TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO
DISEÑO Y CONTRUCCION DE UN BANCO PARA MEDICION DE CALIDAD SUPERFICIAL EN EL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES NORMA ISO 1302: 2002

AUTORES

Julián Ricardo Hernández Laverde. Código: 91531551
Pier Paolo Salazar Acosta. Código: 91540162

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
BUCARAMANGA
FECHA DE PRESENTACIÓN: 30-08-2019

TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO
DISEÑO Y CONTRUCCION DE UN BANCO PARA MEDICION DE CALIDAD SUPERFICIAL EN EL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES NORMA ISO 1302: 2002

AUTORES

Julián Ricardo Hernández Laverde. Código: 91531551
Pier Paolo Salazar Acosta. Código: 91540162

Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Electromecánico

DIRECTOR
M.Eng. Diana Carolina Dulcey Diaz

Grupo de investigación en diseño y materiales – DIMAT

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
BUCARAMANGA
FECHA DE PRESENTACIÓN: 30-08-2019

Nota de Aceptación

_____

_____

_____

_____

_____
Firma del jurado

_____
Firma del Jurado

DEDICATORIA

Queremos dedicarle este trabajo en primera instancia a Dios que nos ha dado sabiduría y entendimiento para finalizar el proyecto de investigación, a nuestras familias por el apoyo constante e incondicional cuando los necesitamos y al colectivo docente por su ayuda, cooperación y apoyo en todo momento.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 11

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN 12

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 12
1.2. MATRIZ DE INVOLUCRADOS. 13
1.3. JUSTIFICACIÓN 14
1.4. OBJETIVOS 15
1.4.1. OBJETIVO GENERAL 15
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 15
1.5. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES 16
1.5.1. CARACTERIZACIÓN DE SUPERFICIES MAQUINADAS POR MEDIO DE PARÁMETROS DE RUGOSIDAD. 16
1.5.2. ESTUDIO DE RUGOSIDAD EN MAQUINADO POR EL PROCESO DE TORNEADO EN CLIMET LTDA BASADO EN LAS NORMAS ISO DE RUGOSIDAD. 16
1.5.3. INSPECCIÓN DEL ACABADO SUPERFICIAL PARA PROCESOS DE RECTIFICADO Y FRESADO MEDIANTE UN ESPARCIMIENTO DE LUZ LÁSER. 17
1.5.4. INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DE TORNEADO SOBRE LA MICRO DUREZA SUPERFICIAL, RUGOSIDAD Y FATIGA POR FLEXIÓN ROTATIVA DEL ACERO AISI/ASTM 4340. 17
1.5.5. FACTORES QUE AFECTAN EL ACABADO SUPERFICIAL EN LOS PROCESOS DE MECANIZADO: TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y MODELOS. 18

2. MARCOS REFERENCIALES 19

2.1. MARCO TEORICO 19
2.1.1. INTEGRIDAD SUPERFICIAL. 19
2.1.2. IRREGULARIDADES SUPERFICIALES. 20
2.1.3. RUGOSIDAD SUPERFICIAL. 21
2.1.4. GENERALIDADES SOBRE LA MEDICION DE RUGOSIDAD. 23
2.1.5. PARAMETROS DE MEDICION DE L A RUGOSIDAD SUPERFICIAL. 28
2.1.6. GENERALIDADES PERFIL ALUMINIO ESTRUCTURAL 32
2.1.7. IMPRESIÓN 3D. 33
2.1.8. TORNEADO 34
2.1.9. FRESADO 34
2.2. MARCO LEGAL 35
2.2.1. NORMA ISO 1302 DE 2002 PARA CALIDAD SUPERFICIAL. 35

3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO 36

3.1. ETAPA DE DISEÑO. 36
3.1.1. SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA. 36
3.1.2. MODELADO. ..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

3.1.3. CARACTERIZACIÓN DE PROTOTIPOS. 38
3.1.4. SELECCIÓN DE PROTOTIPO 38
3.1.5. DISEÑO FINAL PROTOTIPO 2 40
3.2. ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS. 47
3.3. CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE PRUEBAS. 50
3.3.1. ANÁLISIS DE LA FABRICACIÓN Y ARMADO DEL BANCO. 52

4. RESULTADOS 53

4.1. PRUEBAS DE MEDICION DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL 53
4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS. 58
4.2.1. ANÁLISIS DE LAS TABLAS. 60
4.3. REPRESENTACIÓN GRAFICA DE TODAS LAS PRUEBAS. 62
4.3.1. ANÁLISIS PROBETAS DE LATÓN. 62
4.3.2. ANÁLISIS PROBETAS DE ALUMINIO. 63
4.3.3. ANÁLISIS PROBETAS DE ACERO 1020 65
4.3.4. ANÁLISIS PROBETAS DE ACERO 1045 66

5. CONCLUSIONES 68

6. RECOMENDACIONES 69

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 70

8. ANEXOS 72

8.1. PLANOS DE LOS COMPONENTES QUE CONFORMAN EL BANCO DE LABORATORIO. 72
8.2. FORMATO PRACTICA 83
8.3. CALIBRACIÓN DE RUGOSIMETRO 86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Costo relativo contra acabado de la superficie. 22
Figura 2. Muestras con diferentes acabados superficiales. 24
Figura 3. Longitud típica de recorrido del palpador. 25
Figura 4. Ampliación de una superficie. 25
Figura 5. Perfil compuesto curvas P y R. 26
Figura 6. Línea media. 27
Figura 7. Línea central. 28
Figura 8. Promedio de altura de pico a valle Rz JIS-ISO. 30
Figura 9. Promedio de altura de pico a valle (Rz) DIN 31
Figura 10. Máxima altura del perfil (Ry). 31
Figura 11. Sección transversal perfil aluminio estrella. 33
figura 12. Proceso de torneado. 34
figura 13. Proceso de fresado. 34
Figura 14. Impresora 3D INVEN P3. 33
Figura 15. Requisitos complementarios de la calidad superficial. 35
Figura 16. Rugosimetro electrónico Surface Tester. 36
Figura 17. Representación geométrica en Solidworks del perfil de aluminio estrella. 37
Figura 18. Prototipo 1, estructura en perfil aluminio 20x20mm 37
Figura 19. Prototipo 2, estructura en perfil aluminio 30x30mm 37
Figura 20. Prototipo 3, estructura en perfil aluminio 35x35mm 37
Figura 21. Prototipo 4, estructura en perfil aluminio 40x40mm 37
Figura 22. Modelado prototipo 2 con enumeración de componentes. 39
Figura 23. Modelado final prototipo 2. 40
Figura 24. Ensamble estructura base perfil aluminio 30x30mm 41
Figura 25. Representación aproximada del rugosimetro en Solidworks. 42
Figura 26. Ilustración en Solidworks del soporte para probetas. 43
Figura 27. Dimensiones en milímetros vistas soporte probetas. 44
Figura 28. Ilustración mecanismo de elevación. 45
Figura 29. Dimensiones mecanismo de elevación en milímetros. 45
Figura 30. Camisa de aluminio 35x28x30mm 46
Figura 31. Manivela en material PLA. 46
Figura 32. Perfil aluminio estrella 30x30x180mm. 46
Figura 33. Perfil aluminio U. 46
Figura 34. Rodamiento radial blindado 8mm ref-688zz. 46
Figura 35. Soporte rodamiento PLA o madera. 46
Figura 36. Tornillo sin fin 4 hilos 400mm 46
Figura 37. Tuerca de bronce rosca 8mm 46
Figura 38. Probetas de distintos materiales. 47
Figura 39. Latón extruido 49
Figura 40. Latón torneado. 49
Figura 41. Latón torneado. 49
Figura 42. Latón torneado. 49
Figura 43. Aluminio extruido. 49
Figura 44. Aluminio torneado. 49

Figura 45. Aluminio torneado. 49
Figura 46. Aluminio torneado. 49
Figura 47. Acero 1020 extruido. 49
Figura 48. Acero 1020 torneado. 49
Figura 49. Acero 1020 torneado. 49
Figura 50. Acero 1020 torneado. 49
Figura 51. Acero 1045 extruido. 49
Figura 52. Acero 1045 torneado. 49
Figura 53. Acero 1045 torneado. 49
Figura 54. Acero 1045 torneado. 49
Figura 55. Corte perfiles aluminio estrella y U. 50
Figura 56. Armado de estructura con escuadras. 50
Figura 57. Acople de los soportes plásticos. 50
Figura 58. Encaje de los niveles en los perfiles. 50
Figura 59. Taladrado del perfil U. 50
Figura 60. Ajuste la estructura base y el perfil U. 50
Figura 61. Taladrado del perfil estrella. 50
Figura 62. Ajuste de los rodamientos, tuerca y camisa. 50
Figura 63. Ajuste perfil y camisa. 50
Figura 64. Acople mecanismo de elevación. 51
Figura 65. Acople perfil guía. 51
Figura 66. Engrase del mecanismo de elevación. 51
Figura 67. Impresión 3d de piezas. 51
Figura 68. Ajuste de piezas 3d impresas. 51
Figura 69. Acople del soporte rugosimetro. 51
Figura 70. Acople del rugosimetro. 51
Figura 71. Limpieza y pulido del banco. 51
Figura 72. Embalaje del prototipo. 51
Figura 73. Banco para medición de rugosidad terminado. 52
Figura 74. Grafico representativo de Ra de las probetas de latón. 62
figura 75. Grafico representativo de Rz de las probetas de latón. 63
figura 76. Grafico representativo de Ra de las probetas de aluminio. 64
figura 77. Grafico representativo de Rz de las probetas de aluminio. 64
figura 78. Grafico representativo de Ra de las probetas del acero 1020. 65
figura 79. Grafico representativo de Rz de las probetas de acero 1020. 66
figura 80. Grafico representativo de Ra de las probetas de acero 1045. 67
figura 81. Grafico representativo de Rz de las probetas de acero 1045. 67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de involucrados. 13
Tabla 2. Rangos típicos de valores de rugosidad superficial que pueden obtenerse mediante métodos comunes de producción. 23
Tabla 3. Prototipos modelados según las dimensiones del perfil. 37
Tabla 4. Comparativa ventajas y desventajas de los prototipos modelados. 38
Tabla 5. Componentes rugosimetro prototipo 2 según figura 19. 39
Tabla 6. Componentes que conforman la estructura. 41
Tabla 7. Características Técnicas rugosimetro JRS210. 42
Tabla 8. Características técnicas rugosimetro JRS210. 43
Tabla 9. Tabla de elementos que conforman el mecanismo de elevación. 46
Tabla 10. Tabla de probetas por proceso de torneado. 48
Tabla 11. Tabla de probetas por proceso de fresado. 48
Tabla 12. Tabla de ilustraciones de las probetas según el material y su manufactura. 49
Tabla 13. Proceso detallado de fabricación y armado del banco. 50
Tabla 14. Formato prueba 1. 53
Tabla 15. Formato prueba 2. 53
Tabla 16. Formato prueba 3. 54
Tabla 17. Formato prueba 4. 54
Tabla 18. Formato prueba 5. 54
Tabla 19. Formato prueba 6. 55
Tabla 20. Formato prueba 7. 55
Tabla 21. Formato prueba 8. 55
Tabla 22. Formato prueba 9. 56
Tabla 23. Formato prueba 10. 56
Tabla 24. Formato prueba 11. 56
Tabla 25. Formato prueba 12. 57
Tabla 26. Formato prueba 13. 57
Tabla 27. Formato prueba 14. 57
Tabla 28. Formato prueba 15. 58
Tabla 29. Formato prueba 16. 58
Tabla 30. Recopilación de los datos de todas las pruebas. 59
Tabla 31. Calidad superficial según proceso de fabricación 1. 59
Tabla 32. Calidad superficial según proceso de fabricación 2. 60
Tabla 33. Parámetros medidos a las probetas de latón. 62
Tabla 34. Parámetros medidos a las probetas de aluminio. 63
Tabla 35. Parámetros medidos a las probetas de acero 1020. 65
Tabla 36. Parámetros medidos a las probetas de acero 1045. 66

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto tiene como objetivo el diseño y construcción de un banco de pruebas para el estudio de calidad superficial de materiales metálicos, estructurales y de procesos de mecanizado aplicando la norma ISO 1302 de 2002.

En la primera fase de la metodología del trabajo se realizó diseño del banco de pruebas mediante el uso de software de simulación Solidworks. En esta etapa del proyecto se modelaron cuatro prototipos del banco de laboratorio para medición de rugosidad, los cuales tenían características dimensionales diferentes. Una vez establecidos los prototipos se realiza una tabla comparativa con el objetivo de seleccionar el prototipo que se implementaría. Con base a lo anterior se selecciona el prototipo del banco con perfil de aluminio estrella 30x30mm y se comienza con el modelado detallado de cada uno de los componentes. La segunda fase fue elaborar dieciséis probetas de distintos materiales y diferentes acabados superficiales, con el fin de abarcar 3 procesos de fabricación, 4 materiales diferentes y variación de desbaste en los procesos de mecanizado. Según su proceso de elaboración. Los materiales que se usaron para las probetas fueron latón, aluminio, acero SAE 1020 y acero SAE 1045. Los procesos de mecanizado seleccionados para variar la rugosidad en la superficie de los materiales fueron: fresado y torneado. La tercera fase fue la construcción del banco. Para la construcción fue necesario adquirir algunos de los componentes como son los elementos de acople mecánico, rodamientos, rugosimetro JSR210 y otros componentes fueron elaborados o mecanizados.

Por último, se realizaron las pruebas del banco así fue posible realizar la comparativa con los rangos medidos de todas las pruebas y los rangos establecidos por la norma ISO 1302 de 2002. Por último, se realiza el diseño del manual de uso del banco y el formato de laboratorio para realizar la practica desde el concepto establecido en la norma ISO 1302 de 2002 para la acotación de rugosidad en materiales según su proceso de elaboración.

La conclusión a la que se llego fue que en términos didácticos el estudiante de electromecánica de las Unidades Tecnológicas de Santander ahora cuenta con una herramienta para el análisis de calidad superficial en elementos mecánicos fabricados por diferentes procesos de manufactura.

PALABRAS CLAVE. Diseño, fabricación, mecanizado, rango y rugosidad.

INTRODUCCIÓN

El estudio de las propiedades físicas de los materiales facilita la predicción del comportamiento en una estructura determinando su vida útil en un proceso. Factores como la fatiga o la fricción afectan directamente las piezas generando desgaste, conduciendo a la fractura de las mismas. (Ceballos, Gómez, & Coronado, 2008) Demostraron en su estudio “Sinergia entre alta rugosidad superficial y ambiente corrosivo en el comportamiento a la fatiga del acero SAE 1045” la influencia de la rugosidad en el desgaste por fatiga, donde se evidencia una reducción de la resistencia a la fatiga del 2.86% en la probeta de acero SAE 1045 rugosa en contraste con la probeta con acabado espejo.

Dada la importancia del estudio de rugosidad en el comportamiento de los materiales se planteó este proyecto con el fin de diseñar y construir un banco de pruebas destinado a la medición de calidad superficial en el laboratorio de resistencia de materiales siguiendo la norma ISO 1302 del 2002, la cual plantea una serie de reglas para la representación de la calidad superficial en la documentación técnica.

La ejecución de este proyecto beneficia a los estudiantes de Ingeniería electromecánica de las Unidades Tecnológicas de Santander mediante la entrega del banco para la aplicación de pruebas en el laboratorio de resistencia de materiales, basadas en el manual de prácticas presente en el desarrollo de este informe.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La continua evolución e innovación en la industria hace que cada día sea más exigente la demanda de procesos eficientes y la obtención de productos con mayor calidad. El diseño de nueva maquinaria exige una perfección cada vez mayor, y las tolerancias en los procesos de maquinado son cada vez menores, tanto es así que como método de control de producción en máquinas y/o herramientas se ven limitados a la previa verificación de su geometría y rugosidad superficial (Grupo Tecnología Mecanica, 2017).

Es por esto que el acabado superficial toma trascendencia en el estudio de los materiales, ya que el diseñador o ingeniero necesita tener conocimiento sobre el acabado en piezas para satisfacer cada una de las necesidades que estos elementos deben cumplir, como son protección (resistencia a la corrosión y oxidación, resistencia a la absorción), decoración (mejora el aspecto), tecnología (disminución o aumento del rozamiento, resistencia al desgaste consiguiendo beneficios de (mantenimiento de juegos y facilidad de intercambiabilidad), resistencia a la fatiga, reflectividad, prevención de gripado, mejorar la soldabilidad, conductividad o aislamiento eléctrico). La importancia del acabado superficial radica en que esta mide la integridad de la superficie, además de considerar la topología de la superficie tiene en cuenta propiedades mecánicas y metalúrgicas, muy importantes en la fatiga, corrosión o vida de servicio de la pieza (Poveda,2001).

La topología de la pieza se identifica por su textura superficial, en las que se miden varias cantidades relacionadas con desviaciones producidas en la pieza con respecto a la superficie nominal, la rugosidad superficial es el parámetro más representativo para describir la textura del acabado superficial debido a su influencia directa en la fricción, fatiga y resistencias electrónica y térmica. Esta tiene gran repercusión en el mecanizado a alta de velocidad considerando una de sus más resaltantes características: los grandes valores de avance que por definición conllevarían a pobres niveles de acabado (Correa, Ramírez, Alique, Rodríguez, 2004).

En otro aspecto el estudiante de Ingeniería Electromecánica de las Unidades Tecnológicas de Santander está perfilado a proponer y desarrollar proyectos de investigación y extensión orientados al desarrollo y actualización de tecnología de punta en procesos industriales o residenciales que involucren sistemas electromecánicos, debido a esto la siguiente propuesta busca satisfacer la necesidad de contar con un banco de medición de calidad superficial, en la cual se pueda seguir un procedimiento para medir parámetros deseados de la rugosidad superficial como lo son: (altura máxima de perfil (Ry), altura de las irregularidades en diez puntos (Rz), valor de la rugosidad aritmética media del perfil (Ra), desviación media cuadrática del perfil (Rq)). Así permitiendo mejorar los procesos de investigación en materiales e implementación de prácticas para la asignatura de laboratorio de resistencia de materiales en esta área.

De esta forma con el anterior marco expuesto surge el siguiente interrogante ¿El diseño y construcción de un banco de pruebas para medición de calidad superficial permite a los estudiantes del programa de Ingeniería Electromecánica de las Unidades Tecnológicas de Santander adquirir destrezas en identificación de acabados superficiales y tolerancias dimensionales de gran calidad de acuerdo a la normatividad vigente?

1.2. MATRIZ DE INVOLUCRADOS.

Tabla 1. Tabla de involucrados.

INVOLUCRADO	INTERÉS	RECURSO	CONFLICTO
Estudiantes	Desarrollo de investigación en el área de materiales utilizando como parámetro de estudio la rugosidad.	Tiempo. Equipos de medición. Maquinaria.	Tiempos estipulados del cronograma. Carga laboral.
Profesores	Generar investigación. Desarrollo tecnológico con respecto al comportamiento de materiales.	Conocimiento referente al tema. Orientación	Tiempos cronograma. Carga laboral
UTS	Implementación de nuevos bancos y prácticas en el laboratorio de resistencia de materiales.	Planta física. Recursos u aportes	Beneficios obtenidos.
DIMAT	Realizar investigaciones en temas que permitan posicionar a los grupos de investigación del programa de Electromecánica	Orientación. Conocimiento científico.	Reconocimiento nacional del grupo de investigación.

Fuente: Autores

1.3. JUSTIFICACIÓN

En la formación académica de la Ingeniería Electromecánica es de gran importancia los conocimientos que estén relacionados con las propiedades mecánicas de los materiales; el laboratorio concerniente a esta área del conocimiento se desarrolla en medio de ensayos en su mayoría destructivos con el fin de determinar algunas propiedades mecánicas con diferentes materiales y bajo diversas condiciones, esto con el objetivo que el estudiante pueda observar el comportamientos de estos materiales que conlleve a la toma de decisiones en el proceso de diseño mecánico.

Los factores que son determinantes para obtener el acabado superficial deseado son varios y muy importantes para ser tenidos en cuenta a la hora de maquinar una pieza, entre los más destacados están: vibraciones de la máquina, mala sujeción, velocidad de corte, profundidad de corte, radio de filo de la herramienta, propiedades mecánicas de la pieza. Un ejemplo de esto es la dureza ya que para materiales con una dureza alta es recomendable bajas velocidades para obtener una menor rugosidad superficial. Otro aspecto son fallas en la parte mecánica, ya que son directamente afectadas por la rugosidad superficial, un ejemplo de ello la fatiga puesto que una pieza con una rugosidad superficial baja aumenta su resistencia de esfuerzo a la fatiga considerablemente, otro factor importante es en la lubricación ya que la profundidad de la rugosidad superficial debe ser menor a la película de aceite entre dos piezas ya que de no ser así su efectividad de lubricación seria nula, y por ultimo otro aspecto que vale la pena mencionar es en cuanto a la transferencia de calor, puesto que entre menor sea la rugosidad superficial mayor será su coeficiente de transferencia de calor ya que hay una mayor área de contacto. Es por esto que conocer y cuantificar que parámetros medir son de gran ayuda para la obtención de cálculos de confiabilidad que den como resultado un diseño eficiente.

Es por esto que implementar un banco enfocado a medir la rugosidad superficial de los materiales en el programa de Ingeniería Electromecánica en las Unidades Tecnológicas de Santander, hace parte de un complemento que permite ampliar los conocimientos acerca del efecto que causa el mecanizado de diferentes materiales y como contemplar esta medición en las variables que se tienen en cuenta para diferentes cálculos en el diseño de elementos.

Con dicho banco se pretende beneficiar aproximadamente a 1800 estudiantes de ingeniería electromecánica de la Unidades Tecnológicas de Santander en la sede de Bucaramanga, que a su vez conllevara al desarrollo de futuras investigaciones y/o proyectos relacionados con el comportamiento de los materiales que tengan como variables de estudio la rugosidad superficial, ya que hoy en día se cuentan con muchos procesos de fabricación y mecanizado, algunos de estos con tecnología de punta, con los cuales se pueden conseguir rugosidades muy bajas pero con costos elevados. Es por esto que al estudiante al poder interactuar con medidores de rugosidad podrá observar y analizar los datos obtenidos en el laboratorio, para después decidir cuál es la rugosidad indicada para su diseño.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un banco de pruebas para estudiar el fenómeno de la calidad superficial de materiales metálicos, estructurales y en procesos de mecanizado aplicando la norma ISO 1302: 2002.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el banco de pruebas de medición de calidad superficial utilizando el software SolidWorks con el objeto de definir los planos técnicos en términos de forma, dimensiones y detalles técnicos para el ensamble de sus componentes.

- Elaborar las probetas en acero 1045, 1020, latón y aluminio por medio de los procesos de fresado y torneado para realizar las pruebas de medición de calidad superficial.

- Construir el banco de pruebas por medio de procesos metalmecánicos para generar el protocolo de ensayos de medición de calidad superficial.

- Implementar el manual de prácticas de medición de calidad superficial en el Laboratorio de Resistencia de Materiales por medio de pruebas pilotos para acero 1045, acero 1020, latón y aluminio en diferentes procesos de fabricación como; fresado y torneado aplicando la norma ISO 1302: 2002.

1.5. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

La rugosidad superficial de los materiales es un tema que ha tomado gran importancia en los últimos tiempos, tener una medida exacta en piezas que requieran una rugosidad exigente es casi una obligación para la continuidad en cualquier proceso.
El presente estado del arte se basa en investigaciones que se han realizado para determinar la rugosidad de diferentes materiales, con diversos procesos de mecanizado. Para el tema específico de la propuesta no se establece el diseño o construcción de banco de pruebas, pero las investigaciones con respecto al tema tienen un aporte significativo para el desarrollo de esta.

1.5.1. CARACTERIZACIÓN DE SUPERFICIES MAQUINADAS POR MEDIO DE PARÁMETROS DE RUGOSIDAD.

En este proyecto se experimenta como influye la velocidad de avance de la herramienta de corte en el acabado superficial de la pieza, para ello efectúan 5 pruebas, a 5 probetas (material: aleación de aluminio comercial forjada[8] tipo AlMgSi6063, y dimensiones: (88.9x50.8x12.7)mm), con 5 velocidades diferentes (60,70,80,90,100)mm/min, comparando los parámetros R_a y R_z (medidos con un rugosimetro Mitutoyo surftest 211 series 178, provisto de una probeta de radio 0.002 mm y un espaciamiento de 0.00025 mm y una longitud de barrido se 40.000 datos (10mm)), para cada una de las pruebas y de esta manera poder caracterizar que valor aproximado de rugosidad que se puede obtener dependiendo de la velocidad de corte de la herramienta. Finalmente logran concluir que los valores de R_a y R_z, son los que representan esencialmente la huella de la herramienta de corte y es posible mejorar la rugosidad superficial con la herramienta adecuada, además se encuentra una velocidad de avance ideal para obtener una mejor calidad superficial (López Guerrero, Cavazos Flores, & Delgado Acosta, 2003).

1.5.2. ESTUDIO DE RUGOSIDAD EN MAQUINADO POR EL PROCESO DE TORNEADO EN CLIMET LTDA BASADO EN LAS NORMAS ISO DE RUGOSIDAD.

En este proyecto se realiza el maquinado a 6 probetas de acero AISI 1045, por medio de un proceso de torneado en dos diferentes lugares (Climet LTDA y Universidad Autónoma del Caribe), variando la velocidad de avance y las rpm de operación del torno, dando como resultado que el análisis estadístico obtenido de la medición de los parámetros R_a y R_z (medidos con un rugosimetro Mitutoyo SJ-

201P, 5 mediciones de cada parámetro y a cada probeta.) en los dos sitos se encuentran cerca a los valores que recomienda la norma ISO 1302 para este tipo de maquinado, pero los valores obtenidos en la Universidad Autónoma de Caribe si se encuentran dentro de los valores establecidos por la norma (Apéndice B de la norma ASME/ANSI B46.1-1985).Dan como explicación que esto se debe a que en la empresa Climet LTDA no se están aplicando los parámetros establecidos para obtener los valores deseados de forma precisa, mientras que en la Universidad Autónoma del Caribe se cumplieron todos los pasos de manera organizada y precisa (Gutierrez Avila, 2014).

1.5.3. INSPECCIÓN DEL ACABADO SUPERFICIAL PARA PROCESOS DE RECTIFICADO Y FRESADO MEDIANTE UN ESPARCIMIENTO DE LUZ LÁSER.

En el desarrollo de esta tesis se toman dos tipos de superficies maquinadas, una rectificada y otra fresada, e intenta hacer una correlación entre los parámetros medidos con un rugosímetro y con un haz de luz láser con un ángulo de incidencia igual, el autor realiza las respectivas mediciones y comparaciones. Concluye que para las muestras de las probetas rectificadas hay una correlación de 0.99, mientras que para el fresado la correlaciona es menor, expresa que una de las ventajas del método por medio de luz láser es que es menos sensible a la luz (Rodríguez Tirado & Huerta Rúelas, 2009).

1.5.4. INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DE TORNEADO SOBRE LA MICRO DUREZA SUPERFICIAL, RUGOSIDAD Y FATIGA POR FLEXIÓN ROTATIVA DEL ACERO AISI/ASTM 4340.

En esta tesis el autor toma 16 probetas de Acero AISI/ASTM 4340 de $^{3}/_{4}$” con condiciones de corte según la UNE 7118, se tomaron tres niveles de avance 0.1, 1.2, y 0.3 mm/rev, y el radio del filo de la herramienta también en tres niveles 0.2,0.4,0.8 mm manteniendo la velocidad de corte constante 80mm/min lo mismo que la profundidad de corte 0.5 mm para todas las piezas, la variable de rugosidad que miden en esta tesis es la Rmax, los aportes que deja en cuento rugosidad superficial es que la mínima rugosidad obtenida fue con el avance de 0.1 mm/rev y el mayor radio de filo de corte 0.8 mm, y la mayor rugosidad obtenida fue con el máximo avance de 0.3 mm/Rev. Y el menor radio de filo de corte 0.2 mm., también aporte que entre más rugosa sea la superficie el límite de fatiga disminuye, por ultimo concluye que las condiciones de maquinado que generan menor gradiente de dureza son los que generan mayor resistencia a la fatiga (Lescano Vigo, 2016).

1.5.5. FACTORES QUE AFECTAN EL ACABADO SUPERFICIAL EN LOS PROCESOS DE MECANIZADO: TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y MODELOS.

En esta investigación los autores plantean un modelo para predecir la rugosidad superficial, teniendo en cuenta variables como, velocidad de corte, profundidad, y velocidad de giro. Concluyen que el modelo de predicción arroja buenos resultados para procesos de torneado y fresado, pero también que se debe trabajar más en la parte de sonorización para evitar vibraciones que tienen gran impacto en el resultado del acabado superficial (Correa, Ramirez, Alique, & Rodríguez , 2004).

2. MARCOS REFERENCIALES

2.1. MARCO TEORICO.

2.1.1. INTEGRIDAD SUPERFICIAL.

La integridad superficial describe no sólo los rasgos topológicos (geométricos) de las superficies y sus propiedades físicas y químicas, sino también sus propiedades mecánicas y metalúrgicas. La integridad superficial es un factor que debe considerarse en las operaciones de manufactura, debido a que influye en muchas propiedades como resistencia a la fatiga, resistencia a la corrosión y vida útil.

Diversos factores superficiales producidos durante la manufactura de componentes pueden ser responsables de que la integridad superficial sea inapropiada. Por lo regular, son causados por una combinación de factores como los son: defectos en el material original, el método con el cual se produce la superficie, y la falta de control apropiado de los parámetros del proceso que puedan producir excesivos esfuerzos, temperaturas o deformaciones superficiales (Kalpakjian & Schmid, 2008).
Los principales defectos superficiales que se encuentran en la práctica son:

2.1.1.1 ATAQUE INTERGRANULAR.

Es la debilidad de las demarcaciones de los granos generando la fragilización y corrosión de los metales. Es producido por un ataque químico, lo cual afecta las propiedades de la superficie de los metales que están expuestos. (Kalpakjian & Schmid, 2008).

2.1.1.2 CRÁTERES.

Son depresiones profundas que se presentan en la superficie de los materiales, los cuales pueden ser originados por procesos de manufactura, corrosión, esfuerzos concertados, entre otros (Kalpakjian & Schmid, 2008).

2.1.1.3 DEFORMACIÓN PLÁSTICA SUPERFICIAL

Es una desproporción superficial severa producida por elevados esfuerzos, generados por causas como la fricción, geometría de los equipos gastados y técnicas de procesamiento (Kalpakjian & Schmid, 2008).

2.1.1.4 ESFUERZOS RESIDUALES (TENSIÓN O COMPRESIÓN) EN LA SUPERFICIE

Se provocan por la desproporción irregular y el repartimiento no uniforme de la temperatura sobre los materiales (Kalpakjian & Schmid, 2008).

2.1.1.5 GRIETAS

Las grietas pueden presentarse de manera interna y externa, esto requiere un aumento visual de 10x para poder visualizar las micro grietas que se generan en los materiales. En algunos casos es necesario usar un aumento mayor a 10x (Kalpakjian & Schmid, 2008).

2.1.1.6 PICADURA

Las picaduras se presentan superficialmente en los elementos, la forma de identificarlo es visualizar depreciaciones; en la mayoría de los casos son producidos por ataques químicos y por esfuerzos puntuales (Kalpakjian & Schmid, 2008).

2.1.1.7 SALPICADURA

Las salpicaduras pueden identificarse en la superficie de los materiales en forma de partículas; visualmente pueden compararse con las salpicaduras producidas en el proceso de soldadura (Kalpakjian & Schmid, 2008).

2.1.1.8 TRANSFORMACIONES METALÚRGICAS

Se perciben por medio de los cambios microestructurales generados por los períodos de temperatura del material; éstos consiguen ser transformaciones de fase, recristalización, debilidad de la aleación, descarburado del material fundido y refundido, resolidificado o redepositado (Kalpakjian & Schmid, 2008).

2.1.1.9 TRASLAPES, PLIEGUES Y COSTURAS.

Son desperfectos superficiales provenientes del solapamiento del material durante el proceso de fabricación. Por lo general es visto en procesos de extrusión de perfiles (Kalpakjian & Schmid, 2008).

2.1.1.10 ZONA AFECTADA POR EL CALOR

Hace referencia a elementos que son sometidos en una zona específica a elevadas temperaturas sin llegar a su punto de fusión (Kalpakjian & Schmid, 2008).

2.1.2. IRREGULARIDADES SUPERFICIALES.

Una superficie perfecta es una abstracción matemática, ya que cualquier superficie real por perfecta que parezca siempre va a presentar irregularidades que se originan durante el proceso de fabricación (torneado, fresado, rectificado, bruñido, lapidado, etc.), y pueden tener un espaciamiento regular o irregular y tienden a formar un patrón o textura característica en su extensión (Kalpakjian & Schmid, 2008). (Tabla 2)

Estas irregularidades pueden ser mayores o menores:

2.1.2.1 IRREGULARIDADES MAYORES (MACROGEOMÉTRICAS)

Son errores de forma asociados con la variación en tamaño de una pieza, paralelismo entre superficies y planitud de una superficie o conicidad, multifacetamiento, divergencias de ondulación, redondez y cilindricidad, y pueden ser medidos con instrumentos convencionales como micrómetros, comparadores, proyectadores de perfiles, etc. (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995).

2.1.2.2 IRREGULARIDADES MENORES (MICRO GEOMÉTRICAS)

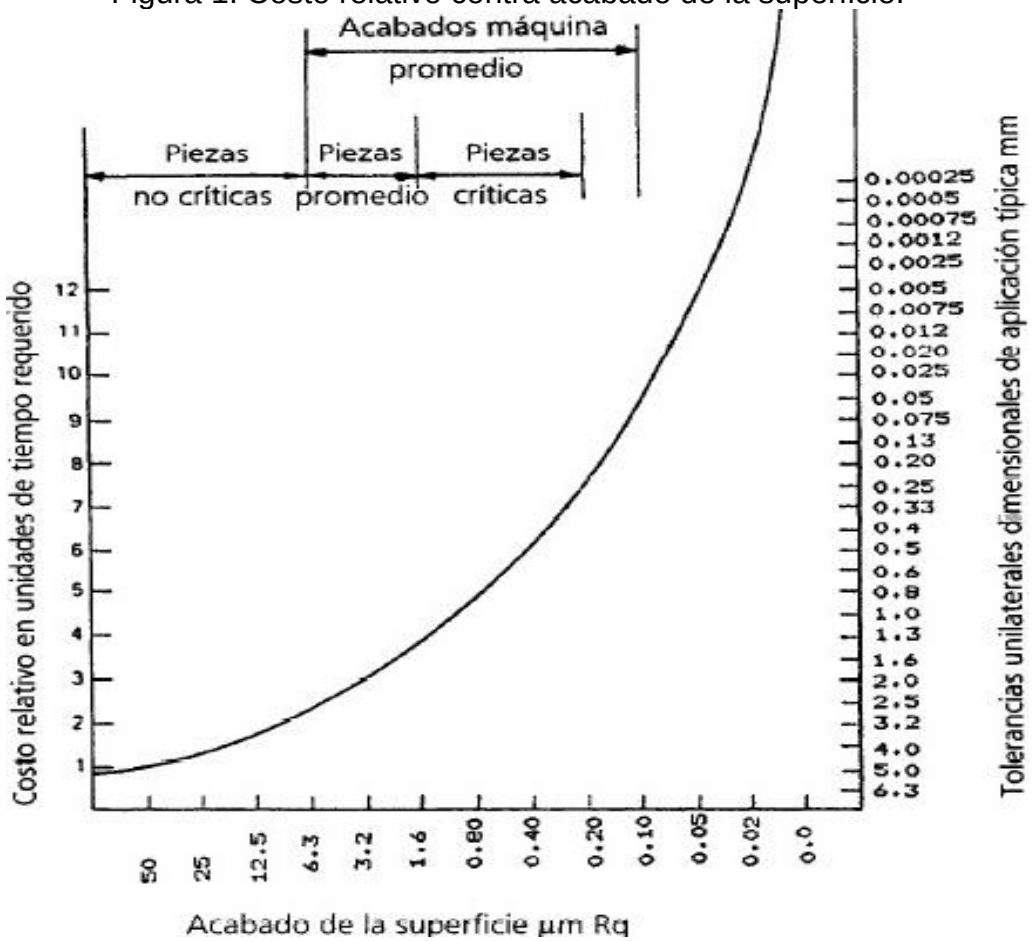
Estas irregularidades la componen la ondulación y la rugosidad. La primera puede ocasionarla la flexión de la pieza durante el maquinado; falta de homogeneidad del material, liberación de esfuerzos residuales, deformación por tratamiento térmico, vibraciones etc. La segunda está formada por surcos o huellas provocados por el elemento utilizado para realizar el maquinado, por ejemplo, la herramienta de corte o la piedra de rectificado. La medición de estas irregularidades solo es posible debido al progreso en la electrónica ya que ha desarrollado aparatos basados en sistemas que utilizan una pequeña aguja de punta muy aguda para recorrer una muestra de superficie y definir numéricamente o gráficamente su perfil (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995).

2.1.3. RUGOSIDAD SUPERFICIAL.

La rugosidad o textura superficial se define como desviaciones irregulares en pequeña escala espaciadas estrechamente, se expresa en términos de su peso, anchura distancia a lo largo de la superficie. (Kalpakjian & Schmid, 2008).

Estas desviaciones irregulares mencionadas se presentan simultáneamente sobre una superficie, lo que dificulta la medición individual de cada una de ellos. El costo de una superficie maquinada crece cuando se desea un mejor acabado superficial (figura 2) razón por la cual el diseñador deberá indicar claramente cuál es el valor deseado, ya que no siempre u buen acabado superficial redundara en un mejor funcionamiento de la pieza, como sucede cuando desea lubricación eficiente y por lo tanto una capa de aceite debe mantenerse sobre la superficie (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995).

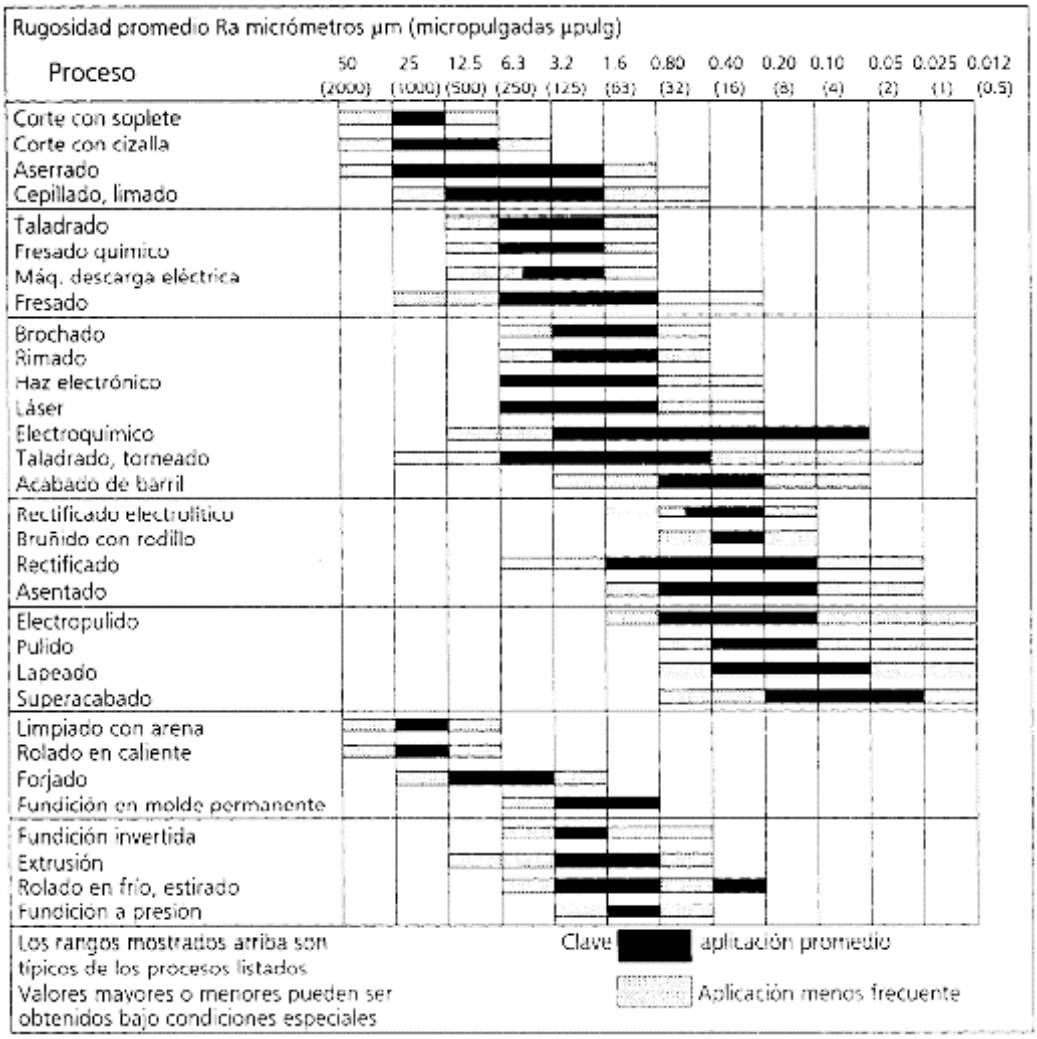
Figura 1. Costo relativo contra acabado de la superficie.



Fuente: (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995) p 429.

En la figura 1 se puede apreciar el contraste de consto relativo contra el acabado superficial de los elementos. En el eje vertical derecho se muestra la escala del costo relativo en unidades de tiempo requerido. La escala es de 1 a 12 unidades. En el eje vertical izquierdo se muestra las tolerancias unilaterales dimensionales de aplicación típica en mm. En el eje horizontal inferior se aprecia el acabado superficial en nanómetros. Por ultimo en la parte superior del grafico se muestra una línea que de forma ascendente denota las piezas según el nivel de acabado vs nivel crítico.

Tabla 2. Rangos típicos de valores de rugosidad superficial que pueden obtenerse mediante métodos comunes de producción.



Fuente: (ANSI/ASME B46.1, 1985)

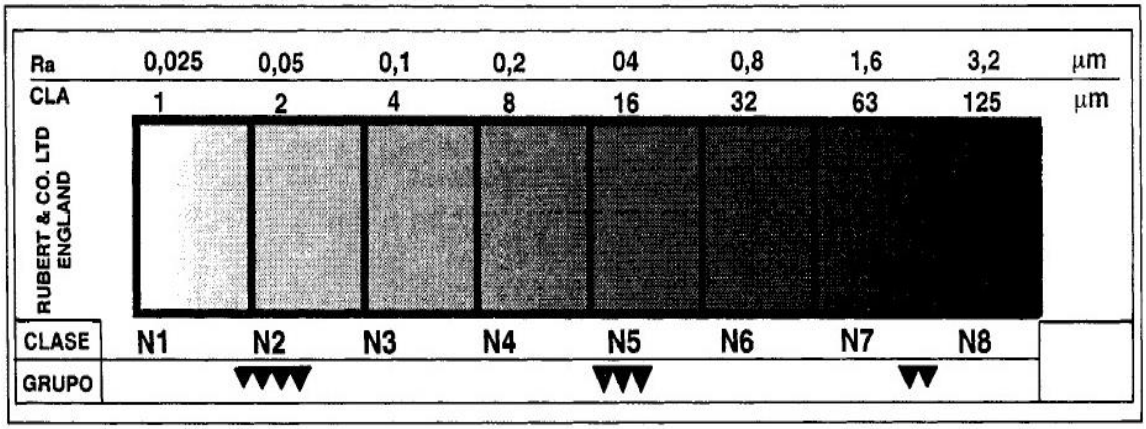
En la tabla 2 se denota la rugosidad promedio en micrómetros y micropulgadas de la superficie de los materiales según el proceso de manufactura al que han sido sometidos durante su fabricación.

2.1.4. GENERALIDADES SOBRE LA MEDICION DE RUGOSIDAD.

Aunque mucho tiempo la medición de la rugosidad no fue considerada como una rama de la metrología, en la actualidad es un requerimiento importante debido al reconocimiento creciente de la importancia y necesidad de esta medición.

En el pasado el método práctico para decidir si una superficie cumplía con los requerimientos era compararlo visualmente y mediante el tacto contra muestras con diferentes acabados (figura3), este método no debe confundirse con los patrones de rugosidad que actualmente se usan en la calibración de rugosímetros (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995).

Figura 2. Muestras con diferentes acabados superficiales.



Fuente: (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995), p 430.

La desventaja de la comparación visual y táctil es que la decisión es subjetiva y difícilmente dos personas estarán de acuerdo en que superficies son aceptables y cuáles no, sobre todo si uno es comprador y el otro es proveedor.

Afortunadamente, el avance de la industria electrónica durante el último cuarto de siglo ha hecho posible contar con los rugosímetros, estos instrumentos son fáciles de operar, portátiles, económicos, resistente a condiciones ambientales de taller y proporcionan datos de forma rápida e incluso un registro impreso de estos.

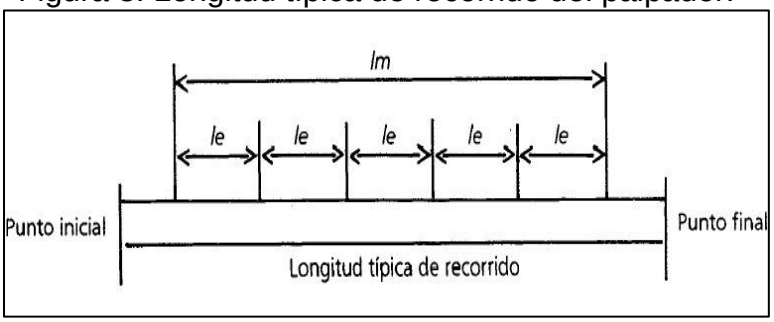
El método más popular de medición de la rugosidad es el que se basa con un palpador de diamante con punta de radio de 2.5 o 10 µm que recorre una pequeña longitud que se llama longitud de muestreo (le) sobre la superficie analizada, los valores de muestreo son: 0.08, 0.25, 0.8, 2.5, 8 y 25 mm.

Aunque la intensión es medir toda la superficie basta con medir tan solo una pequeña longitud ya que afortunadamente no hay una variación excesiva del mismo material y maquinada en su totalidad con la misma herramienta y a las mismas condiciones. Además, si se hiciera otra medición en una superficie paralela a la de la primera medición se obtendrían valores muy cercanos y si se

obtuvieran en ambos casos un registro de ampliación perfil se obtendrían variaciones únicamente de detalle.

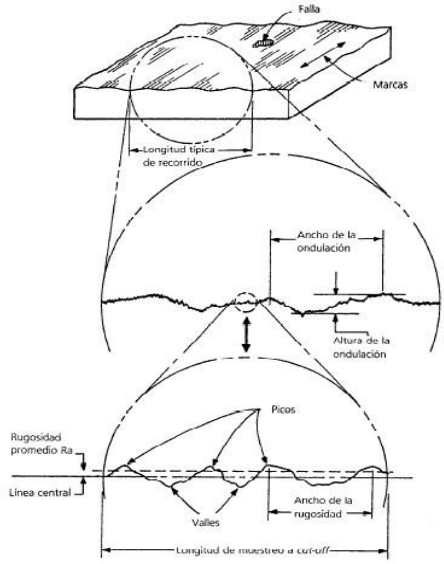
En la práctica se utiliza una longitud de evaluación (lm) de 3 o 5 veces la longitud de muestreo, siendo la segunda la más común, la longitud de recorrido deberá ser mayor que la longitud de evaluación, ya que si el palpador está en reposo deberá alcanzar la velocidad normal de recorrido y después realizar un recorrido adicional para llegar nuevamente al reposo. Una vez realizada la evaluación el palpador regresara con una velocidad mucho mayor al origen preparándose así para una nueva evaluación. La figura 3 representa la longitud típica del recorrido del palpador (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995).

Figura 3. Longitud típica de recorrido del palpador.



Fuente: (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995), p 430.

Figura 4. Ampliación de una superficie.



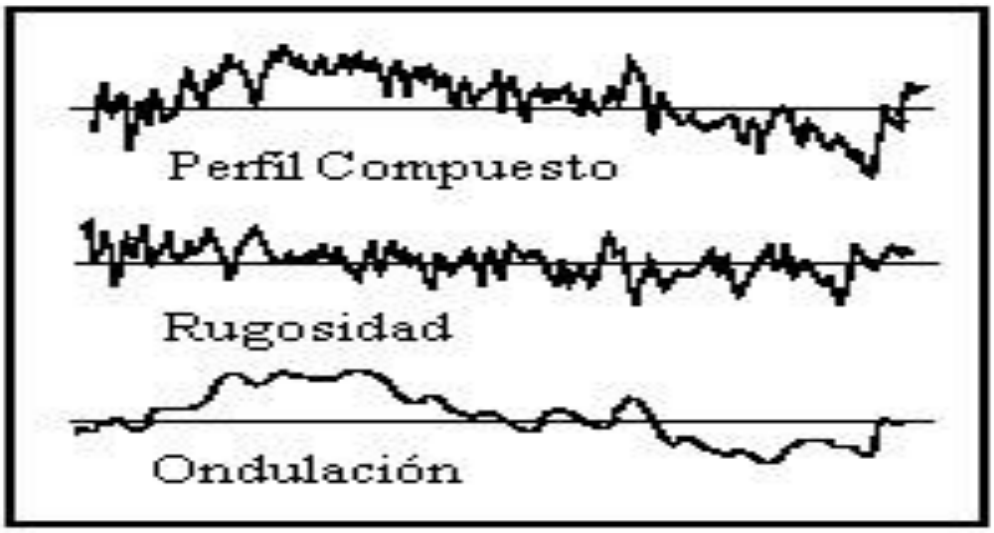
Fuente: (ANSI/ASME B46.1, 1985).

En la figura 4 se ilustra la superficie de una pieza en la cual se observan marcas unidireccionales originadas por el proceso de maquinado utilizado y cierta ondulación de la superficie, si ampliamos esta superficie observamos con mayor claridad la ondulación, pero vemos otras irregularidades más pequeñas superpuestas, con otra ampliación observamos la rugosidad a las partes altas se le llaman picos y a las bajas valles, esta forma de medir se le llama método de perfil.

2.1.4.1 LAS CURVAS P Y R.

Existen dos curvas importantes cuando se va a evaluar la rugosidad por el método del perfil, la curva P la curva R. La curva P (perfil sin filtrar) es un perfil resultante de la intersección de una superficie con un plano perpendicular a la superficie. A menos que se especifique otra circunstancia, la intersección debe ser en el sentido donde el perfil presente el máximo valor de la rugosidad de la superficie; por lo general es en la dirección perpendicular las marcas del maquinado sobre la superficie. La curva R (perfil de rugosidad) es un perfil que se obtiene de la curva P, removiendo los componentes de ondulación de baja frecuencia, cuyas longitudes de onda son mayores que un límite especificado de la longitud de onda llamado valor cut-off (λC) (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995).

Figura 5. Perfil compuesto curvas P y R.



Fuente: (Grupo Tecnología Mecanica, 2017)

En la figura 5 el perfil compuesto representa lo que describe como curva P (perfil sin filtrar), rugosidad representa lo que describe la curva R donde se le ha

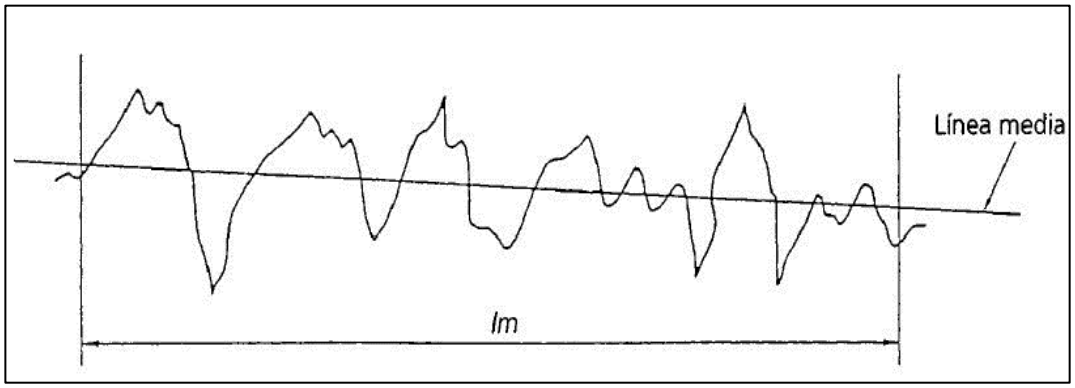
removido los componentes de ondulación de baja frecuencia con son representados en ondulación.

En los rugosímetros la longitud de muestreo se modifica por medio de filtros que varían la respuesta de frecuencia del amplificador y, por lo tanto, la forma de onda del perfil para dar lo que se denomina valor cut-off.

La longitud de muestreo es una longitud física de longitud. El cut-off es el medio a través del cual el perfil resultante de la onda simula la restricción de la evaluación a la longitud de muestreo. Por conveniencia el cut-off es citado como la longitud equivalente de muestreo.

Una línea de muestra con una forma de perfil geométrico, y que divide al perfil de modo que, dentro de la longitud de muestreo, la suma de los cuadrados de los alejamientos del perfil desde esta línea es un mínimo, se denomina línea media y se puede observar en la Figura 6 (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995).

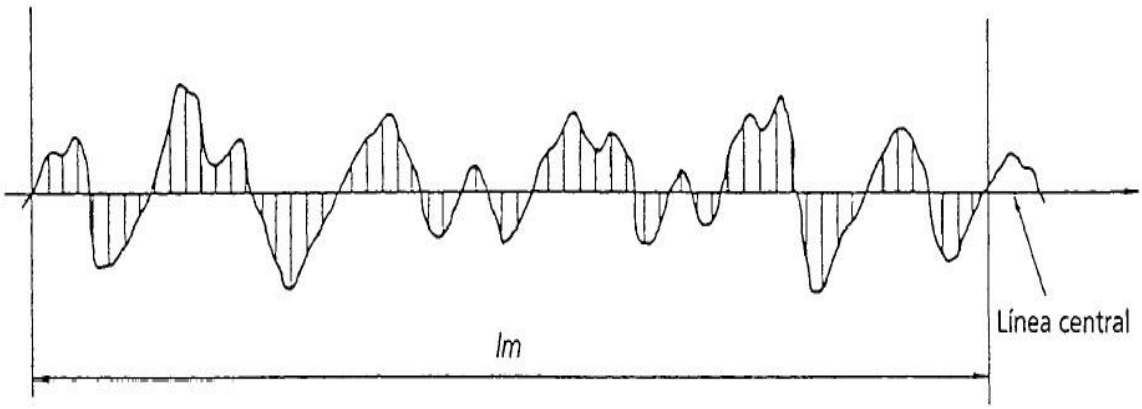
Figura 6. Línea media.



Fuente: (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995), p 433.

Las medidas de rugosidad por medio del perfil están basadas en una línea central que es paralela de la línea media del perfil a través de una longitud de evaluación, de este modo dentro de la longitud la suma de las áreas limitadas por la línea central y el perfil es igual a ambos lados, esto se ve representado en la figura 7 (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995).

Figura 7. Línea central.



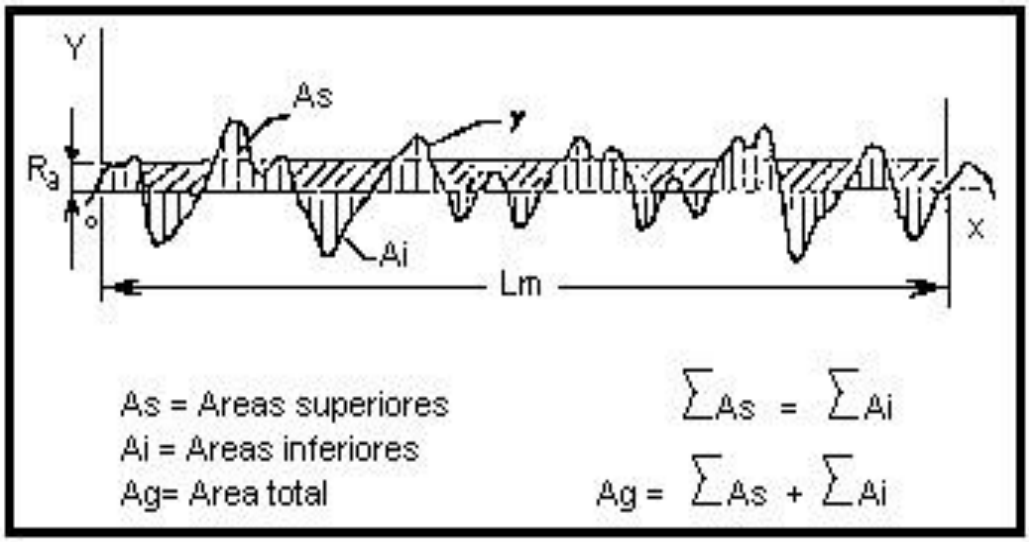
Fuente: (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995), p 433.

2.1.5. PARAMETROS DE MEDICION DE L A RUGOSIDAD SUPERFICIAL.

2.1.5.1 RUGOSIDAD MEDIA ARITMÉTICA (RA)

Está definido como la media aritmética de los valores absolutos de las coordenadas de los puntos del perfil de rugosidad en relación a la Línea Media dentro de la longitud de medición Lm. (figura 9). También puede ser definida como la altura de un rectángulo cuya área sea igual a la suma absoluta de las áreas delimitadas entre el perfil de rugosidad y la línea Media, siendo la longitud de medición Lm. Este valor puede ser calculado manualmente mediante la ecuación 1. (Grupo Tecnología Mecanica, 2017)

Figura 9. Rugosidad media aritmética (Ra).



Fuente: (Grupo Tecnología Mecanica, 2017)

Ra se representa mediante la fórmula:

Ecuación 1

$$R_a = \frac{1}{Lm} * \int_0^{Lm} |y|\, dx$$

Por aproximación se puede determinar mediante la ecuación 2 el valor de Ra por medio de un cierto número de ordenadas de puntos del perfil, lo que daría la ecuación:

Ecuación 2

$$R_a = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^{n} |y|$$

y = ordenada

n = número de ordenadas consideradas

El valor de “n” es prefijado de acuerdo con el tipo de aparato.

Los valores de Ra se pueden dar en micrómetros (µm) o en micro pulgadas (µpulg), es el parámetro más utilizado en todo el mundo ya que es aplicable a la mayoría de los procesos de fabricación, por este motivo casi totalidad de los equipos presentan este parámetro en forma análoga y digital (Grupo Tecnología Mecanica, 2017).

2.1.5.2 PROMEDIO DE ALTURA DE PICO A VALLE (R_Z)

Las normas JIS/ISO lo definen con base en la curva P, como el promedio de las diferencias de las alturas de los cinco picos más altos y la altura promedio de los cinco valles más profundos, los picos y los valles se miden en dirección de la amplificación vertical, dentro de la longitud de evaluación (Lm), desde una línea paralela de la línea media y que no intersecta al perfil, esto se puede ver representado en la figura 8 y en la ecuación 3 (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995). Se aplican las siguientes definiciones:

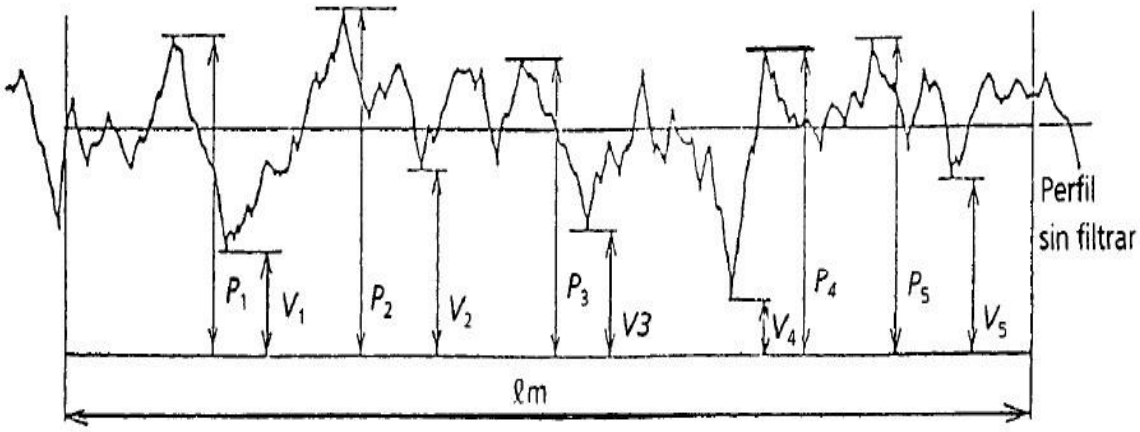
- **Perfil de picos:** proyección de una porción de perfil conectando dos puntos adyacentes de la intersección del perfil con la línea media.
- **Pico más alto:** pico más alto de un perfil de picos.

- **Perfil de valles**: porción descendente del perfil conectado de dos puntos adyacentes de la intersección del perfil con la línea media.
- **Valle más profundo:** punto más profundo de un perfil de valles.

Ecuación 3

$$R_z(JIS-ISO) = \frac{(P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5) - (V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5)}{5}$$

Figura 8. Promedio de altura de pico a valle Rz JIS-ISO.



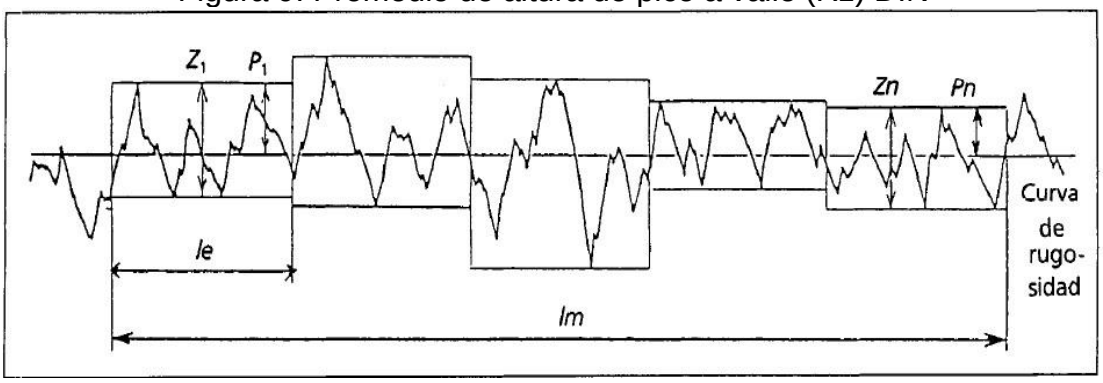
Fuente: (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995), p 436.

La norma DIN lo define con base en la curva R, con base en la diferencia (z_i), del pico más alto y el valle más profundo de cinco longitudes de muestreo (le), de la longitud de evaluación (Lm), medida en la dirección de la línea media. La longitud de muestreo (Le) debe ser la misma que el cut-off, esto se puede visualizar en la figura 9 y puede calcularse su promedio mediante el uso de la ecuación de 4 (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995).

Ecuación 4

$$R_z(DIN) = \frac{(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5)}{5}$$

Figura 9. Promedio de altura de pico a valle (Rz) DIN

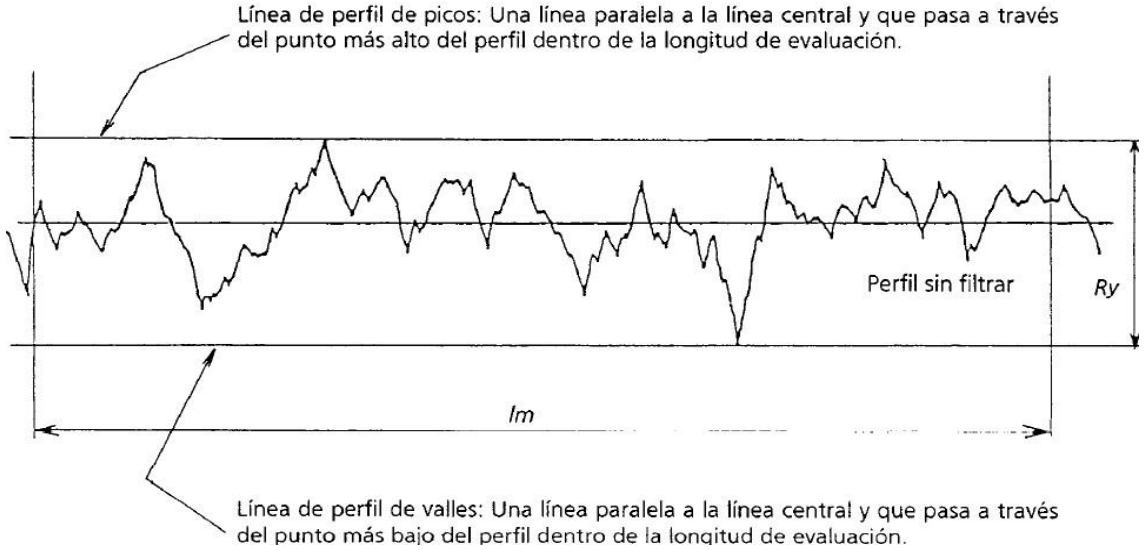


Fuente: (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995), p 437.

2.1.5.3 MÁXIMA ALTURA DEL PERFIL (R_Y)

Las normas JIS/ISO la definen como la distancia entre las líneas del perfil de picos y de valles. La máxima altura del perfil, medida en la ampliación de la dirección vertical dentro de la longitud de evaluación (Lm), de la curva P (figura 10), la norma DIN lo define como el máximo valor de z_i, determinado para R_z DIN. En otros países se denomina R_y como R_{max}, este método de evaluación ocupa el segundo lugar en cuanto a su adopción por diferentes países industriales, mientras que el tercero lo ocupa R_z (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995).

Figura 10. Máxima altura del perfil (Ry).



Fuente: (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995), p 437.

2.1.5.4 RUGOSIDAD MEDIA CUADRÁTICA (R_Q)

Está definido como la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de las ordenadas del perfil efectivo en relación a la Línea Media en un módulo de medición, como se ve representado en la ecuación 5 y la ecuación 6 (Gonzáles Gonzáles & Vásquez J., 1995). Matemáticamente:

Ecuación 5

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{L} * \int_0^L y^2 \, dx}$$

Aproximadamente:

Ecuación 6

$$R_q = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} y^2}$$

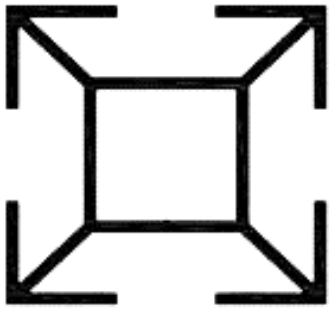
Siendo n el n° de ordenadas

Este parámetro es utilizado cuando el acabado presenta los surcos bien definidos (torneado, fresado, etc.), y donde el Ra presenta poca resolución.

2.1.6. GENERALIDADES PERFIL ALUMINIO ESTRUCTURAL

El aluminio es un material empleado en proyectos que requieren durabilidad y estabilidad de estructuras livianas gracias a su baja densidad, por ello se elaboran perfiles de aluminio catalogados en diferentes grupos, tales como: normalizados, barras de perfiles geométricos, a la medida y estructurales. El aluminio de perfil estructural se diferencia de los demás por su característica forma de estrella, la cual les brinda sostenibilidad y resistencia a esfuerzos.

Figura 11. Sección transversal perfil aluminio estrella.



Fuente: (Vistrinica S.A.S, 2018)

2.1.7. IMPRESIÓN 3D.

La impresión 3D es una tecnología emergente en el ámbito científico, ya que se trata de la materialización de piezas y componentes de materiales como el plástico y algunos metales mediante un diseño asistido por ordenador. Según Savage, (2017), en su artículo para la revista Investigación y Ciencia, en el futuro se podrían llegar a imprimir cartílagos y huesos para el uso de trasplantes en los quirófanos.

A pesar de ser una tecnología reciente se disponen de dispositivos al alcance del público general, como expresa Flores, (2017), en su artículo para la revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo Leon, la popularidad de esta tecnología a llegado a ambitos tales como la arquitectura y el diseño indutrial facilitando el diseño de prototipos por parte cada individuo.

Figura 12. Impresora 3D INVEN P3.

Fuente: (Inven Technology Experts, 2017).

2.1.8. TORNEADO

El torneado es considerado un proceso de arranque de viruta. Para realizar este proceso se usa el torno, la cual es una máquina que busca dar acabados cilíndricos mediante el desbaste de material. Mediante este proceso es posible se consiguen geometrías cilíndricas y cónicas. El torneado tiene subclases de procesos los cuales son: cortar, tronzar, refrendar, taladrar, esmerilar tronzar, pulir, roscar y muchos más procesos. Los parámetros para realizar ese proceso de arranque de virta son velocidad de giro y avance; esto genera acabados diferentes en las piezas que son sometidas a este proceso de mecanizado (Schvab, 2011)

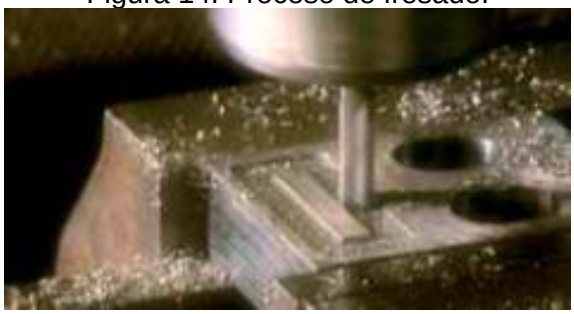
Figura 13. Proceso de torneado.

Fuente: (Schvab, 2011)

2.1.9. FRESADO

El fresado es considerado un proceso de arranque de viruta. Para realizar este proceso se pueden usar distintos tipos de maquinarias rotativas las cuales pueden ser electromecánicas y laser. Las fresadoras son herramientas que se usan cuando es necesario realizar mecanizado con precisión y a elementos con todo tipo de geometrías. Este proceso puede mediante el uso de maquinaria de operación manual y operación por control numérico. El desarrollo de estas maquinarias ha generado la posibilidad de mecanizar elementos de distintos materiales para el uso en la industria (Schvab, 2011).

Figura 14. Proceso de fresado.



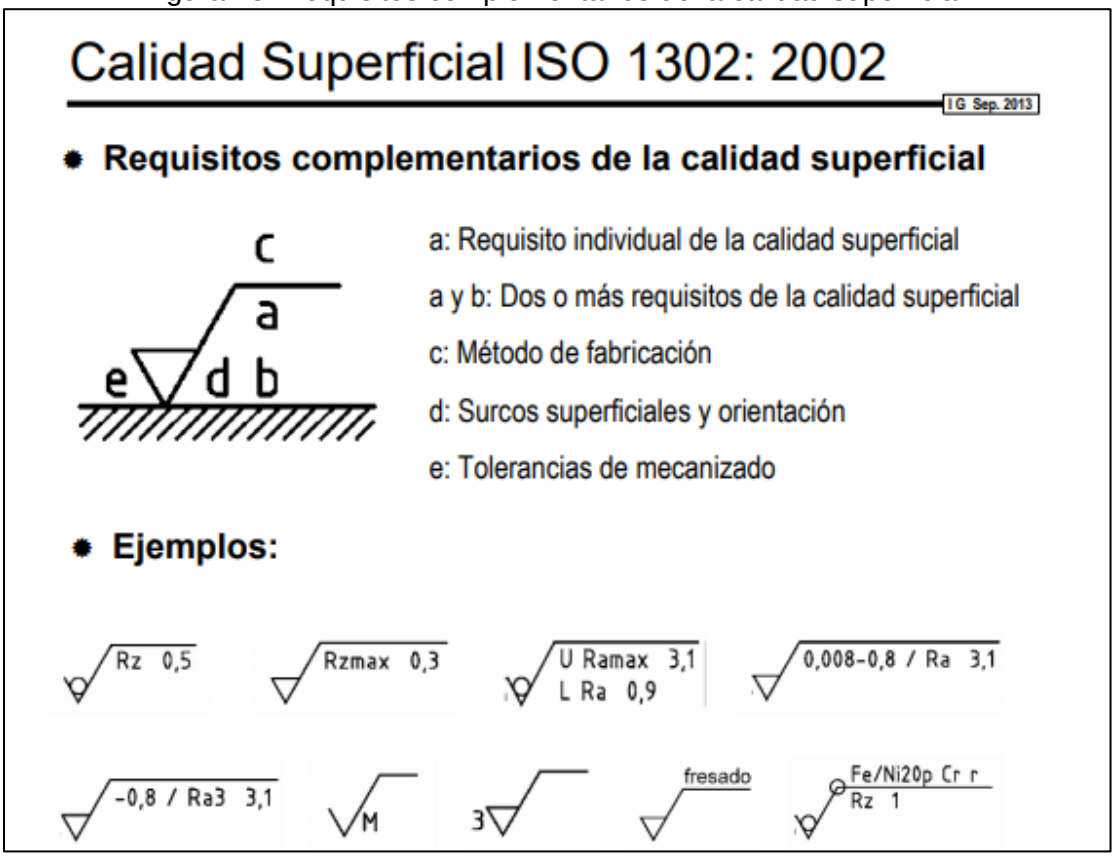
Fuente: (Schvab, 2011)

2.2. MARCO LEGAL.

2.2.1. NORMA ISO 1302 DE 2002 PARA CALIDAD SUPERFICIAL.

En esta norma se establece la abstracción matemática y ponderada de la calidad superficial de los materiales; donde se contempla el proceso de fabricación del material y se establecen valores promedio de las rugosidades de las superficies.
La rugosidad de los materiales es un aspecto a tener en cuenta para piezas que están sometidas a fricción y esfuerzos. por ende, en esta norma se muestra el modelo correcto de acotación de superficies, con el fin de que el empleo de las piezas sea de acuerdo al diseño y la necesidad (Calidad Superficial ISO 1302, 2002).
Los parámetros que se tienen en cuenta para la acotación pueden verse en la figura 13.

Figura 15. Requisitos complementarios de la calidad superficial.



Fuente: (Calidad Superficial ISO 1302, 2002), pag 8.

3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

3.1. ETAPA DE DISEÑO.

La etapa de diseño del banco de medición de calidad superficial se hace mediante el uso del software SolidWorks con el objeto de definir los planos técnicos en términos de forma, dimensiones y detalles técnicos para el ensamble de sus componentes. A continuación, se evidencia las fases de diseño que se consideraron.

3.1.1. SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA.

Para dar solución a la problemática planteada en este proyecto se contempla el uso de un rugosímetro electrónico, con una estructura base para la sujeción del dispositivo. La integración del equipo y el banco debe realizarse mediante elementos de acople mecánico para obtener un nivel de soporte y confiabilidad adecuado, es decir, que, para iniciar con la etapa de diseño, se recurre a la adquisición de un rugosímetro JSR210 el cual puede apreciarse en la figura 13 y la fabricación de una estructura de aluminio con perfil estrella (figura 14) que permita la realización de pruebas bajo la norma ISO 1302 de 2002.

Figura 16. Rugosimetro electrónico Surface Tester.

Fuente: autores

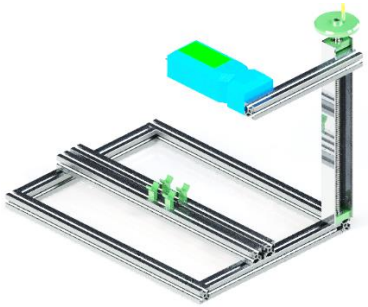
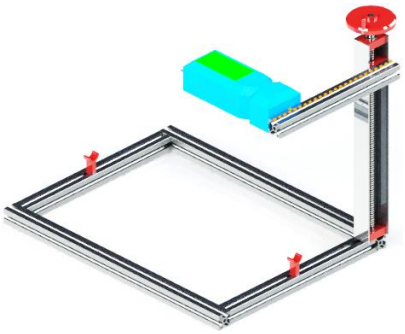
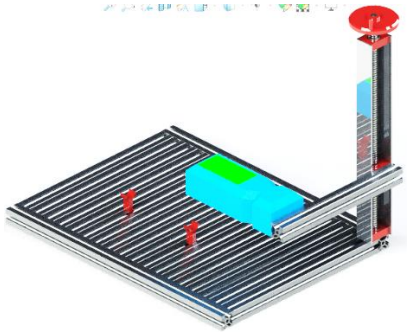
Figura 17. Representación geométrica en Solidworks del perfil de aluminio estrella.

Fuente: autores.

3.1.2. MODELADO

Una vez establecida la solución a la problemática, se comienza con el desarrollo de modelos en Solidworks para el direccionamiento del alcance en el proyecto. En la tabla 3 se evidencia los modelados realizados, cuyos prototipos podrían implementarse en el desarrollo y elaboración del banco de pruebas.

Tabla 3. Prototipos modelados según las dimensiones del perfil.

Figura 18. Prototipo 1, estructura en perfil aluminio 20x20mm Fuente: autores.	Figura 19. Prototipo 2, estructura en perfil aluminio 30x30mm  Fuente: autores.
Figura 20. Prototipo 3, estructura en perfil aluminio 35x35mm  Fuente: autores.	Figura 21. Prototipo 4, estructura en perfil aluminio 40x40mm  Fuente: autores.

Fuente: autores.

3.1.3. CARACTERIZACIÓN DE PROTOTIPOS.

A continuación, la tabla 4 muestra una comparativa donde se incluye las ventajas y desventajas de cada uno de los prototipos para una posterior selección.

Tabla 4. Comparativa ventajas y desventajas de los prototipos modelados.

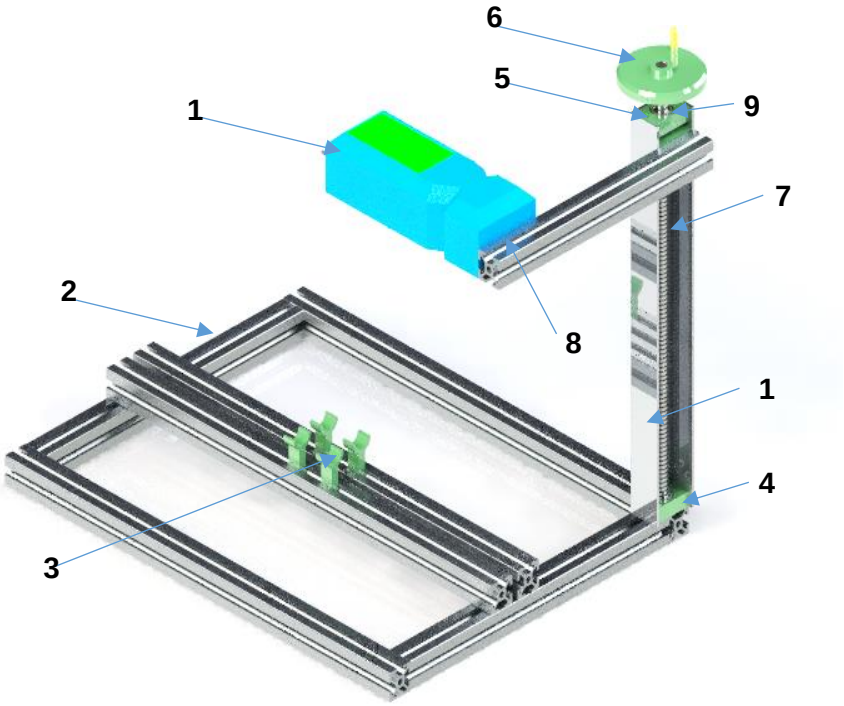
Prototipo	Ventajas	Desventajas
Prototipo 1. Perfil estrella 20x20 mm	✓ Tamaño reducido. ✓ Peso reducido.	⊗ Costo Elevado ⊗ Difícil adquisición del perfil en el mercado local. ⊗ Menor resistencia de esfuerzos frente a los demás prototipos. ⊗ Dificultad de ensamble de acoples mecánicos.
Prototipo 2. Perfil estrella 30x30 mm	✓ Tamaño mediano ✓ Peso reducido ✓ Bajo costo ✓ Fácil adquisición del perfil en el mercado local.	⊗ Media resistencia a esfuerzos frente a los demás prototipos.
Prototipo 3. Perfil estrella 35x35 mm	✓ Fácil adquisición del perfil en el mercado local. ✓ Mayor resistencia de esfuerzos frente a los demás prototipos.	⊗ Costo Elevado.
Prototipo 4. Perfil estrella 40x40 mm	✓ Mayor resistencia a los esfuerzos. ✓ Fácil adquisición del perfil en el mercado local.	⊗ Costo Elevado.

Fuente: autores.

3.1.4. SELECCIÓN DE PROTOTIPO.

Se realiza la selección de prototipo evaluando los datos de la tabla 4, analizando los costos de los perfiles y la resistencia de la estructura. Siendo el aluminio el material seleccionado debido a su fácil adquisición y bajo costo, además de su baja densidad y alta resistencia a esfuerzos. El prototipo seleccionado fue el número 2 debido a las ventajas que constituye la selección del perfil. Los componentes de este prototipo se ven representados en la tabla 5 y su forma de manufactura o adquisición.

Figura 22. Modelado prototipo 2 con enumeración de componentes.



Fuente: autores.

Tabla 5. Componentes rugosimetro prototipo 2 según figura 19.

NUMERO	NOMBRE	INFORMACIÓN	FUENTE
1	Rugosimetro electrónico digital	JSR210	compra
2	Perfil de aluminio estrella	30x30mm	Compra/corte
3	Soporte para probetas	Impresión 3D	diseño/fabricación
4	Soporte rodamiento inferior	Impresión 3D	diseño/fabricación
5	Soporte rodamiento superior	Impresión 3D	diseño/fabricación
6	Manivela	Impresión 3D	diseño/fabricación
7	Tornillo sin fin	8x400mm	compra
8	Soporte Rugosimetro	Impresión 3D	diseño/fabricación
9	Rodamiento blindado	8mm	compra

Fuente: autores.

3.1.5. DISEÑO FINAL PROTOTIPO 2.

El prototipo seleccionado es rediseñado para cumplir con los objetivos planteados, en la figura 20 se evidencia el diseño final corregido. Previo a la selección del prototipo, se comienza con el modelado de los componentes en el software CAD Solidworks 2018. Cada una de las piezas fue creada según las condiciones de adquisición y fabricación de los materiales usados para el desarrollo del proyecto, a continuación, se justifica el dimensionamiento y materiales en el software empleado.

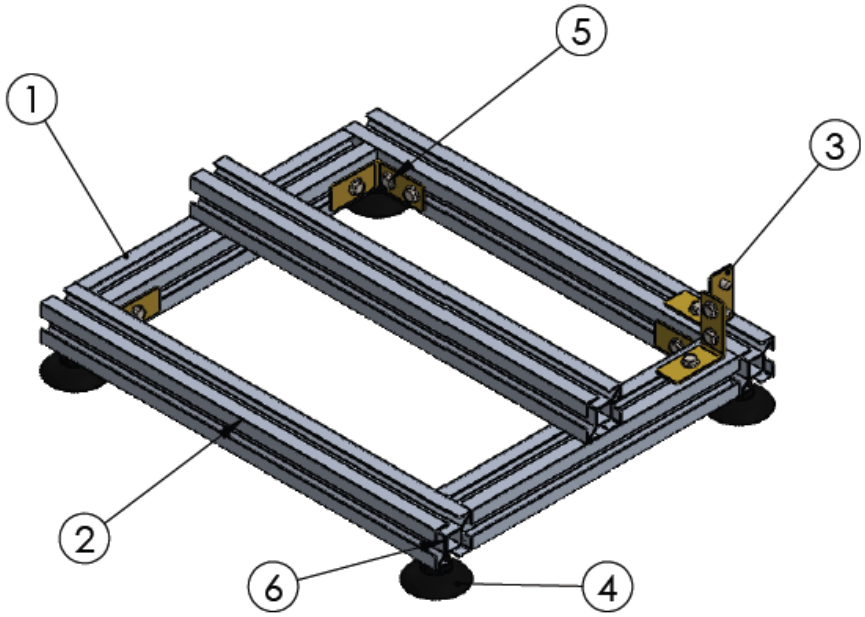
Figura 23. Modelado final prototipo 2.

Fuente: autores.

3.1.5.1 ESTRUCTURA ALUMINIO ESTRELLA 30X30 mm.

El perfil de aluminio estrella de 35x35 mm fue el seleccionado para la estructura base; en la tabla 6 puede apreciarse cada una de las dimensiones que conforman esta estructura. Para el acoplamiento de la estructura se usan escuadras de 90°, elementos de sujeción mecánicos y bases plásticas roscantes; lo anterior puede detallarse en la tabla 6 donde se especifica la cantidad y cada uno de los componentes del ensamble.

Figura 24. Ensamble estructura base perfil aluminio 30x30mm



Fuente: autores.

Tabla 6. Componentes que conforman la estructura.

#	NOMBRE	CANTIDAD	ESPECIFICACIÓN
1	Perfil aluminio estrella 30x30mm	2	Longitud: 230mm
2	Perfil aluminio estrella 30x30mm	4	Longitud: 340mm
3	Escuadra FES 100 90°	6	Medida: 41x19mm
4	Base plástica con tornillo	4	Medida: 1” x 5/32”
5	Juego tornillo, tuerca y arandela	12	Medida: ½” x 5/32”
6	Tuerca	4	Medida: 5/32”

Fuente: autores.

3.1.5.2 RUGOSÍMETRO

El rugosimetro empleado para esta implementación es el modelo JSR210. Este rugosimetro cuenta con varias configuraciones de medición y varios modos de manejo. Las características básicas de este rugosimetro pueden visualizarse en la tabla 7; así mismo en la tabla 8 puede visualizarse las características técnicas del rugosimetro, las cuales fueron obtenidas directamente del fabricante.

Figura 25. Representación aproximada del rugosimetro en Solidworks.

Fuente: autores.

Tabla 7. Características Técnicas rugosimetro JRS210.

CARACTERISTICAS BASICAS TESTER JRS210
Diseño de integración electromecánica, pequeño volumen, peso ligero, fácil de usar.
Uso del chip DSP para control y procesamiento de datos, alta velocidad, bajo consumo de energía.
Pantalla de matriz de puntos OLED 128 x 64, pantalla digital / gráfica; resaltar ninguna perspectiva.
Intuitiva y rica información de la pantalla, puede mostrar todos los parámetros y gráficos.
Compatible con las normas nacionales ISO, DIN, ANSI, JIS.
Compatible con las normas nacionales ISO, DIN, ANSI, JIS.
Tiempo de trabajo continuo: más de 20 horas.
Configuración y visualización del reloj en tiempo real, registro y almacenamiento de datos conveniente.
Con inactividad automática, apagado automático y función de ahorro de energía.
Motor de control confiable para ir al circuito muerto y diseño de software.
Pantalla de información de medición, información de solicitud de menú, información falsa y cambio de máquina y otros consejos sobre esa información.
Se puede conectar a una computadora y una impresora.
Función de Bluetooth.
Se pueden adquirir, gestionar datos por APP.

Fuente: (GONE INSTRUMENS, 2018)

Tabla 8. Características técnicas rugosimetro JRS210.

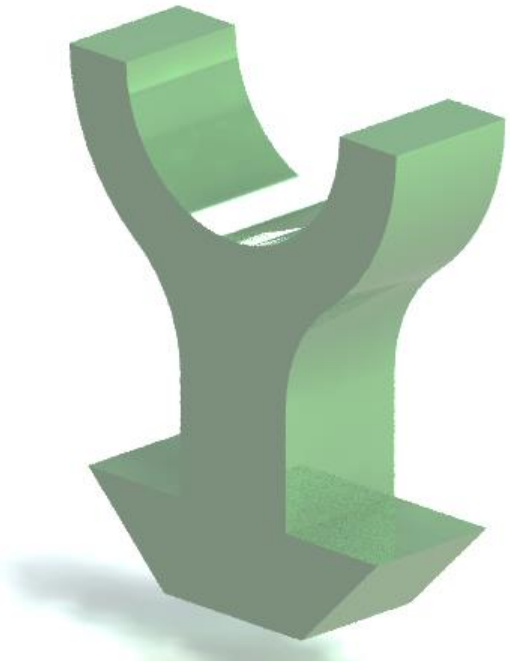
CARACTERISTICAS TECNICAS TESTER JRS210	
Parámetros de prueba	Ra, Rz, Rq, Rt, Rp, Rv, R3z, R3y, RzJIS, Rsk, Rku, Rsm, Rmr, Rx;
Rango de medición (um)	Ra: 0.005-16.000 y Rz: 0.02-160.00
Longitud de la muestra (mm)	0.25, 0.80, 2.50
Longitud de evaluación (mm)	(1-5) L
Carrera máxima	17.5 mm / 0.7 pulgadas
Exactitud de la indicación	0.001
Indicación error	±(7-10)%
Variabilidad	<6%
Almacenamiento de datos	100 grupos
Poder	Batería recargable
Temperatura de trabajo	-20℃~40℃
Humedad relativa	<90%
tamaño	158 mm x 63,5 mm x 46 mm
Peso del huésped	0.3kg

Fuente: (GONE INSTRUMENS, 2018)

3.1.5.3 SOPORTE PARA PROBETAS.

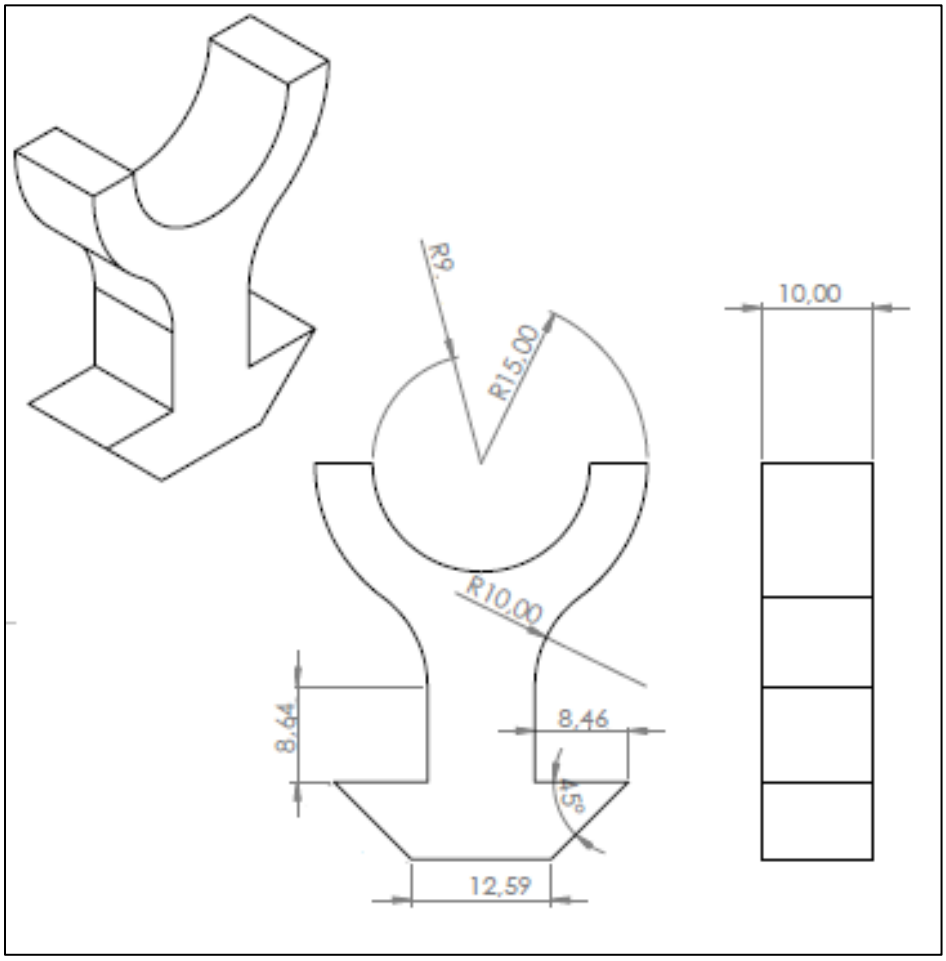
Los soportes o bases fueron diseñadas según la geometría de las probetas. La ilustración y el dimensionamiento puede evidenciarse en la figura 23 y la figura 24 respectivamente.

Figura 26. Ilustración en Solidworks del soporte para probetas.



Fuente: autores.

Figura 27. Dimensiones en milímetros vistas soporte probetas.

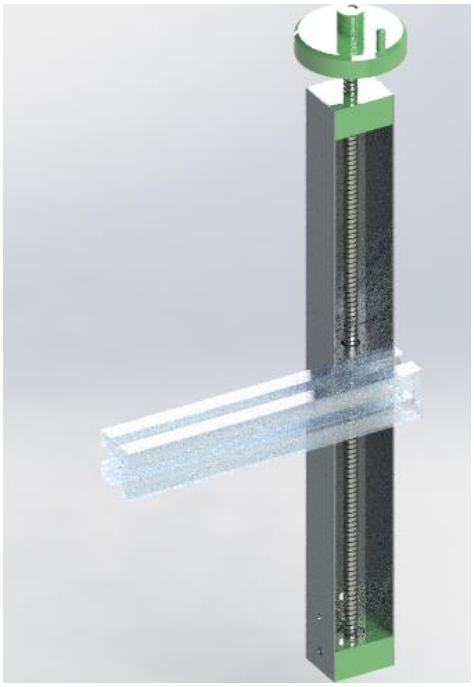


Fuente: autores.

3.1.5.4 MECANISMO DE ELEVACIÓN.

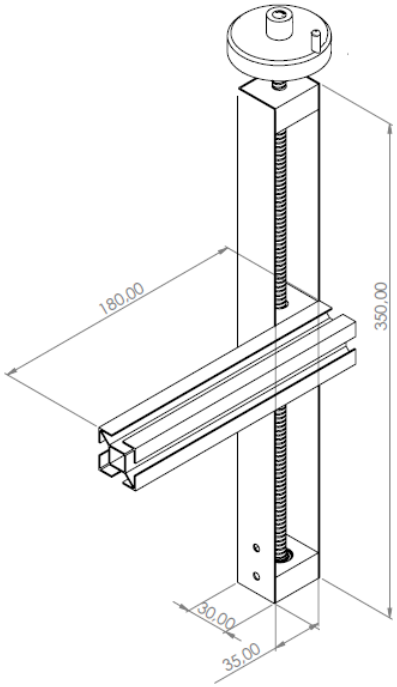
El mecanismo de elevación está constituido por varios componentes los cuales puede detallarse en la tabla 9. Para definir las dimensiones de los elementos se decide enfocar el modelado en la selección de los componentes que pueden ser encontrados en el mercado local. A continuación, en la figura 25 puede evidenciarse la ilustración de mecanismo de elevación realizado en el software Solidworks. Así mismo en la figura 26 se aprecia las dimensiones del mecanismo armado.

Figura 28. Ilustración mecanismo de elevación.



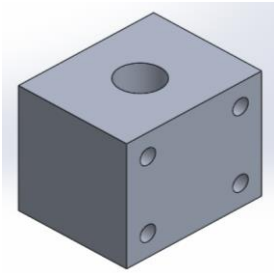
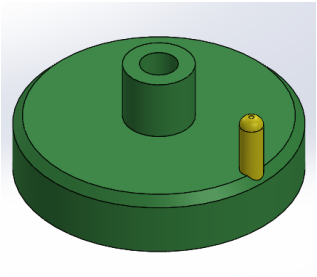
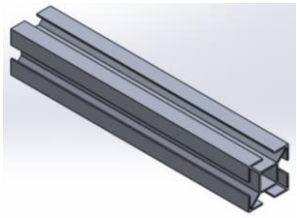
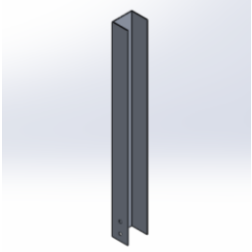
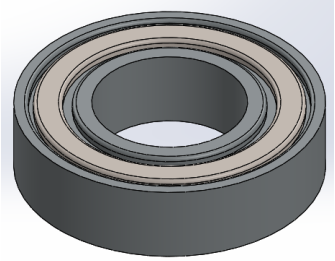
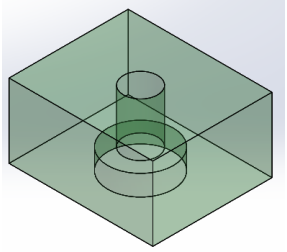
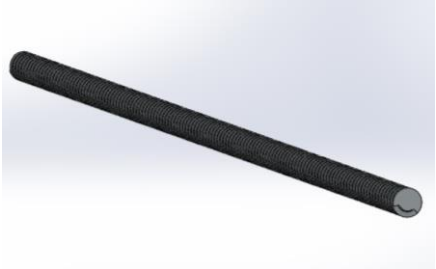
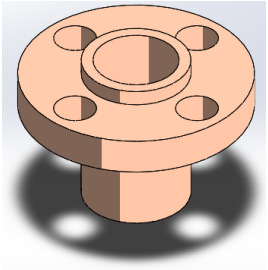
Fuente: autores.

Figura 29. Dimensiones mecanismo de elevación en milímetros.



Fuente: autores.

Tabla 9. Tabla de elementos que conforman el mecanismo de elevación.

Figura 30. Camisa de aluminio 35x28x30mm  Fuente: autores.	Figura 31. Manivela en material PLA.  Fuente: autores.
Figura 32. Perfil aluminio estrella 30x30x180mm.  Fuente: autores.	Figura 33. Perfil aluminio U.  Fuente: autores.
Figura 34. Rodamiento radial blindado 8mm ref-688zz.  Fuente: autores.	Figura 35. Soporte rodamiento PLA o madera.  Fuente: autores.
Figura 36. Tornillo sin fin 4 hilos 400mm  Fuente: autores.	Figura 37. Tuerca de bronce rosca 8mm  Fuente: autores.

Fuente: autores.

3.2. ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS.

La elaboración de las probetas son en acero 1045, 1020, latón y aluminio por medio de los procesos de fresado y torneado, con el fin de realizar las pruebas de medición de calidad superficial. Las medidas y calidades superficiales son asumidas por los autores, por el motivo que no existe una norma que estandarice la fabricación de probetas para pruebas de rugosidad, funcionamiento, utilidad y puesta a punto del módulo. En las tablas 10 y 11 se especifica el proceso de fabricación de las probetas que fueron mecanizadas, teniendo como parámetro la velocidad de desbaste y avance.

Figura 38. Probetas de distintos materiales.

Fuente: autores.

En la tabla 10 de figuras se puede apreciar cada una de las probetas y según el material y el acabado superficial que se le ha dado; los diámetros y longitudes de las probetas son seleccionados según la compra y el acabado que se desea medir.

Tabla 10. Tabla de probetas por proceso de torneado.

PROBETA	MATERIAL	AVANCE (mm/rev)	VELOCIDAD DE GIRO (r.p.m.)
1	LATÓN	0,1	560
2	LATÓN	0,8	385
3	LATON	0,4	355
4	ALUMINIO	0,4	355
5	ALUMINIO	0,1	355
6	ALUMINIO	0,9	355
7	ACERO 1045	0,9	140
8	ACERO 1045	0,25	90
9	ACERO 1045	1	180
10	ACERO1020	0,5	560
11	ACERO 1020	0,3	560
12	ACERO 1020	1,2	180
El proceso de mecanizado para estas probetas fue torneado con una herramienta de pastilla de tungsteno de radio 4 mm. **NOTA:** Avances más pequeños generan rugosidades más finas.			

Fuente: autores.

Tabla 11. Tabla de probetas por proceso de fresado.

PROBETA	MATERIAL	VELOCIDAD DE GIRO (r.p.m.)
1	LATON	900
2	LATON	900
3	LATON	900
4	ALUMINIO	900
5	ALUMINIO	900
6	ALUMINIO	900
7	ACERO 1045	980
8	ACERO 1045	980
9	ACERO 1045	980
10	ACERO1020	980
11	ACERO 1020	980
12	ACERO 1020	980
El proceso de mecanizado para estas probetas fue fresado con una broca de acero rápido		

Fuente: autores.

Tabla 12. Tabla de ilustraciones de las probetas según el material y su manufactura.

Catálogo de probetas según acabado superficial.			
Figura 39. Latón extruido Fuente: autores.	Figura 40. Latón torneado. Fuente: autores.	Figura 41. Latón torneado. Fuente: autores.	Figura 42. Latón torneado. Fuente: autores.
Figura 43. Aluminio extruido. Fuente: autores.	Figura 44. Aluminio torneado. Fuente: autores.	Figura 45. Aluminio torneado. Fuente: autores.	Figura 46. Aluminio torneado. Fuente: autores.
Figura 47. Acero 1020 extruido. Fuente: autores.	Figura 48. Acero 1020 torneado. Fuente: autores.	Figura 49. Acero 1020 torneado. Fuente: autores.	Figura 50. Acero 1020 torneado. Fuente: autores.
Figura 51. Acero 1045 extruido. Fuente: autores.	Figura 52. Acero 1045 torneado. Fuente: autores.	Figura 53. Acero 1045 torneado. Fuente: autores.	Figura 54. Acero 1045 torneado. Fuente: autores.

Fuente: autores.

3.3. CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE PRUEBAS.

Para el desarrollo del prototipo se construyó una estructura en aluminio estrella 30x30 mm el cual fue seleccionado según sus propiedades mecánicas, sus dimensiones y su fácil adquisición en el mercado. A continuación, se ve representado en la tabla 11 el proceso de fabricación de manera consecutiva según lo predispuesto en la etapa de diseño inicial y los planos del banco realizados en Solidworks que se encuentran en los anexos de este formato.

Tabla 13. Proceso detallado de fabricación y armado del banco.

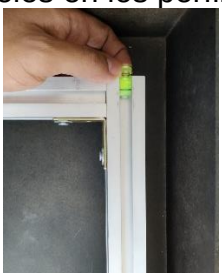
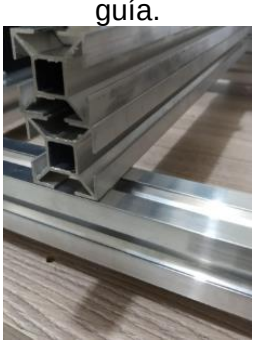
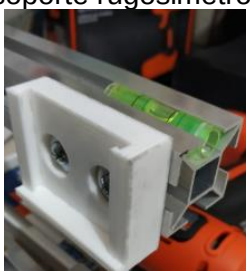
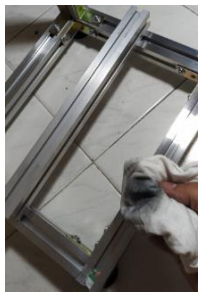
Figura 55. Corte perfiles aluminio estrella y U. Fuente: autores.	Figura 56. Armado de estructura con escuadras. Fuente: autores.	Figura 57. Acople de los soportes plásticos. Fuente: autores.
Figura 58. Encaje de los niveles en los perfiles.  Fuente: autores.	Figura 59. Taladrado del perfil U. Fuente: autores.	Figura 60. Ajuste la estructura base y el perfil U. Fuente: autores.
Figura 61. Taladrado del perfil estrella. Fuente: autores.	Figura 62. Ajuste de los rodamientos, tuerca y camisa Fuente: autores.	Figura 63. Ajuste perfil y camisa. Fuente: autores.

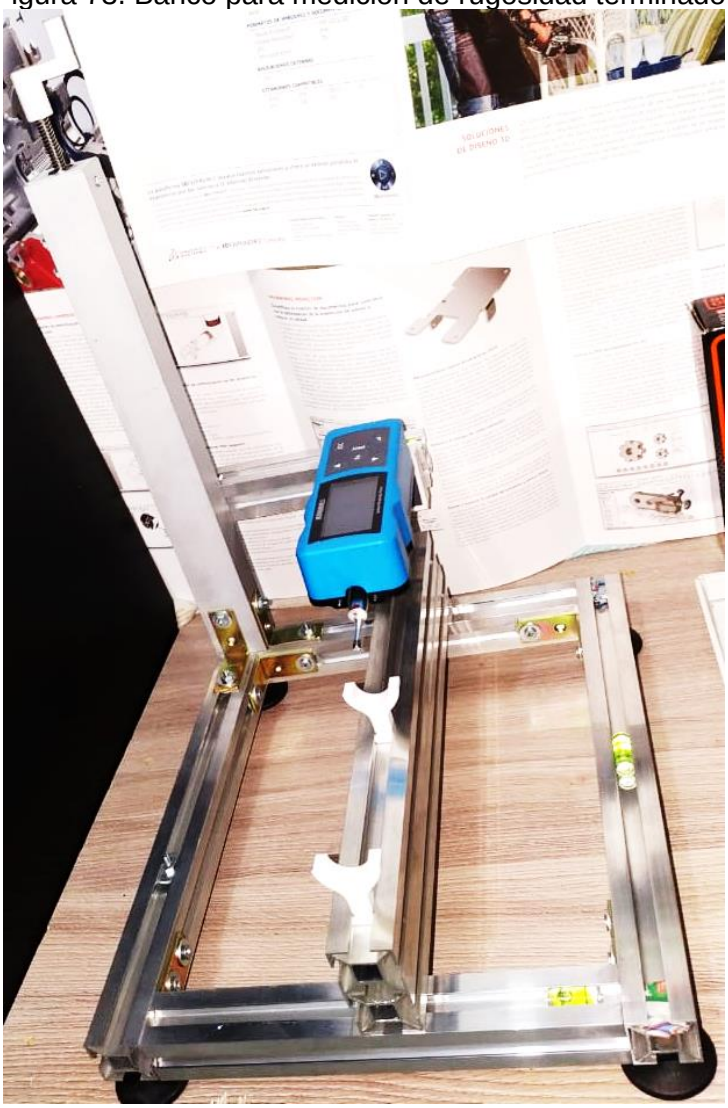
Figura 64. Acople mecanismo de elevación. Fuente: autores.	Figura 65. Acople perfil guía.  Fuente: autores.	Figura 66. Engrase del mecanismo de elevación. Fuente: autores.
Figura 67. Impresión 3d de piezas. Fuente: autores.	Figura 68. Ajuste de piezas 3d impresas. Fuente: autores.	Figura 69. Acople del soporte rugosimetro.  Fuente: autores.
Figura 70. Acople del rugosimetro. Fuente: autores.	Figura 71. Limpieza y pulido del banco.  Fuente: autores.	Figura 72. Embalaje del prototipo. Fuente: autores.

Fuente: autores.

3.3.1. Análisis de la fabricación y armado del banco.

El tiempo de construcción y el armado tomo alrededor de 30 días, teniendo en cuenta que algunos componentes son adquiridos y otros componentes son fabricados únicamente para este banco. Al terminar el armado se analiza la rigidez de la estructura y se comprueba el funcionamiento del mecanismo de elevación para que posteriormente se inicien la prueba de rugosidad con las probetas fabricadas con anterioridad. A continuación, en la figura 70 se presenta el banco completamente armado y funcional.

Figura 73. Banco para medición de rugosidad terminado.



Fuente: autores.

4. RESULTADOS

4.1. PRUEBAS DE MEDICION DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

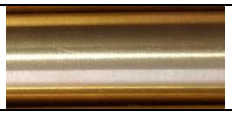
Una vez completada la etapa de diseño y fabricación del banco se procede a realizar 16 pruebas de rugosidad, con las cuales se establece el correcto funcionamiento del banco y el rugosimetro. Adicional a esto se anexa los datos de cada una de las pruebas en las tablas de la 12 a la 27, donde se identifican los parámetros de cada prueba realizada. En los anexos de este trabajo se encuentra el formato de registro de parámetros de prueba y el manual de uso del rugosimetro.

Tabla 14. Formato prueba 1.

FORMATO DE PRUEBAS RUGOSIMETRO								
Fecha	**Día:**	**15**	**Mes:**	**Marzo**	**Año:**	**2019**		
Prueba #		**1.1**						
Hora de inicio		**8:00 am**		**Hora fin**	**8:05 am**			
Duración		**5 minutos**						
Material		**Latón**						
Manufactura		**Extruido**						
Diámetro		**19**					**unidades**	**mm**
PARAMETROS MEDIDOS								
profundidad de rugosidad media (RZ)				**3.751** µm				
rugosidad media aritmética (RA)				**0.235** µm				
Observaciones								

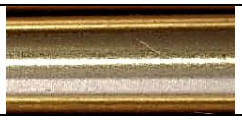
Fuente: autores.

Tabla 15. Formato prueba 2.

FORMATO DE PRUEBAS RUGOSIMETRO								
Fecha	**Día:**	**15**	**Mes:**	**Marzo**	**Año:**	**2019**		
Prueba #		**1.2**						
Hora de inicio		**8:05 am**		**Hora fin**	**8:010 am**			
Duración		**5 minutos**						
Material		**Latón**						
Manufactura		**Torneado – cilindrado**						
Diámetro		**19**					**unidades**	**mm**
PARAMETROS MEDIDOS								
profundidad de rugosidad media (RZ)				**6.687** µm				
rugosidad media aritmética (RA)				**1.068** µm				
Observaciones								

Fuente: autores.

Tabla 16. Formato prueba 3.

FORMATO DE PRUEBAS RUGOSIMETRO								
Fecha	**Día:**	**15**	**Mes:**	**Marzo**	**Año:**	**2019**		
Prueba #		**1.3**						
Hora de inicio		**8:10 am**		**Hora fin**	**8:15 am**			
Duración		**5 minutos**						
Material		**Latón**						
Manufactura		**Torneado – cilindrado**						
Diámetro		**19**					**unidades**	**mm**
PARAMETROS MEDIDOS								
profundidad de rugosidad media (RZ)				**10.555** µm				
rugosidad media aritmética (RA)				**2.014** µm				
Observaciones								

Fuente: autores.

Tabla 17. Formato prueba 4.

FORMATO DE PRUEBAS RUGOSIMETRO								
Fecha	**Día:**	**15**	**Mes:**	**Marzo**	**Año:**	**2019**		
Prueba #		**1.4**						
Hora de inicio		**8:15 am**		**Hora fin**	**8:20 am**			
Duración		**5 minutos**						
Material		**Latón**						
Manufactura		**Torneado – cilindrado**						
Diámetro		**19**					**unidades**	**mm**
PARAMETROS MEDIDOS								
Observaciones		La rugosidad supera el rango máximo del rugosimetro.						

Fuente: autores.

Tabla 18. Formato prueba 5.

FORMATO DE PRUEBAS RUGOSIMETRO								
Fecha	**Día:**	**15**	**Mes:**	**Marzo**	**Año:**	**2019**		
Prueba #		**2.1**						
Hora de inicio		**8:30 am**		**Hora fin**	**8:35 am**			
Duración		**5 minutos**						
Material		**Aluminio**						
Manufactura		**Extruido**						
Diámetro		**19**					**unidades**	**mm**
PARAMETROS MEDIDOS								
profundidad de rugosidad media (RZ)				**5.219** µm				
rugosidad media aritmética (RA)				**1.577** µm				
Observaciones								

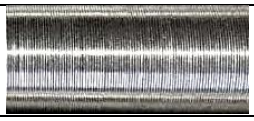
Fuente: autores.

Tabla 19. Formato prueba 6.

FORMATO DE PRUEBAS RUGOSIMETRO							
Fecha	**Día:**	**15**	**Mes:**	**Marzo**	**Año:**	**2019**	
Prueba #		**2.2**					
Hora de inicio		**8:35 am**		**Hora fin**	**8:40 am**		
Duración		**5 minutos**					
Material		**Aluminio**					
Manufactura		**Torneado – cilindrado**					
Diámetro		**19**				**unidades**	
PARAMETROS MEDIDOS							
profundidad de rugosidad media (RZ)				**21.235** µm			
rugosidad media aritmética (RA)				**5.821** µm			
Observaciones							

Fuente: autores.

Tabla 20. Formato prueba 7.

FORMATO DE PRUEBAS RUGOSIMETRO								
Fecha	**Día:**	**15**	**Mes:**	**Marzo**	**Año:**	**2019**		
Prueba #		**2.3**						
Hora de inicio		**8:40 am**		**Hora fin**	**8:45 am**			
Duración		**5 minutos**						
Material		**Aluminio**						
Manufactura		**Torneado – cilindrado**						
Diámetro		**19**				**unidades**	**mm**	
PARAMETROS MEDIDOS								
profundidad de rugosidad media (RZ)				**50.696** µm				
rugosidad media aritmética (RA)				**13.533** µm				
Observaciones								

Fuente: autores.

Tabla 21. Formato prueba 8.

FORMATO DE PRUEBAS RUGOSIMETRO								
Fecha	**Día:**	**15**	**Mes:**	**Marzo**	**Año:**	**2019**		
Prueba #		**2.4**						
Hora de inicio		**8:45 am**		**Hora fin**	**8:50 am**			
Duración		**5 minutos**						
Material		**Aluminio**						
Manufactura		**Torneado – cilindrado**						
Diámetro		**19**				**unidades**	**mm**	
Observaciones	La rugosidad supera el rango máximo del rugosimetro.							

Fuente: autores.

Tabla 22. Formato prueba 9.

FORMATO DE PRUEBAS RUGOSIMETRO								
Fecha	**Día:**	**15**	**Mes:**	**Marzo**	**Año:**	**2019**		
Prueba #		**3.1**						
Hora de inicio		**9:00 am**		**Hora fin**	**9:05 am**			
Duración		**5 minutos**						
Material		**Acero 1020**						
Manufactura		**Extruido**						
Diámetro		**19**					**unidades**	**mm**
PARAMETROS MEDIDOS								
profundidad de rugosidad media (RZ)					**5.662** µm			
rugosidad media aritmética (RA)					**0.468** µm			
Observaciones								

Fuente: autores.

Tabla 23. Formato prueba 10.

FORMATO DE PRUEBAS RUGOSIMETRO								
Fecha	**Día:**	**15**	**Mes:**	**Marzo**	**Año:**	**2019**		
Prueba #		**3.2**						
Hora de inicio		**9:05 am**		**Hora fin**	**9:10 am**			
Duración		**5 minutos**						
Material		**Acero 1020**						
Manufactura		**Torneado – cilindrado**						
Diámetro		**19**					**unidades**	**mm**
PARAMETROS MEDIDOS								
profundidad de rugosidad media (RZ)					**25.583** µm			
rugosidad media aritmética (RA)					**5.682** µm			
Observaciones								

Fuente: autores.

Tabla 24. Formato prueba 11.

FORMATO DE PRUEBAS RUGOSIMETRO								
Fecha	**Día:**	**15**	**Mes:**	**Marzo**	**Año:**	**2019**		
Prueba #		**3.3**						
Hora de inicio		**9:10 am**		**Hora fin**	**9:15 am**			
Duración		**5 minutos**						
Material		**Acero 1020**						
Manufactura		**Torneado – cilindrado**						
Diámetro		**19**					**unidades**	**mm**
PARAMETROS MEDIDOS								
profundidad de rugosidad media (RZ)					**43.431** µm			
rugosidad media aritmética (RA)					**11.520** µm			
Observaciones								

Fuente: autores.

Tabla 25. Formato prueba 12.

FORMATO DE PRUEBAS RUGOSIMETRO								
Fecha	**Día:**	**15**	**Mes:**	**Marzo**	**Año:**	**2019**		
Prueba #		**3.4**						
Hora de inicio		**9:15 am**		**Hora fin**	**9:20 am**			
Duración		**5 minutos**						
Material		**Acero 1020**						
Manufactura		**Torneado – cilindrado**						
Diámetro		**19**					**unidades**	**mm**
Observaciones		La rugosidad supera el rango máximo del rugosimetro.						

Fuente: autores.

Tabla 26. Formato prueba 13.

FORMATO DE PRUEBAS RUGOSIMETRO								
Fecha	**Día:**	**15**	**Mes:**	**Marzo**	**Año:**	**2019**		
Prueba #		**4.1**						
Hora de inicio		**9:30 am**		**Hora fin**	**9:35 am**			
Duración		**5 minutos**						
Material		**Acero 1045**						
Manufactura		**Extruido**						
Diámetro		**19**					**unidades**	**mm**
PARAMETROS MEDIDOS								
profundidad de rugosidad media (RZ)					**7.969** µm			
rugosidad media aritmética (RA)					**1.470** µm			
Observaciones								

Fuente: autores.

Tabla 27. Formato prueba 14.

FORMATO DE PRUEBAS RUGOSIMETRO								
Fecha	**Día:**	**15**	**Mes:**	**Marzo**	**Año:**	**2019**		
Prueba #		**4.2**						
Hora de inicio		**9:35 am**		**Hora fin**	**9:40 am**			
Duración		**5 minutos**						
Material		**Acero 1045**						
Manufactura		**Torneado – cilindrado**						
Diámetro		**19**					**unidades**	**mm**
PARAMETROS MEDIDOS								
profundidad de rugosidad media (RZ)					**24.605** µm			
rugosidad media aritmética (RA)					**5.443** µm			
Observaciones								

Fuente: autores.

Tabla 28. Formato prueba 15.

FORMATO DE PRUEBAS RUGOSIMETRO								
Fecha	**Día:**	**15**	**Mes:**	**Marzo**	**Año:**	**2019**		
Prueba #		**4.3**						
Hora de inicio		**9:40 am**		**Hora fin**	**9:45 am**			
Duración		**5 minutos**						
Material		**Acero 1045**						
Manufactura		**Torneado – cilindrado**						
Diámetro		**19**					**unidades**	**mm**
PARAMETROS MEDIDOS								
profundidad de rugosidad media (RZ)					**31.571** µm			
rugosidad media aritmética (RA)					**7.596** µm			
Observaciones								

Fuente: autores.

Tabla 29. Formato prueba 16.

FORMATO DE PRUEBAS RUGOSIMETRO								
Fecha	**Día:**	**15**	**Mes:**	**Marzo**	**Año:**	**2019**		
Prueba #		**4.4**						
Hora de inicio		**9:45 am**		**Hora fin**	**9:50 am**			
Duración		**5 minutos**						
Material		**Acero 1045**						
Manufactura		**Torneado – cilindrado**						
Diámetro		**19**					**unidades**	**mm**
Observaciones		La rugosidad supera el rango máximo del rugosimetro.						

Fuente: autores.

4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

Para el análisis de los resultaos se tiene en cuenta el proceso de fabricación de cada una de las probetas para poder contrastar la información con la tabla 29 y la tabla 30 de rugosidades promedio de materiales según su método de manufactura establecidas por la norma ISO 1302 de 2002.

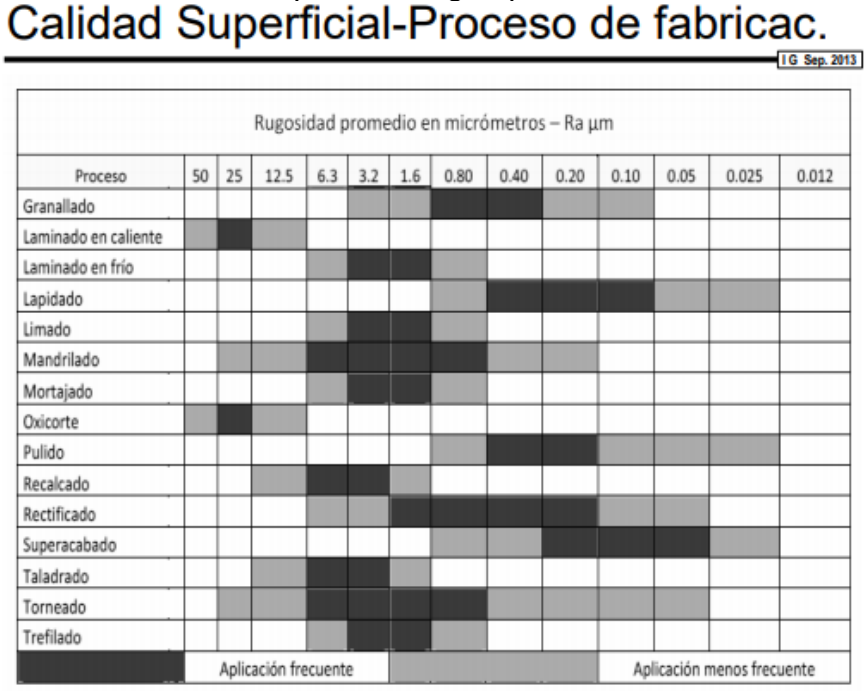
Inicialmente se realiza el ordenamiento de la información recolectada de las pruebas mediante la tabla 28 donde se especifica cada material, proceso de manufactura, Ra, y Rz. Una vez realizado el reconocimiento de los datos se procede a realizar la comparación de la tabla 28 vs tabla 29 y tabla 28 vs tabla 30, para verificar que los valores medidos están en los rangos establecidos por la norma ISO 1302 2002.

Tabla 30. Recopilación de los datos de todas las pruebas.

TABLA DE DATOS				
PRUEBA	MATERIAL	MANUFACTURA	Ra(µm)	Rz(µm)
1.1	Latón	Extruido	0.235	3.751
1.2	Latón	Torneado – cilindrado	1.068	6.687
1.3	Latón	Torneado – cilindrado	2.014	10.555
1.4	Latón	Torneado – cilindrado	-	-
2.1	Aluminio	Extruido	1.577	5.219
2.2	Aluminio	Torneado – cilindrado	5.821	21.235
2.3	Aluminio	Torneado – cilindrado	13.533	50.696
2.4	Aluminio	Torneado – cilindrado	-	-
3.1	Acero 1020	Extruido	0.468	5.662
3.2	Acero 1020	Torneado – cilindrado	5.682	25.583
3.3	Acero 1020	Torneado – cilindrado	11.520	43.431
3.4	Acero 1020	Torneado – cilindrado	-	-
4.1	Acero 1045	Extruido	1.470	7.969
4.2	Acero 1045	Torneado – cilindrado	5.443	24.605
4.3	Acero 1045	Torneado – cilindrado	7.596	31.571
4.4	Acero 1045	Torneado – cilindrado	-	-

Fuente: autores.

Tabla 31. Calidad superficial según proceso de fabricación 1.



Fuente: (Calidad Superficial ISO 1302, 2002), p17.

Tabla 32. Calidad superficial según proceso de fabricación 2.

Calidad Superficial-Proceso de fabricac.

IG Sep. 2013

MÉTODOS DE FABRICACIÓN Y RUGOSIDAD DE SUPERFICIES						
Métodos de producción por arranque de viruta		Rugosidad Rz (µm.)				
		Condiciones de fabricación				
Denominación	Tipo	Especiales	Usuales	Desbaste	Especiales	Usuales
Cepillado	Cepillar	1.0÷6.3	6.3÷100	100÷250	---	---
	Mortajar	2.5÷10	10÷40	40÷250	---	---
	Brochar	0.63÷2.5	2.5÷10	10÷25	25÷10	---
Torneado	Cilindrar	1.0÷4.0	4.0÷63	63÷250	63÷10	---
	Refrentar	2.5÷10	10÷63	63÷250	---	---
	Ranurar	4.0÷10	10÷40	40÷100	---	---
Fresado	Lateral	1.6÷10	10÷40	40÷160	---	---
	Frontal	1.6÷10	10÷40	40÷160	25÷10	---
Taladrado	Taladrar	16÷40	40÷160	160÷250	---	---
	Avellanar	6.3÷10	10÷25	25÷40	---	---
	Escariar	0.4÷4.0	4.0÷10	10÷25	25÷16	16÷10
Rectificado cilíndrico	Longitudinal	0.1÷1.6	1.6÷4.0	4.0÷25	80÷16	16÷10
	Transversal	---	1.6÷10	---	63÷16	16÷10
	Frontal	0.63÷1.6	1.6÷4.0	4.0÷10	63÷16	16÷10
Rectificado plano	Lateral	1.0÷2.5	2.5÷6.3	6.3÷25	40÷16	16÷10
	Frontal	1.0÷2.5	2.5÷6.3	6.3÷25	40÷16	16÷10
Pulido	Papel abrasivo	0.06÷0.4	0.4÷1.0	1.0÷2.5	80÷25	25÷10
	Chorro abrasivo	10÷16	16÷63	63÷400	---	---
	Tambor	---	0.25÷1.0	---	---	---
Lapeado	Redondo	0.04÷0.16	0.16÷1.6	1.6÷10	80÷40	40÷10
	Plano	0.04÷0.25	0.25÷1.6	1.6÷10	80÷40	40÷10
	Interior	---	---	---	80÷40	40÷10
	Planetario	---	0.16÷2.5	---	---	---
Bruñido	Bruñir	---	0.04÷0.25	0.25÷0.40	90÷63	63÷25

Fuente: (Calidad Superficial ISO 1302, 2002), p18.

4.2.1. ANÁLISIS DE LAS TABLAS.

4.2.1.1 TABLA 28 VS TABLA 29.

El análisis de estas dos tablas consta en comparar los valores de Ra establecidos en las pruebas según el proceso de fabricación de las probetas y determinar si se encuentra dentro del rango que establece la norma ISO 1302 de 2002.

- Para el proceso de torneado el rango establecido por la norma ISO 1302 de 2002 es de 0.05 µm – 25 µm para Ra.
- Los valores de Ra obtenidos de las pruebas realizas tiene un rango de 1.068 µm – 13.533 µm.
- De lo anterior se confluye que las pruebas realizas a las probetas fabricadas por procesos de torneado se encuentran dentro del rango establecido por la norma ISO 1302 de 2002.
- Para las pruebas 1.4, 2.4, 3.4 y 4.4 no es posible establecer el valor Ra del material ya que su rugosidad superficial es superior al valor máximo que mide el rugosimetro el cual es 160 µm. en consecuencia, con esto se asume que la rugosidad del material es superior a 160 µm y para la medición de esta es necesario con equipo con mayor rango.

- Para las pruebas 1.1, 2.1, 3.1 y 4.1 son realizas a probetas fabricadas por proceso de extrusión, con lo que es necesario comparar el rango de estos valores con los valores establecidos en la norma ISO 1302 de 2002. El rango de Ra para las pruebas realizas es de 0.235 µm – 1.577 µm. según lo establecido en la norma el rango para Ra en procesos de extrusión es de 0.8 – 12.5. de lo anterior se concluye que el valor 0.235 µm esta fuera de rango y esto se presenta porque el material de ensayo fue el aluminio; en el caso de las probetas de aluminio la rugosidad del aluminio extruido crudo está en un rango de 0.025 µm – 12.5 µm.

4.2.1.2 TABLA 28 VS TABLA 30.

El análisis de estas dos tablas consta en comparar los valores de Rz establecidos en las pruebas según el proceso de fabricación de las probetas y determinar si se encuentra dentro del rango que establece la norma ISO 1302 de 2002.

- Para el proceso de torneado el rango establecido por la norma ISO 1302 de 2002 es de 0.05 µm – 50 µm para Rz.
- Los valores de Ra obtenidos de las pruebas realizas tiene un rango de 6.687 µm – 50.696 para Rz.
- De lo anterior se confluye que las pruebas realizas a las probetas fabricadas por procesos de torneado se encuentran dentro del rango establecido por la norma ISO 1302 de 2002. A pesar de que el valor mayor está por encima del de la normal es aceptable ya que las probetas son fabricadas con diferentes pasos diametrales.
- Para las pruebas 1.4, 2.4, 3.4 y 4.4 no es posible establecer el valor de Rz del material ya que su rugosidad superficial es superior al valor máximo que mide el rugosimetro el cual es 160 µm. en consecuencia, con esto se asume que la rugosidad del material es superior a 160 µm y para la medición de esta es necesario con equipo con mayor rango.
- Las pruebas 1.1, 2.1, 3.1 y 4.1 son realizas a probetas fabricadas por proceso de extrusión, con lo que es necesario comparar el rango de estos valores con los valores establecidos en la norma ISO 1302 de 2002. El rango de Rz para las pruebas realizas es de 3.751 µm – 7.969 µm. según lo establecido en la norma el rango para Rz en procesos de extrusión es de 1 µm – 400 µm de lo anterior se concluye que los valores de las pruebas se encuentran dentro del rango establecido por la norma.

4.3. REPRESENTACIÓN GRAFICA DE TODAS LAS PRUEBAS.

Las gráficas de cada material son analizadas teniendo en cuenta el material, el valor de Ra, el valor de Rz, y el proceso de mecanizado que involucra la velocidad de desbaste y el avance.

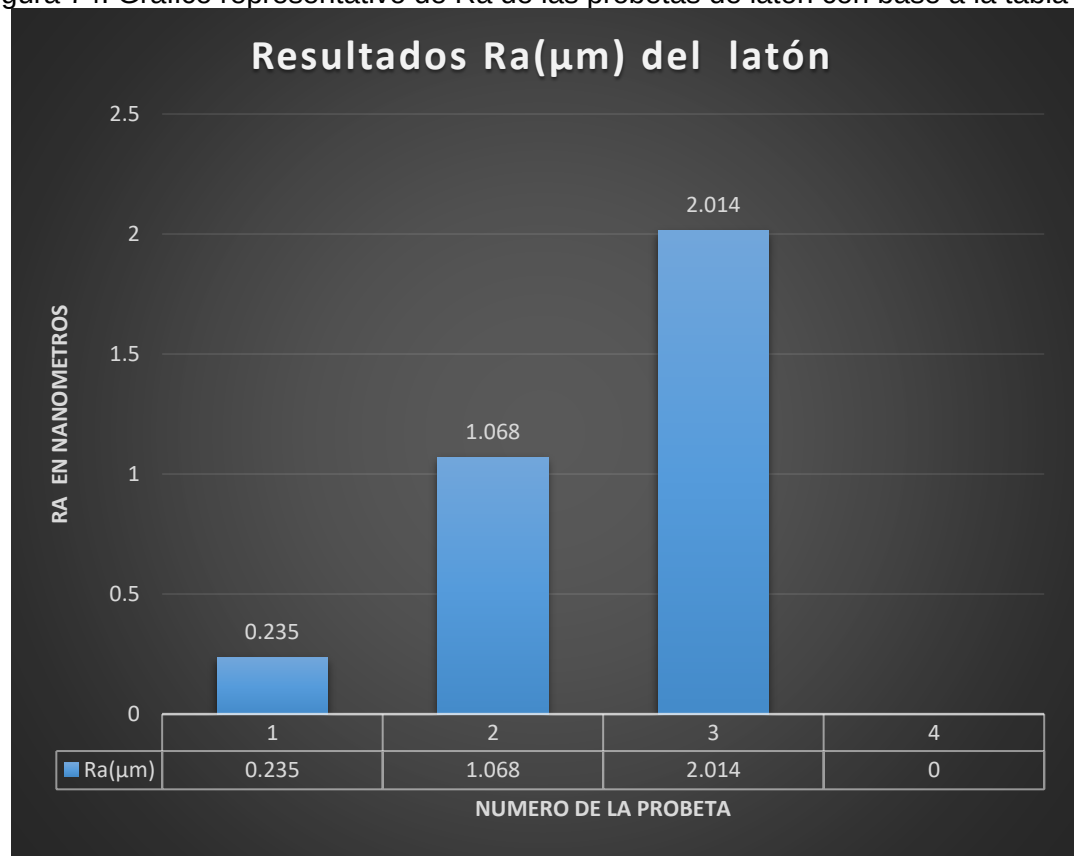
4.3.1. Análisis probetas de latón.

Tabla 33. Parámetros medidos a las probetas de latón.

LATÓN					
PROBETA	**Ra(µm)**	**Rz(µm)**	**VELOCIDAD(rpm)**	**AVANCE(mm/rev)**	**PROCESO**
1	0,235	3,751	-	-	Extruido
2	1,068	6,687	560	0.1	Torneado
3	2,014	10,555	355	0.4	Torneado
4	-	-	385	0.8	Torneado

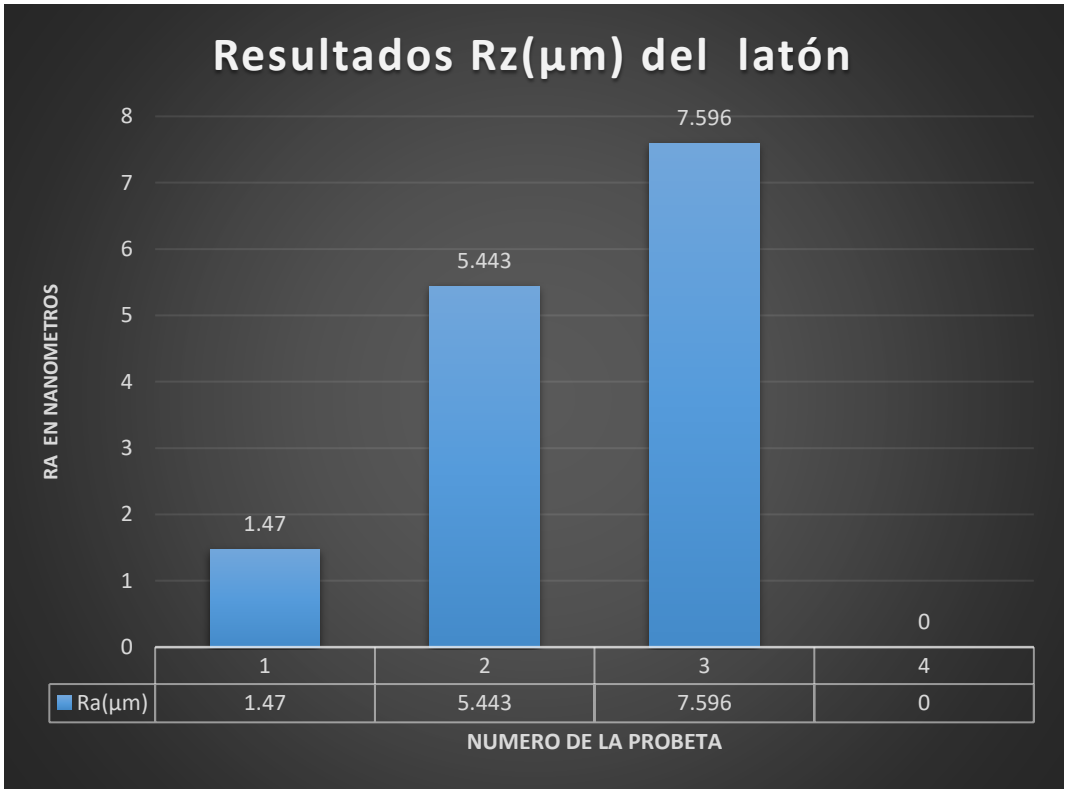
Fuente: Autores.

Figura 74. Grafico representativo de Ra de las probetas de latón con base a la tabla 33



Fuente: Autores.

Figura 75. Grafico representativo de Rz de las probetas de latón.



Fuente: Autores.

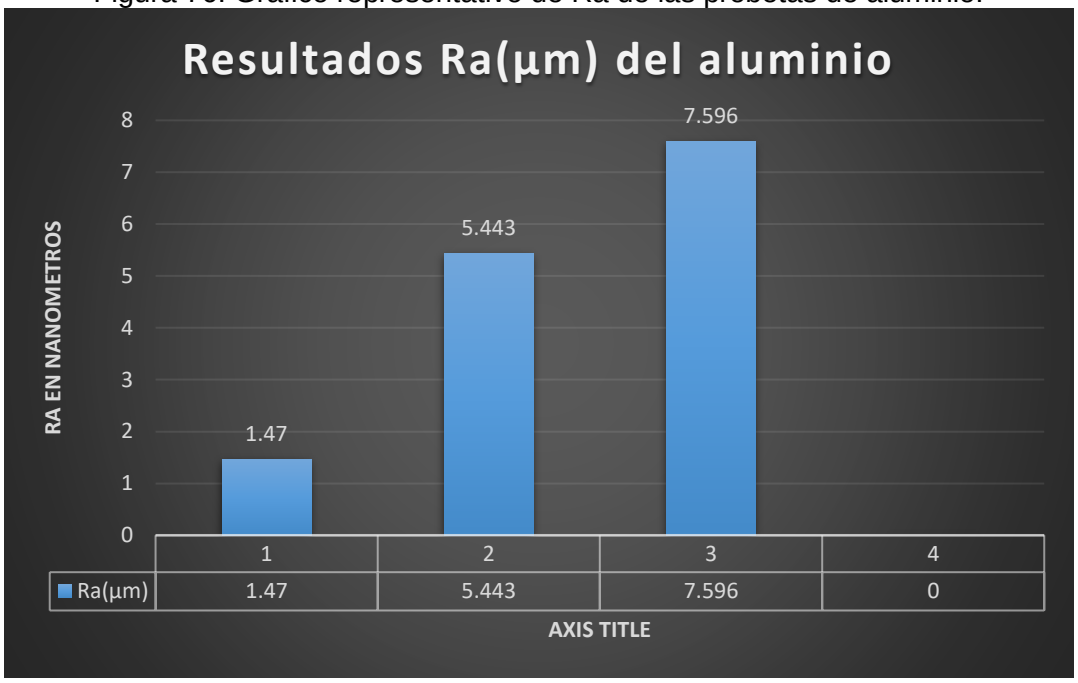
4.3.2. Análisis probetas de aluminio.

Tabla 34. Parámetros medidos a las probetas de aluminio.

ALUMINIO					
PROBETA	**Ra(µm)**	**Rz(µm)**	**VELOCIDAD(rpm)**	**AVANCE(mm/rev)**	**PROCESO**
1	1,577	5,219	-	-	Extruido
2	5,821	21,235	355	0.1	Torneado
3	13,533	50,696	355	0.4	Torneado
4	-	-	355	0.9	Torneado

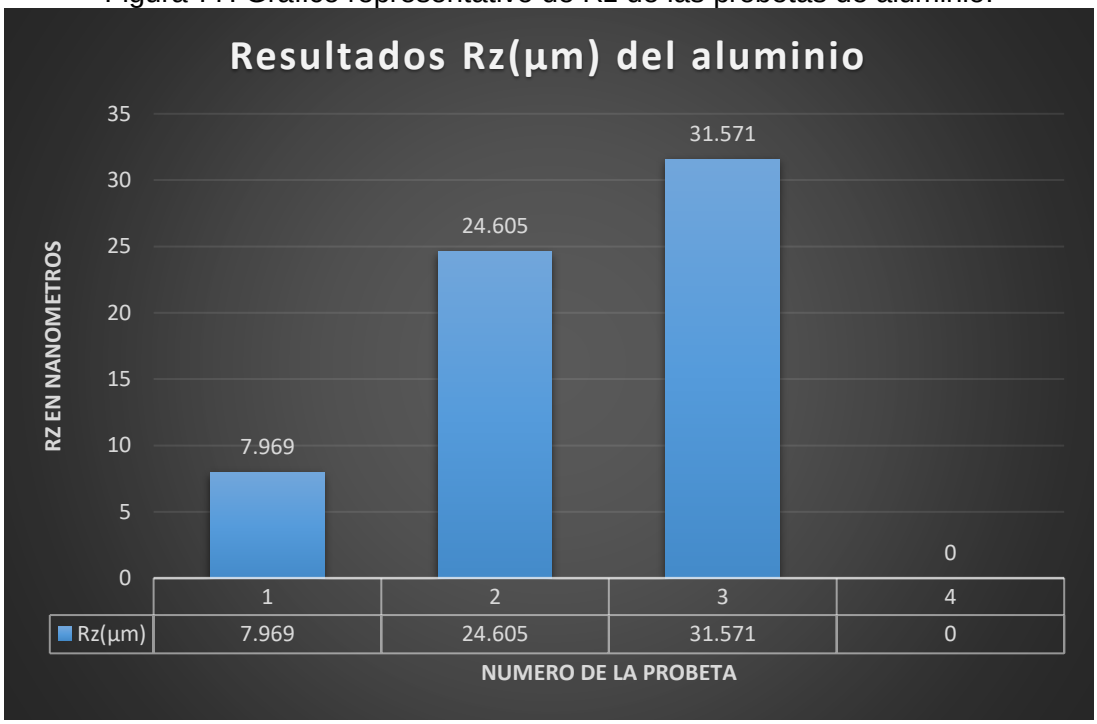
Fuente: Autores.

Figura 76. Grafico representativo de Ra de las probetas de aluminio.



Fuente: Autores.

Figura 77. Grafico representativo de Rz de las probetas de aluminio.



Fuente: Autores.

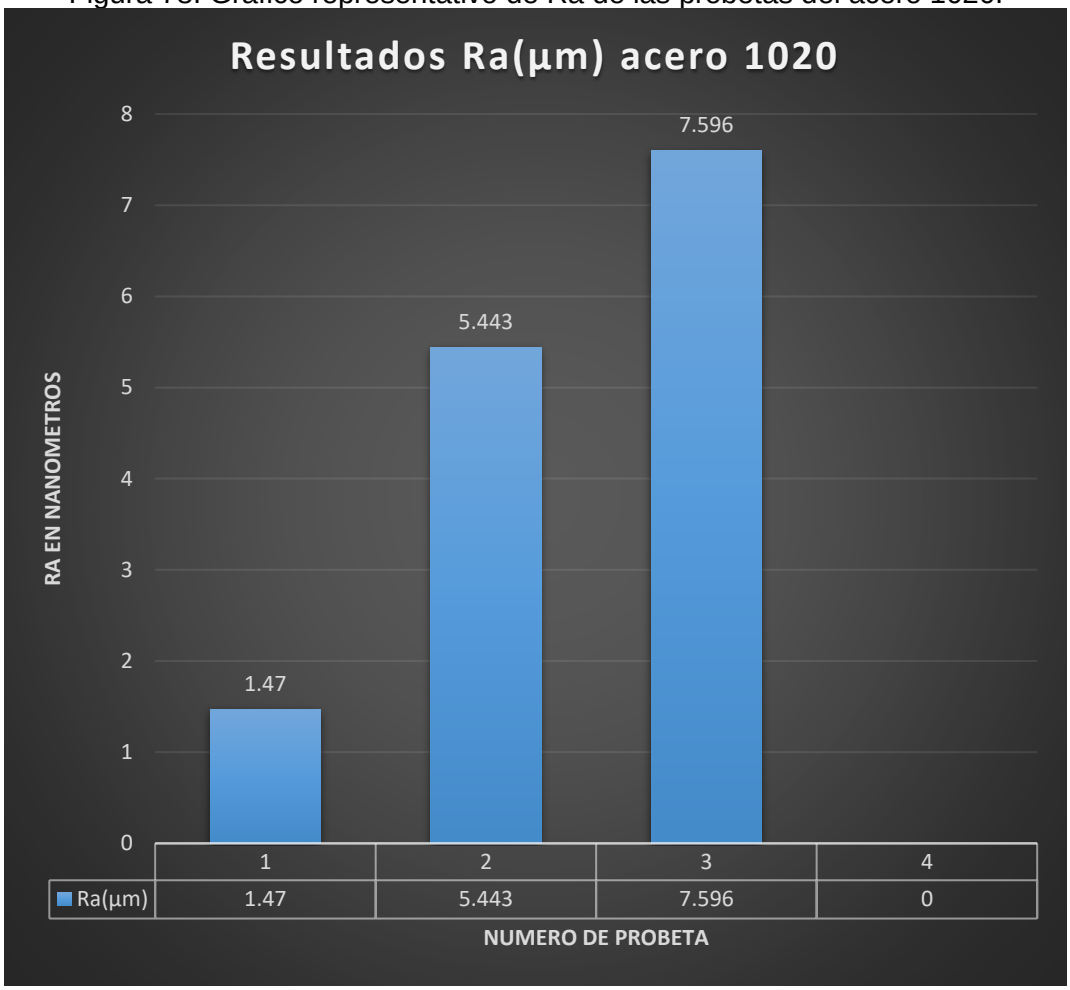
4.3.3. Análisis probetas de acero 1020

Tabla 35. Parámetros medidos a las probetas de acero 1020.

ACERO 1020					
PROBETA	**Ra(µm)**	**Rz(µm)**	**VELOCIDAD(rpm)**	**AVANCE(mm/rev)**	**PROCESO**
1	0,468	5,662	-	-	Extruido
2	5,682	25,583	560	0.3	Torneado
3	11,520	43,431	560	0.5	Torneado
4	-	-	180	1.2	Torneado

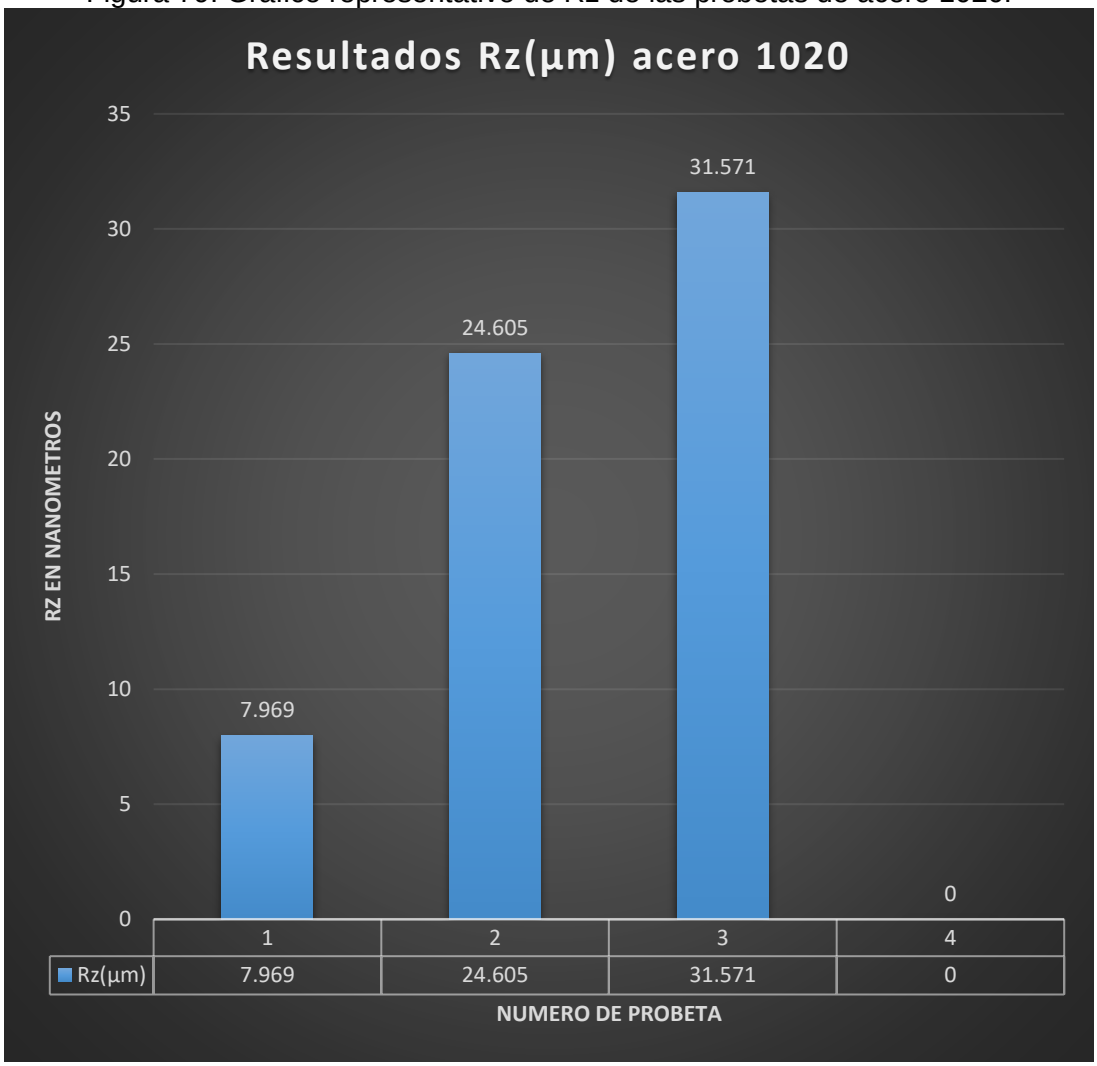
Fuente: Autores.

Figura 78. Grafico representativo de Ra de las probetas del acero 1020.



Fuente: Autores.

Figura 79. Grafico representativo de Rz de las probetas de acero 1020.



Fuente: Autores.

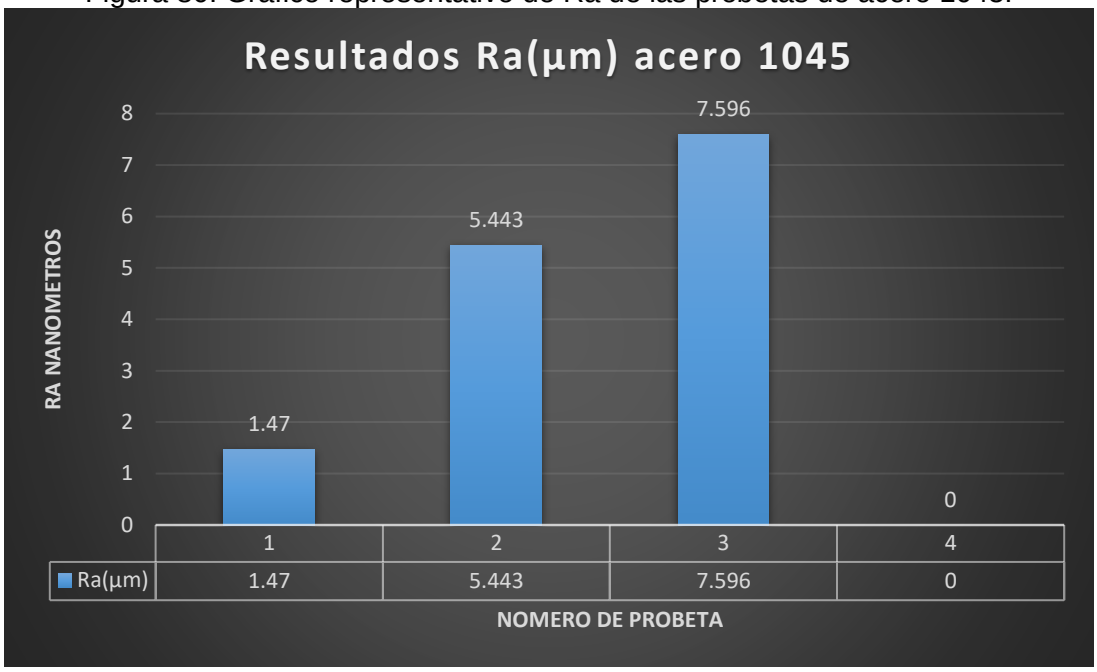
4.3.4. Análisis probetas de acero 1045

Tabla 36. Parámetros medidos a las probetas de acero 1045.

ACERO 1045					
PROBETA	**Ra(µm)**	**Rz(µm)**	**VELOCIDAD(rpm)**	**AVANCE(mm/rev)**	**PROCESO**
1	1,470	7,969	-	-	Extruido
2	5,443	24,605	90	0.25	Torneado
3	7,596	31,571	140	0.9	Torneado
4	-	-	180	1	Torneado

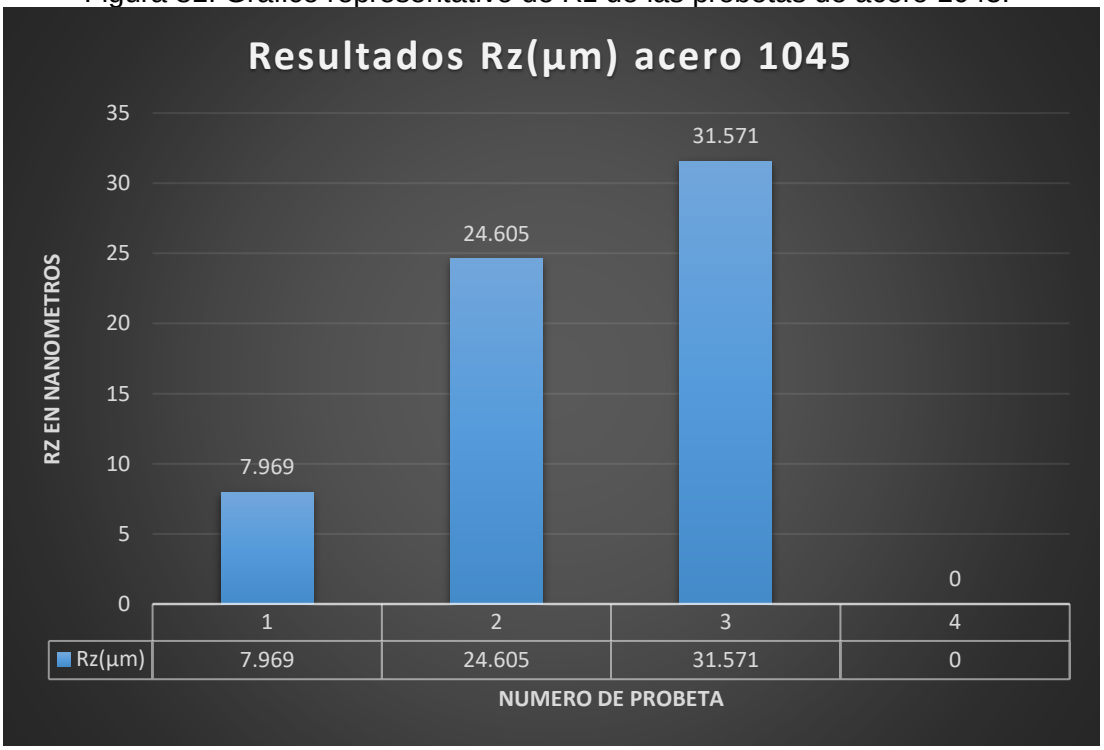
Fuente: Autores.

Figura 80. Grafico representativo de Ra de las probetas de acero 1045.



Fuente: Autores.

Figura 81. Grafico representativo de Rz de las probetas de acero 1045.



Fuente: Autores.

5. CONCLUSIONES

Se concluye que para realizar pruebas de medición de rugosidad con el dispositivo JRS210 es indispensable que las probetas que se fabriquen sean por procesos de fresado, lijado torneado con un paso diametral bajo o extruido. Como no se encuentra normativa para la fabricación de probetas para medición de rugosidad, de contemplarse lo anterior menciona específicamente para el banco que se entrega con este proyecto.

Los resultados obtenidos de las pruebas indican un avance significativo para el estudio superficial de materiales, ya que se logró diseñar y construir un banco de pruebas que se entre dentro del marco de la norma ISO 1302 de 2002. Aunque 4 de las pruebas estaban fuera de rango, esto genero el precedente para los practicantes en relación a las probetas que deben de fabricarse para realizar las medidas de Ra y Rz.

Se logró el diseño y construcción del banco para la lectura de rugidas superficial de material en el marco de la norma ISO 1302 de 2002.; también se logró la implementación de un manual de uso del banco y un formato basado en la norma ISO 1302 de 2002 para la acotación de rugosidad de materiales en la prueba de laboratorio.

Para el diseño de este banco no se consideró el estudio estático de los componentes ya que la estructura no estará sometida a grandes esfuerzos, así que se optó construir la estructura con aluminio perfil estrella como referencia usada para impresoras 3D y CNC.

El dispositivo electrónico de medición JSR200 tiene un rango de medición de 0 – 160 µm. con este dispositivo se pueden medir varios parámetros, por consiguiente, para las pruebas de funcionamiento del banco se contemplaron dos parámetros los cuales son Ra y Rz. El dispositivo en sus especificaciones técnicas indica un porcentaje de incertidumbre esta entre el 7% y el 10%. Sin embargo, el dispositivo es calibrado cada 4 pruebas, con lo cual se minimiza el porcentaje de incertidumbre en las lecturas.

6. RECOMENDACIONES

Es recomendable para realizar las prácticas que se contemple el uso de probetas con acabados superficiales menores a 160 micrómetros, por lo que el dispositivo de medición tiene un rango de 0.01 – 160 micrómetros. Por ende, las probetas deben ser fabricadas por procesos de extrusión, fresado, lijado, torneado con pasos diametrales bajos, entre otros.

Al inicio de cada práctica de laboratorio el estudiante debe leer y comprender el formato de la práctica y el manual de uso del banco, ya que el dispositivo para funcionar depende de pocos factores, pero ninguno puede ser prescindible.
Cada vez que inicie una práctica con este banco de calibrase el dispositivo mediante comandos y usado los patrones que entrega el fabricante. De esta forma es posible disminuir el porcentaje de incertidumbre en las lecturas hechas por el dispositivo.

Se recomienda cargar el dispositivo media hora antes de iniciar las pruebas ya que el dispositivo cuenta con batería recargable.

Para la recolección de los datos completos se recomienda el uso de software DataView. Con este software se puede visualizar las gráficas del recorrido de medición y cada uno de los parámetros leídos por el dispositivo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSI/ASME B46.1. (1985). An American National Standard . New York: United Engineering Center. Obtenido de https://es.scribd.com/document/260523745/ANSI-ASME-B46-1-1985-pdf

Calidad Superficial ISO 1302. (2002). Norma. Obtenido de http://www.edu.xunta.gal/centros/cfrcoruna/aulavirtual2/file.php/186/Calidad_Superficial.pdf

Ceballos, W. F., Gómez, A. L., & Coronado, J. J. (2008). SINERGIA ENTRE ALTA RUGOSIDAD SUPERFICIAL Y AMBIENTE CORROSIVO EN EL COMPORTAMIENTO A LA FATIGA DEL ACERO SAE 1045. *DYNA, 75*(154), 91-100.

Correa, M., Ramirez, M., Alique, J., & Rodríguez , C. (2004). *Factores que afectan el acabado superficial en el proceso de mecanizado: Tecnicas de analisis y moldeos.* Instituto de Automática Industrial, Madrid-España. Obtenido de http://intranet.ceautomatica.es/old/actividades/jornadas/XXV/documentos/75-arlencicor.pdf

Flores, J. Y. (2017). Revolución tecnológica: impresión en 3D. *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo Leon*.

GONE INSTRUMENS. (2018). *aliexpress.com*. Obtenido de https://es.aliexpress.com/store/product/JSR210-Bluetooth-roughness-tester-portable-surface-roughness-gauge-Ra-Rz/4432128_32919227292.html?spm=a219c.search0204.3.1.51821778h8UvmN&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_10_10065_10068_10547_319_10059_10884_

Gonzáles Gonzáles , C., & Vásquez J., Z. (1995). *Metrología Superficial Rugosidad.* Mexico: McGRAW-HILL.

Grupo Tecnología Mecanica. (2017). *Procesos de Fabriacion.* GTM. Obtenido de http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/TecFab/10.pdf

Gutierrez Avila, Y. R. (2014). *Estudio de rugosidad en maquinado por el proceso de torneado en Climet Ltda basado en las normas ISO de rugosida.* Universidad Autonoma del Caribe, Barranquilla. Obtenido de http://repositorio.uac.edu.co/handle/1/781

Inven Technology Experts. (2017). *Inven Technology Experts*. Obtenido de https://inven.es/kit-impresoras-3d/397-inven-3d-kit-impresora-3d-prusa-p3-steel-all-metal-completa.html

Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, Igeniería y Tecnología* (Vol. Quinta Edición). Mexico: PEARSON EDUCACIÓN. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=gilYI9_KKAoC&oi=fnd&pg=PR19&dq=Manufactura,+ingenier%C3%ADa+y+tecnolog%C3%ADa&ots=mp8MBVptNB&sig=AI2WOIzghL6I3_fDbTfxCYh2Xec#v=onepage&q=Manufactura%2C%20ingenier%C3%ADa%20y%20tecnolog%C3%ADa&f=false

Lescano Vigo, F. (2016). *Influencia de los parámetros de torneado sobre la microdureza superficial, rugosidad y fatiga por flexión rotativa del acero aisi/astm 4340.*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO, Trujillo-Peru. Obtenido de http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2632

López Guerrero, E., Cavazos Flores, R., & Delgado Acosta, M. (2003). *Caracterización de superficies maquinadas por medio de parámetros de rugosidad.* México: Sistemas Integrados de Manufactura, División de Ingeniería Mecánica. Obtenido de http://eprints.uanl.mx/10100/1/Caracterizacion%20de%20super.pdf

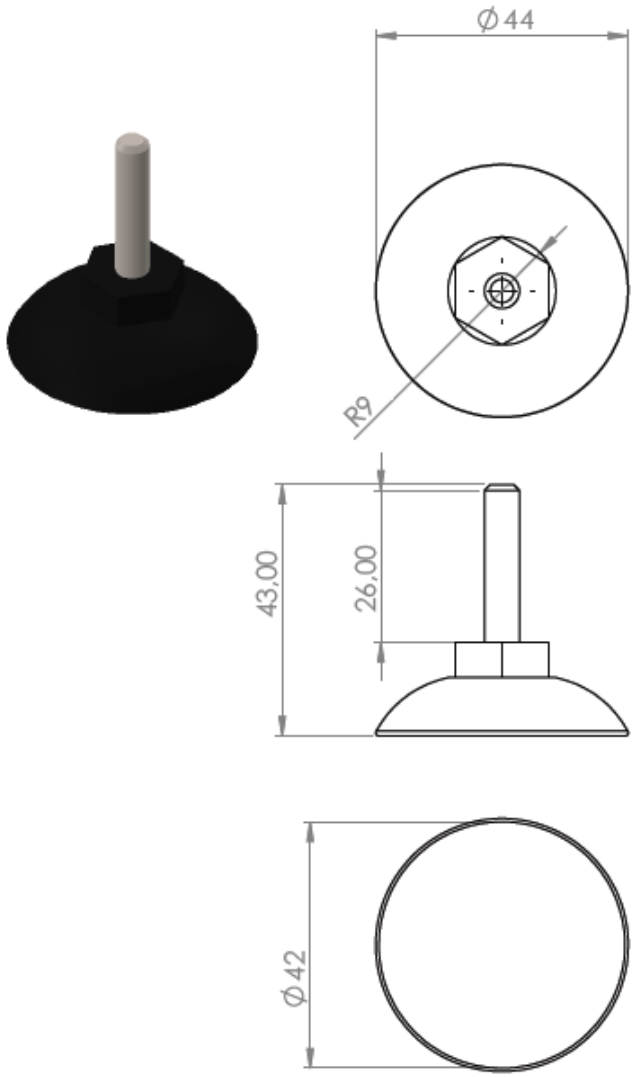
Rodríguez Tirado, A. J., & Huerta Rúelas, J. A. (2009). *Inspección del acabado superficial para procesos de rectificado y fresado mediante un esparcímetro de luz láser.* tesis, Instituto Politécnico Nacional, Santiago de Querétaro. Obtenido de https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5644/INSPECCIONACABADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Savage, N. (2017). La promesa de la bioimpresión en 3D. *Investigación y Ciencia*.

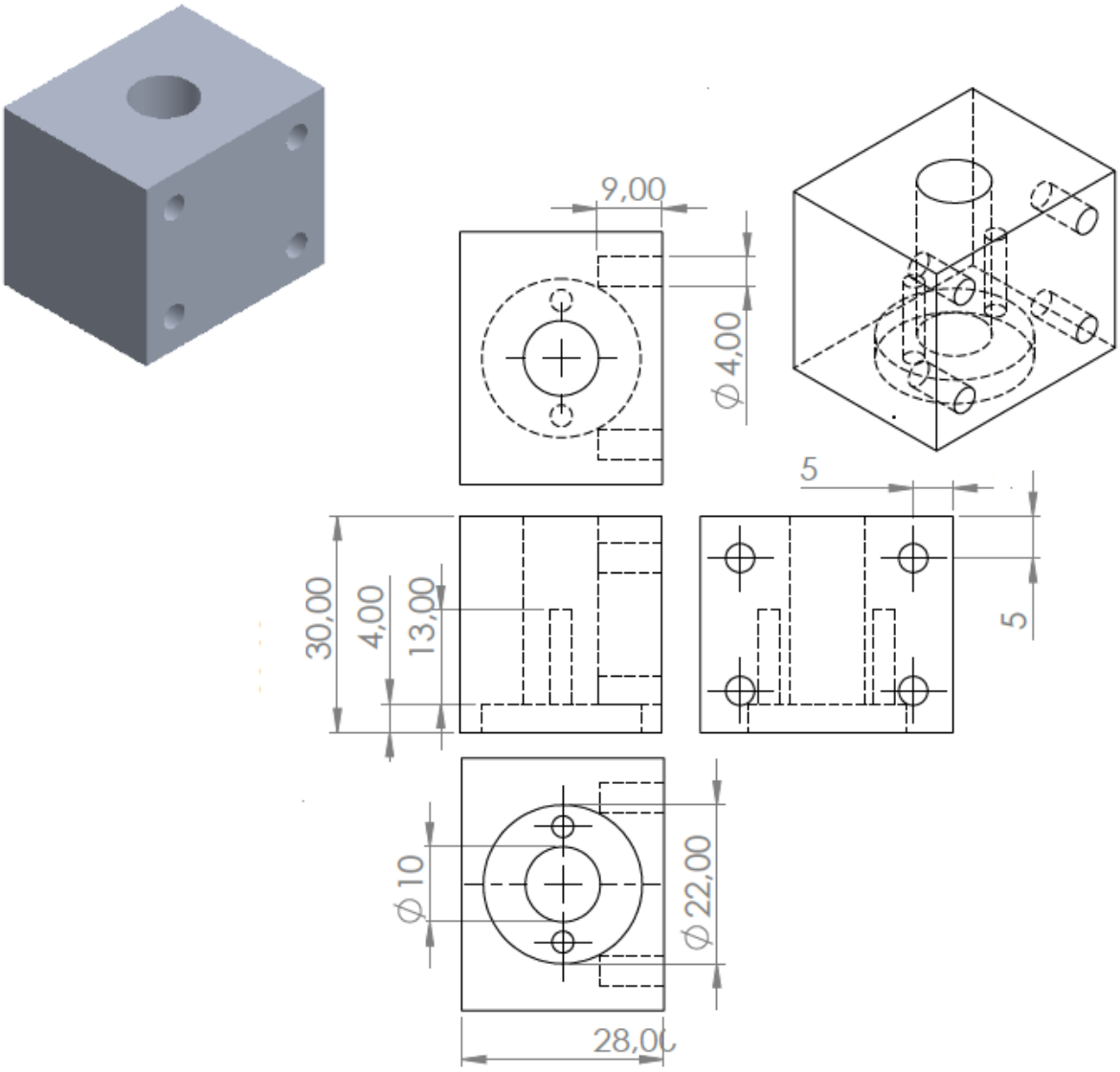
Vistrinica S.A.S. (2018). *Vistronica*. Obtenido de https://www.vistronica.com/impresora-3d-y-cnc/perfiles-de-aluminio/perfil-de-aluminio-estrella-para-sistema-35x35-mm-1-metro-detail.html#idTab1

8. ANEXOS

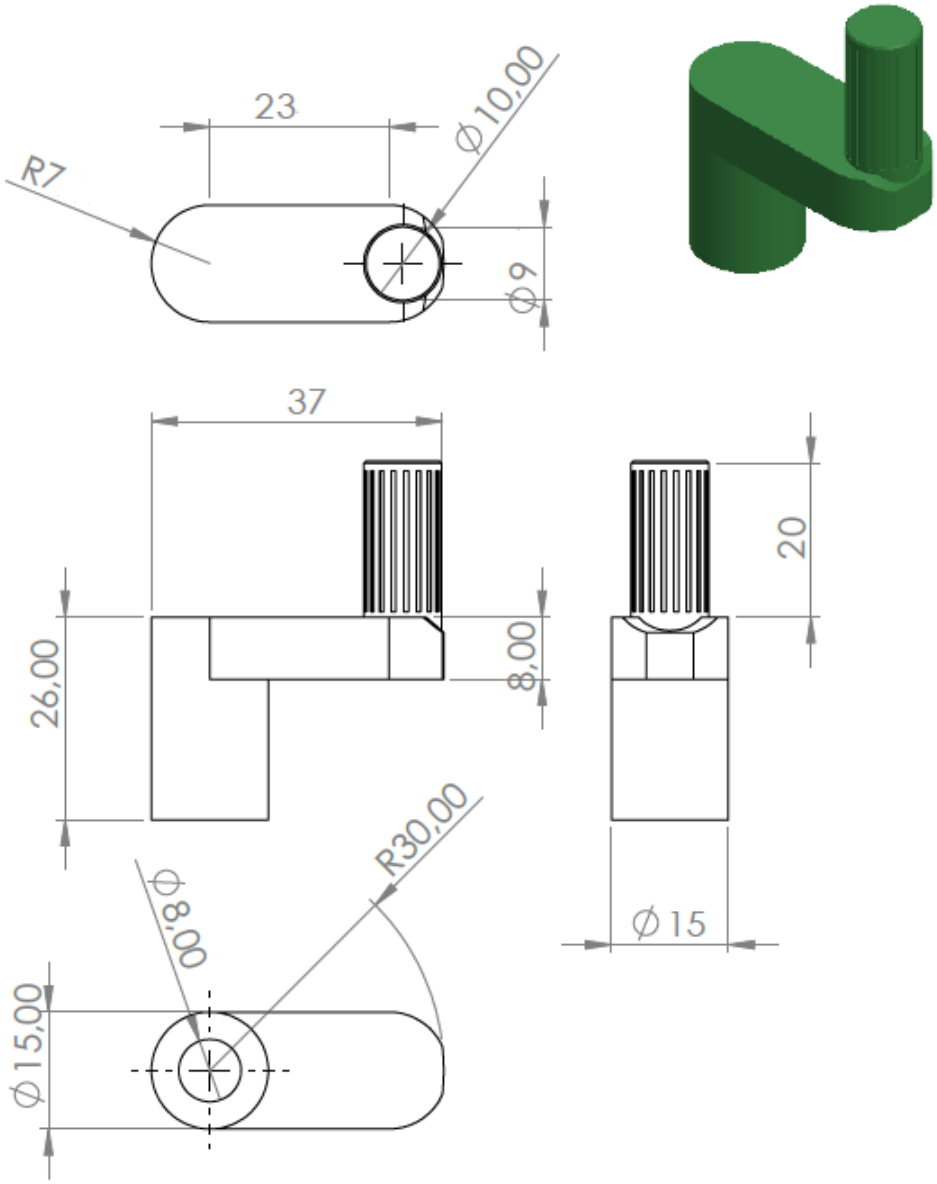
8.1. PLANOS DE LOS COMPONENTES QUE CONFORMAN EL BANCO DE LABORATORIO.



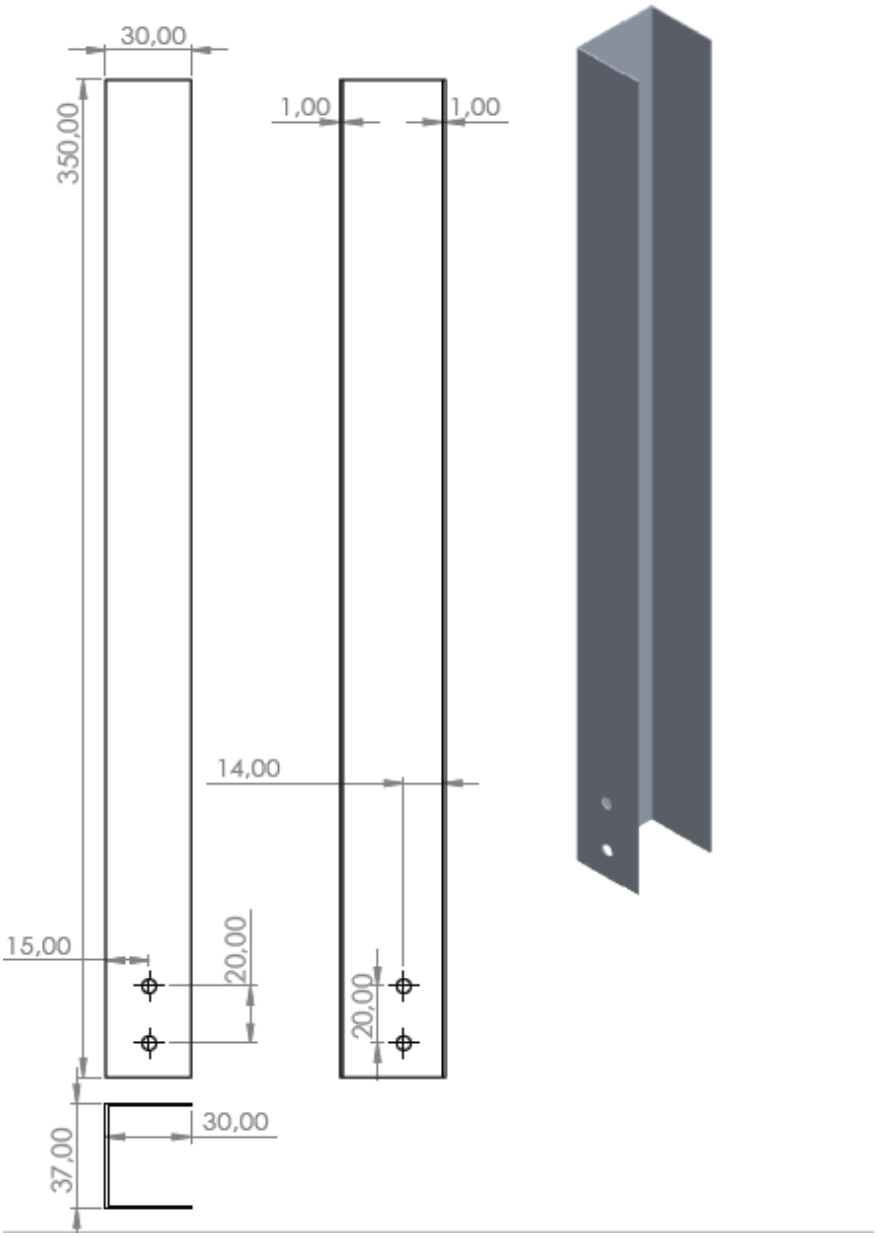
Escala 1:2	NOMBRE	FECHA
DIBUJO	Julián Ricardo Hernández Laverde	Marzo de 2019
	Pier Paolo Salazar Acosta.	Soporte de rosca.
MATERIAL	PLA	
UNIDADES	mm	



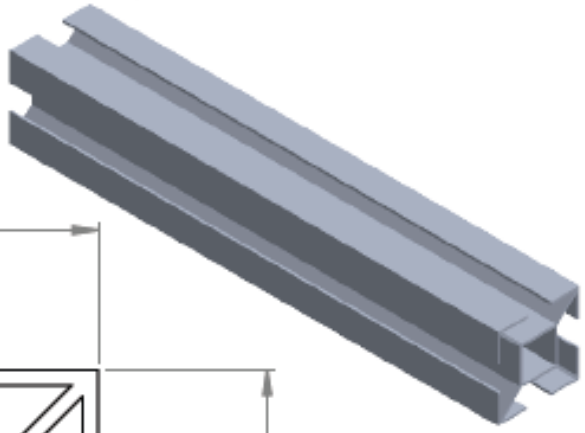
Escala 1:1	NOMBRE	FECHA
DIBUJO	Julián Ricardo Hernández Laverde	Marzo de 2019
	Pier Paolo Salazar Acosta.	Camisa de aluminio
MATERIAL	Aluminio	
UNIDADES	mm	

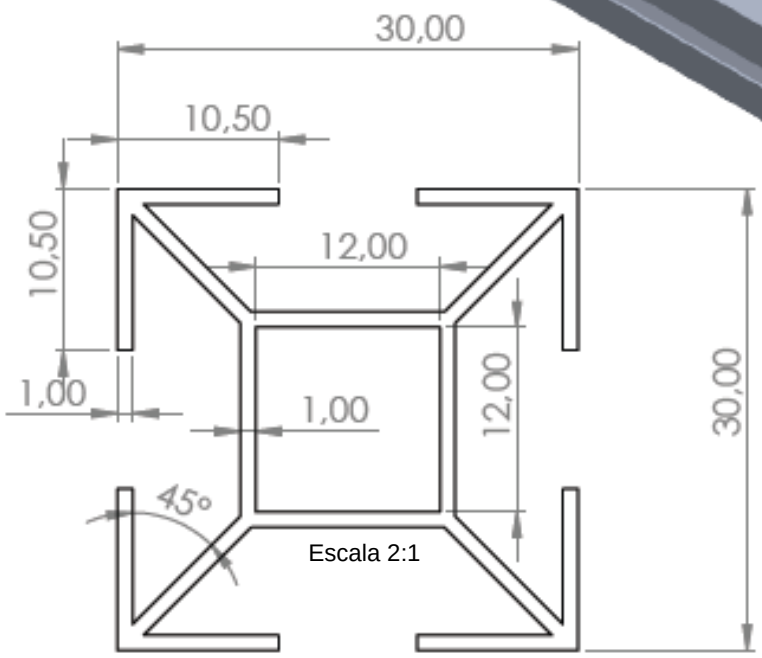


Escala 1:1	NOMBRE	FECHA
DIBUJO	Julián Ricardo Hernández Laverde	Marzo de 2019
	Pier Paolo Salazar Acosta.	Manivela
MATERIAL	PLA	
UNIDADES	mm	

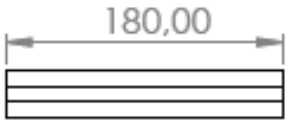


Escala 1:3	NOMBRE	FECHA
DIBUJO	Julián Ricardo Hernández Laverde	Marzo de 2019
	Pier Paolo Salazar Acosta.	Perfil de aluminio en U
MATERIAL	Aluminio	
UNIDADES	mm	

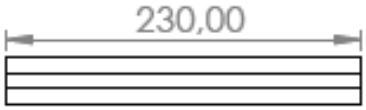




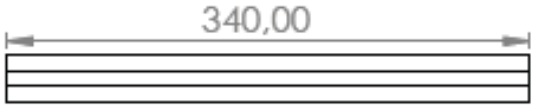
Escala 2:1



Escala 1:5

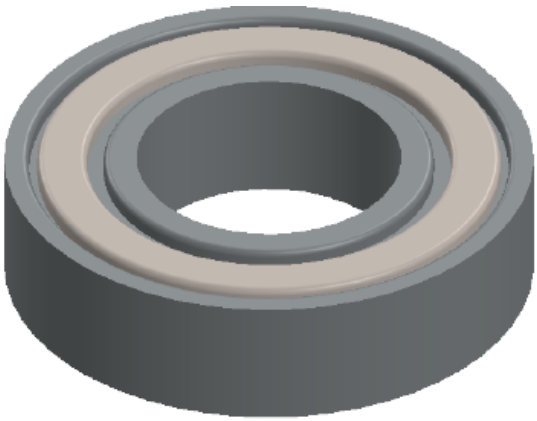


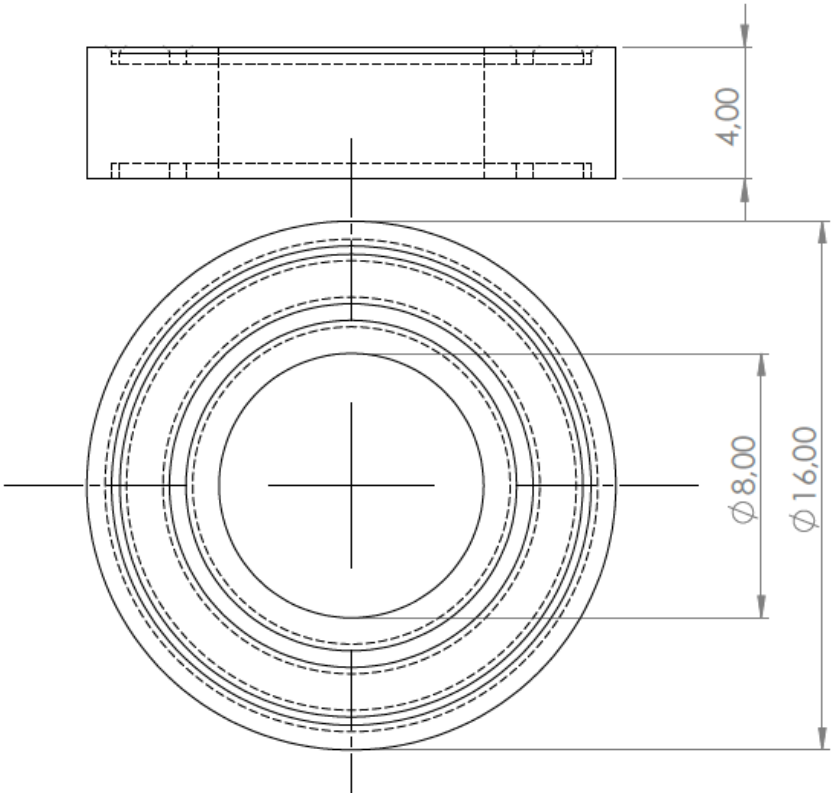
Escala 1:5



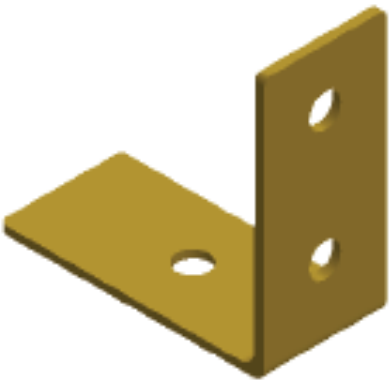
Escala 1:5

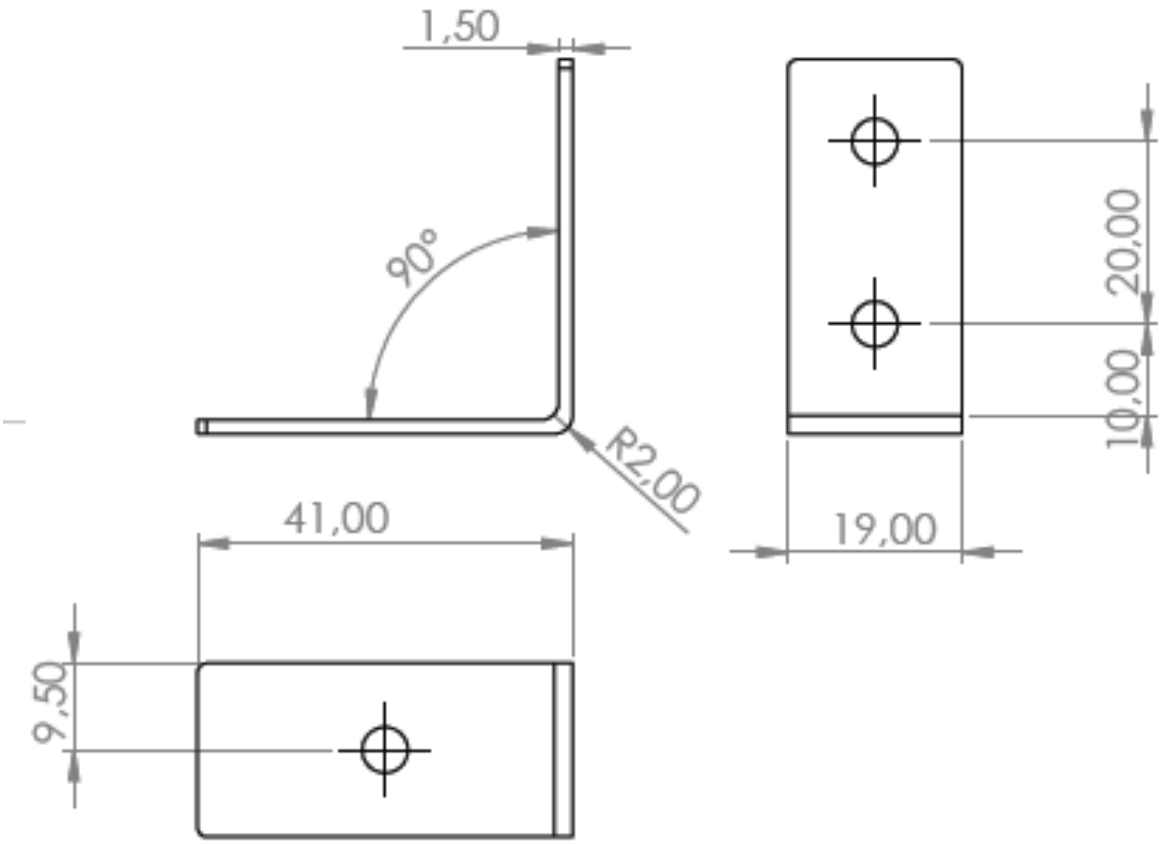
Escala especificada	NOMBRE	FECHA
DIBUJO	Julián Ricardo Hernández Laverde	Marzo de 2019
	Pier Paolo Salazar Acosta.	Perfiles aluminio estrella.
MATERIAL	Aluminio	
UNIDADES	mm	



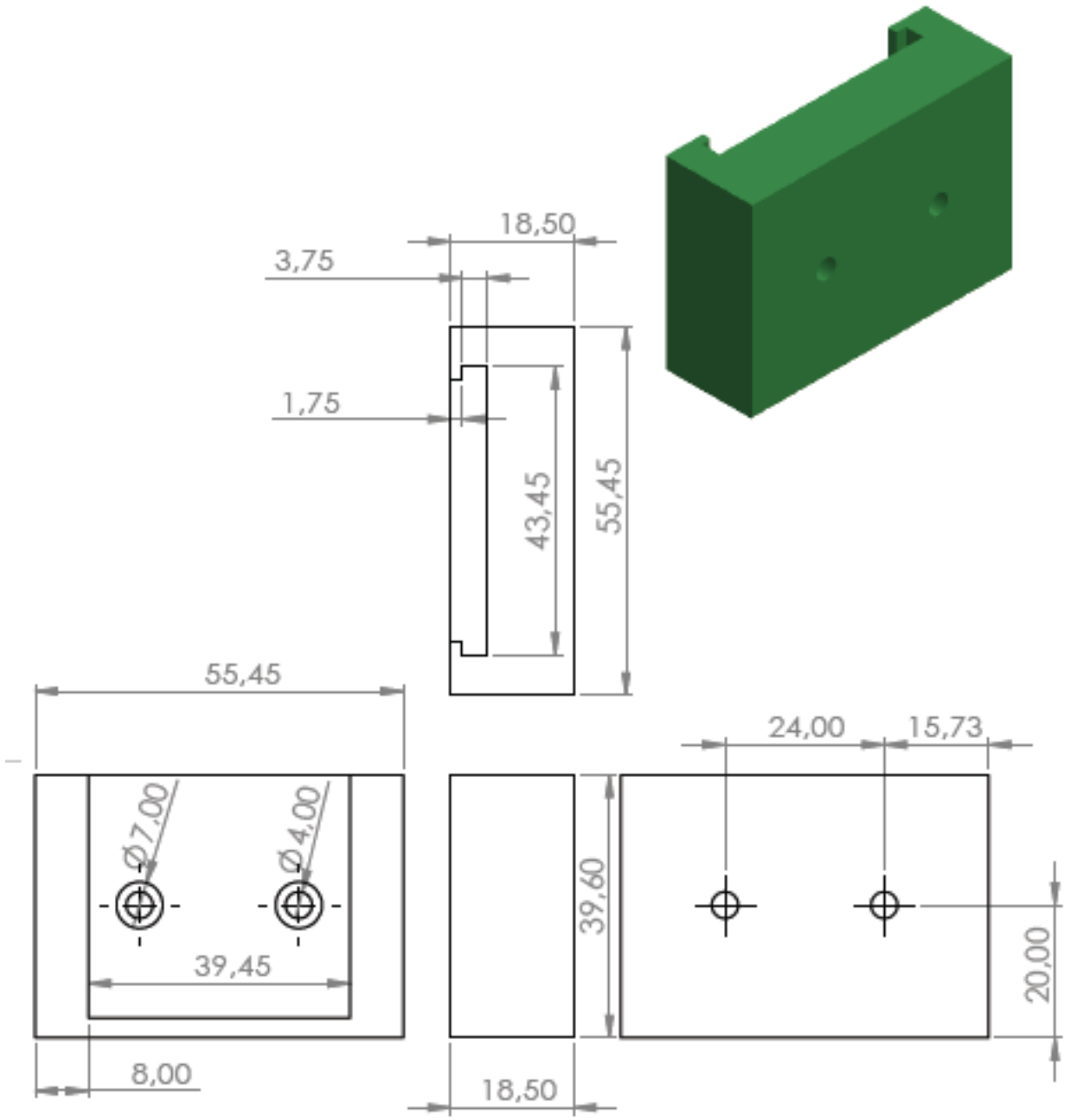


Escala 5:1	NOMBRE	FECHA
DIBUJO	Julián Ricardo Hernández Laverde	Marzo de 2019
	Pier Paolo Salazar Acosta.	Rodamiento 688zz
MATERIAL	Acero	
UNIDADES	mm	

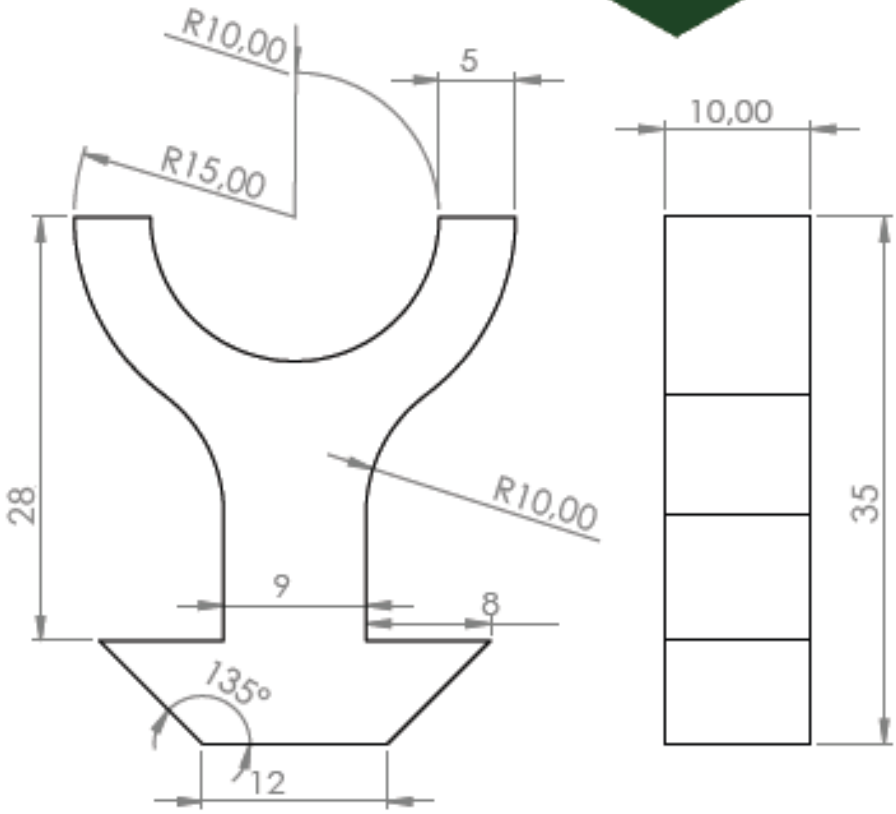




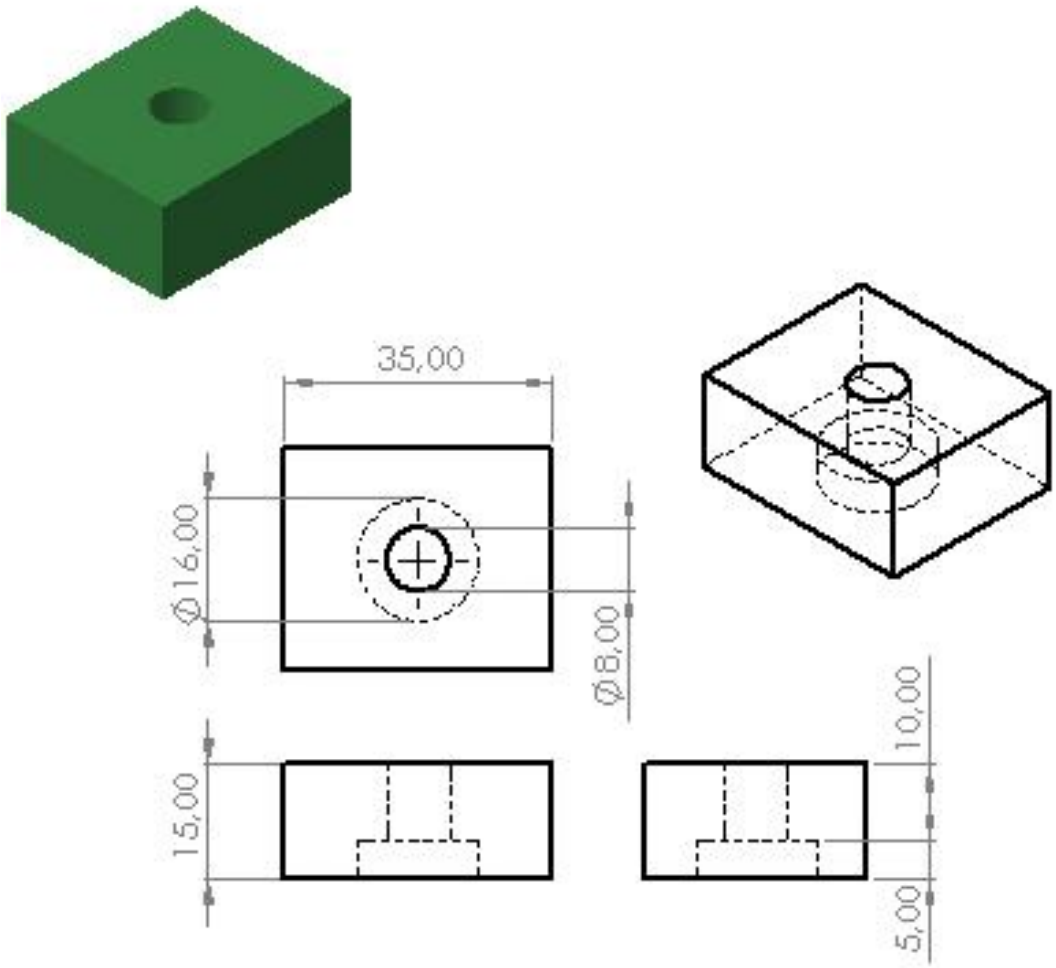
	NOMBRE	FECHA
DIBUJO	Julián Ricardo Hernández Laverde	Marzo de 2019
	Pier Paolo Salazar Acosta.	Escuadra 90°
MATERIAL	Acero	
UNIDADES	mm	



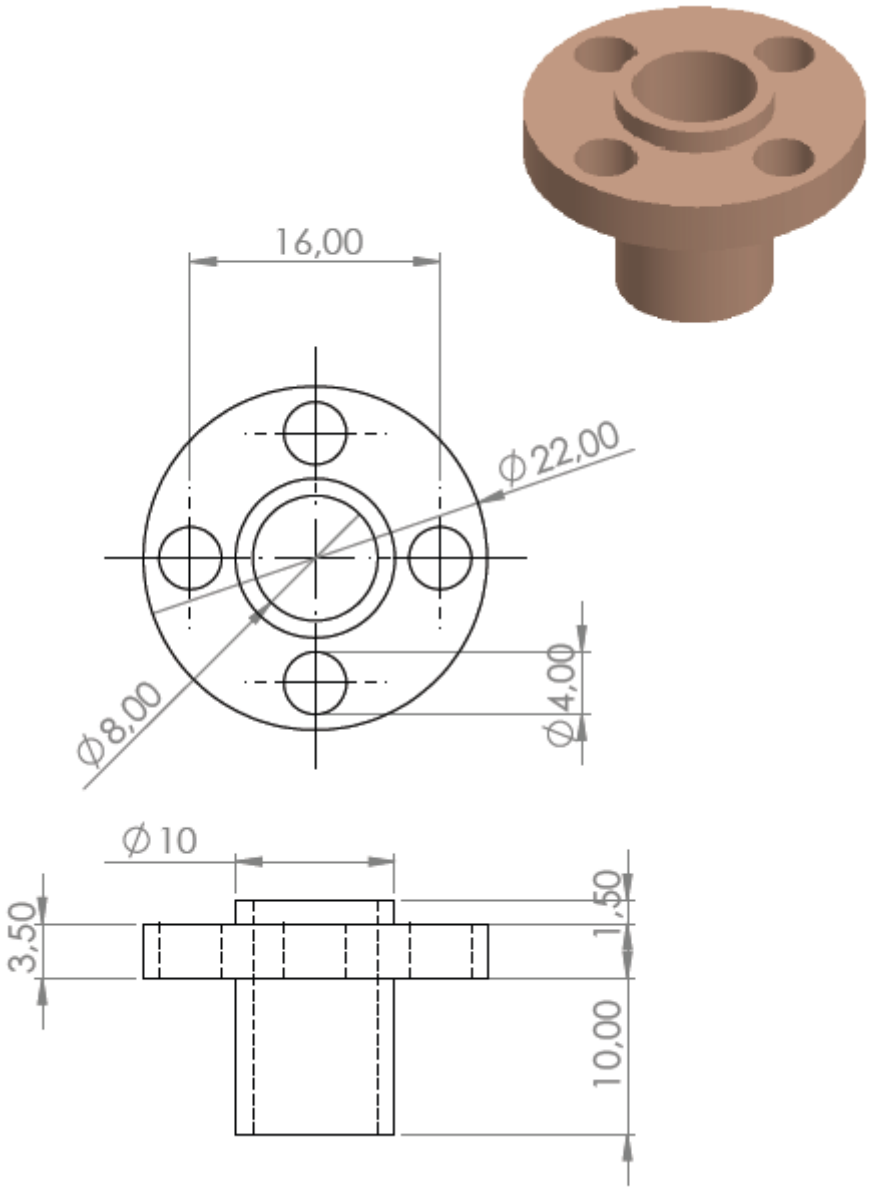
Escala 1:1	NOMBRE	FECHA
DIBUJO	Julián Ricardo Hernández Laverde	Marzo de 2019
	Pier Paolo Salazar Acosta.	Acople para perfil de aluminio
MATERIAL	PLA	
UNIDADES	mm	



Escala 2:1	NOMBRE	FECHA
DIBUJO	Julián Ricardo Hernández Laverde	Marzo de 2019
	Pier Paolo Salazar Acosta.	Soporte probetas
MATERIAL	PLA	
UNIDADES	mm	



Escala 1:1	NOMBRE	FECHA
DIBUJO	Julián Ricardo Hernández Laverde	Marzo de 2019
	Pier Paolo Salazar Acosta.	Soporte rodamientos
MATERIAL	PLA	
UNIDADES	mm	



Escala 2:1	NOMBRE	FECHA
DIBUJO	Julián Ricardo Hernández Laverde	Marzo de 2019
	Pier Paolo Salazar Acosta.	Tuerca
MATERIAL	Bronce	
UNIDADES	mm	

8.2. FORMATO PRACTICA

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Ingeniería electromecánica

IDENTIFICACIÓN	
UNIDAD ACADÉMICA	INGENIERIA ELECTROMECANICA
UNIDAD TEMÁTICA	ENSAYO DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL
PRACTICA #	Determinación de Ra y Rz.

COMPETENCIA	RESULTADOS DE APRENDIZAJE
• Comprender la acotación de rugosidad superficial de materiales aplicando la norma ISO 1302 de 2002.	• Conocer la operación de máquina para realizar ensayos de rugosidad superficial bajo normas técnicas vigentes. • Determinar el valor de Ra y Rz por medio de ensayos de rugosidad superficial. • Analizar la rugosidad de los materiales según el proceso de manufactura.

ACTIVIDADES

1. REFERENCIAS
   - ANSI/ASME B46.1. (1985). An American National Standard . New York: United Engineering Center.
   - Calidad Superficial ISO 1302: 2002
2. PRECONCEPTOS
   - El rugosimetro: concepto, funcionamiento y aplicabilidad.
   - La rugosidad como propiedad mecánica.
3. CUIDADOS
   - El banco de debe de ser limpiado para conservar su integridad y el funcionamiento del mecanismo de elevación.
   - Cuando se requiera realizar la calibración del equipo, el patrón debe de tomarse con un paño suave, ya que, si se altera la rugosidad del patrón, no será posible calibrar el rugosimetro.
4. PROCEDIMIENTOS

   4.1 EQUIPOS Y MATERIALES USADOS.

   - Software DataView
   - Banco de ensayos para rugosidad.
   - Probetas con distintos acabados superficiales
   - Medidor Vernier
   - Computador
   - Cable de conexión al computador

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Ingeniería electromecánica

4.2 EQUIPOS Y MATERIALES USADOS.

4.2.1 Establecer condiciones de seguridad y calidad.
4.2.2 Mediciones: Determinar el material de las probetas, el proceso de fabricación y la longitud.
4.2.3 Encendido del equipo: Encender el rugosimetro y encender el computador.
4.2.4 Montar la probeta sobre las bases del rugosimetro.
4.2.5 Con la manivela bajar el rugosimetro hasta que la punta toque el material y en la pantalla muestre nivelación “0”.
4.2.6 En caso ser necesario calibrar el equipo es necesario usar el manual de calibración.

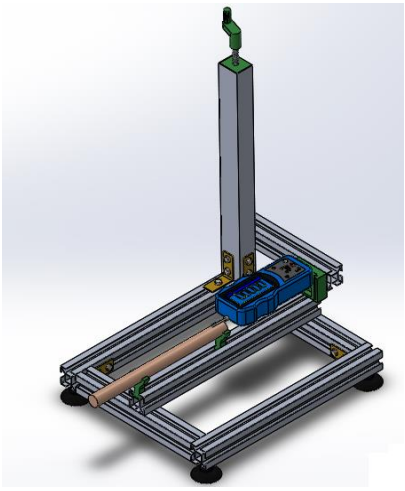


Figura 1. Montaje general del ensayo.

4.2.7 Conexión de rugosimetro al computador. Conecte el cable USB al CPU del computador.
4.2.8 La prueba puede realizarse sin el uso del software, sin embargo, el software arroja la representación gráfica del ensayo.
4.2.9 Retirar la probeta del ensayo.
4.2.10 Análisis de los datos. Seleccionar los resultados necesarios y almacenarlos.
4.2.11 Análisis de los resultados. Hacer el análisis según la norma ISO 1302 de 2002, comparado los valores de Ra y Rz con los valores promedio establecidos en la norma.

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Ingeniería electromecánica

REGISTRO							
Fecha	**Día:**		**Mes:**		**Año:**		IMAGEN
Prueba #							
Hora de inicio			**Hora fin**				
Duración							
Material							
Manufactura							
Diámetro					**unidades**	**mm**	

PARAMETROS MEDIDOS	
profundidad de rugosidad media (RZ)	
rugosidad media aritmética (RA)	

OBSERVACIONES

8.3. CALIBRACIÓN DE RUGOSIMETRO

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Ingeniería electromecánica

IDENTIFICACIÓN	
UNIDAD ACADÉMICA	INGENIERIA ELECTROMECANICA
UNIDAD TEMÁTICA	Calibración del equipo de medición de rugosidad JRS210
PRACTICA #	Comparar rugosidad de lectura con patrón.

COMPETENCIA	RESULTADOS DE APRENDIZAJE
• Comprender el funcionamiento del calibrador. • Comprender la calibración de equipo de medición.	Conocer los parámetros para realizar la calibración de rugosimetro JRS210.

ACTIVIDADES

1. REFERENCIAS
- Beijin Jitai Tech Detection Device Co., Ltd, Surface Rougghness Tester, China, 716.

2. PROCEDIMIENTOS

2.1 EQUIPOS Y MATERIALES USADOS.

- Atornillador
- Placa base para calibración.
- Patrón de rugosidad estándar.

2.2.1 Desmontar el rugosimetro del banco de pruebas.

2.2.2 Ajustar el patrón de rugosidad de 0.96 nm en la base de calibración y montar el rugosimetro sobre la base.

Figura 1. Montaje general para calibración.

2.2.3 Encender el rugosimetro y verificar el nivel en “0” con el botón .

2.2.4 Presionar el boto , he ingresar a la opción “Calibrate” y presionar .

2.2.5. Por ultimo presionar el botón , cuando termine el proceso presionar .

2.2.6. El rugosimetro estará calibrado y listo para montar en el banco.