencial, visualizando que esta no posee mayor variación entre los datos obtenidos por la máquina y por los que fueron obtenidos de las ecuaciones.
- Finalmente, se tiene que los valores de error para el tiempo son: $E_a = 0$, $E_r = 0$, para el trabajo $E_a = 0.01$ y $E_r = 0.89\%$, para la potencia se obtiene $E_a = 0$ y $E_r = 0\%$, para la energía cinética se tiene que $E_a = 0.01$ y $E_r = 1.1 \%$ y para la energía potencial se tiene $E_a = 0$ y $E_r = 0\%$.

Tabla 3.4 Segunda combinación masa de 0.2, 0.21 y ángulo de 10 grados [Autor]

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Ficha de toma de datos experimentales		
Datos generales		

Nombre:	Marlon Sandoval						
Fecha de ensayo	25 de julio de 2022						
Segunda combinación							
Estimación de resultados							
Masa 1	0.20			Masa 2	0.21		
Ángulo	10°						
Datos arrojados por la máquina							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s²)	Velocidad (m/s)
0.74	1.28	1.28	1.68	0.32	0.72	3.63	2.7
Datos obtenidos por cálculos teóricos							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s²)	Velocidad (m/s)
0.73	1.28	1.26	1.71	0.34	0.74	3.72	2.72

Con los datos comparados en la tabla 3.4 se obtiene el siguiente error:

Error del tiempo

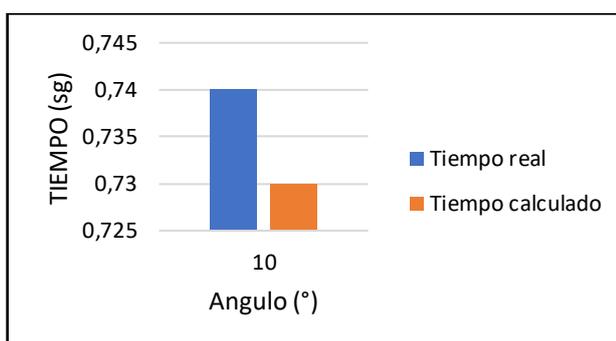


Figura 3.5. Gráfica tiempo real vs tiempo calculada con ángulo de 10 grados masa 2.20,2.21 [Autor]

$$E_a = 0.74 - 0.73$$

$$E_a = 0.01$$

$$E_r = \frac{0.01}{0.74} * 100$$

$$E_r = 1.35\%$$

Error del trabajo

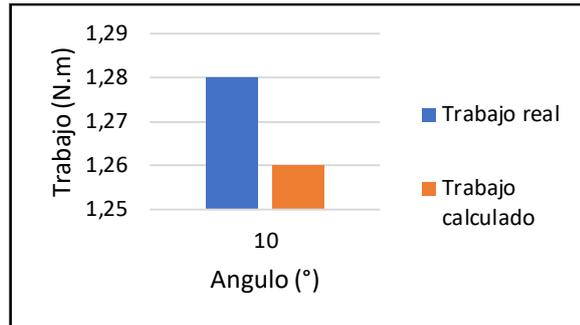


Figura 3.6. Gráfica trabajo real vs trabajo calculada con ángulo de 10 grados masa 2.20,2.21

[Autor]

$$E_a = 1.28 - 1.26$$

$$E_a = 0.02$$

$$E_r = \frac{0.02}{1.28} * 100$$

$$E_r = 1.56\%$$

Error de la potencia

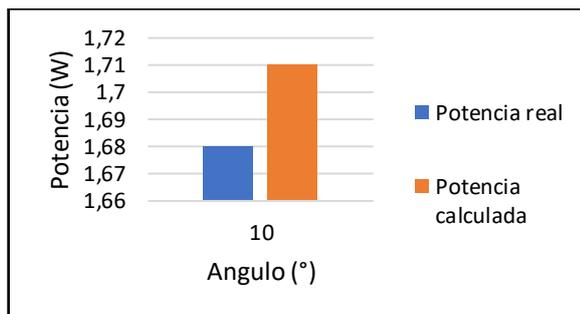


Figura 3.7. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulo de 10 grados masa 2.20,2.21

[Autor]

$$E_a = 1.68 - 1.71$$

$$E_a = 0.03$$

$$E_r = \frac{0.03}{1.68} * 100$$

$$E_r = 1.78 \%$$

Error de la energía cinética

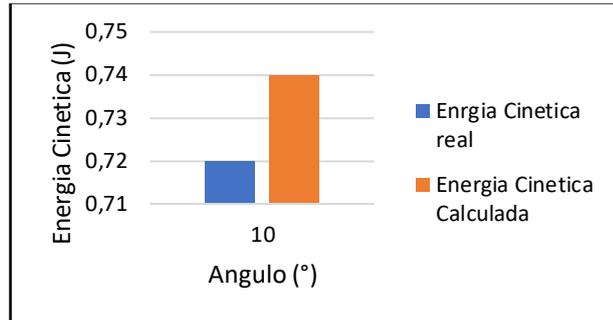


Figura 3.8. Gráfica energía cinética real vs energía cinética a calculada con ángulo de 10 grados masa 2.20,2.21 [Autor]

$$E_a = 0.72 - 0.74$$

$$E_a = 0.02$$

$$E_r = \frac{0.02}{0.72} * 100$$

$$E_r = 2.77 \%$$

Error de la energía potencial

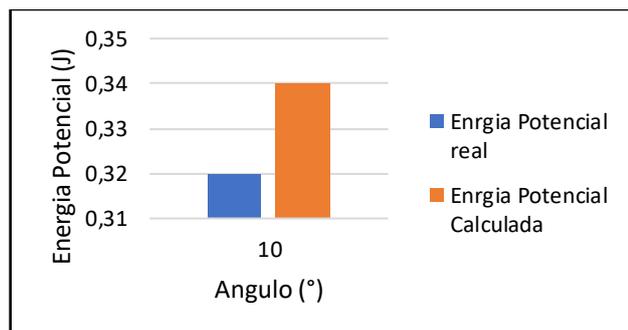


Figura 3.9. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulo de 10 grados masa 2.20,2.21 [Autor]

$$E_a = 0.32 - 0.34$$

$$E_a = 0.02$$

$$E_r = \frac{0.02}{0.32} * 100$$

$$E_r = 6.25 \%$$

Interpretación:

- Como segundo ensayo se dispuso una masa de 0.20kg y como segunda masa 0.21 kg y una inclinación de 10 grados, por medio de estos datos de entrada se puede obtener el tiempo, trabajo, potencia, energía cinética y energía potencial, de forma manual y arrojados por la máquina, con los cuales se pudo realizar comparativas y cálculos de error para cada caso.
- En la tabla 3.4 se puede apreciar los valores de las diferentes mediciones realizadas por la máquina en el caso de este ensayo, además de los valores calculados manualmente, para mayor efecto de comprensión se exponen gráficas comparativas, donde se indica el tiempo, la potencia, trabajo, energía cinética y energía potencial, visualizando que esta no posee mayor variación entre los datos obtenidos por la máquina y por los que fueron obtenidos de las ecuaciones.
- Finalmente, se tiene que los valores de error para el tiempo son: $E_a = 0.01$ y $E_r = 1.35\%$, para el trabajo $E_a = 0.02$ y $E_r = 1.56\%$, para la potencia se obtiene $E_a = 0.03$ y $E_r = 1.78\%$, para la energía cinética se tiene que $E_a = 0.02$ y $E_r = 2.77\%$ y para la energía potencial $E_a = 0.02$ y $E_r = 6.25\%$.

Tabla 3.5 Tercera combinación masa de 0.2, 0.21 y ángulo de 20 grados [Autor]

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Ficha de toma de datos experimentales		
Datos generales		
Nombre:	Marlon Sandoval	
Fecha de ensayo	25 de julio de 2022	
Tercera combinación		
Estimación de resultados		

Masa 1	0.20			Masa 2	0.21		
Ángulo				20°			
Datos arrojados por la máquina							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s²)	Velocidad (m/s)
0.86	1.44	1.4	1.71	0.66	0.55	2.81	2.33
Datos obtenidos por cálculos teóricos							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s²)	Velocidad (m/s)
0.83	1.44	1.36	1.64	0.67	0.59	2.94	2.42

Con los datos comparados en la tabla 3.5 se obtiene el siguiente error:

Error del tiempo

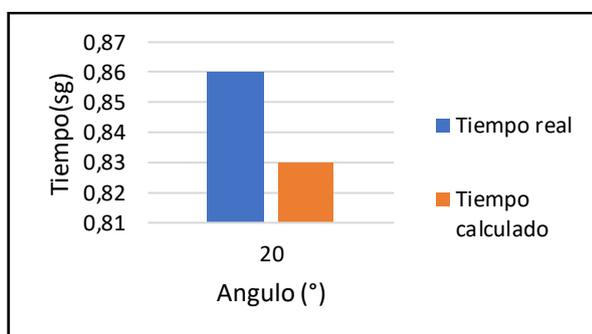


Figura 3.10. Gráfica tiempo real vs tiempo calculada con ángulo de 20 grados masa 2.20,2.21

[Autor]

$$E_a = 0.86 - 0.83$$

$$E_a = 0.03$$

$$E_r = \frac{0.03}{0.86} * 100$$

$$E_r = 3.48\%$$

Error del trabajo

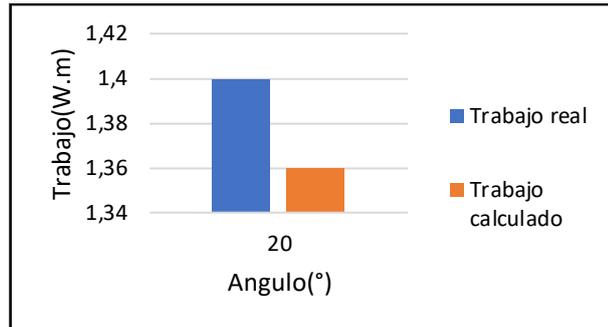


Figura 3.11. Gráfica trabajo real vs trabajo calculada con ángulo de 20 grados masa 2.20,2.21

[Autor]

$$E_a = 1.4 - 1.36$$

$$E_a = 0.04$$

$$E_r = \frac{0.04}{1.4} * 100$$

$$E_r = 2.85\%$$

Error de la potencia

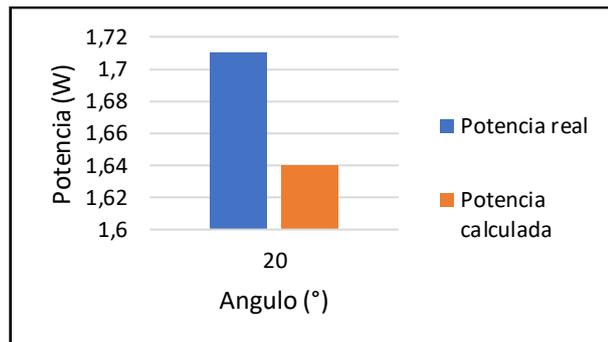


Figura 3.12. Gráfica Potencia real vs Potencia calculada con ángulo de 20 grados masa 2.20,2.21

[Autor]

$$E_a = 1.71 - 1.64$$

$$E_a = 0.07$$

$$E_r = \frac{0.07}{1.71} * 100$$

$$E_r = 4.09 \%$$

Error de la energía cinética

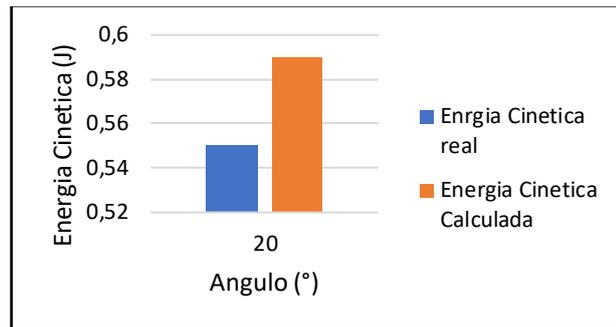


Figura 3.13. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulo de 20 grados masa 2.20,2.21 [Autor]

$$E_a = 0.55 - 0.59$$

$$E_a = 0.04$$

$$E_r = \frac{0.04}{0.55} * 100$$

$$E_r = 4.27 \%$$

Error de la energía potencial

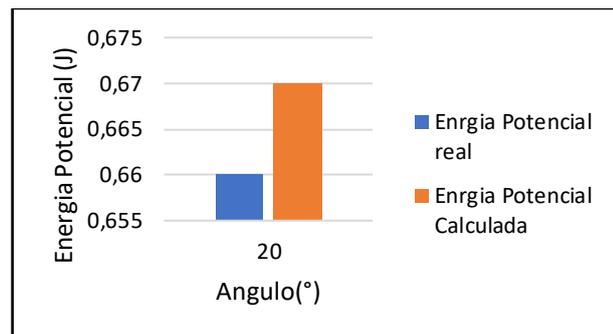


Figura 3.14. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulo de 20 grados masa 2.20,2.21 [Autor]

$$E_a = 0.66 - 0.67$$

$$E_a = 0.01$$

$$E_r = \frac{0.01}{0.66} * 100$$

$$E_r = 1.51 \%$$

Interpretación:

- Se dispuso como primera masa 0.20 kg y como segunda masa 0.21 kg, con una inclinación de 20 grados, datos de entrada, estos datos permiten obtener los cálculos del tiempo, trabajo, potencia, energía cinética y energía potencial por medio de ecuaciones, los mismos datos son utilizados por la máquina para obtener datos de salida, los cuales permiten realizar una comparativa para cada caso.
- En la tabla 3.5 se puede apreciar los valores de las diferentes mediciones realizadas por la máquina, además de los valores calculados manualmente, para mayor efecto de comprensión se aprecia una gráfica comparativa, donde se indica la potencia, trabajo, energía cinética y energía potencial, visualizando que esta no posee mayor variación entre los datos obtenidos por la máquina y por los que fueron obtenidos de las ecuaciones.
- Finalmente, se tiene que los valores de error para el tiempo son: $E_a = 0.03$ y $E_r = 3.48\%$, para el trabajo $E_a = 0.04$ y $E_r = 2.85\%$, para la potencia se obtiene $E_a = 0.07$ y $E_r = 4.09\%$, siendo este error el más alto en este ensayo, para la energía cinética se tiene que $E_a = 0.04$ y $E_r = 4.27\%$, finalmente para la energía potencial se tiene $E_a = 0.01$ y $E_r = 1.51$.

Tabla 3.6 Cuarta combinación masa de 0.2, 0.21 y ángulo de 30 grados [Autor]

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de toma de datos experimentales			
Datos generales			
Nombre:	Marlon Sandoval		
Fecha de ensayo	25 de julio de 2022		
Cuarta combinación			
Estimación de resultados			
Masa 1	0.20	Masa 2	0.21
Ángulo	30°		

Datos arrojados por la máquina							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s^2)	Velocidad (m/s)
0.99	1.59	1.44	1.54	0.98	0.42	2.12	2
Datos obtenidos por cálculos teóricos							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s^2)	Velocidad (m/s)
0.95	1.59	1.38	1.45	0.98	0.44	2.22	2.10

Con los datos comparados en la tabla 3.6 se obtiene el siguiente error:

Error del tiempo

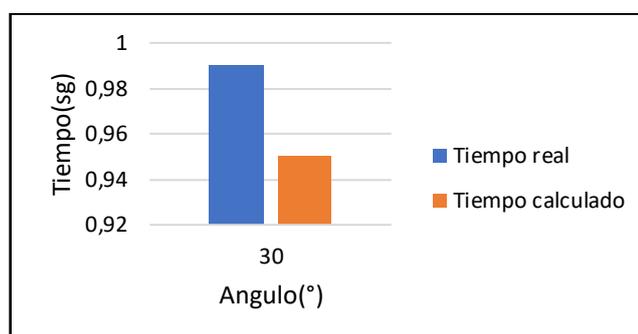


Figura 3.15. Gráfica Tiempo real vs tiempo calculada con ángulo de 30 grados masa 2.20,2.21

[Autor]

$$E_a = 0.99 - 0.95$$

$$E_a = 0.04$$

$$E_r = \frac{0.04}{0.99} * 100$$

$$E_r = 4.04\%$$

Error del trabajo

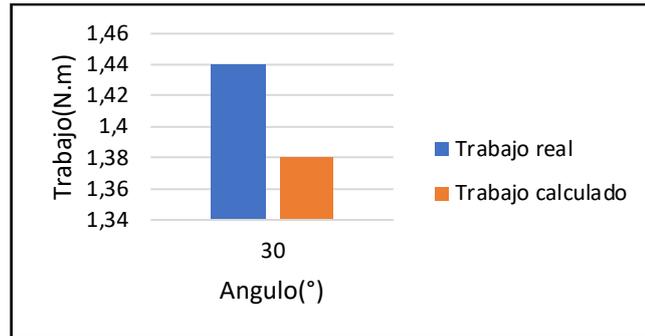


Figura 3.16. Gráfica Trabajo real vs trabajo calculada con ángulo de 30 grados masa 2.20,2.21

[Autor]

$$E_a = 1.44 - 1.38$$

$$E_a = 0.06$$

$$E_r = \frac{0.06}{1.44} * 100$$

$$E_r = 4.16\%$$

Error de la potencia

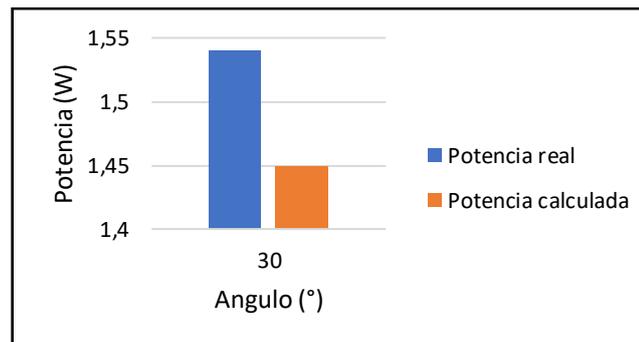


Figura 3.17. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulo de 30 grados masa 2.20,2.21

[Autor]

$$E_a = 1.54 - 1.45$$

$$E_a = 0.09$$

$$E_r = \frac{0.09}{1.54} * 100$$

$$E_r = 5.8 \%$$

Error de la energía cinética

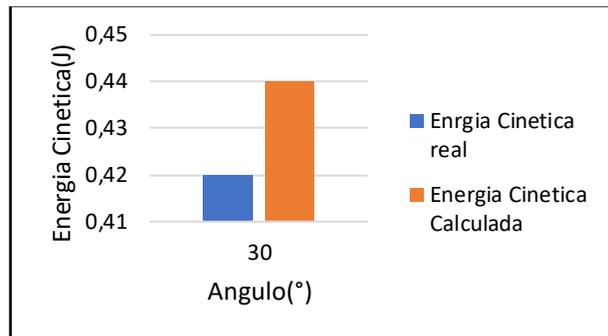


Figura 3.18. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulo de 30 grados masa 2.20,2.21 [Autor]

$$E_a = 0.42 - 0.44$$

$$E_a = 0.02$$

$$E_r = \frac{0.02}{0.42} * 100$$

$$E_r = 4.76\%$$

Error de la energía potencial

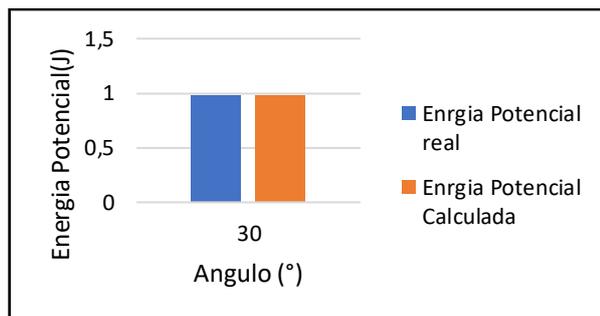


Figura 3.19. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulo de 30 grados masa 2.20,2.21 [Autor]

$$E_a = 0.98 - 0.98$$

$$E_a = 0$$

$$E_r = \frac{0}{0.98} * 100$$

$$E_r = 0\%$$

Interpretación:

- Se dispuso como primera masa 0.20 kg y como segunda masa 0.21 kg, con una inclinación de 30 grados, datos de entrada, estos datos permiten obtener los cálculos del tiempo, trabajo, potencia, energía cinética y energía potencial por medio de ecuaciones, los mismos datos son utilizados por la máquina para obtener datos de salida, los cuales permiten realizar una comparativa para cada caso.
- En la tabla 3.6 se puede apreciar los valores de las diferentes mediciones realizadas por la máquina, además de los valores calculados manualmente, para mayor efecto de comprensión se aprecian gráficas comparativas, donde se indica el tiempo, potencia, trabajo, energía cinética y energía potencial, visualizando el error que tienen los datos arrojados por la máquina y calculados por medio de la física Newtoniana.
- Finalmente, se tiene que los valores de error para el tiempo son: $E_a = 0.04$ y $E_r = 4.04\%$, para el trabajo se tiene $E_a = 0.06$ y $E_r = 4.16\%$, para la potencia se obtiene $E_a = 0.009$ y $E_r = 5.8\%$, para la energía cinética se tiene que $E_a = 0.02$ y $E_r = 4.76\%$, finalmente para la energía potencial se tiene $E_a = 0$ y $E_r = 0$.

3.3. Tablas comparativas generales con Masa 1 = 0.20 Kg y Masa 2 = 0.21Kg

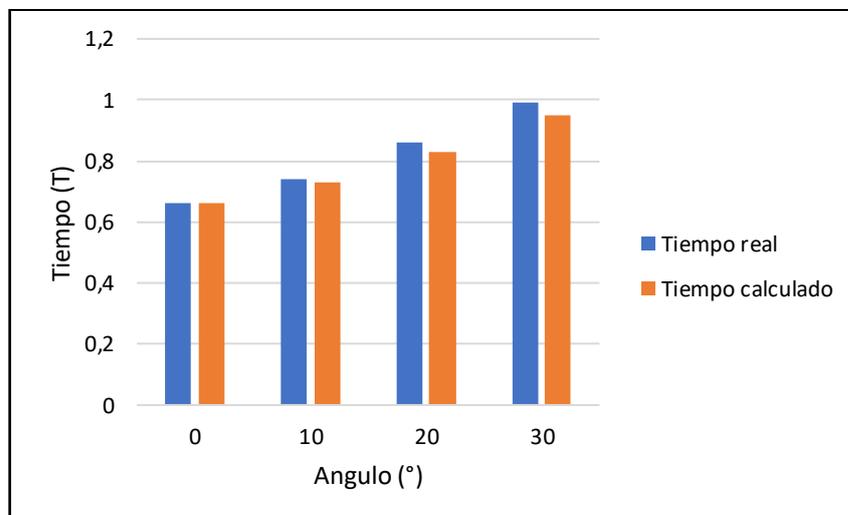


Figura 3.20. Gráfica tiempo real vs tiempo calculado con ángulos de 0, 10, 20, 30 grados masa 2.20,2.21 [Autor]

Interpretación:

- En la figura 3.20 se puede apreciar el gráfico tiempo vs ángulo, este gráfico indica que el tiempo es directamente proporcional al ángulo, pues a medida que aumenta el ángulo el tiempo también lo hace, es decir mientras mayor ángulo de inclinación el móvil tarda mayor cantidad de tiempo en recorrer el metro de riel.

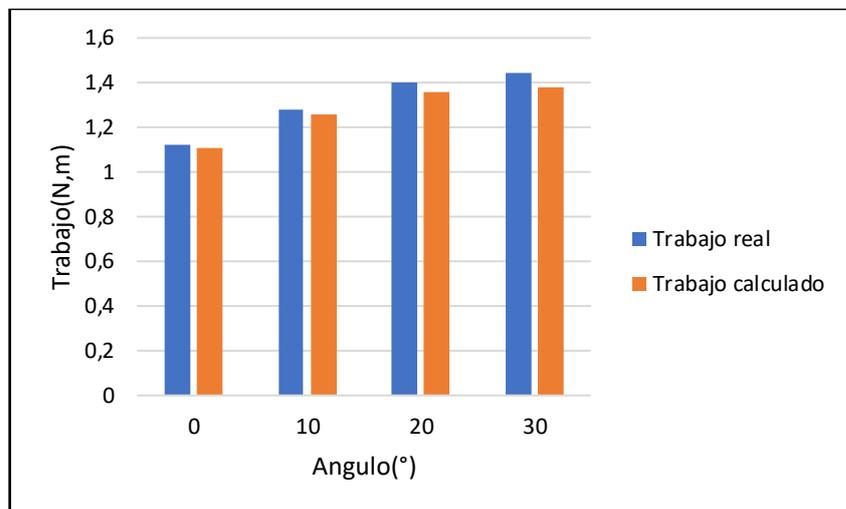


Figura 3.21. Gráfica trabajo real vs trabajo calculado con ángulos de 0, 10, 20, 30 grados masa 2.20,2.21 [Autor]

Interpretación:

- En la figura 3.21 se puede apreciar el gráfico trabajo vs ángulo, este gráfico indica que el trabajo es directamente proporcional al ángulo, pues a medida que aumenta el ángulo el trabajo también lo hace, es decir mientras mayor ángulo de inclinación e trabajo aumenta ligeramente.

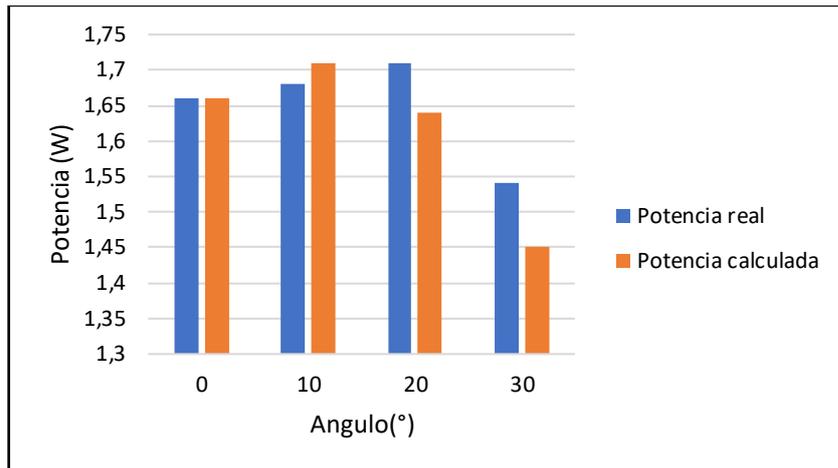


Figura 3.22. Gráfica potencia real vs potencia calculado con ángulos de 0, 10, 20, 30 grados masa 2.20,2.21 [Autor]

Interpretación:

- En la figura 3.22 se puede apreciar el gráfico potencia vs ángulo, donde la potencia tiene una ligera tendencia creciente hasta llegar a los 20 grados para posteriormente descender.

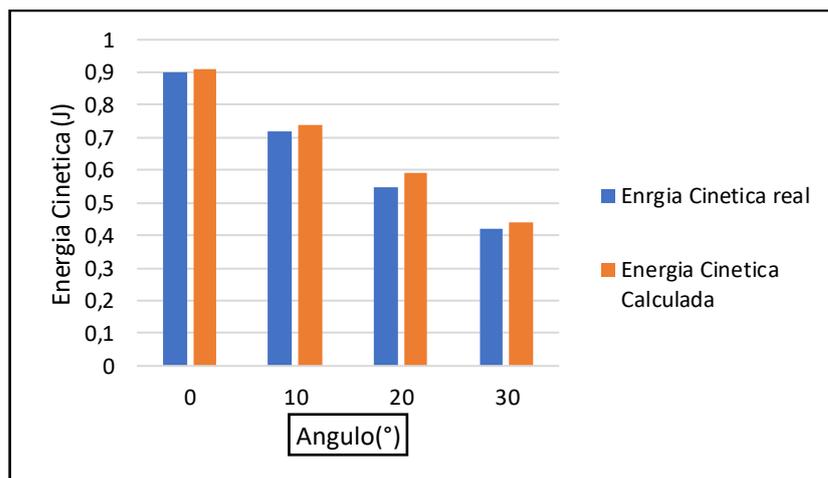


Figura 3.23. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulos de 0, 10, 20, 30 grados masa 2.20,2.21 [Autor]

Interpretación:

- En la figura 3.23 se puede apreciar que la energía cinética es inversamente proporcional al ángulo, pues a medida que el ángulo aumenta la energía cinética disminuye.

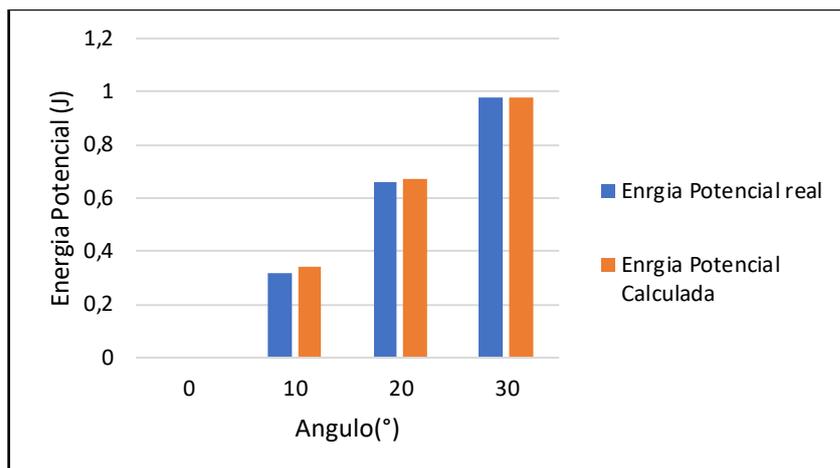


Figura 3.24. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulos de 0, 10, 20, 30 grados masa 2.20,2.21 [Autor]

Interpretación:

- En la figura 3.24 se puede apreciar que la energía potencial es directamente proporcional al ángulo, pues a medida que el ángulo aumenta la diferencia de altura entre el punto inicial y final también lo hace, por lo tanto, a mayor altura mayor energía potencial.

Tabla 3.7 Quinta combinación masa de 0.21, 0.225 y ángulo de 0 grados [Autor]

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de toma de datos experimentales			
Datos generales			
Nombre:	Marlon Sandoval		
Fecha de ensayo	25 de julio de 2022		
Quinta combinación			
Estimación de resultados			
Masa 1	0.21	Masa 2	0.225
Ángulo	0°		
Datos arrojados por la máquina			

Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s^2)	Velocidad (m/s)
0.66	1.17	1.15	1.75	0	0.97	4.65	3
Datos obtenidos por cálculos teóricos							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s^2)	Velocidad (m/s)
0.66	1.17	1.17	1.77	0	0.97	4.60	3.03

Con los datos comparados en la tabla 3.7 se obtiene el siguiente error:

Error del tiempo

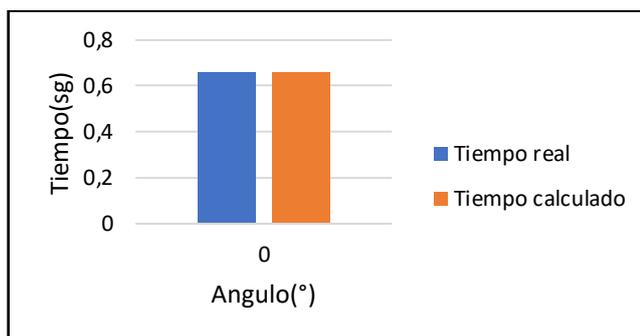


Figura 3.25. Gráfica tiempo real vs tiempo calculada con ángulos de 0, grados masa 0.21,0.225

[Autor]

$$E_a = 0.66 - 0.66$$

$$E_a = 0$$

$$E_r = \frac{0}{0.66} * 100$$

$$E_r = 0\%$$

Error del trabajo

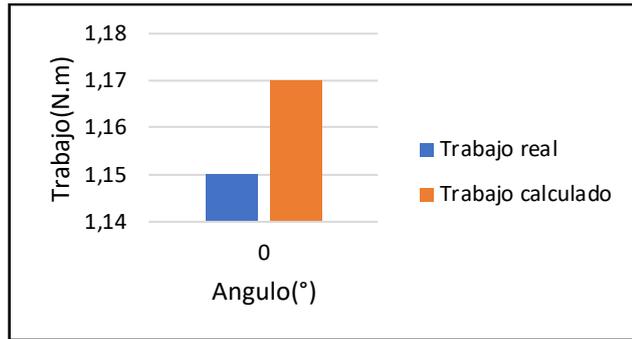


Figura 3.26. Gráfica trabajo real vs trabajo calculada con ángulos de 0, grados masa 0.21,0.225

[Autor]

$$E_a = 1.15 - 1.17$$

$$E_a = 0.02$$

$$E_r = \frac{0.02}{1.15} * 100$$

$$E_r = 1.73\%$$

Error de la potencia

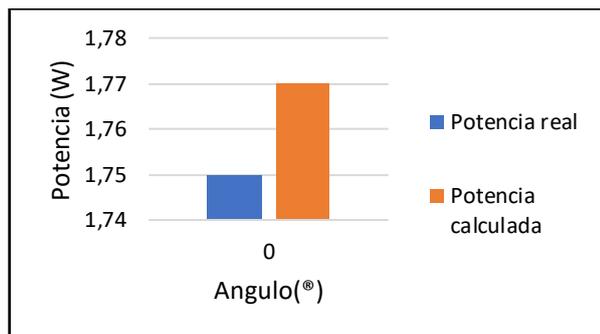


Figura 3.27. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulos de 0, grados masa 0.21,0.225

[Autor]

$$E_a = 1.75 - 1.77$$

$$E_a = 0.02$$

$$E_r = \frac{0.02}{1.75} * 100$$

$$E_r = 1.14 \%$$

Error de la energía cinética

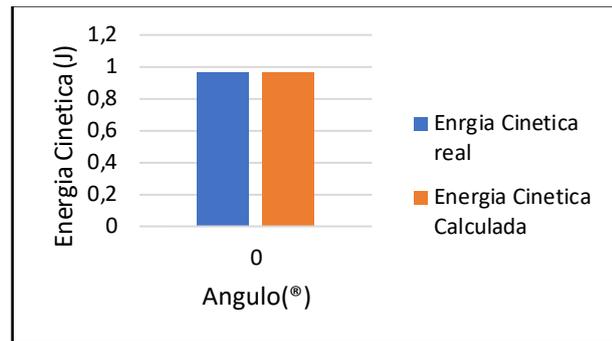


Figura 3.28. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulos de 0, grados masa 0.21,0.225 [Autor]

$$E_a = 0.97 - 0.97$$

$$E_a = 0$$

$$E_r = \frac{0}{0.97} * 100$$

$$E_r = 0 \%$$

Error de la energía potencial

$$E_a = 0$$

$$E_a = 0$$

$$E_r = \frac{0}{0} * 100$$

$$E_r = 0 \%$$

Interpretación:

- Se dispuso como primera masa 0.21 kg y como segunda masa 0.225 kg, con una inclinación de 0 grados, datos de entrada, estos datos permiten obtener los cálculos del tiempo, trabajo, potencia, energía cinética y energía potencial por medio de ecuaciones, los mismos datos son utilizados por la máquina para obtener datos de salida, los cuales permiten realizar una comparativa para cada caso.
- En la tabla 3.7 se puede apreciar los valores de las diferentes mediciones realizadas por la máquina, además de los valores calculados manualmente, para

mayor efecto de comprensión se aprecian gráficas comparativas, donde se indica el trabajo, la potencia, trabajo, energía cinética y energía potencial, visualizando que esta no posee mayor variación entre los datos obtenidos por la máquina y por los que fueron obtenidos de las ecuaciones.

- Finalmente, se tiene que los valores de error para el tiempo son: $E_a = 0$ y $E_r = 0\%$, para el trabajo $E_a = 0.02$ y $E_r = 1.73\%$, para la potencia se obtiene $E_a = 0.02$ y $E_r = 1.14\%$, para la energía cinética se tiene que $E_a = 0$ y $E_r = 0\%$, finalmente para la energía potencial se tiene $E_a = 0$ y $E_r = 0\%$ indicando que los errores durante este ensayo son mínimos.

Tabla 3.8 Sexta combinación masa de 0.21, 0.225 y ángulo de 10 grados [Autor]

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
Ficha de toma de datos experimentales							
Datos generales							
Nombre:		Marlon Sandoval					
Fecha de ensayo		25 de julio de 2022					
Sexta combinación							
Estimación de resultados							
Masa 1		0.21		Masa 2		0.225	
Ángulo				10°			
Datos arrojados por la máquina							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s²)	Velocidad (m/s)
0.73	1.36	1.37	1.86	0.33	0.76	3.70	2.70
Datos obtenidos por cálculos teóricos							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s²)	Velocidad (m/s)
0.73	1.36	1.33	1.83	0.35	0.79	3.79	2.75

Con los datos comparados en la tabla 3.8 se obtiene el siguiente error:

Error del tiempo

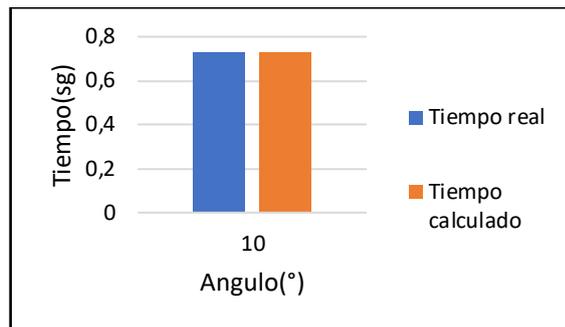


Figura 3.29. Gráfica tiempo real vs tiempo calculada con ángulos de 10, grados masa 0.21,0.225

[Autor]

$$E_a = 0.73 - 0.73$$

$$E_a = 0$$

$$E_r = \frac{0}{0.73} * 100$$

$$E_r = 0\%$$

Error del trabajo

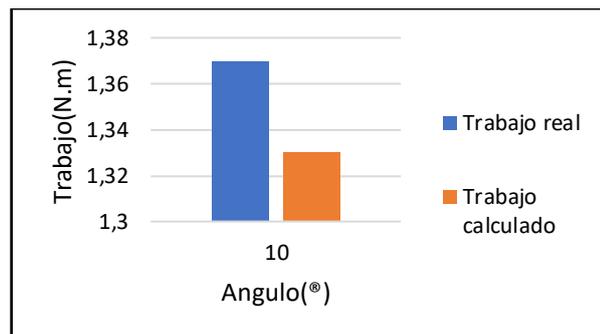


Figura 3.30. Gráfica trabajo real vs trabajo calculada con ángulos de 10, grados masa 0.21,0.225

[Autor]

$$E_a = 1.37 - 1.33$$

$$E_a = 0.04$$

$$E_r = \frac{0.04}{1.37} * 100$$

$$E_r = 2.9\%$$

Error de la potencia

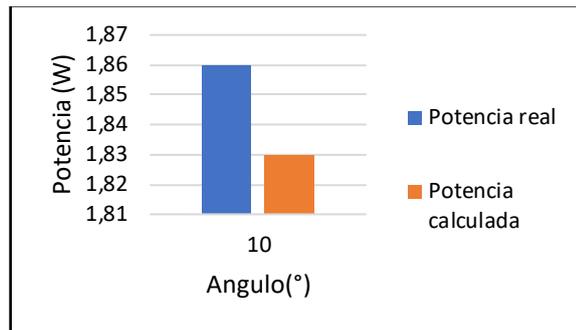


Figura 3.31. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulos de 10, grados masa 0.21,0.225

[Autor]

$$E_a = 1.86 - 1.83$$

$$E_a = 0.03$$

$$E_r = \frac{0.03}{1.86} * 100$$

$$E_r = 1.61\%$$

Error de la energía cinética

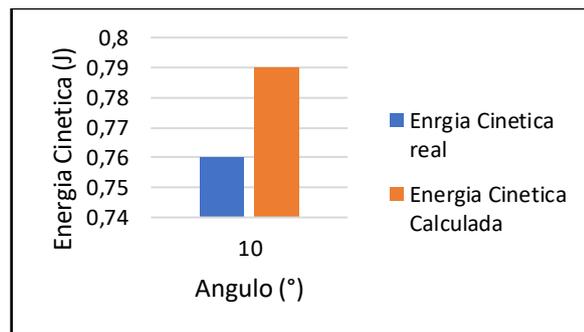


Figura 3.32. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulos de 10, grados

masa 0.21,0.225 [Autor]

$$E_a = 0.76 - 0.79$$

$$E_a = 0.03$$

$$E_r = \frac{0.03}{0.76} * 100$$

$$E_r = 3.9 \%$$

Error de la energía potencial

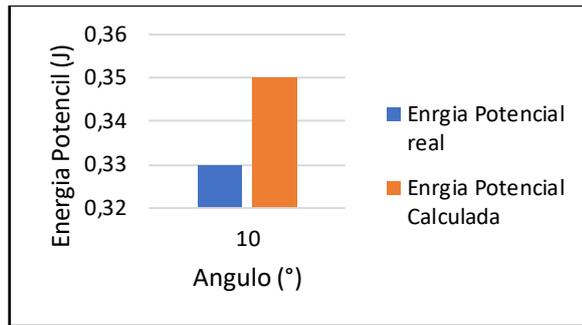


Figura 3.33. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulos de 10, grados masa 0.21,0.225 [Autor]

$$E_a = 0.33 - 0.35$$

$$E_a = 0.02$$

$$E_r = \frac{0.02}{0.33} * 100$$

$$E_r = 6 \%$$

Interpretación:

- Se dispuso como primera masa 0.21 kg y como segunda masa 0.225 kg, con una inclinación de 10 grados, datos de entrada, estos datos permiten obtener los cálculos del tiempo, trabajo, potencia, energía cinética y energía potencial por medio de ecuaciones, los mismos datos son utilizados por la máquina para obtener datos de salida, los cuales permiten realizar una comparativa para cada caso.
- En la tabla 3.8 se puede apreciar los valores de las diferentes mediciones realizadas por la máquina, además de los valores calculados manualmente, para mayor efecto de comprensión se aprecian gráficas comparativas, donde se indica el tiempo, potencia, trabajo, energía cinética y energía potencial, visualizando que esta no posee mayor variación entre los datos obtenidos por la máquina y por los que fueron obtenidos de las ecuaciones.
- Finalmente, se tiene que los valores de error para el tiempo son: $E_a = 0$, $E_r = 0\%$ para el trabajo $E_a = 0.04$ y $E_r = 2.9\%$, para la potencia se obtiene $E_a = 0.03$ y $E_r = 1.61\%$, para la energía cinética se tiene que $E_a = 0.03$ y $E_r = 3.9 \%$, finalmente para la energía potencial se tiene $E_a = 0.02$ y $E_r = 6\%$, pues no existe energía potencial.

Tabla 3.9 Séptima combinación masa de 0.21, 0.225 y ángulo de 20 grados [Autor]

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
Ficha de toma de datos experimentales							
Datos generales							
Nombre:	Marlon Sandoval						
Fecha de ensayo	25 de julio de 2022						
Séptima combinación							
Estimación de resultados							
Masa 1	0.21	Masa 2	0.225				
Ángulo	20°						
Datos arrojados por la máquina							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s²)	Velocidad (m/s)
0.84	1.53	1.51	1.85	0.69	0.66	2.81	2.31
Datos obtenidos por cálculos teóricos							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s²)	Velocidad (m/s)
0.82	1.53	1.44	1.76	0.70	0.63	3.01	2.45

Con los datos comparados en la tabla 3.9 se obtiene el siguiente error:

Error del tiempo

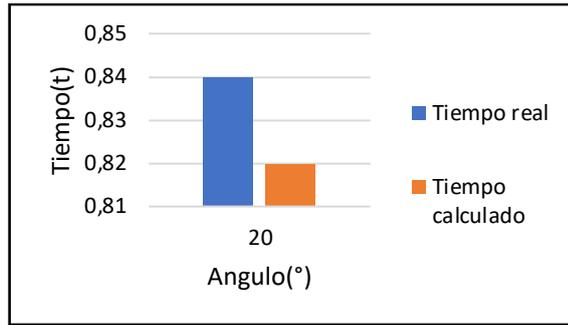


Figura 3.34. Gráfica tiempo real vs tiempo calculada con ángulos de 20, grados masa 0.21,0.225

[Autor]

$$E_a = 0.84 - 0.82$$

$$E_a = 0.02$$

$$E_r = \frac{0.02}{0.84} * 100$$

$$E_r = 2.38\%$$

Error del trabajo

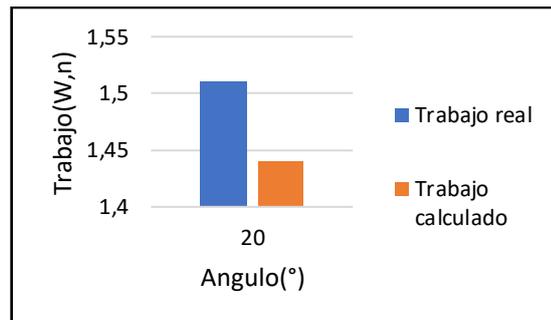


Figura 3.35. Gráfica trabajo real vs trabajo calculado con ángulos de 20, grados masa 0.21,0.225

[Autor]

$$E_a = 1.51 - 1.44$$

$$E_a = 0.07$$

$$E_r = \frac{0.07}{1.51} * 100$$

$$E_r = 4.6\%$$

Error de la potencia

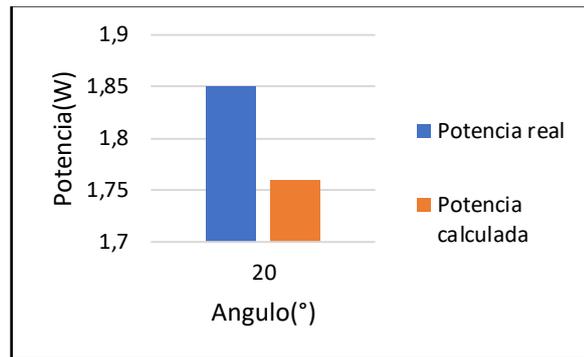


Figura 3.36. Gráfica potencia real vs potencia calculado con ángulos de 20, grado masa 0.21,0.225

[Autor]

$$E_a = 1.85 - 1.76$$

$$E_a = 0.09$$

$$E_r = \frac{0.09}{1.8} * 100$$

$$E_r = 4.86 \%$$

Error de la energía cinética

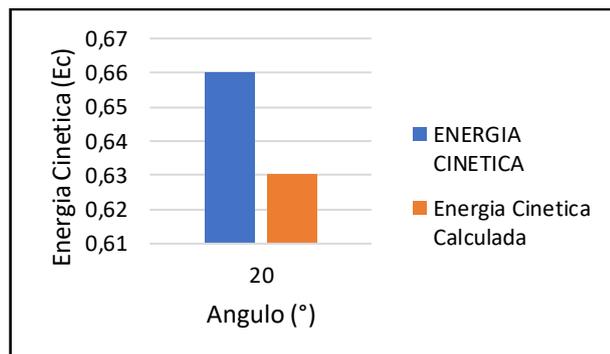


Figura 3.37. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculado con ángulo de 20, grados

masa 0.21,0.225 [Autor]

$$E_a = 0.66 - 0.63$$

$$E_a = 0.03$$

$$E_r = \frac{0.03}{0.66} * 100$$

$$E_r = 4.54 \%$$

Error de la energía potencial

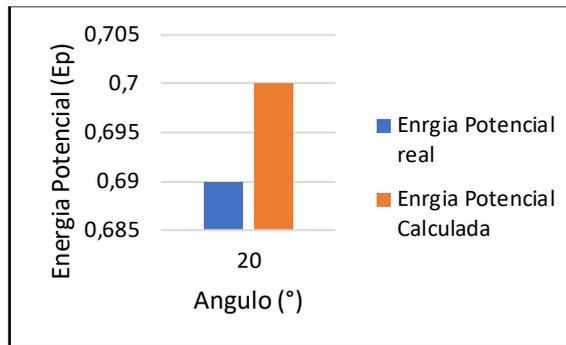


Figura 3.38. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculado con ángulo de 20, grados masa 0.21,0.225 [Autor]

$$E_a = 0.69 - 0.70$$

$$E_a = 0.01$$

$$E_r = \frac{0.01}{0.69} * 100$$

$$E_r = 1.44 \%$$

Interpretación:

- Como séptimo ensayo se dispuso una masa de 0.21kg y como segunda masa 0.225 kg y una inclinación de 20 grados, por medio de estos datos de entrada se puede obtener el tiempo, trabajo, potencia, energía cinética y energía potencial, de forma manual y arrojados por la máquina, con los cuales se pudo realizar comparativas y cálculos de error para cada caso.
- En la tabla 3.9 se puede apreciar los valores de las diferentes mediciones realizadas por la máquina, además de los valores calculados manualmente, para mayor efecto de comprensión se expone gráficas comparativas, donde se indica el tiempo, potencia, trabajo, energía cinética y energía potencial, visualizando que esta no posee mayor variación entre los datos obtenidos por la máquina y por los que fueron obtenidos de las ecuaciones.
- Finalmente, se tiene que los valores de error para el tiempo son: $E_a = 0.02$ y $E_r = 2.38\%$ para el trabajo $E_a = 0.07$ y $E_r = 4.61\%$, para la potencia se obtiene $E_a = 0.09$ y $E_r = 4.86\%$, para la energía cinética se tiene que $E_a = 0.03$ y $E_r = 4.54\%$, para la energía potencial se tiene $E_a = 0.01$ y $E_r = 1.44\%$.

Tabla 3.10 Octava combinación masa de 0.21, 0.225 y ángulo de 30 grados [Autor]

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
Ficha de toma de datos experimentales							
Datos generales							
Nombre:	Marlon Sandoval						
Fecha de ensayo	25 de julio de 2022						
Octava combinación							
Estimación de resultados							
Masa 1	0.21	Masa 2	0.225				
Ángulo	30°						
Datos arrojados por la máquina							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s²)	Velocidad (m/s)
0.98	1.69	1.53	1.64	1.02	0.44	2.08	2
Datos obtenidos por cálculos teóricos							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s²)	Velocidad (m/s)
0.93	1.69	1.46	1.56	1.03	0.48	2.30	2.14

Con los datos comparados en la tabla 3.10 se obtiene el siguiente error:

Error del tiempo

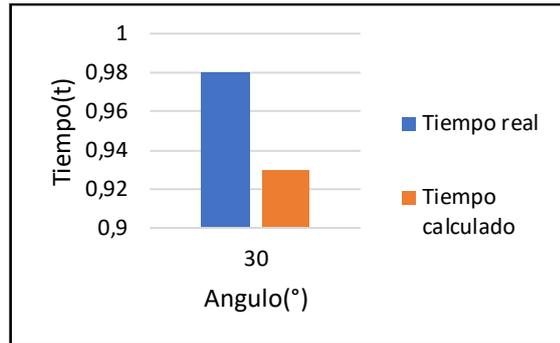


Figura 3.39. Gráfica tiempo real vs tiempo calculado con ángulo de 30, grados masa 0.21,0.225

[Autor]

$$E_a = 0.98 - 0.93$$

$$E_a = 0.05$$

$$E_r = \frac{0.05}{0.98} * 100$$

$$E_r = 5\%$$

Error del trabajo

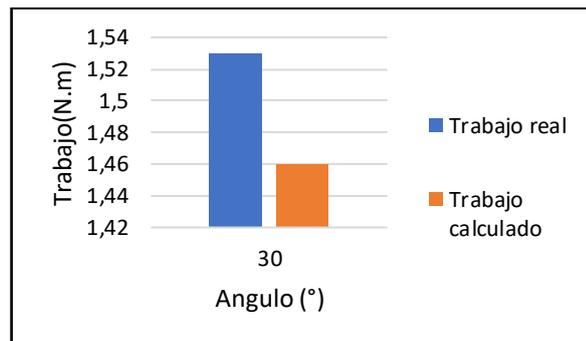


Figura 3.40. Gráfica trabajo real vs trabajo calculado con ángulo de 30, grados masa 0.21,0.225

[Autor]

$$E_a = 1.53 - 1.46$$

$$E_a = 0.07$$

$$E_r = \frac{0.07}{1.53} * 100$$

$$E_r = 4.57\%$$

Error de la potencia

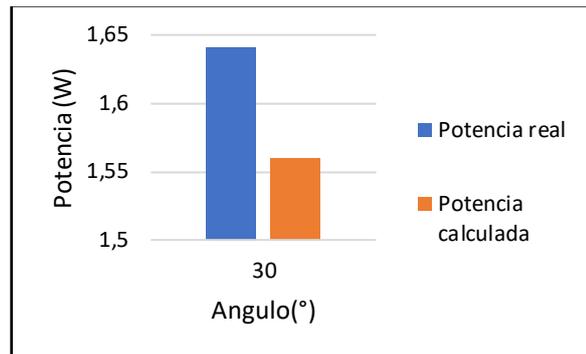


Figura 3.41. Gráfica potencia real vs potencia calculado con ángulo de 30, grados masa 0.21,0.225

[Autor]

$$E_a = 1.64 - 1.56$$

$$E_a = 0.08$$

$$E_r = \frac{0.08}{1.64} * 100$$

$$E_r = 4.87\%$$

Error de la energía cinética

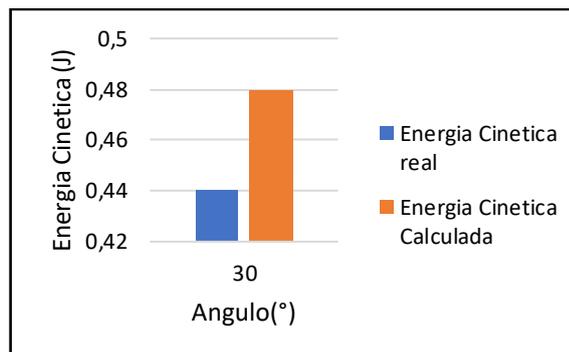


Figura 3.42. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculado con ángulo de 30, grados masa 0.21,0.225 [Autor]

$$E_a = 0.44 - 0.48$$

$$E_a = 0.04$$

$$E_r = \frac{0.04}{0.44} * 100$$

$$E_r = 4.9\%$$

Error de la energía potencial

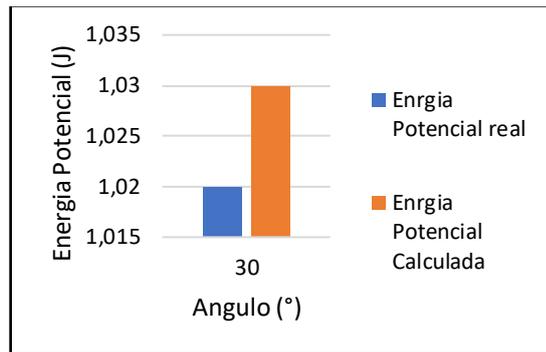


Figura 3.43. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulo de 30, grados masa 0.21,0.225 [Autor]

$$E_a = 1.02-1.03$$

$$E_a = 0.01$$

$$E_r = \frac{0.01}{1.02} * 100$$

$$E_r = 0.98\%$$

Interpretación:

- Se dispuso como primera masa 0.21 kg y como segunda masa 0.225 kg, con una inclinación de 30 grados, datos de entrada, estos datos permiten obtener los cálculos del tiempo, trabajo, potencia, energía cinética y energía potencial por medio de ecuaciones, los mismos datos son utilizados por la máquina para obtener datos de salida, los cuales permiten realizar una comparativa para cada caso.
- En la tabla 3.10 se puede apreciar los valores de las diferentes mediciones realizadas por la máquina, además de los valores calculados manualmente, para mayor efecto de comprensión se aprecian gráficas comparativas, donde se indica el tiempo, la potencia, trabajo, energía cinética y energía potencial, visualizando que esta no posee mayor variación entre los datos obtenidos por la máquina y por los que fueron obtenidos de las ecuaciones.
- Finalmente, se tiene que los valores de error para el tiempo son: $E_a = 0.05$ y $E_r = 5\%$, para el trabajo $E_a = 0.07$ y $E_r = 4.57\%$, para la potencia se obtiene $E_a = 0.08$ y $E_r = 4.87\%$, para la energía cinética se tiene que $E_a = 0.04$ y $E_r = 4.9$

%, finalmente para la energía potencial se tiene $E_a = 0.01$ y $E_r = 0.98$, pues no existe energía potencial en este ensayo.

3.4. Tablas comparativas generales con Masa 1 = 0.21kg y Masa 2 = 0.225kg

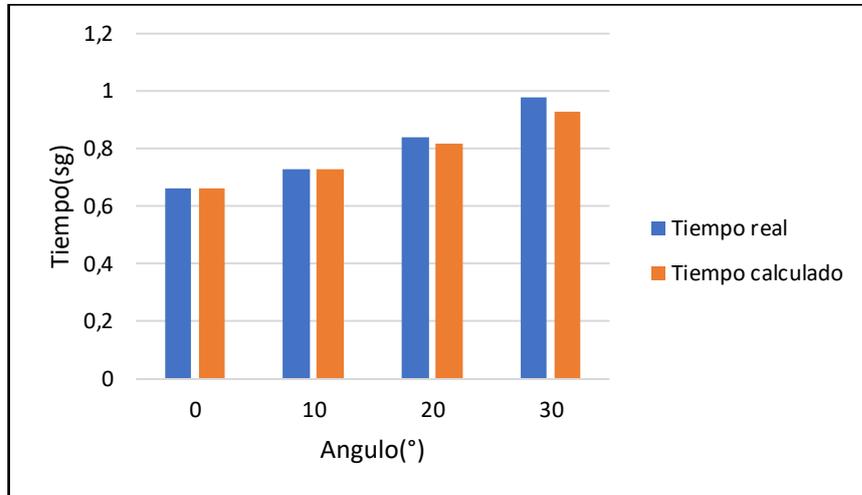


Figura 3.44. Gráfica Tiempo real vs tiempo calculada con ángulos de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.21,0.225 [Autor]

Interpretación:

- En la figura 3.44 se puede apreciar el gráfico tiempo vs ángulo, este grafico indica que el tiempo es directamente proporcional al ángulo, pues a medida que aumenta el ángulo el tiempo también lo hace, es decir mientras mayor ángulo de inclinación el móvil tarda mayor cantidad de tiempo en recorrer el metro de riel.

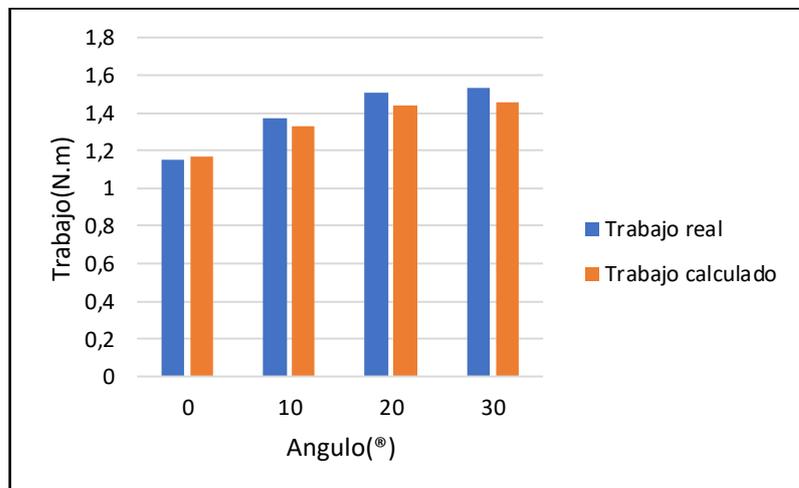


Figura 3.45. Gráfica trabajo real vs trabajo calculada con ángulos de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.21,0.225 [Autor]

Interpretación:

- En la figura 3.45 se puede apreciar el gráfico trabajo vs ángulo, este grafico indica que el trabajo es directamente proporcional al ángulo, pues a medida que aumenta el ángulo el trabajo también lo hace, es decir mientras mayor ángulo de inclinación e trabajo aumenta ligeramente.

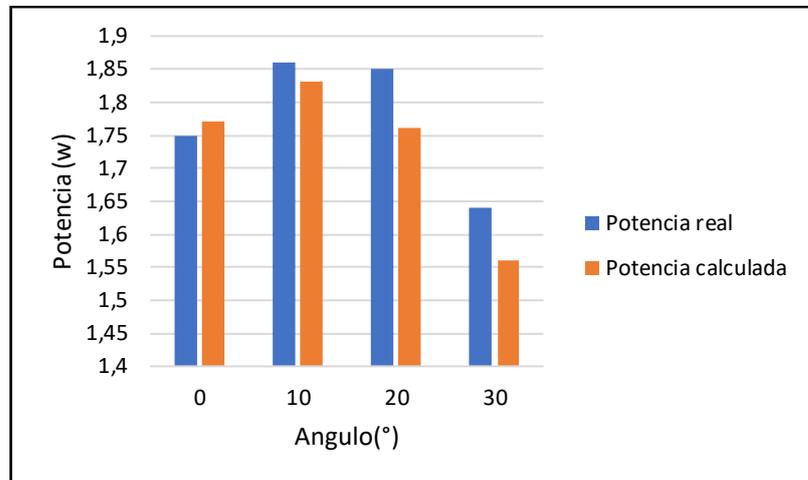


Figura 3.46. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulos de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.21,0.225 [Autor]

Interpretación:

- En la figura 3.46 se puede apreciar el gráfico potencia vs ángulo, donde la potencia tiene una ligera tendencia creciente hasta llegar a los 20 grados para posteriormente descender.

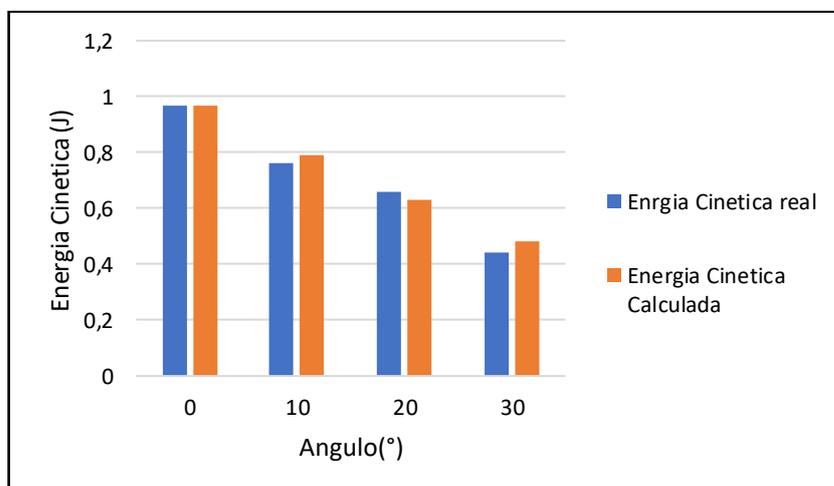


Figura 3.47. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulos de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.21,0.225 [Autor]

Interpretación:

- En la figura 3.47 se puede apreciar que la energía cinética es inversamente proporcional al ángulo, pues a medida que el ángulo aumenta la energía cinética disminuye.

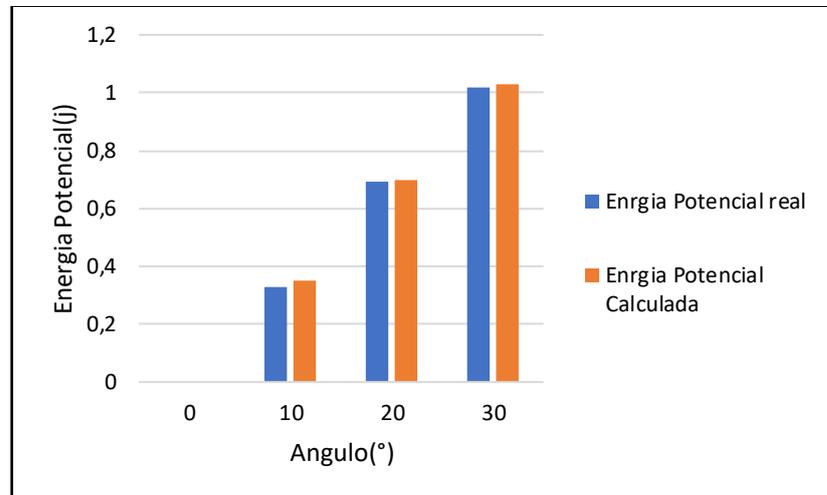


Figura 3.48. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulos de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.21,0.225 [Autor]

Interpretación:

- En la figura 3.48 se puede apreciar que la energía potencial es directamente proporcional al ángulo, pues a medida que el ángulo aumenta la diferencia de altura entre el punto inicial y final también lo hace, por lo tanto, a mayor altura mayor energía potencial.

Tabla 3.11 Novena combinación masa de 0.22, 0.25 y ángulo de 0 grados [Autor]

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Ficha de toma de datos experimentales		
Datos generales		
Nombre:	Marlon Sandoval	
Fecha de ensayo	25 de julio de 2022	

Novena combinación							
Estimación de resultados							
Masa 1	0.22			Masa 2	0.25		
Ángulo	0°						
Datos arrojados por la máquina							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s ²)	Velocidad (m/s)
0.65	1.26	1.25	1.93	0	1.05	4.76	3.1
Datos obtenidos por cálculos teóricos							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s ²)	Velocidad (m/s)
0.65	1.26	1.26	1.94	0	1.05	4.76	3.08

Con los datos comparados en la tabla 3.11 se obtiene el siguiente error:

Error del tiempo

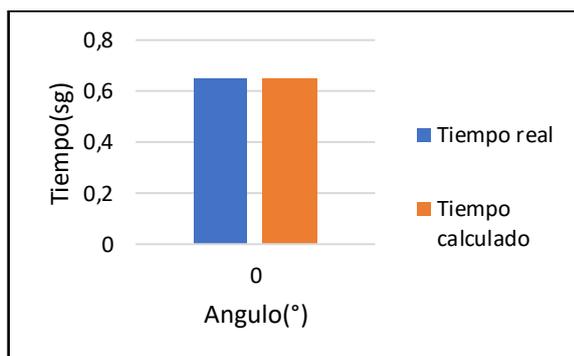


Figura 3.49. Gráfica tiempo real vs tiempo calculada con ángulo de 0, grados masa 0.22,0.25

[Autor]

$$E_a = 0.65 - 0.65$$

$$E_a = 0$$

$$E_r = \frac{0}{0.65} * 100$$

$$E_r = 0\%$$

Error del trabajo

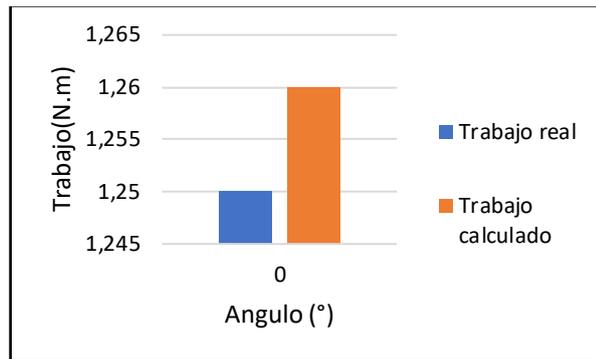


Figura 3.50. Gráfica trabajo real vs trabajo calculado con ángulo de 0, grados masa 0.22,0.25

[Autor]

$$E_a = 1.25 - 1.26$$

$$E_a = 0.01$$

$$E_r = \frac{0.01}{1.25} * 100$$

$$E_r = 0.8 \%$$

Error de la potencia

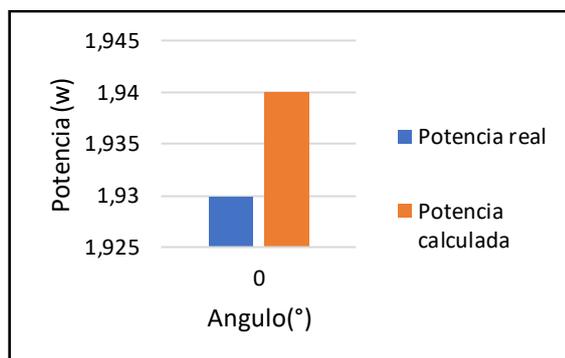


Figura 3.51. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulo de 0, grados masa 0.22,0.25

[Autor]

$$E_a = 1.93 - 1.94$$

$$E_a = 0.01$$

$$E_r = \frac{0.01}{1.93} * 100$$

$$E_r = 0.51 \%$$

Error de la energía cinética

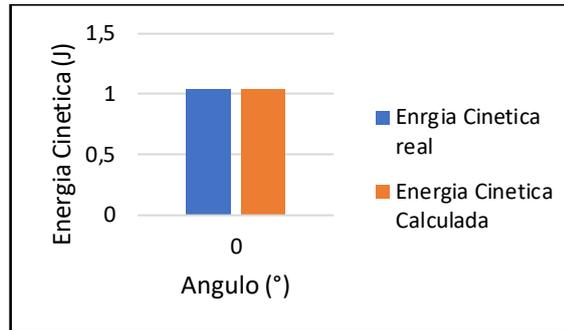


Figura 3.52. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulo de 0, grados masa 0.22,0.25 [Autor]

$$E_a = 1.05 - 1.05$$

$$E_a = 0$$

$$E_r = \frac{0}{1.05} * 100$$

$$E_r = 0\%$$

Error de la energía potencial

$$E_a = 0 - 0$$

$$E_a = 0$$

$$E_r = 0$$

$$E_r = 0\%$$

Interpretación:

- Como noveno ensayo se dispuso una masa de 0.22kg y como segunda masa 0.25 kg y una inclinación de 0 grados, por medio de estos datos de entrada se puede obtener el tiempo, trabajo, potencia, energía cinética y energía potencial, de forma manual y arrojados por la máquina, con los cuales se pudo realizar comparativas y cálculos de error para cada caso.
- En la tabla 3.11 se puede apreciar los valores de las diferentes mediciones realizadas por la máquina, además de los valores calculados manualmente, para

mayor efecto de comprensión se exponen gráficas comparativas, donde se indica, el tiempo, potencia, trabajo, energía cinética y energía potencial, visualizando que esta no posee mayor variación entre los datos obtenidos por la máquina y por los que fueron obtenidos de las ecuaciones.

- Finalmente, se tiene que los valores de error para el tiempo son: $E_a = 0$ y $E_r = 0\%$, para el trabajo son $E_a = 0.01$ y $E_r = 0.8\%$, para la potencia se obtiene $E_a = 0.01$ y $E_r = 0.51\%$, para la energía cinética se tiene que $E_a = 0$ y $E_r = 0\%$, finalmente para la energía potencial se tiene $E_a = 0$ y $E_r = 0\%$, lo que implica que no existe error en la energía potencial.

Tabla 3.12 Decima combinación masa de 0.22, 0.25 y ángulo de 10 grados [Autor]

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
Ficha de toma de datos experimentales							
Datos generales							
Nombre:	Marlon Sandoval						
Fecha de ensayo	25 de julio de 2022						
Décima combinación							
Estimación de resultados							
Masa 1	0.22			Masa 2	0.25		
Ángulo				10°			
Datos arrojados por la máquina							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s²)	Velocidad (m/s)
0.73	1.46	1.51	2.06	0.35	0.83	3.73	2.70
Datos obtenidos por cálculos teóricos							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s²)	Velocidad (m/s)
0.71	1.46	1.44	2.02	0.37	0.87	3.97	2.81

Con los datos comparados en la tabla 3.12 se obtiene el siguiente error:

Error del tiempo

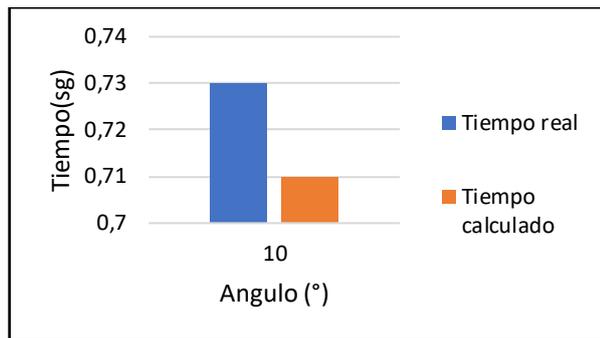


Figura 3.53. Gráfica tiempo real vs tiempo calculado con ángulo de 10, grados masa 0.22,0.25

[Autor]

$$E_a = 0.73 - 0.71$$

$$E_a = 0.02$$

$$E_r = \frac{0.02}{0.73} * 100$$

$$E_r = 0.27\%$$

Error del trabajo

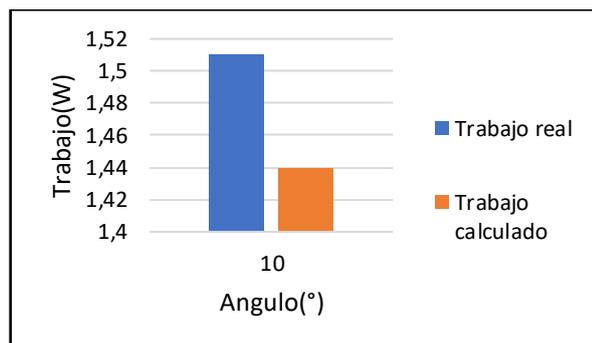


Figura 3.54. Gráfica trabajo real vs trabajo calculado con ángulo de 10, grados masa 0.22,0.25

[Autor]

$$E_a = 1.51 - 1.44$$

$$E_a = 0.07$$

$$E_r = \frac{0.07}{1.51} * 100$$

$$E_r = 4.63\%$$

Error de la potencia

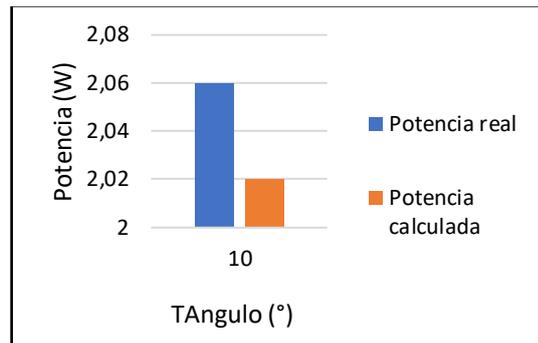


Figura 3.55. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulo de 10, grados masa 0.22,0.25

[Autor]

$$E_a = 2.06 - 2.02$$

$$E_a = 0.04$$

$$E_r = \frac{0.04}{2.06} * 100$$

$$E_r = 1.94\%$$

Error de la energía cinética

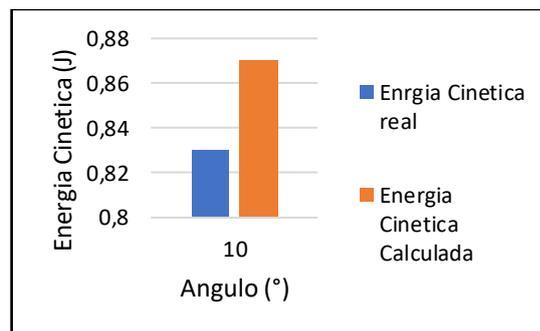


Figura 3.56. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulo de 10, grados

masa 0.22,0.25 [Autor]

$$E_a = 0.83 - 0.87$$

$$E_a = 0.04$$

$$E_r = \frac{0.04}{0.83} * 100$$

$$E_r = 4.81 \%$$

Error de la energía potencial

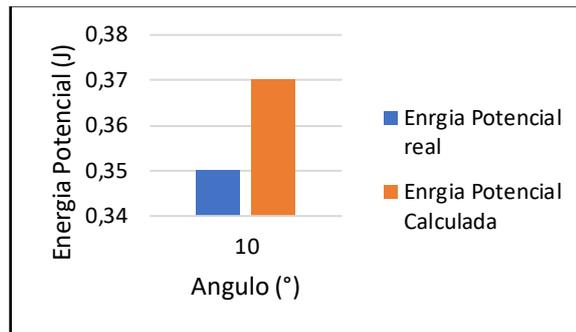


Figura 3.57. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulo de 10, grados masa 0.22,0.25 [Autor]

$$E_a = 0.35 - 0.37$$

$$E_a = 0.02$$

$$E_r = \frac{0.02}{0.35} * 100$$

$$E_r = 5.1 \%$$

Interpretación:

- Como décimo ensayo se dispuso una masa de 0.22kg y como segunda masa 0.25 kg y una inclinación de 10 grados, por medio de estos datos de entrada se puede obtener el tiempo, trabajo, potencia, energía cinética y energía potencial, de forma manual y arrojados por la máquina, con los cuales se pudo realizar comparativas y cálculos de error para cada caso.
- En la tabla 3.12 se aprecia los valores de las diferentes mediciones realizadas por la máquina, además de los valores calculados manualmente, para mayor efecto de comprensión se exponen gráficas comparativas, donde se indica el tiempo, potencia, trabajo, energía cinética y energía potencial, visualizando que esta no posee mayor variación entre los datos obtenidos por la máquina y por los que fueron obtenidos de las ecuaciones.
- Finalmente, se tiene que los valores de error para el tiempo son: $E_a = 0.02$ y $E_r = 0.27\%$, para el trabajo $E_a = 0.07$ y $E_r = 4.63\%$, para la potencia se obtiene $E_a = 0.04$ y $E_r = 1.94\%$, para la energía cinética se tiene que $E_a = 0.04$ y $E_r =$

4.81 %, para la energía potencial se tiene $E_a = 0.02$ y $E_r = 5.1\%$, pues en este caso no existe energía potencial.

Tabla 3.13 Onceava combinación masa de 0.22, 0.25 y ángulo de 20 grados [Autor]

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
Ficha de toma de datos experimentales							
Datos generales							
Nombre:	Marlon Sandoval						
Fecha de ensayo	25 de julio de 2022						
Onceava combinación							
Estimación de resultados							
Masa 1	0.22		Masa 2 0.25				
Ángulo	20°						
Datos arrojados por la máquina							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s²)	Velocidad (m/s)
0.83	1.65	1.62	2.06	0.72	0.67	2.94	2.4
Datos obtenidos por cálculos teóricos							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s²)	Velocidad (m/s)
0.79	1.65	1.55	1.96	0.73	0.70	3.22	2.53

Con los datos comparados en la tabla 3.13 se obtiene el siguiente error:

Error del tiempo

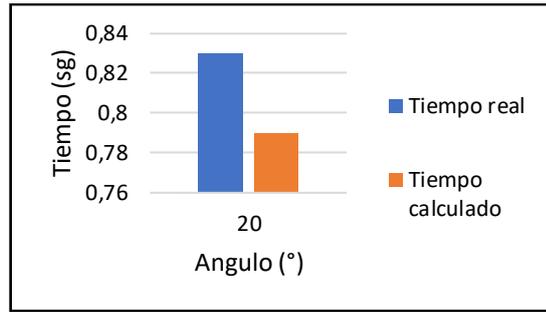


Figura 3.58. Gráfica tiempo real vs tiempo calculada con ángulo de 20, grados masa 0.22,0.25

[Autor]

$$E_a = 0.83 - 0.79$$

$$E_a = 0.04$$

$$E_r = \frac{0.04}{0.83} * 100$$

$$E_r = 4.81\%$$

Error del trabajo

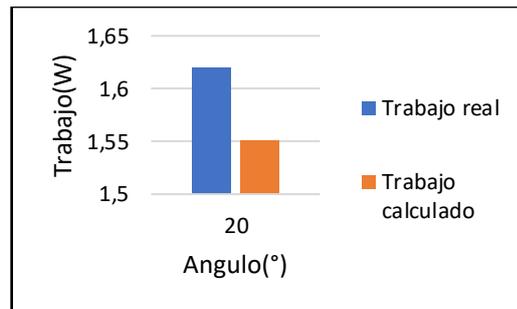


Figura 3.59. Gráfica trabajo real vs trabajo calculado con ángulo de 20, grados masa 0.22,0.25

[Autor]

$$E_a = 1.62 - 1.55$$

$$E_a = 0.07$$

$$E_r = \frac{0.07}{1.62} * 100$$

$$E_r = 4.32\%$$

Error de la potencia

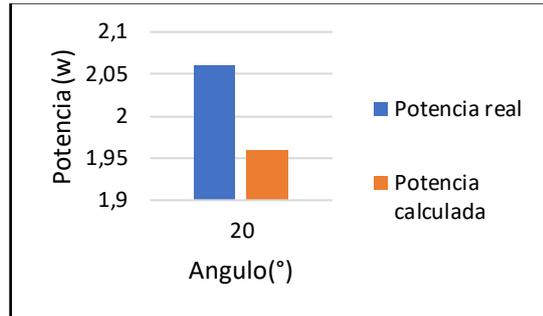


Figura 3.60. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulo de 20, grados masa 0.22,0.25 [Autor]

$$E_a = 2.06 - 1.96$$

$$E_a = 0.1$$

$$E_r = \frac{0.1}{2.06} * 100$$

$$E_r = 4.85\%$$

Error de la energía cinética

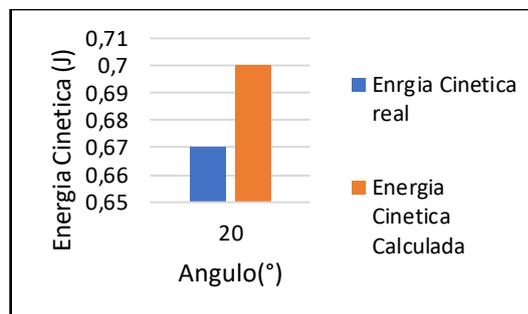


Figura 3.61. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulo de 20, grados masa 0.22,0.25 [Autor]

$$E_a = 0.67 - 0.70$$

$$E_a = 0.03$$

$$E_r = \frac{0.03}{0.67} * 100$$

$$E_r = 4.47 \%$$

Error de la energía potencial

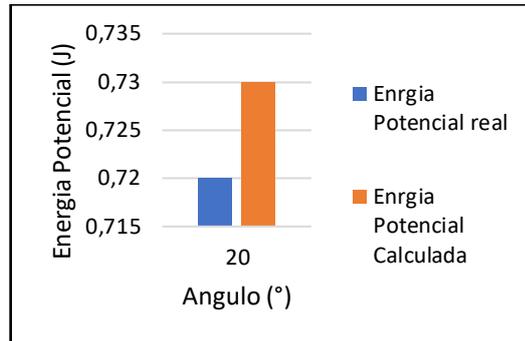


Figura 3.62. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulo de 20, grados masa 0.22,0.25 [Autor]

$$E_a = 0.72 - 0.73$$

$$E_a = 0.01$$

$$E_r = \frac{0.01}{0.72} * 100$$

$$E_r = 1.38 \%$$

Interpretación:

- Como onceavo ensayo se dispuso una masa de 0.22kg y como segunda masa 0.25 kg y una inclinación de 20 grados, por medio de estos datos de entrada se puede obtener el tiempo, trabajo, potencia, energía cinética y energía potencial, de forma manual y arrojados por la máquina, con los cuales se pudo realizar comparativas y cálculos de error para cada caso.
- En la tabla 3.13 se aprecia los valores de las diferentes mediciones realizadas por la máquina, además de los valores calculados manualmente, para mayor efecto de comprensión se exponen gráficas comparativas, donde se indica el tiempo, potencia, trabajo, energía cinética y energía potencial, visualizando que esta no posee mayor variación entre los datos obtenidos por la máquina y por los que fueron obtenidos de las ecuaciones.
- Finalmente, se tiene que los valores de error para el tiempo son: $E_a = 0.04$ y $E_r = 4.81\%$, para el trabajo $E_a = 1.15$ y $E_r = 4.38\%$, para la potencia se obtiene

$E_a = 0.1$ y $E_r = 4.85\%$, para la energía cinética se tiene que $E_a = 0.03$ y $E_r = 4.47\%$, para la energía potencial se tiene $E_a = 0.01$ y $E_r = 1.38\%$.

Tabla 3.14 Doceava combinación masa de 0.22, 0.25 y ángulo de 30 grados [Autor]

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
Ficha de toma de datos experimentales							
Datos generales							
Nombre:	Marlon Sandoval						
Fecha de ensayo	25 de julio de 2022						
Doceava combinación							
Estimación de resultados							
Masa 1	0.22		Masa 2 0.25				
Ángulo	30°						
Datos arrojados por la máquina							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s²)	Velocidad (m/s)
0.94	1.82	1.66	1.86	1.07	0.53	2.24	2.1
Datos obtenidos por cálculos teóricos							
Tiempo (sg)	Tensión (N)	Trabajo (N.m)	Potencia (W)	Energía Potencial (J)	Energía cinética (Ec)	Aceleración (m/s²)	Velocidad (m/s)
0.89	1.82	1.58	1.77	1.07	0.55	2.52	2.24

Con los datos comparados en la tabla 3.14 se obtiene el siguiente error:

Error del tiempo

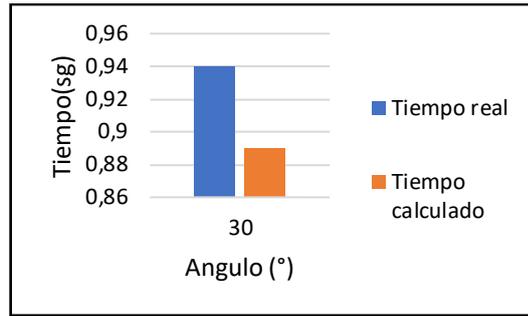


Figura 3.63. Gráfica tiempo real vs tiempo calculado con ángulo de 30, grados masa 0.22,0.25

[Autor]

$$E_a = 0.94 - 0.89$$

$$E_a = 0.05$$

$$E_r = \frac{0.05}{0.94} * 100$$

$$E_r = 5.2\%$$

Error de trabajo

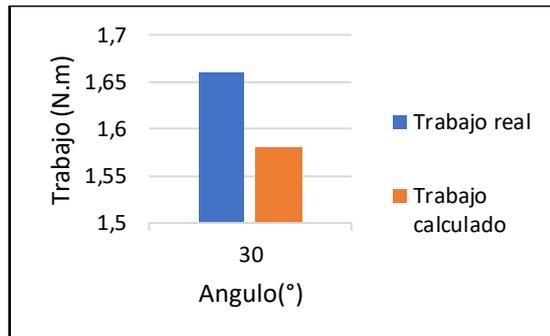


Figura 3.64. Gráfica trabajo real vs trabajo calculado con ángulo de 30, grados masa 0.22,0.25

[Autor]

$$E_a = 1.66 - 1.58$$

$$E_a = 0.08$$

$$E_r = \frac{0.08}{1.66} * 100$$

$$E_r = 4.81\%$$

Error de la potencia

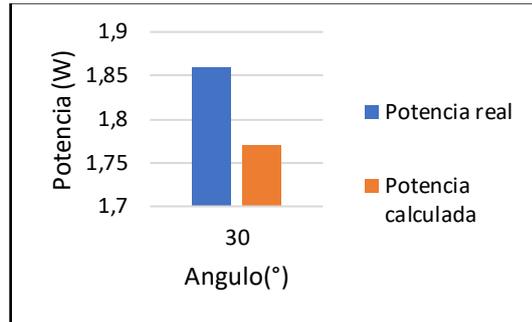


Figura 3.65. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulo de 30, grados masa 0.22,0.25

[Autor]

$$E_a = 1.86 - 1.77$$

$$E_a = 0.09$$

$$E_r = \frac{0.09}{1.86} * 100$$

$$E_r = 4.8\%$$

Error de la energía cinética

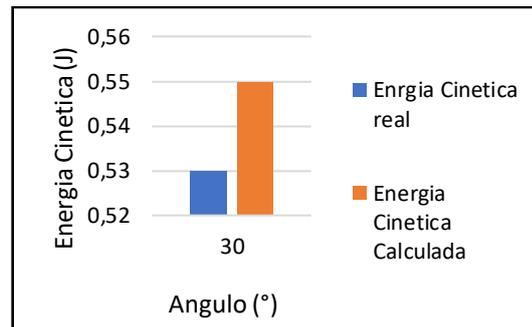


Figura 3.66. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulo de 30, grados

masa 0.22,0.25 [Autor]

$$E_a = 0.53 - 0.55$$

$$E_a = 0.02$$

$$E_r = \frac{0.02}{0.53} * 100$$

$$E_r = 3.77\%$$

Error de la energía potencial

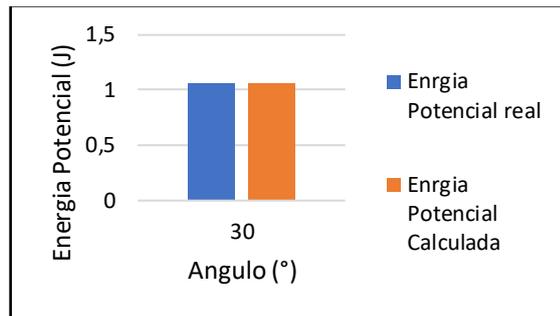


Figura 3.67. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulo de 30, grados masa 0.22,0.25 [Autor]

$$E_a = 1.07 - 1.07$$

$$E_a = 0$$

$$E_r = 0$$

$$E_r = 0 \%$$

Interpretación:

- Como doceavo ensayo se dispuso una masa de 0.22kg y como segunda masa 0.25 kg y una inclinación de 30 grados, por medio de estos datos de entrada se puede obtener el tiempo, trabajo, potencia, energía cinética y energía potencial, de forma manual y arrojados por la máquina, con los cuales se pudo realizar comparativas y cálculos de error para cada caso.
- En la tabla 3.14 se aprecia los valores de las diferentes mediciones realizadas por la máquina, además de los valores calculados manualmente, para mayor efecto de comprensión se exponen gráficas comparativas, donde se indica el trabajo, potencia, trabajo, energía cinética y energía potencial, visualizando que esta no posee mayor variación entre los datos obtenidos por la máquina y por los que fueron obtenidos de las ecuaciones.
- Finalmente, se tiene que los valores de error para el tiempo son: $E_a = 0.05$ y $E_r = 5.21 \%$, para el trabajo $E_a = 0.08$ y $E_r = 4.81 \%$, para la potencia se obtiene

$E_a = 0.09$ y $E_r = 4.8\%$, para la energía cinética se tiene que $E_a = 0.02$ y $E_r = 3.77\%$, para la energía potencial se tiene $E_a = 0$ y $E_r = 0\%$.

3.5. Tablas comparativas generales con Masa 1 = 0.22 kg y Masa 2 = 0.25kg

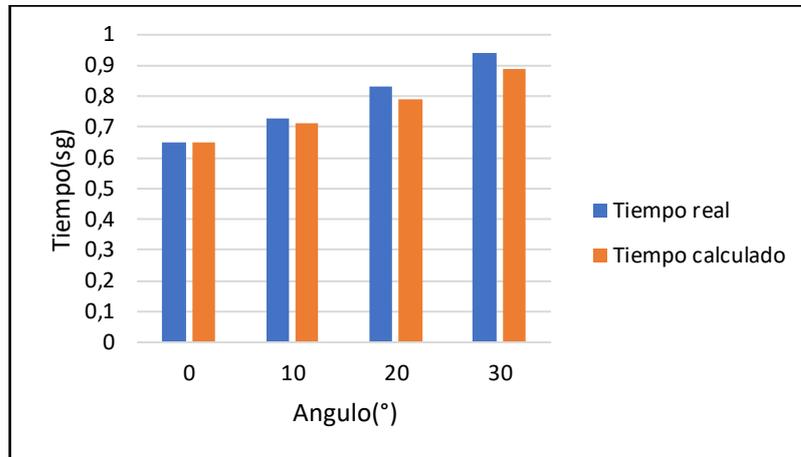


Figura 3.68. Gráfica tiempo real vs tiempo calculado con ángulo de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.22,0.25 [Autor]

Interpretación:

- En la figura 3.68 se puede apreciar el gráfico tiempo vs ángulo, este grafico indica que el tiempo es directamente proporcional al ángulo, pues a medida que aumenta el ángulo el tiempo también lo hace, es decir mientras mayor ángulo de inclinación el móvil tarda mayor cantidad de tiempo en recorrer el metro de riel.

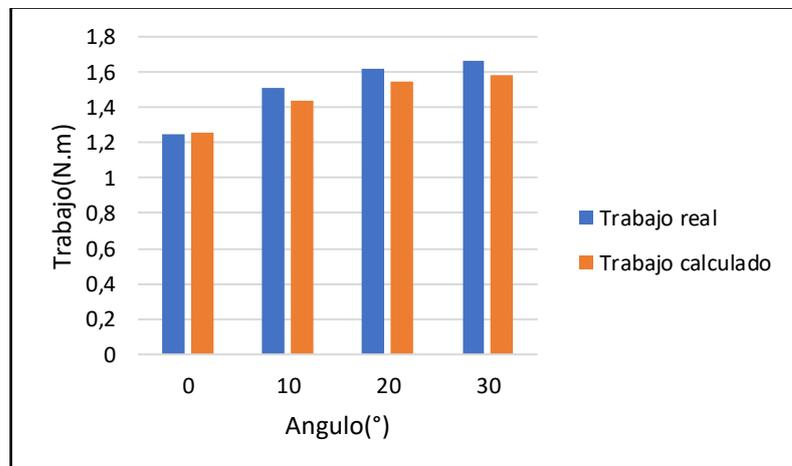


Figura 3.69. Gráfica trabajo real vs trabajo calculado con ángulo de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.22,0.25 [Autor]

Interpretación:

- En la figura 3.69 se puede apreciar el gráfico trabajo vs ángulo, este gráfico indica que el trabajo es directamente proporcional al ángulo, pues a medida que aumenta el ángulo el trabajo también lo hace, es decir mientras mayor ángulo de inclinación e trabajo aumenta ligeramente.

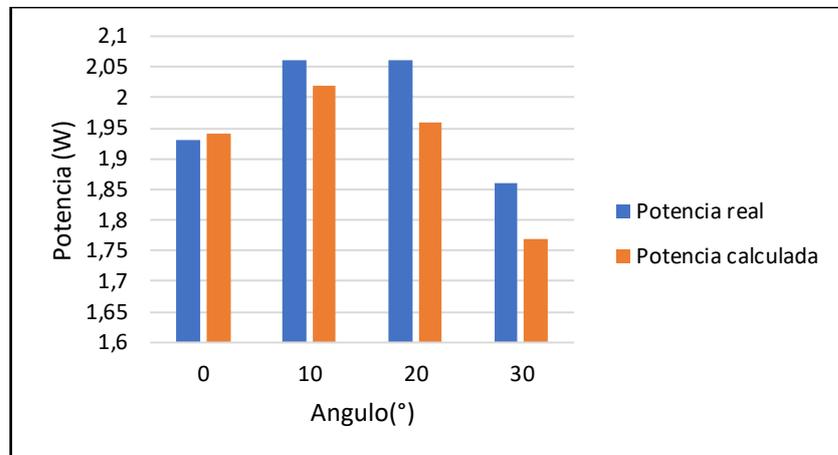


Figura 3.70. Gráfica potencia real vs potencia calculada con ángulo de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.22,0.25 [Autor]

Interpretación:

- En la figura 3.70 se puede apreciar el gráfico potencia vs ángulo, donde la potencia tiene una ligera tendencia creciente hasta llegar a los 20 grados para posteriormente descender.

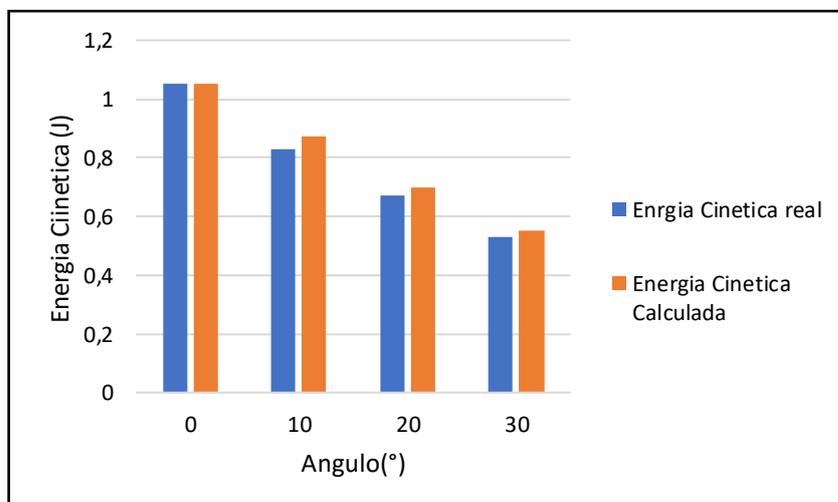


Figura 3.71. Gráfica energía cinética real vs energía cinética calculada con ángulo de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.22,0.25 [Autor]

Interpretación:

- En la figura 3.71 se puede apreciar que la energía cinética es inversamente proporcional al ángulo, pues a medida que el ángulo aumenta la energía cinética disminuye.

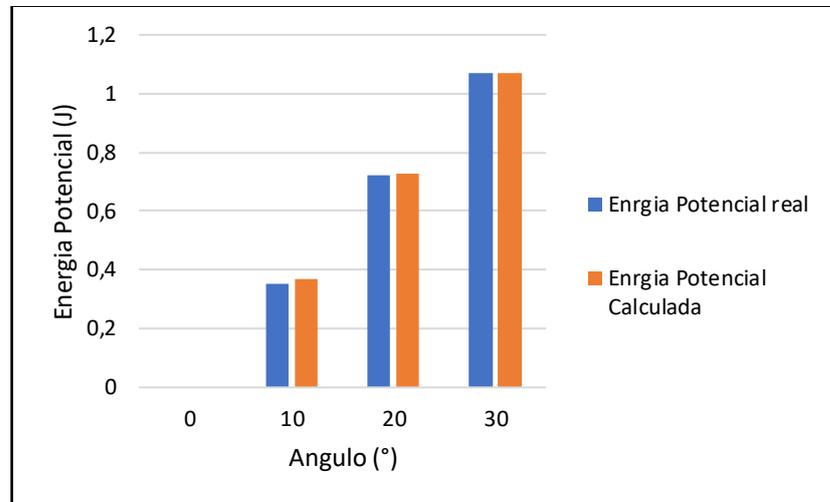


Figura 3.72. Gráfica energía potencial real vs energía potencial calculada con ángulo de 0, 10, 20, 30, grados masa 0.22,0.25 [Autor]

Interpretación:

- En la figura 3.72 se puede apreciar que la energía potencial es directamente proporcional al ángulo, pues a medida que el ángulo aumenta la diferencia de altura entre el punto inicial y final también lo hace, por lo tanto, a mayor altura mayor energía potencial.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Dentro del banco de pruebas se pudo identificar varios parámetros importantes que influyen de manera directa en los datos arrojados por la máquina y los datos obtenidos por medio del cálculo tradicional, estos son la masa del móvil, la masa del contrapeso y el ángulo de inclinación formado por el riel y la horizontal, para el ingreso de las masas se utilizó la caída libre por parte de un contrapeso, la cual por medio de un hilo transmite la tensión hacia un móvil que sostiene la masa de ingreso, este es halado por un determinado tiempo a una velocidad y aceleración determinada a lo largo de un metro, demostrando así la existencia de la energía cinética dentro del banco
- Se seleccionó un sistema de inclinación por medio de dos brazos de proyección, el cual permite dar inclinación al riel de 0 a 40 grados, esta inclinación provoca que exista una diferencia de alturas desde un punto inicial a un punto final, lo que lleva a la conclusión que, si el ángulo es cero no existe energía potencial, por otra parte si la inclinación es mayor que cero existe una diferencia de alturas demostrando que hay energía potencial, exceder este ángulo provoca que el móvil tienda a descarrilar del riel por donde transita, variando los datos medidos.
- Para la construcción del equipo se utilizó una estructura metálica, sobre la cual se ensambló todos los componentes mecánicos, dentro los principales se encuentra el riel de aluminio por donde transita el móvil con una longitud de un metro permitiendo observar el ensayo de manera más didáctica y comprensible, la polea que permite cambiar la dirección de la fuerza, el móvil quién transporta la masa, el riel de elevación y finalmente las mordazas que aseguran que el riel mantenga su posición durante el ensayo, por medio de los cálculos realizados a cada pieza.
- Se concluye que no existe ningún tipo de problema en cuanto a sobreesfuerzo se refiere, esto se debe principalmente porque las masas utilizadas para realizar los ensayos tienen un valor numérico bajo, por lo tanto no se producen fuerzas

- excedentes, por otro lado, para el sistema de control, se utilizaron dos sensores de proximidad con histéresis de 0.001, que posee un rango de detección de 0.2 a 30 cm y un ángulo de detección de 35 ° permitiendo obtener datos casi exactos, como procesador se utilizó un PLC` s fx1/16 MR de ocho entradas y salidas digitales, el cual permitió realizar cálculos internamente, finalmente se utilizó una pantalla HMI con la que se visualizaron los resultados calculados por el PLC` s.
- Se realizaron 12 pruebas de funcionamiento, las cuales arrojaron datos, utilizados posteriormente para compararlos con los resultados de ejercicios realizados por medio de cálculos tradicionales, los principales datos comparados fueron la potencia, trabajo, energía cinética y energía potencial, donde se concluyen que en general la máquina arroja valores similares a los obtenidos por las ecuaciones, pues los errores obtenidos para cada ensayo no sobrepasan el 6% esta comparación entre valores teóricos y obtenidos del banco de pruebas.
- Dentro de los datos que menos varían son principalmente la energía potencial, por otro lado, la energía cinética es el valor con los datos de error más altos, estos se deben principalmente porque depende directamente de la velocidad, la cual a su vez depende del tiempo y este es medido físicamente a través de los sensores, medición en la cual existe más variables a tomar en cuenta durante el ensayo, como lo es: el coeficiente de fricción la aceleración y el ángulo.

4.2. RECOMENDACIONES

- Colocar el banco de pruebas en una superficie plana, pues al trabajar con ángulos colocar el banco en una superficie irregular puede causar variación en el mismo y arrojar datos erróneos por parte de la máquina.
- Verificar las fuentes de poder, pues un defecto de estas puede ocasionar errores en los sistemas de control, principalmente en los sensores y PLC`s.
- Asegurar que las mordazas estén apretadas correctamente, antes de realizar la prueba, evitando que el ángulo varíe cuando el móvil recorre el riel de aluminio.
- Realizar la prueba varias veces con los mismos datos de entrada, permitiendo obtener un promedio de todos los ensayos, datos con los cuales el error disminuirá.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] T. Bona, *Enciclopedia Estudiantil Sección (Física)*, España: THEMA EQUIPO EDITORIAL, S.A., 2016, pp. 62 - 68.
- [2] V. B. Sola, *Enciclopedia Física*, España: CULTURAL S.A., 2009, pp. 56 -61.
- [3] V. Michel, *Física Fundamental*, Colombia : NORMA , 2011, pp. 45 - 49.
- [4] J. L. Fernandez, "fisicalab",1 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://www.fisicalab.com/apartado/trabajo-fisica>. [Último acceso: 6 Febrero 2022].
- [5] A. Rojo, *Física Mecánica y Termodinámica*, México: ADDISON-WESLEYIBEROAMERICANA, S.A., 2014, pp. 88 -96.
- [6] S. Burbano, *Física General*, Madrid : TEBAR S.L., 2015, pp. 143 -143.
- [7] A. Senner, *Principios de Electrónica*, Barcelona: REVERTE S.A., 2004, pp. 374-376.
- [8] R. Díaz, *Manual de Fórmulas de Ingeniería*, México: LIMUSA , 2004, pp. 9-11.
- [9] W. Bufa, *Física*, México: PEARSON PRENTICE HALL, 2003, pp. 151-152.
- [10] H. Romilio, *Física I*, México: LLIMUSA S.A., 2005, pp. 131-135.
- [11] A. Acosta, *Introduccion a la Física Mécanica y Calor*, vol. I, Colombia : CULTURAL S.A., 2013, p. 98.
- [12] T. Victor, "slideshare.net", 24 Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/juanvictortapia1/2-elasticidad-79136446>. [Último acceso: 27 Julio 2022].
- [13] G. Cuevas, *Analisis Estructural*, México: LIMUSA, 2003, pp. 111-130.
- [14] F. Bendix, *Alrededor del Trabajo de los Materiales*, España : REVERTE S.A, 2003, pp. 67-76.
- [15] R. Areny, *Instrumentos Electronicos Basicos*, Rspaña: MARCOMBO S.A., 2006, pp. 27-30.
- [16] G. Thomas, *Introducción al Cálculo Numérico*, España ,ISBN, 2009. , pp. 11-16.

ANEXOS

A1 Mecánicos



Rueda de polea



Estructura y riel



Movil



Contrapeso

A2 Eléctricos



Fuente de poder 24V



Cerradura eléctrica 12 V

A3 Electrónicos



Inclinómetro



Medidor de distancia digital laser



Sensor de movimiento infrarrojo



Pantalla samkoon

A4 Manual de mantenimiento Preventivo

Desconexion del Equipo

1. Serciorarse que el banco de pruebas se encuentre apagado.



2. Desconectar la fuente de poder del equipo, evitando tirones bruscos del cable.



3. Desmontar los componentes móviles (inclinómetro, metro digital, móvil o carrito, contrapeso)



Limpieza del Equipo

1. Pantalla Samkoon

Para un correcto mantenimiento de la pantalla es necesario utilizar un paño de microfibras retirando el excedente de polvo, para una mayor efectividad se puede utilizar cualquier limpiador de pantalla comercial.



2. Riel de aluminio

Por medio de un paño de microfibra retirar impurezas, polvo u objetos que provoquen que el carro o movil se detenga durante el ensayo.



3. Carro o movil

Retirar el exceso de polvo que se encuentra sobre el carro o movil, dando mayor importancia a los rodamientos del mismo, para una mayor efectividad limpiar los rodamiento con una psitola de aire comprimido.



4. Carcasa

Para la limpieza de la carcasa es necesario retira el polvo con la ayuda de una brocha o paño.



5. Sensores

Los sensores deben ser limpiados continuamente, pues de esto depende en gran parte el funcionamiento exacto del banco, para su limpieza se puede utilizar alcohol por medio de un paño hasta que el haz de luz identifique correctamente el objeto.



6. Brazos de elevación

Los brazos de elevación se deben limpiar con una brocha, procurando que las partes móviles queden sin piedras, polvo o impurezas.



7. La polea

Es conveniente que la polea se limpie con una pistola de aire, permitiendo remover impurezas de rodamiento.



A5 Tabla de costos

Costo de materia Prima					
#	Elemento	Material	Descripción	Cantidad	Precio
1	Estructura o base	Acero A36	Altura 1.0 m Largo 1.20 m Ancho 0.5 m	1	\$15
2	Perfil de aluminio	Aluminio	Ancho 8cm Largo 1.20 m Altura 5 cm	1	\$6
3	Bisagra	Acero	Ancho 3.3 cm Largo 6.3 cm Espesor 2mm	1	\$030
4	Rodamiento	Acero	Ø eje 5 mm Ø exterior 1.5 mm Espesor 5 mm	1	\$0.50
5	PLC Mitsubishi fx1 16 MR	Plástico & componentes electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de alimentación 12-24 V DC • Fuente de tensión de servicio 24V DC 400mA • Entradas 8 y salidas 8 	1	\$204.25

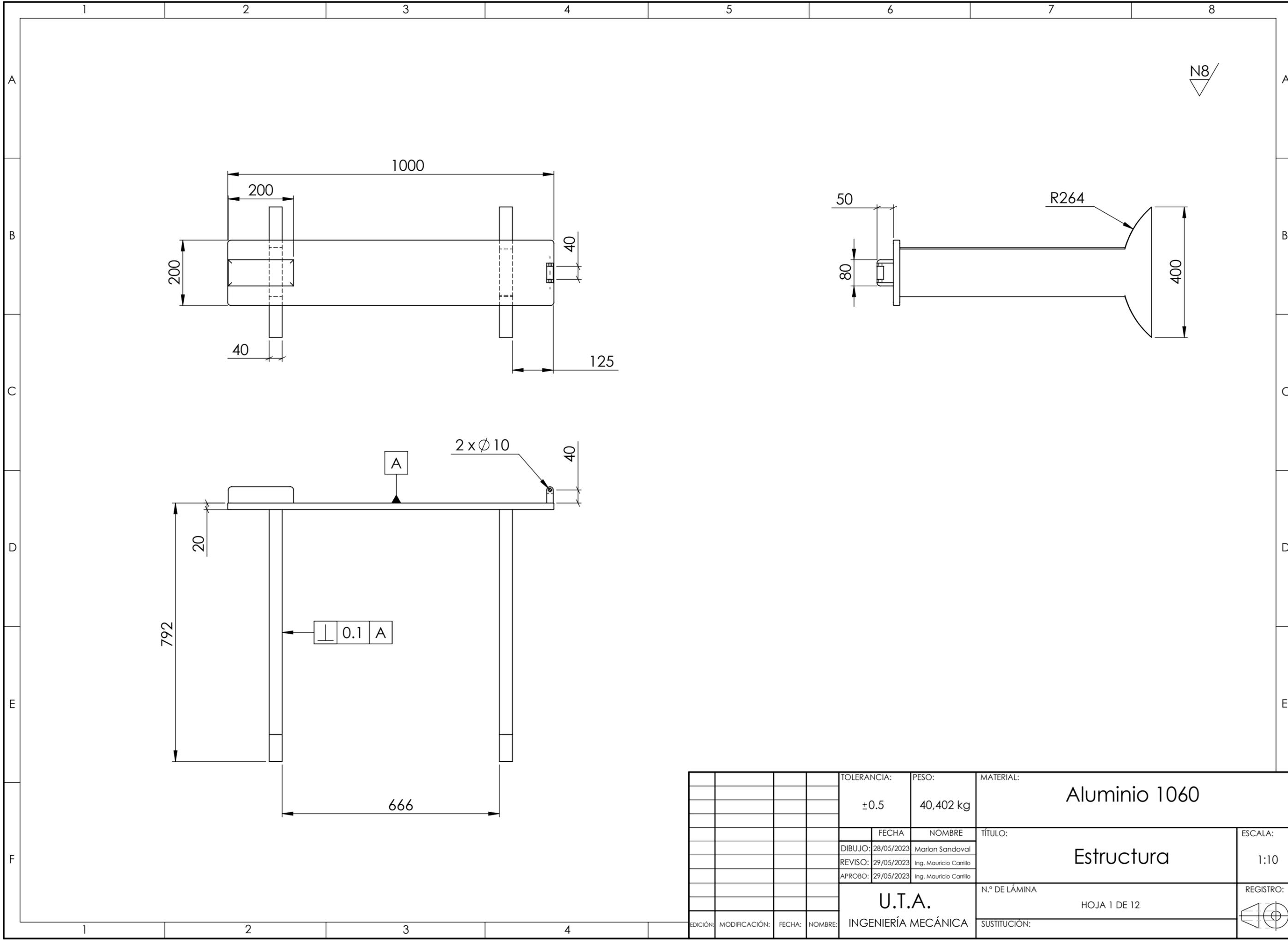
6	Pantalla HMI samkoon	Plástico & Componentes electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño de pantalla 4.3plg • Alimentación 24V • Resolución 480*272. • Iluminación LED. • Pantalla táctil de alta precisión de 4 cables. • Peso 0.2 kg 	1	\$148.50
7	Sensor de movimiento infrarrojo.	Baquelita & componentes electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentación 3.3 V - 5 V • Rango de detección 0.2-30 cm. • Sensibilidad ajustable. • Peso 0.001kg 	2	\$6
8	Fuente de poder 24 V	Plástico & componentes electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia de salida 72W. • Voltaje de salida 24V DC 	1	\$16
9	Fuente de poder 5 V	Plástico & componentes electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje entrado 110V - 220V 50-60 HZ. • Potencia salida 15 W. 	1	\$8

10	Micro relés	Plástico aislante & Cobre	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto conmutado • 24V. • 2 contactos. 	4	\$3.5
11	Cable o cuerda	Polyester	<ul style="list-style-type: none"> • Longitud 1.40 m • Diámetro 2 mm • E=3230000000 (N/m²) 	1	\$1.50
12	Cable de transferencia de datos Cable de módem nulo serie RS232 de 10 pines	Plástico, caucho, cobre.	<ul style="list-style-type: none"> • Conector serial. • Cable HDMI 	1	\$17
13	Pesas	Acero 1018	<ul style="list-style-type: none"> • Pesos variables de 100 a 250 gr. • Dimensiones variables. 	10	\$5
14	Tornillos	Acero	½ plg	20	\$0.5
15	Remaches	Aluminio y acero	1 ½ plg	20	\$0.5
16	Cerradura eléctrica	Acero	Voltaje de entrada 12 v	1	\$18

COSTO TOTAL DE MATERIA PRIMA	\$594.05
-------------------------------------	-----------------

Costo equipo de Medición					
#	Elemento	Material	Descripción	Cantidad	Precio
1	Inclinómetro	Plástico y Materiales electrónicos	Altura 5.5 cm Largo 6 m Ancho 3 m	1	\$42
2	Metro Digital	Plástico y Materiales electrónicos	Ancho 2cm Largo 12 m Altura 12 cm	1	\$40
3	Balanza	Plástico y Materiales electrónicos	Ancho 16 cm Largo 23 cm Espesor 4 cm	1	\$15
COSTO EQUIPOS DE MEDICIÓN					\$97

Costo equipo de Medición		
1	Costo Materia Prima	\$594.05
2	Costo Equipo de Medición	\$97
TOTAL		\$691.05



N8

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±0.5	40,402 kg	Aluminio 1060		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJO: 28/05/2023	Marlon Sandoval	Estructura		1:10
				REVISO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo			
				APROBO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo			
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA		REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 1 DE 12		◀ ⊕
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:				

1 2 3 4 5 6 7 8

A

A

B

B

C

C

D

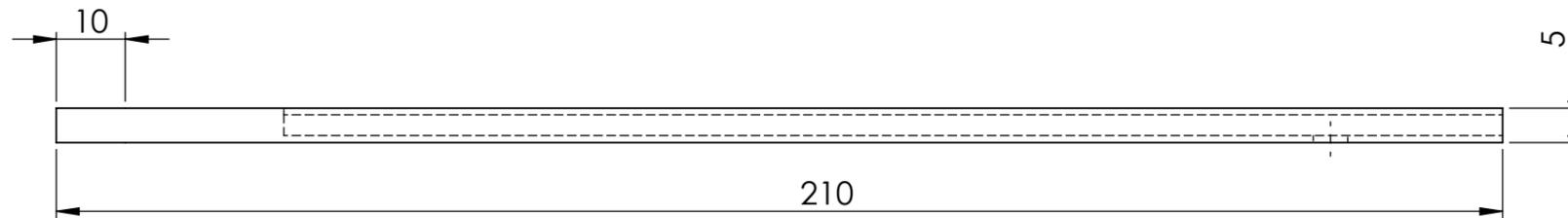
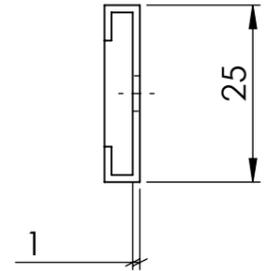
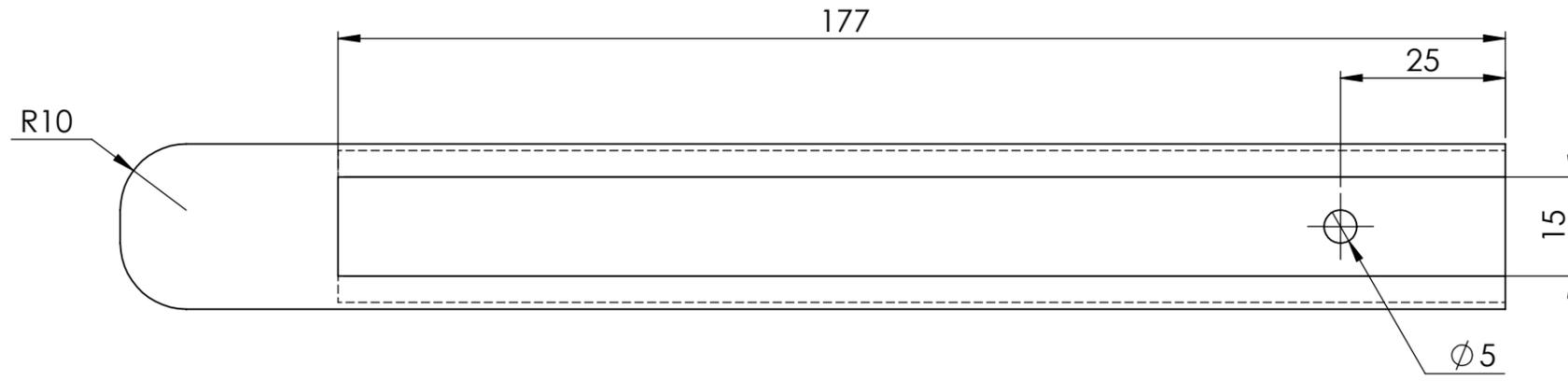
D

E

E

F

F



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±0.5	0.3010 kg	Aluminio 1060		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJO: 28/05/2023	Marlon Sandoval	Eslabón 1		1:1
				REVISO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo			
				APROBO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo			
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA		REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 2 DE 12		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:				

1 2 3 4

1

2

3

4

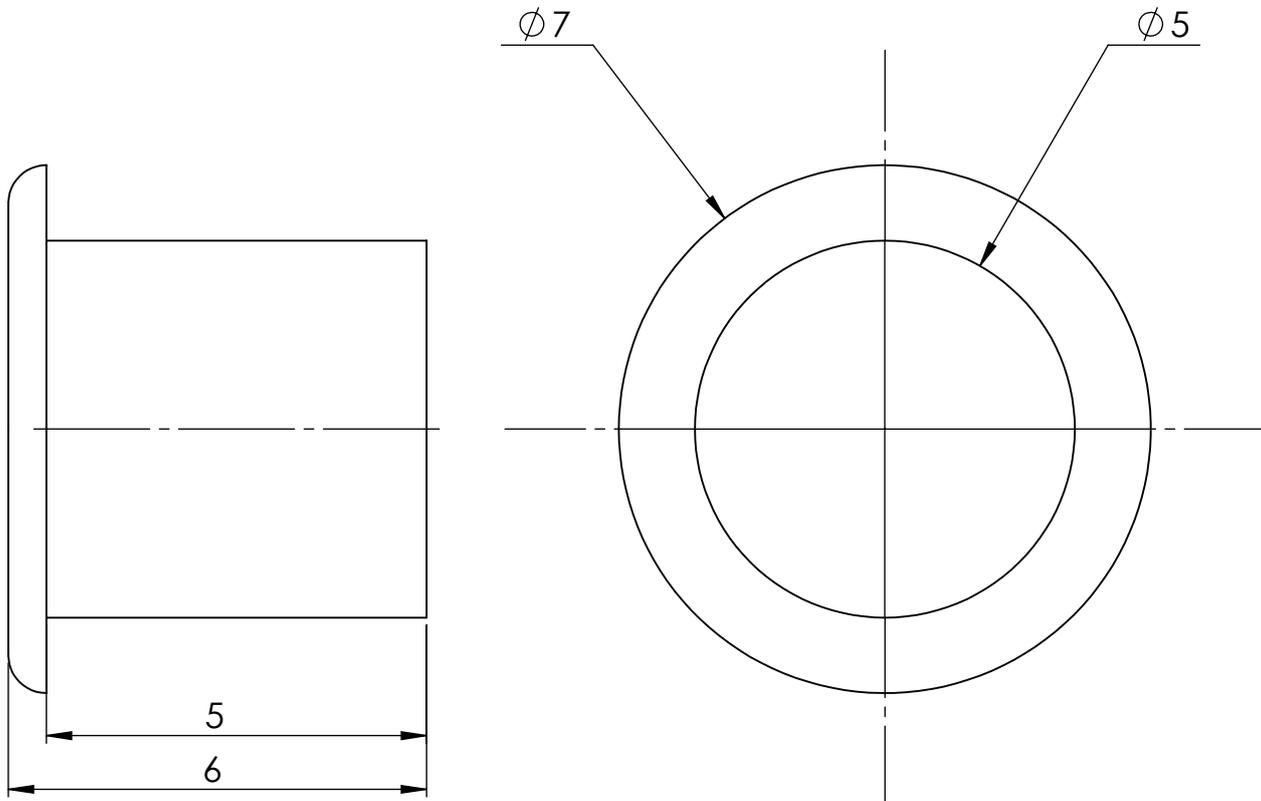
A

B

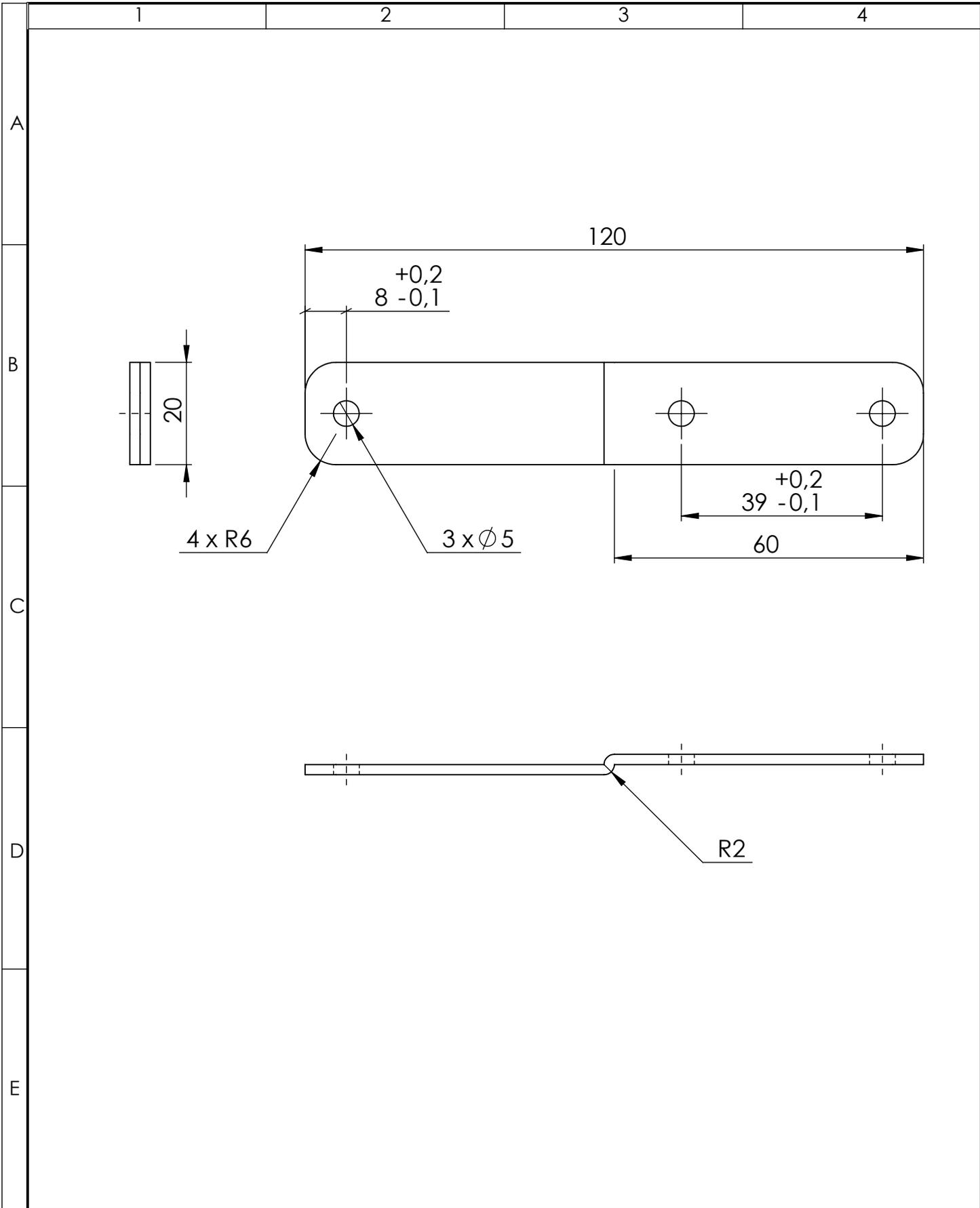
C

D

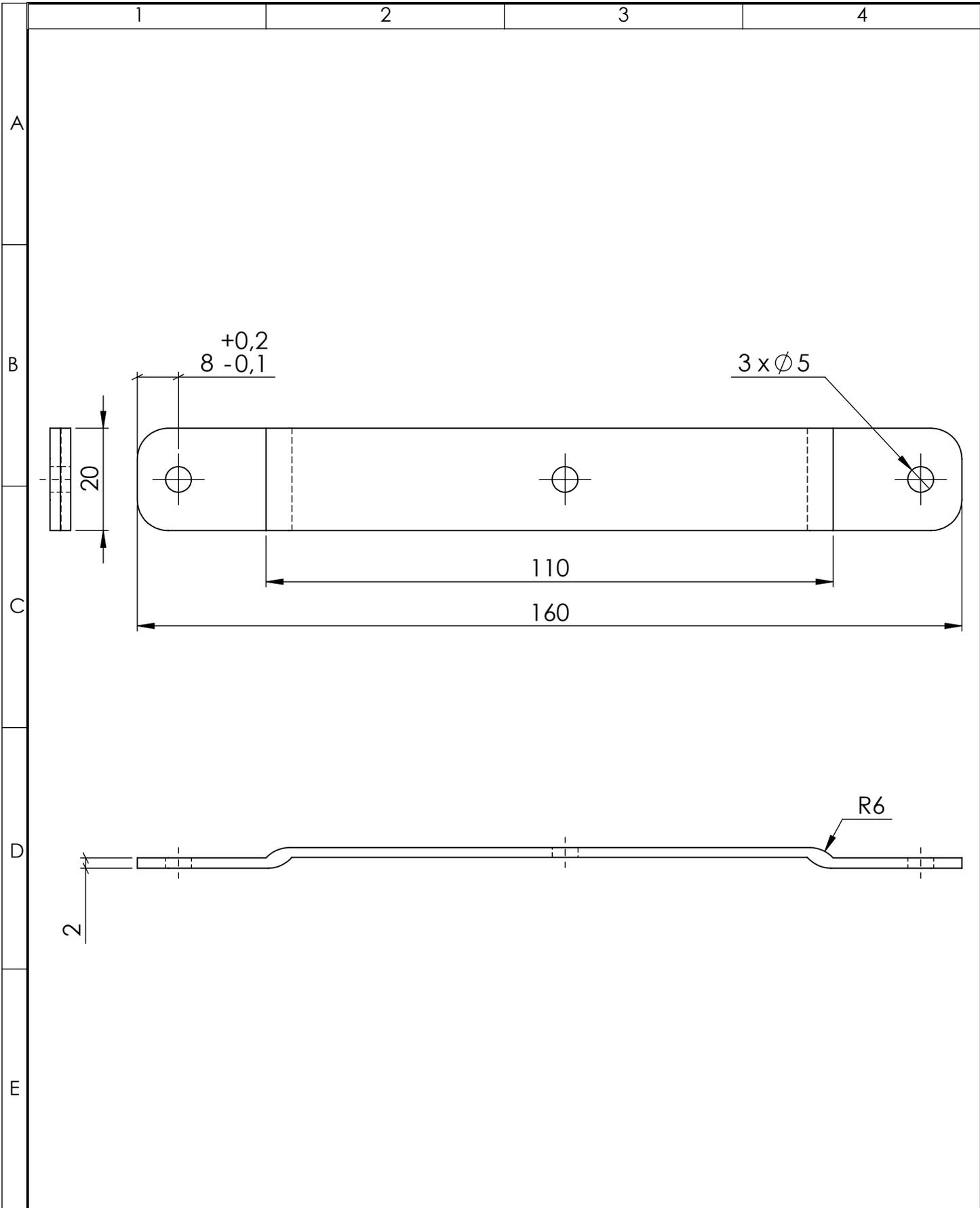
E



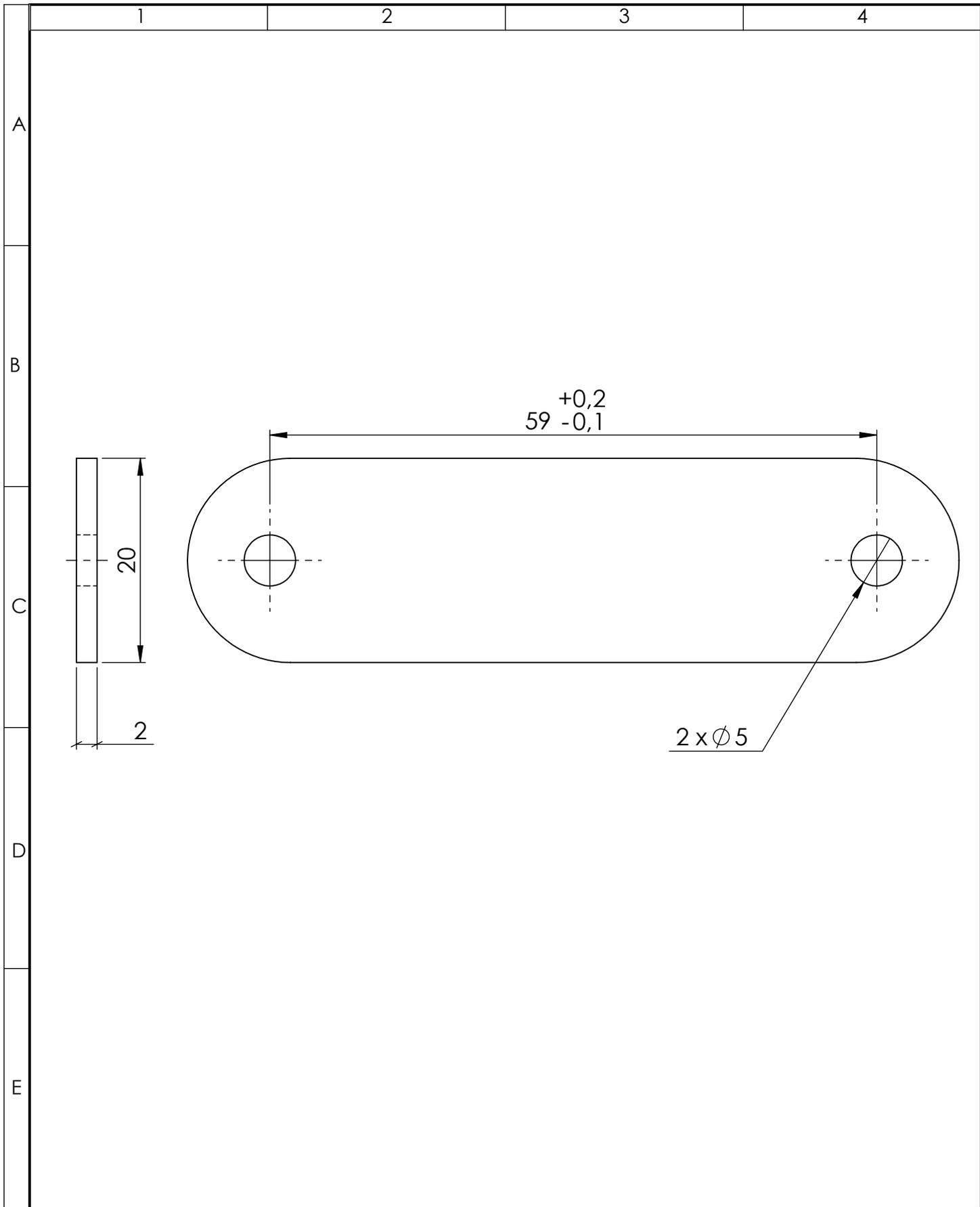
				TOLERANCIA: ±0.5	PESO: 0,0031 kg	MATERIAL: Aluminio 1060	
						TÍTULO: Pasador	ESCALA: 10:1
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 28/05/2023	Marlon Sandoval		
				REVISO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 3 DE 12	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	



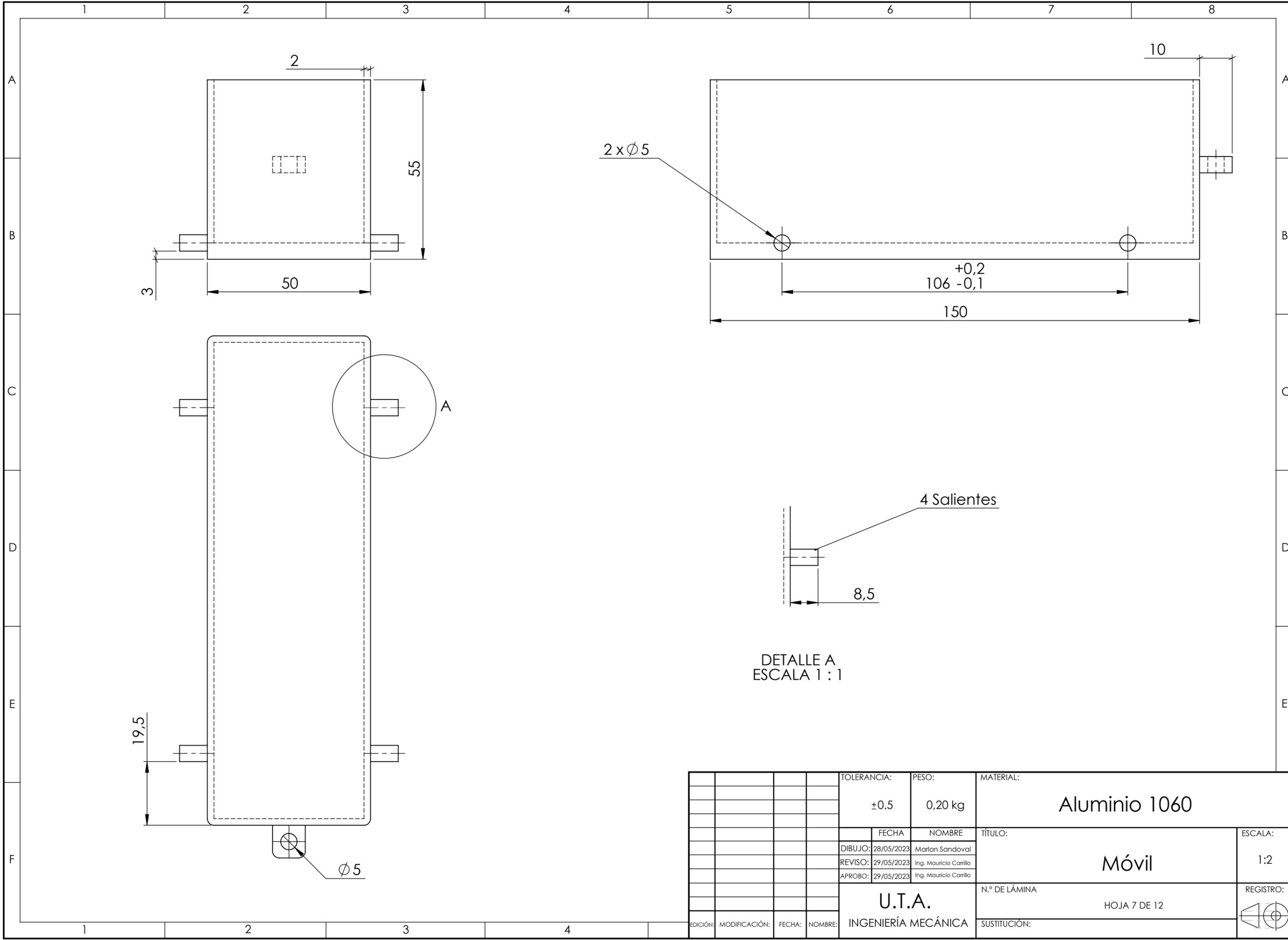
				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0.5	0,01260 g	Aluminio 1060	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 28/05/2023	Marlon Sandoval	Eslabón 2	1:1
				REVISO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
						HOJA 4 DE 12	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			

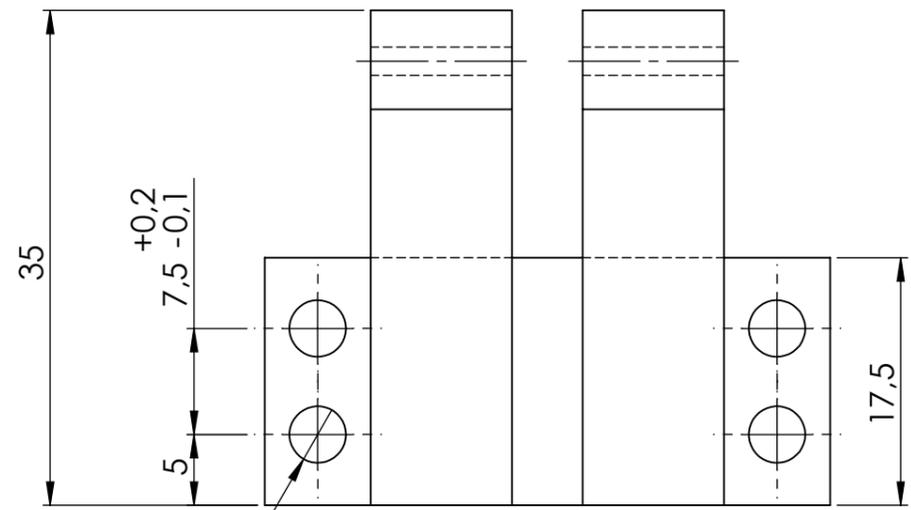


				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0.5	0,016 kg	Aluminio 1060	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 28/05/2023	Marlon Sandoval	Eslabón 3	1:1
				REVISO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
						HOJA 5 DE 12	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			

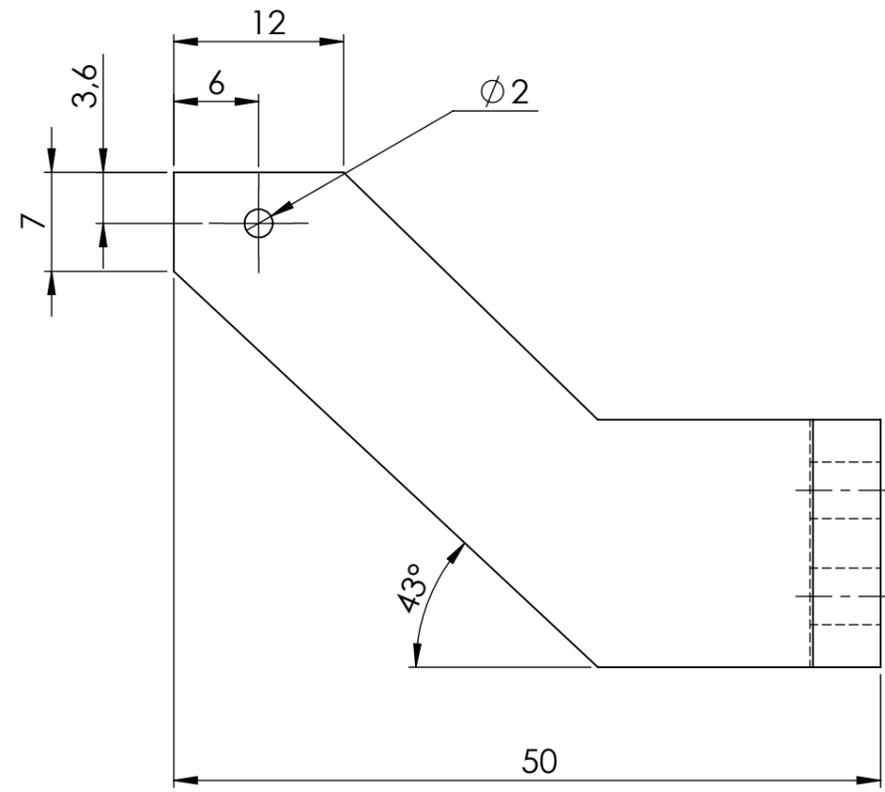
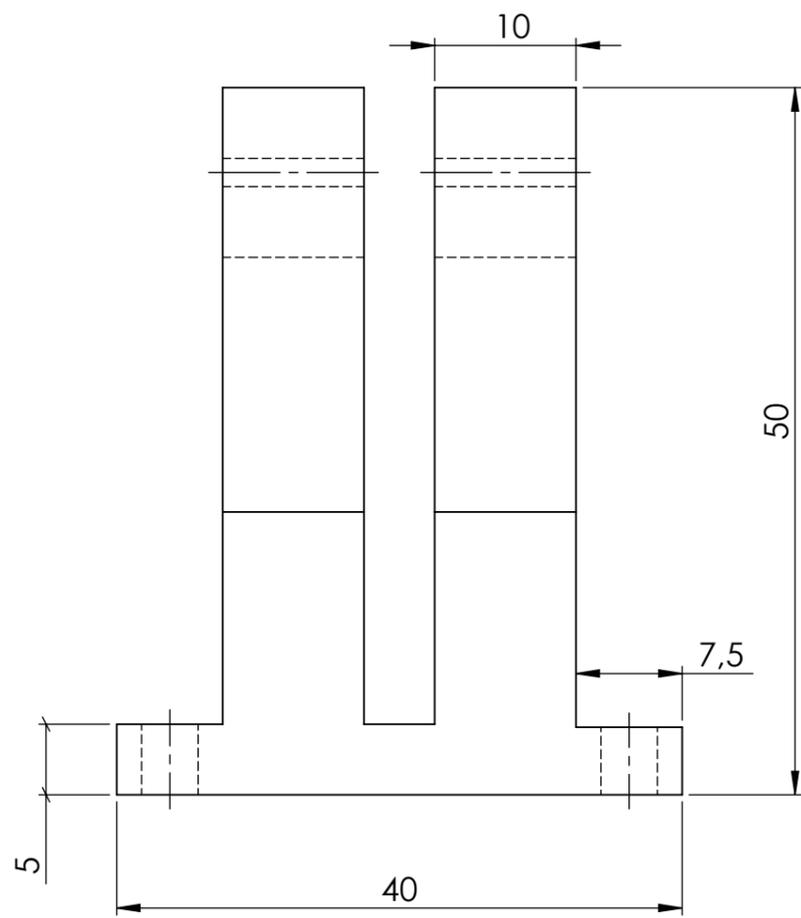


				TOLERANCIA: ±0.5	PESO: 0,007 kg	MATERIAL: Aluminio 1060	
						TÍTULO: Eslabón 4	ESCALA: 1:1
				DIBUJO: 28/05/2023	Marlon Sandoval		
				REVISO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 6 DE 12	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			





4 x $\varnothing 4$



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±0.5	0,048 kg	Aluminio 1060		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJO: 28/05/2023	Marlon Sandoval	Base de polea		2:1
				REVISO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo			
				APROBO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo			
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA		REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 8 DE 12		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:				

1

2

3

4

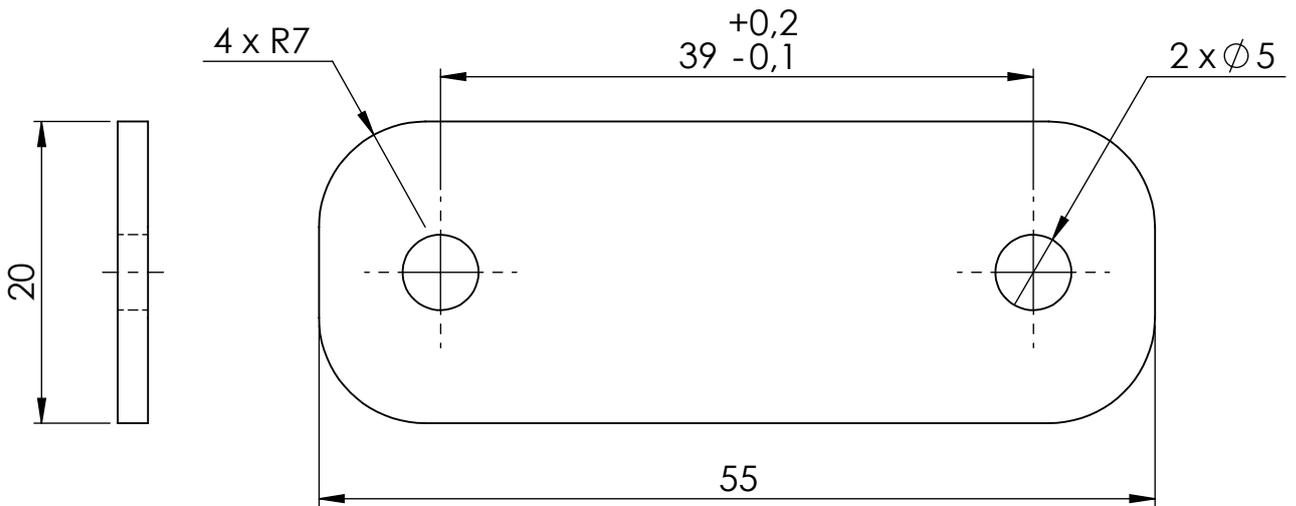
A

B

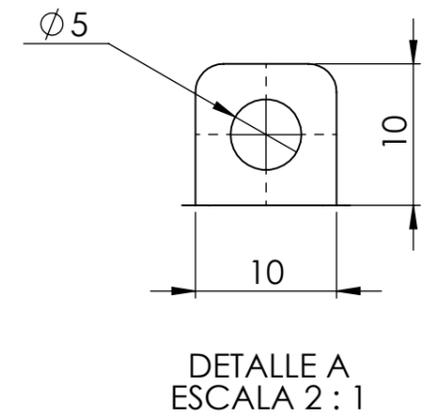
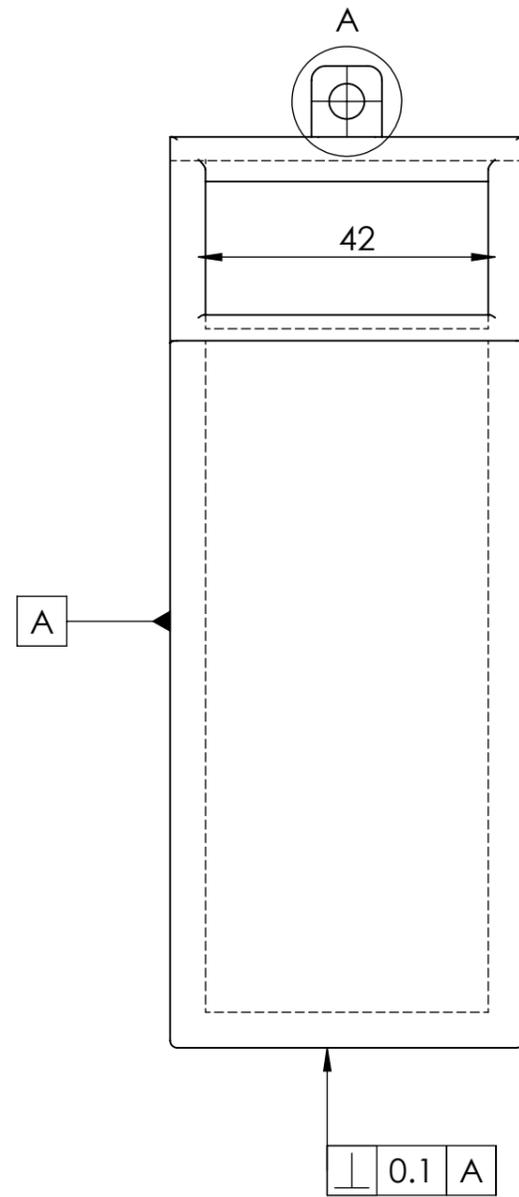
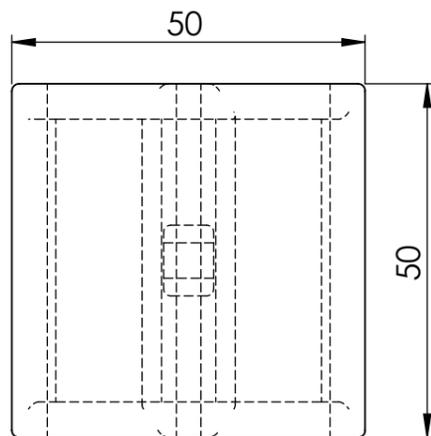
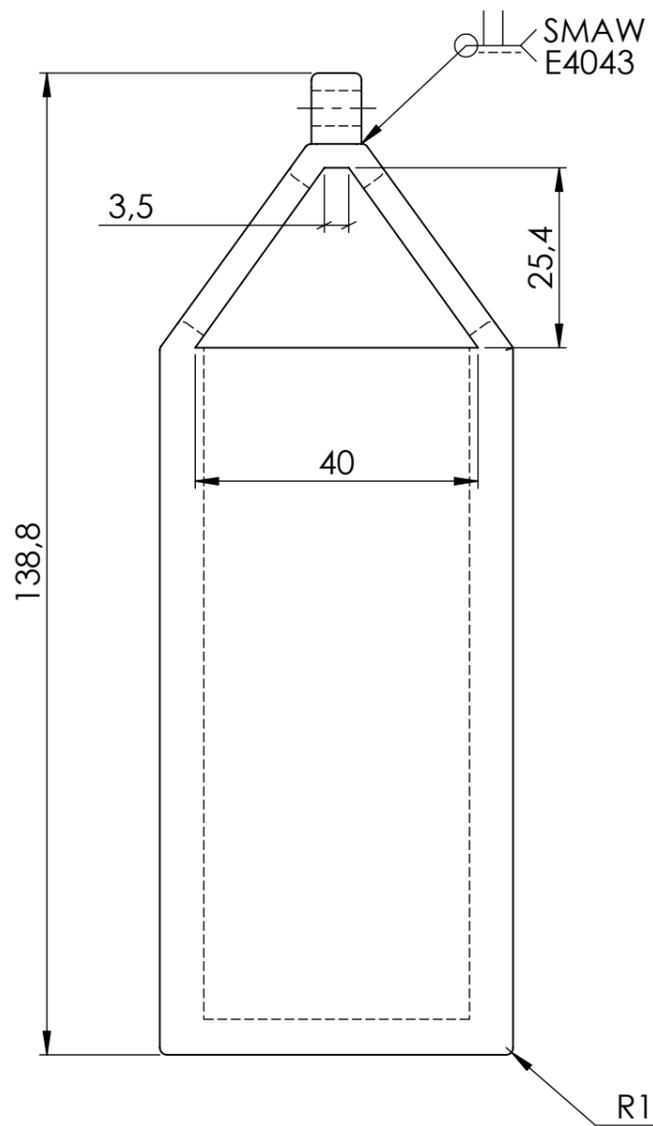
C

D

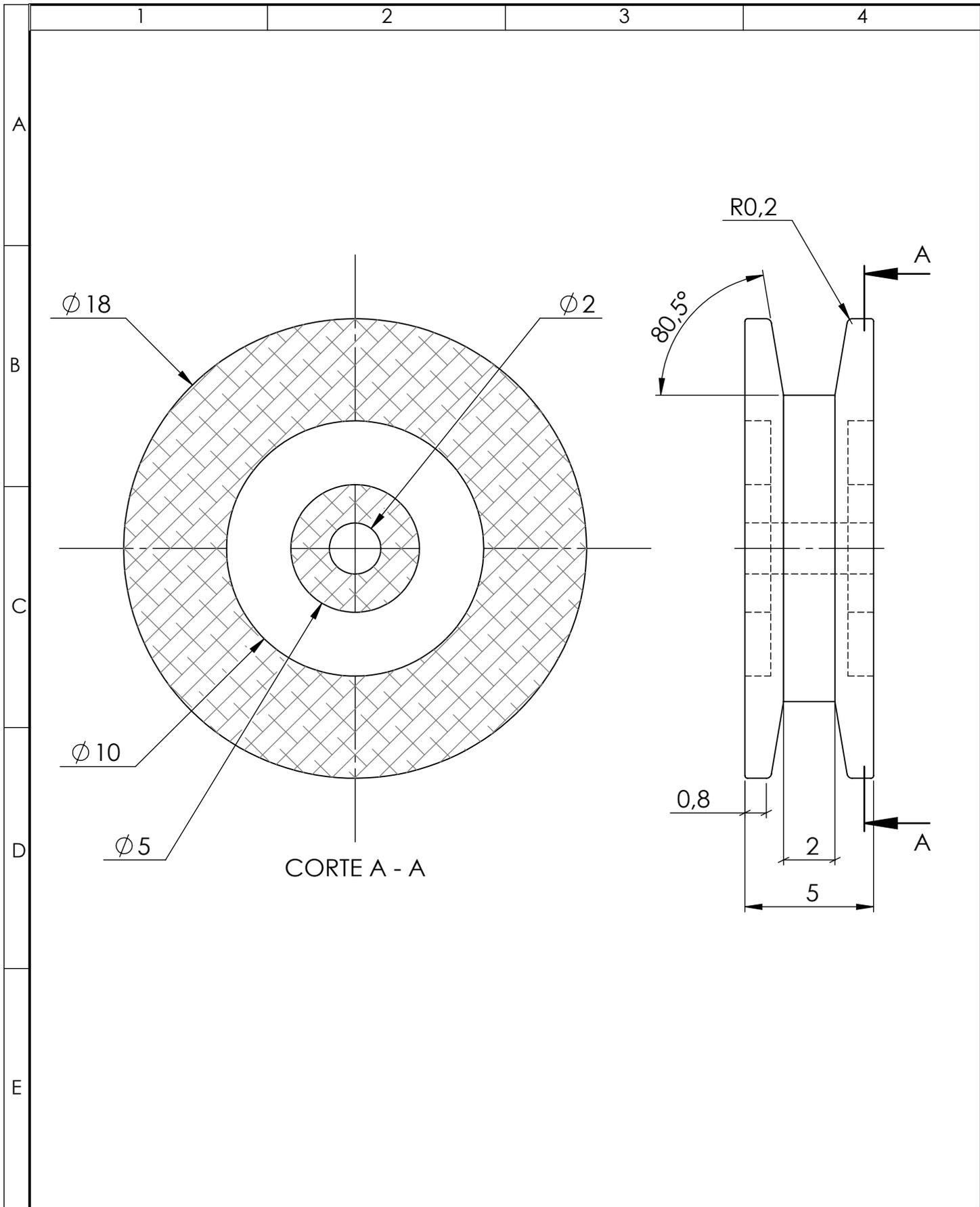
E



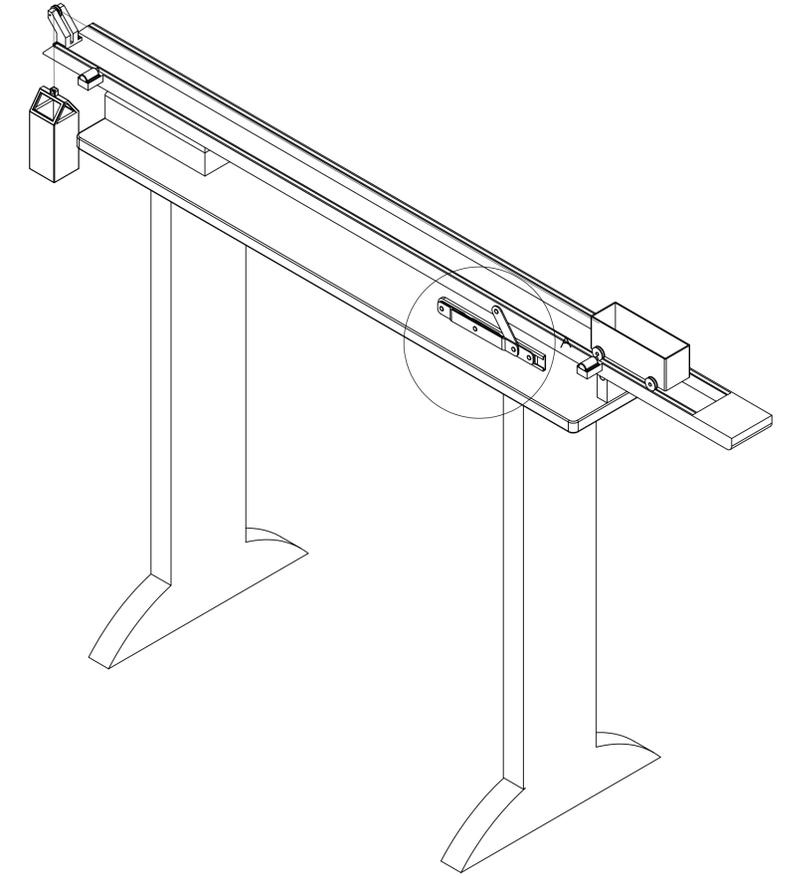
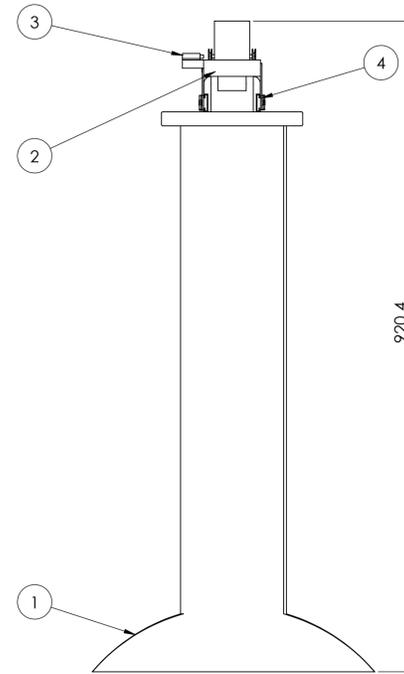
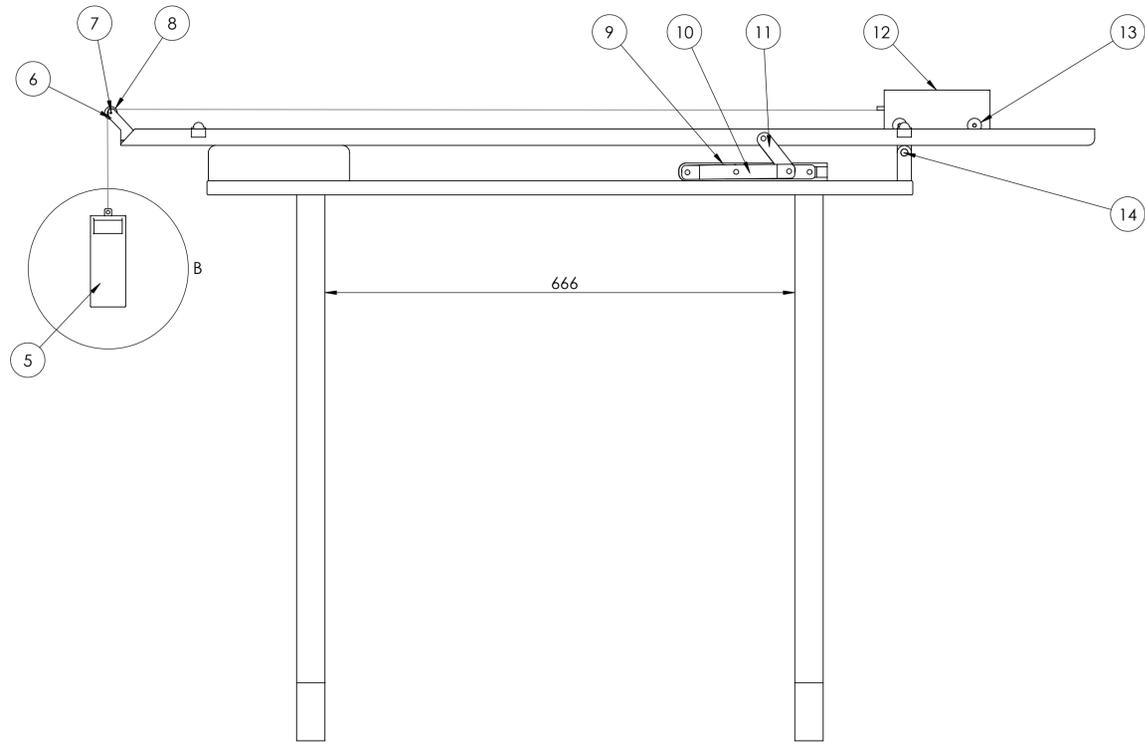
				TOLERANCIA: ±0.5	PESO: 0,005 kg	MATERIAL: Aluminio 1060		
						TÍTULO: Elevación	ESCALA: 2:1	
				DIBUJO: 28/05/2023	Marlon Sandoval			
				REVISO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo			
				APROBO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo			
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 9 DE 12	REGISTRO:	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:		



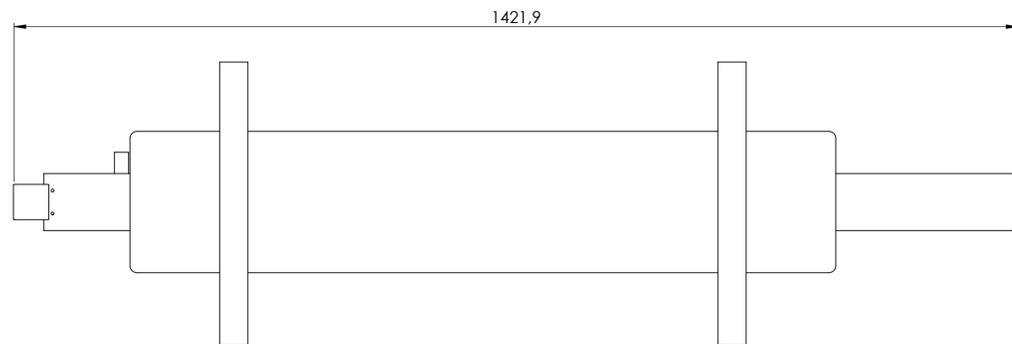
				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±0.5	0,89 kg	Aluminio 1060		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJO: 28/05/2023	Marlon Sandoval	Contrapeso		1:1
				REVISO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo			
				APROBO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo			
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA		REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 10 DE 12		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:				



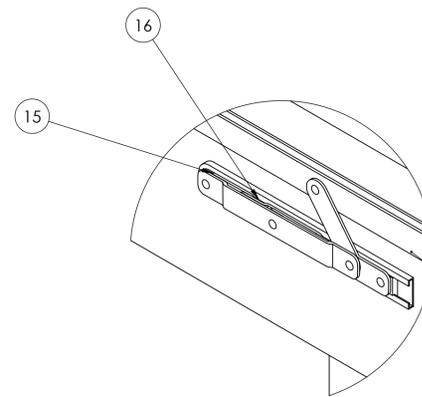
				TOLERANCIA: ±0.5	PESO: 0,002 kg	MATERIAL: Aluminio 1060	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: Polea	
				DIBUJO: 28/05/2023	Marlon Sandoval	ESCALA: 5:1	
				REVISO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBO: 29/05/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 11 DE 12	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	



DETALLE B Es absolutamente necesario maquinar el contrapeso



Los pines y pasadores no son manufacturados, su dimensión es estándar



El ensamble del detalle A comprende a los eslabones del 1 al 4. La adquisición de la reudas es necesaria

DETALLE A
ESCALA 2 : 5

Nº de orden	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	Nº de pieza	Peso kg/pieza	Observaciones
1	Estructura	1 de 12	Aluminio 1060	1	40.402	
2	Riel de Aluminio		Aluminio 1060	1	1.677	Adquirido
3	Sensor		Varios	2	0.003	Adquirido
4	Eslabón 1	2 de 12	Aluminio 1060	2	0.301	
5	Contrapeso	10 de 12	Aluminio 1060	1	0.891	
6	Base de la polea	8 de 12	Aluminio 1060	1	0.048	
7	Pasador de Polea	3 de 12	Aluminio 1060	1	0.003	
8	Polea	11 de 12	Aluminio 1060	1	0.002	
9	Eslabón 2	4 de 12	Aluminio 1060	2	0.012	
10	Eslabón 3	5 de 12	Aluminio 1060	2	0.016	
11	Eslabón 4	6 de 12	Aluminio 1060	2	0.007	
12	Móvil	7 de 12	Aluminio 1060	1	0.201	
13	Llanta de móvil		Aluminio 1060	4	0.0008	Adquirido
14	Pin corredizo		Aluminio 1060	1	0.012	Adquirido
15	Elevación	9 de 12	Aluminio 1060	2	0.005	
16	Corredera		Aluminio 1060	2	0.003	Adquirido

TOLERANCIA: ±0.5		PESO: 43.42 kg		MATERIAL: Varios	
FECHA: 26/05/2023		NOMBRE: Martin Sandovál		TÍTULO: Proyecto	
DIBUJO: 26/05/2023		ING. ASISTENTE: Corallo		ESCALA: 1:5	
REVISO: 26/05/2023		ING. ASISTENTE: Corallo		REGISTRO:	
APROBO: 26/05/2023		ING. ASISTENTE: Corallo		Nº DE LÁMINA: HOJA 12 DE 12	
EDICIÓN: MODIFICACIÓN: FECHA: NOMBRE:		U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:	