

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO EDUCATIVO PARA OBSERVAR Y ANALIZAR EL FENÓMENO DE CORIOLIS, CON EL FIN DE FORTALECER LAS COMPETENCIAS COGNITIVAS EN LA ASIGNATURA DINÁMICA HACIENDO USO DE MÉTODOS INDUCTIVOS.

JUAN CAMILO BAUTISTA BARAJAS  
JAVIER ALEXANDER MENESES GOMEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FISICO-MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA

2017

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO EDUCATIVO PARA OBSERVAR Y ANALIZAR EL FENÓMENO DE CORIOLIS, CON EL FIN DE FORTALECER LAS COMPETENCIAS COGNITIVAS EN LA ASIGNATURA DINÁMICA HACIENDO USO DEL MÉTODOS INDUCTIVOS.

JUAN CAMILO BAUTISTA BARAJAS  
JAVIER ALEXANDER MENESES GOMEZ

Trabajo de grado para optar el título de  
INGENIERO MECÁNICO

Director  
DIEGO FERNANDO VILLEGAS BERMUDEZ  
Ingeniero Mecánico, PhD

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FISICO-MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA

2017

## **DEDICATORIA**

**A Dios,**

*Porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome  
fortaleza para lograr mis objetivos.*

**A mis padres,**

*Juan Bautista Calderón y Aura Barajas Benavides por los ejemplos de  
perseverancia y constancia que los han caracterizado y que me han  
infundido siempre, por haberme apoyado en todo momento, por sus buenos  
consejos, sus valores, pero más que nada, por su amor incondicional.*

**A mis hermanos,**

*Iván Darío, Liliana Marcela y Oscar Iván los cuales se han preocupado por mí en  
todo momento y me han impulsado a seguir adelante.*

**A mi sobrina,**

*Juana Sofía por llenar de alegría cada día de mi vida.*

**A mi Familia,**

*A mi abuela Anais Benavides y a mi tía Teresa Barajas por su paciencia, sus  
ánimos y atenciones durante todos los años que viví con ellas y a todos aquellos  
que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.*

**Juan Camilo Bautista Barajas.**

## **DEDICATORIA**

### **A Dios,**

*Por darme la oportunidad de vivir, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.*

### **A mi madre,**

*Sandra Roció Gómez Ortiz. Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.*

### **A mi padre,**

*José Ramón Meneses Quintero. Por enseñarme que cualquier problema tiene una solución, su apoyo incondicional y su esfuerzo por siempre querer verme como un profesional.*

### **A mis Hermanos,**

*José Ramón Meneses Gómez y Silvia Fernanda Meneses Gómez por enseñarme el valor de la hermandad y apoyarme siempre frente a cualquier adversidad.*

*A Yajaira Juliana Vega Melo por ser mi apoyo fundamental, demostrándome que los sueños se pueden hacer realidad, también le doy gracias por su amor incondicional y por ser esa mujer especial que hace mi vida felicidad.*

**Javier Alexander Meneses Gómez.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos los más sinceros agradecimientos al profesor Diego Fernando Villegas Bermúdez director del proyecto por su apoyo, colaboración y respaldo en el desarrollo del presente trabajo de grado.

Juan Camilo Bautista Barajas

Javier Alexander Meneses Gómez

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	20
1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
2. JUSTIFICACION PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	23
3. OBJETIVOS.....	26
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	26
3.2 OBJETIVO ESPECIFICO .....	26
4. MARCO REFERENCIAL.....	27
4.1 ANTECEDENTES.....	27
4.2 MARCO TEORICO .....	28
4.2.1 Método.....	29
4.2.2 Competencias cognitivas. ....	32
4.2.3 Fenómeno aceleración de Coriolis.....	32
4.2.4 Sistemas de referencias no inerciales. ....	33
4.2.5 Fuerzas ficticias. ....	34
5. PROCESO DE DISEÑO CONCEPTUAL.....	37
5.1 PRE-FASE A: REQUERIMIENTOS Y PARAMETROS DE DISEÑO.....	39
5.1.1 Resultados encuesta. ....	39
5.1.2 Requerimientos de usuario con peso.....	44

5.1.3	Parámetros de diseño.....	45
5.2	FASE A: PROCESO DE SELECCIÓN.....	46
5.2.1	Descripción funcional.....	47
5.2.2	Bocetos de diseño primera ronda. ....	48
5.2.3	Matriz Pugh conceptos de diseño primera ronda.....	51
5.2.4	Bocetos de diseño segunda ronda.....	52
5.2.5	Matriz Pugh conceptos de diseño segunda ronda. ....	55
5.2.6	Bocetos de diseño tercera ronda. ....	56
5.2.7	Matriz Pugh conceptos de diseño tercera ronda.....	57
5.2.8	Evaluación de disponibilidad de tecnología. ....	58
5.2.9	Despliegue de la función de calidad (Quality Function Deployment QFD)....	59
5.3	FASE B: DISEÑO EN DETALLE.....	61
5.3.1	Calculo del diámetro del disco .....	62
5.3.2	Selección del motor. ....	63
5.3.3	Selección del reductor de velocidades.....	67
5.3.4	Selección del variador de frecuencia. ....	76
5.3.5	Diseño del eje principal.....	78
5.3.6	Conexiones del variador de frecuencia y arrancador.....	86
5.3.7	Selección de las chumaceras. ....	86
5.3.8	Selección de la bomba periférica. ....	88
5.3.9	Selección del caudalímetro.....	92
5.4	FASE C: OPTIMIZACIÓN DE DISEÑO.....	93
5.4.1	Optimización del sistema. ....	94

5.4.2 Diseño CAE. ....	95
5.4.3 Presupuesto.....	105
5.5 FASE D: DISEÑO FINAL. ....	106
5.5.1 Costos del Proyecto.....	107
5.5.2 Fabricación. ....	108
5.5.3 Guía de laboratorio. ....	110
6. CONCLUSIONES .....	119
BIBLIOGRAFIA.....	121
ANEXOS.....	123

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Línea de flujo para cursar Dinámica y prerrequisitos de dicha materia...	23
Figura 2. Aceleración de coriolis .....	33
Figura 3. Movimiento de rotación de la tierra visto desde un observador en reposo (izquierda), un observador en el hemisferio norte y un observador en el hemisferio sur (derecha).....	35
Figura 4. Movimiento de una partícula visto desde el hemisferio norte (izquierda) y desde el hemisferio sur (derecha).....	36
Figura 5. NASA ESMD Capstone design process .....	38
Figura 6. Pre-Fase A del proceso de diseño.....	39
Figura 7. Resultados primera pregunta.....	40
Figura 8. Resultados segunda pregunta. ....	41
Figura 9. Resultados tercera pregunta.....	42
Figura 10. Resultados cuarta pregunta. ....	42
Figura 11. Resultados quinta pregunta. ....	43
Figura 12. Resultados sexta pregunta. ....	44
Figura 13. Fase A del proceso de diseño. ....	46
Figura 14. Rotación de la Tierra ejerciendo un efecto sobre los objetos que se mueven sobre su superficie. ....	47
Figura 15. Montaje del banco educativo haciendo uso de un plato giratorio y tres objetos para observar el fenómeno de coriolis.....	49
Figura 16. Montaje de un banco educativo haciendo uso de una bomba que distribuye fluido a un embudo giratorio haciendo un control de velocidades de caudal. ....	50
Figura 17. Dos observadores situados a lo largo de una plataforma recta. ....	51

Figura 18. Montaje de un banco educativo que consiste en una plataforma giratoria, un péndulo y una interfaz para calcular el valor de la Fuerza de Coriolis. .....	53
Figura 19. Esquema de las observaciones realizadas por un observador inercial A y uno no inercial B cuando la pelota es lanzada desde el centro de la plataforma giratoria. ....	54
Figura 20. Montaje de un banco educativo que consiste en un sistema giratorio de embudo. ....	57
Figura 21. Quality Function Deployment. ....	60
Figura 22. Fase B de diseño ....	61
Figura 23. Movimiento que experimenta el fluido cuando el sistema de rotación está en reposo. ....	62
Figura 24. Vista superior del disco giratorio. ....	64
Figura 25. Toma de tiempos de estabilización del sistema. ....	65
Figura 26. Fuerza rotacional generada por el disco. ....	66
Figura 27. Motor trifásico de ½ HP marca WEG. ....	67
Figura 28. Dimensionamiento carcasa externa del reductor. ....	68
Figura 29. Dimensionamiento del eje de salida. ....	69
Figura 30. Para selección de correas. ....	70
Figura 31. Catalogo para hallar la potencia por banda y el factor de corrección por longitud y largo. ....	72
Figura 32. Representación de las fuerzas en las poleas. ....	76
Figura 33. Dimensionamiento y características del CFW-10 ....	77
Figura 34. Diseño en formato solidworks. ....	78
Figura 35. Diagrama de torque, diagrama de momento en el punto A. ....	82
Figura 36. Factor de acabado superficial. ....	83
Figura 37. Valor de la sensibilidad de la entalladura. ....	85
Figura 38. Dimensionamiento y selección del rodamiento. ....	87
Figura 39. Esquema instalación. ....	88

Figura 40. Selección de la bomba marca Bonnett. ....	91
Figura 41. Diseño en solidworks contador de agua. ....	92
Figura 42. Fase C diseño.....	93
Figura 43. Banco final para demostrar el efecto de Coriolis. ....	94
Figura 44. Análisis de tensión de Von mises. ....	96
Figura 45. Análisis de desplazamiento. ....	97
Figura 46. Análisis del factor de seguridad. ....	98
Figura 47. Análisis de tensión de Von mises para el eje.....	100
Figura 48. Análisis de desplazamiento. ....	101
Figura 49. Análisis del factor de seguridad. ....	102
Figura 50. Análisis de vida del eje. ....	103
Figura 51. Análisis de daño para el eje.....	104
Figura 52. Fase D diseño.....	106
Figura 53. Banco Aceleración de Coriolis. ....	108
Figura 54. Ensamble conjunto eje principal interior. ....	109
Figura 55. Ensamble conjunto eje principal exterior. ....	109
Figura 56. Aplicación del banco educativo con los estudiantes de Dinámica grupo J1. ....	111
Figura 57. Aplicación del banco educativo con los estudiantes de Dinámica grupo L1.....	111
Figura 58. Aplicación del banco educativo con los estudiantes de Dinámica grupo B1. ....	112
Figura 59. Aplicación de la encuesta para los estudiantes de Dinámica, ....	112
Figura 60. Resultados primera pregunta.....	113
Figura 61. Resultados segunda pregunta. ....	114
Figura 62. Resultados tercera pregunta.....	115
Figura 63. Resultados cuarta pregunta.....	116
Figura 64. Aplicación del quiz para los estudiantes de Dinámica J1.....	117
Figura 65. Aplicación del quiz para los estudiantes de Dinámica L1. ....	117

Figura 66. Análisis de resultado del método de calificación.....118

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estado de los estudiantes al finalizar curso de Dinámica para los semestres desde el 2010 al 2015. ....	24
Tabla 2. Diferencias entre método de aprendizaje deductivo e inductivo. ....	25
Tabla 3. Requerimientos de usuario con peso. ....	45
Tabla 4. Matriz Pugh primera ronda. ....	52
Tabla 5. Matriz Pugh Segunda ronda. ....	55
Tabla 6. Matriz Pugh tercera ronda. ....	58
Tabla 7. Toma de datos del tiempo en establecerse el sistema. ....	65
Tabla 8. Selección del factor de servicio. ....	69
Tabla 9. Diámetro mínimo recomendado para la polea del motor eléctrico según la norma MG1-3.16 Nema. ....	71
Tabla 10. Detalle de la sección de la correa. ....	74
Tabla 11. Propiedades del material ....	82
Tabla 12. Factor de confiabilidad. ....	84
Tabla 13. Parámetros para la tubería de aspiración. ....	89
Tabla 14. Parámetros para la tubería de impulsión. ....	90
Tabla 15. Propiedades de la estructura. ....	96
Tabla 16. Propiedades del eje principal ....	99
Tabla 17. Presupuesto para la máquina. ....	105
Tabla 18. Costo de la construcción de la máquina. ....	107

## ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Encuesta y estadísticas.....	123
Anexo B. Planos Eléctricos.....	125
Anexo C. Planos.....	127
Anexo D. Guía de laboratorio.....	162
Anexo E. Encuesta y estadísticas.....	167
Anexo F. Quiz.....	169

## RESUMEN

**TITULO:** DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO EDUCATIVO PARA OBSERVAR Y ANALIZAR EL FENÓMENO DE CORIOLIS, CON EL FIN DE FORTALECER LAS COMPETENCIAS COGNITIVAS EN LA ASIGNATURA DINÁMICA HACIENDO USO DE MÉTODOS INDUCTIVOS.\*

**AUTORES:** JAVIER ALEXANDER MENESES GOMEZ\*\*  
JUAN CAMILO BAUTISTA BARAJAS

**PALABRAS CLAVE:** Aceleración de Coriolis, método inductivo, sistemas no inerciales, Dinámica de cuerpo rígido.

### DESCRIPCIÓN:

En este trabajo de grado se diseña y construye un banco educativo para observar el fenómeno de coriolis totalmente funcional con su respectiva guía de trabajo, convirtiéndose en una propuesta para mejorar las metodologías de aprendizaje implementadas hoy en día en las universidades, basada en el método inductivo por parte del estudiante.

Para el diseño y construcción del banco se siguió la metodología Course Introduction NASA ESMD Capstone Design, este proceso genera mayor eficiencia ingenieril para el diseñador en la parte de cálculos teórico, procesos de manufactura, funcionalidad, reducción de costos y selección de los componentes de la máquina.

El principio de funcionamiento se basa en observar una partícula en un sistema no inercial, es decir describe un movimiento acelerado con respecto a un sistema inercial, generando lo que conocemos hoy en día como la aceleración de coriolis.

Además de los cálculos teóricos se procede a utilizar herramienta CAD Y CAE que permiten comprobar y complementar parámetros de diseño y generar un factor de seguridad de aplicabilidad para los estudiantes.

Para la fase final del proyecto se procede a aplicar este banco educativo con los estudiantes de la asignatura Dinámica, con el fin de que el estudiante desarrolle competencias cognitivas mediante el método inductivo.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingeniería Físico-Mecánica. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Diego Fernando Villegas Bermúdez, Ingeniero Mecánico, PhD

## ABSTRACT

**TITLE:** Design and build of a device that allows to observe and to analyze the Coriolis phenomena strengthening the cognitive competence on the Dynamic course using the Induction teaching method.\*

**AUTHORS:** JAVIER ALEXANDER MENESES GOMEZ\*\*  
JUAN CAMILO BAUTISTA BARAJAS

**KEYWORDS:** Coriolis acceleration, inductive teaching method, Non-inertial systems, Rigid body Dynamics

### DESCRIPTION:

On this graduation's Final Project, we will be designing and building a device to observe the Coriolis phenomena totality functional along with its work guide, turning it into a proposal to improve the learning methodologies implemented nowadays in the universities, based on the induction method on the student's part.

For the design and build of this device, we followed the Course Introduction NASA ESMD Capstone Design methodology. This process generates more engineering efficiency to the designer when making calculations, deciding on the manufacturing processes, reducing costs and helping on a better selection of the device's components.

Its functioning principle it is based on the observation of a particle in a non-inertial system. This describes an accelerated motion with respect to an inertial system, generating what we know nowadays as the Coriolis Acceleration.

Beyond the theoretical calculations, we will proceed to use the CAD & CAE that will allow proofing and complement the design parameters, generating an application security factor for the students to use.

For the final phase of this project, we will proceed to implement this device on the Dynamics university subject so students can develop cognitive competences using the induction method.

---

\* Degree work

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Diego Fernando Villegas Bermúdez, Mechanical Engineer, PhD

## INTRODUCCIÓN

Para el proyecto de grado se desea abarcar el problema de mejoramiento de competencias cognitivas en la asignatura DINÁMICA, para aportar en el crecimiento profesional del estudiante de la escuela de ingeniería mecánica, por tal motivo la presente investigación se basará en el diseño y construcción de un banco educativo para observar el fenómeno de coriolis, haciendo uso del método de enseñanza inductivo.

La característica del proyecto se debe al alto índice de pérdida por parte del estudiante que supera el 35% en la asignatura de DINÁMICA; Para analizar dicha problemática es necesario mencionar la causa principal que produce la pérdida de la asignatura, generando como resultado la dificultad de analizar los diferentes fenómenos que se plantean en el contenido de la materia.

Las encuestas (**Anexo A**), se realizaron a estudiantes que hubiesen cursado la materia, dando como prioridad en los resultados; falencia en el tema aceleración de coriolis, debido a la dificultad que se genera en la utilización de los sistemas de referencia no inerciales, para dicho proceso se tomó una muestra de 30 alumnos y a continuaciones se plantearon diferentes alternativas para el mejoramiento del curso, dando como resultado una maquina capaz de ayudar a la comprensión del fenómeno, en los estudiantes que cursan la asignatura DINÁMICA.

Posteriormente se sigue la metodología del análisis del requerimiento para realizar el diseño y construcción de la máquina, haciendo uso intensivo de la tecnología CAD Y CAE.

Y para finalizar con el proyecto se realiza una aplicación de un laboratorio educativo con su respectiva guía de trabajo, para los estudiantes que se encuentran cursando la asignatura de Dinámica, con el fin de analizar y concluir el mejoramiento del curso.

## 1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Dentro del plan de estudios del programa académico de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander se encuentra la asignatura Dinámica. Esta es una asignatura que involucra el estudio del movimiento de partículas y cuerpos rígidos, y las fuerzas que lo generan; representa la etapa donde se adquieren los conocimientos y competencias que le permiten al profesional desarrollar sus aptitudes ingenieriles de la mejor manera en todos los campos de desempeño, que abarca su respectiva ingeniería.

Los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación en el curso de Dinámica siguen constituyendo un reto para los docentes, así como también para los estudiantes, si bien las ideas y propuestas del aprendizaje deductivo han servido como base fundamental en el desarrollo educativo desde hace varias décadas, con el paso de los años se han venido implementando diferentes formas de enseñanza en las mejores universidades del mundo. Las concentraciones en el aula de nuevas formas de conducir los procesos educativos permiten pasar de un aprendizaje deductivo a la práctica centrada en esta misma, siendo un desafío y un aspecto que merece ser revisado a la luz de nuevas experiencias. En este tipo de aprendizaje el estudiantado tiene una gran participación, permitiendo que aprenda por medio del descubrimiento.

Aplicando este método el docente presenta todas las herramientas necesarias al estudiante para que este descubra por sí mismo lo que se desea aprender, Esto constituye un aprendizaje bastante útil, pues cuando se lleva a cabo de modo idóneo, asegura un conocimiento significativo y fomenta hábitos de investigación y rigor en los estudiantes.

Con el fin de fomentar dicho aprendizaje, surge la necesidad de diseñar y construir bancos educativos que promuevan entendimiento del fenómeno de aceleración de coriolis que abarca gran parte de la asignatura DINÁMICA.

Este fenómeno es de difícil entendimiento para los estudiantes debido al no diferenciar, o plantear el sistema en el que nos encontramos o nos enfrentamos en los problemas, si es un sistema inercial<sup>1</sup> o no inercial, esto genera confusión de conceptos básicos, sobre las leyes de Newton, generando así dificultad al estudiante para analizar el efecto coriolis. Otro aspecto o déficit a resaltar es que dicha fuerza es generada por la naturaleza y es considerada una fuerza ficticia que solo aplica para sistemas no inerciales<sup>2</sup>, es decir cuando una partícula se encuentra en un sistema inercial en rotación y describe un movimiento acelerado con respecto al él. En este caso las leyes de newton solo aplican para sistemas inerciales es ahí donde surge el vacío de conceptos.

---

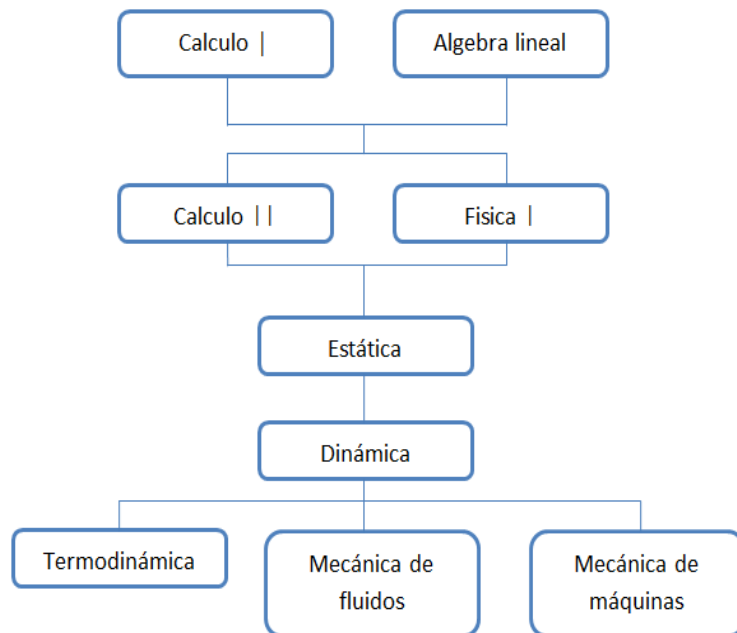
<sup>1</sup> Sistema inercial: es aquel que cumple el principio Newtoniano: es decir para que un cuerpo posea aceleración ha de actuar una fuerza externa sobre él.

<sup>2</sup> Sistema no inercial: es cuando una partícula se encuentra en un sistema inercial en rotación y describe un movimiento acelerado con respecto al él.

## 2. JUSTIFICACION PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Los docentes de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, buscan integrar diferentes metodologías para el desarrollo del proceso educativo, permitiendo así reforzar y complementar las competencias cognitivas adquiridas por el estudiante mediante su proceso educativo. Existe un especial interés en la asignatura DINÁMICA debido a la gran importancia en la formación del ingeniero mecánico, esta aporta al perfil ingenieril, la capacidad para explicar el movimiento que experimenta los diversos elementos mecánicos de una máquina o un sistema mecánico, y a su vez dará soporte a materias como lo son Mecanismos, Termodinámica, Diseño, Sistemas e Instalaciones Hidráulicas y Vibraciones Mecánicas.

**Figura 1.** Línea de flujo para cursar Dinámica y prerrequisitos de dicha materia.



Datos obtenidos por los docentes de dicha área demuestran que la tasa de pérdida del curso supera el 35%<sup>3</sup>, debido a la dificultad que se evidencia en los estudiantes para desarrollar las competencias cognitivas específicas en algunos fenómenos dinámicos, generando así complejidad en el entendimiento aplicativo de dichos temas.

**Tabla 1.** Estado de los estudiantes al finalizar curso de Dinámica para los semestres desde el 2010 al 2015.

SEMESTRE	MATRICULADOS	NO-APROBADOS	CANCELACIONES	ENTERCERADOS	ENCUARTADOS
2015-02	95	35(31%)	4	6	1
2015-01	113	26(27%)	6		
2014-02	86	37 (43%)		6	1
2014-01	90	33 (37%)		7	1
2013-02	101	39 (39%)			
2013-01	96	28 (29%)			
2012-02	122	39 (32%)	10		
2012-01	95	42 (44%)	1		
2011-02	114	38 (33%)	3		
2011-01	141	42 (30%)	11		
2010-02	142	39 (27%)	25		
2010-01	117	43 (37%)	19		

**Fuente:** UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, base de datos de la Vicerrectoría Académica, Bucaramanga, 2016.

Se desea implementar un nuevo método por parte de la docencia de esta asignatura y los estudiantes de ingeniería mecánica con el fin de mejorar las competencias cognitivas y complementar el estudio del fenómeno: aceleración de coriolis. Para dicho caso se desea aplicar el método de aprendizaje inductivo, es decir aquel aprendizaje que se basa en la observación y experimentación para así poder llegar a una conclusión general sobre esto.

<sup>3</sup> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Base de datos de la Vicerrectoría Académica, Bucaramanga, 2016.

**Tabla 2.** Diferencias entre método de aprendizaje deductivo e inductivo.

<b>MÉTODO DE APRENDIZAJE DEDUCTIVO</b>	<b>MÉTODO DE APRENDIZAJE INDUCTIVO</b>
<p><b>¿En qué consiste?</b> Aprendizaje por medio de la exposición de información por parte del profesor. En este caso el estudiante tiende a memorizar toda la información por que la clase se hace solo teórica y como consecuencia, su aprendizaje se realiza a corto plazo.</p>	<p><b>¿En qué consiste?</b> Aprendizaje por medio de la investigación y la experimentación por parte del estudiante. En este caso se crea el habito de la investigación y su aprendizaje es de mayor nivel cognitivo y a largo plazo generando desarrollar competencias por parte de él.</p>
<p><b>Desventajas:</b> no es motivador por parte del estudiante, se desconecta del mundo real, disminuye el rendimiento académico, aprendizaje dependiente por parte del estudiante y un aprendizaje superficial solo para el día del examen.</p>	<p><b>Ventajas y Desventajas:</b> Fomenta el desarrollo intelectual, ejercitar competencias, fomentar el aprendizaje de alto nivel cognitivo, fomentar el aprendizaje independiente, requiere dedicarle más tiempo.</p>
<p><b>Objetivo del alumno:</b> Aprobar la materia.</p>	<p><b>Objetivo del alumno:</b> Aprendizaje autónomo, plantearse sus propios objetivos, aprender por sí mismos, evaluar que necesitan y decir cómo conseguirlo.</p>

El método de aprendizaje mencionado se aplicará con la ayuda de un banco educativo, para el mayor entendimiento del tema y así buscar mejorar las competencias cognitivas de los estudiantes.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Contribuir a la misión de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER y a la Escuela de Ingeniería Mecánica encargadas de la formación de profesionales de alta calidad ética, técnica y científica fomentando las competencias cognitivas en los estudiantes de la asignatura Dinámica, mediante el diseño y construcción de un banco educativo.

#### **3.2 OBJETIVO ESPECIFICO**

- Realizar una investigación metodológica, haciendo uso de encuestas para la indagación de los temas de mayor falencia en asignatura de Dinámica.
- Seleccionar una alternativa de diseño conceptual (NASA ESMD Capstone Design) para la posterior evaluación y análisis de viabilidad en cuanto a factores económicos, eficiencia y efectividad del banco educativo, para el mejoramiento de las competencias cognitivas y finalmente seleccionar un diseño concluyente.
- Diseñar y construir un banco educativo para el aprendizaje inductivo de los estudiantes del curso de Dinámica haciendo énfasis en el fenómeno de Aceleración de Coriolis.
- Implementar en el aula de clase el banco educativo mediante la metodología de aprendizaje inductivo, con su correspondiente guía de laboratorio.

## **4. MARCO REFERENCIAL**

### **4.1 ANTECEDENTES**

Para empezar con el proceso de investigación nos basaremos en diferentes proyectos desarrollados a nivel mundial que afecten tanto una metodología de aprendizaje para el aula de clase como la construcción de bancos educativos para mejorar las competencias cognitivas.

Un primer estudio hace énfasis en el bajo aprendizaje de conceptos experimentales en los temas relacionados con marcos de referencia inercial, y no inercial por tal motivo hacen uso de componentes pedagógicos, donde se describe la teoría del trabajo colaborativo durante la implementación de componentes computacionales y construcción de 3 dispositivos, uno de ellos, diseñado y construido para el estudio de la fuerza ficticia en el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, otro, para el estudio de la fuerza centrífuga en un movimiento circular y otro, para el estudio de la Fuerza de Coriolis en un movimiento circular proporcionando a los estudiantes el aprendizaje de las teorías físicas.

Este estudio nos permite demostrar el problema de aprendizaje por medio de métodos deductivo, aplicados desde el colegio hasta la materia física mecánica, enfatizando en los bajos conocimientos empíricos que poseen a cerca de fuerzas ficticias y de su manifestación en los marcos de referencia no inerciales, que no son fuerzas existentes en la naturaleza, generando así dificultad en la asimilación en las leyes de newton.

Otro estudio nos enseña la fácil utilización de bancos educativos para la asignatura de Dinámica haciendo uso de un prototipo a nivel de laboratorio para comprobar los resultados teóricos prácticos, del fenómeno aceleración de coriolis, en el efecto de chorro de agua en un sistema en movimiento generando así la manifestación de fuerzas ficticias.

Esta tesis nos permite mostrar el fenómeno mediante la utilización de bancos educativos, fomentando en el estudiante entusiasmo para investigar y aprender un tema en específico.

Realizando un análisis detallado a los diferentes antecedentes, se ve la viabilidad de diseñar y construir un banco educativo para observar el fenómeno aceleración de Coriolis debido a que en la Universidad Industrial de Santander no se encuentra ningún banco con estas características a su vez fortalecer las competencias de los estudiantes de Dinámica generando así mejor formación del perfil ingenieril de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

## **4.2 MARCO TEORICO**

Para iniciar la solución del problema planteado en nuestro trabajo abordaremos los objetivos específicos y comenzaremos por la revisión de la literatura sobre aspectos como: definición de método, tipos de métodos, Competencia cognitiva, aceleración de coriolis, sistemas de referencia no inerciales, fuerzas ficticias y se dará un acercamiento a la solución a desarrollar.

### **4.2.1 Método.**

Etimológicamente la palabra método proviene del término griego *methodus* que significa el camino hacia algo. En forma común se entiende por método al modo de hacer con orden alguna cosa. En un sentido general, la palabra puede significar el trayecto o el camino que se sigue para alcanzar un determinado fin que se haya propuesto de antemano. Por lo tanto, se define método a aquel proceso utilizado de manera sistemática, orientando nuestra práctica con base a principios pautados previamente.

#### **4.2.1.1 Tipos de métodos de aprendizaje.**

##### **4.2.1.1.1 Método Inductivo.**

Es un modo de razonar que conduce:

- ✓ De lo particular, a lo general.
- ✓ De una parte, a un todo.

Este método permite formular conclusiones universales como leyes, principios o fundamentos de una teoría, mediante el estudio individual de los hechos; es decir, mediante el razonamiento, el método inductivo, obtiene conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones, cuya aplicación sea de carácter general.

Pasos a seguir para la elaboración de un método inductivo:

- ✓ Observación y registro de los hechos.
- ✓ Análisis y observación de los hechos.
- ✓ Derivación inductiva de una generalización a partir de los hechos.

#### Ventajas<sup>4</sup>

- ✓ Proporciona medios para el desarrollo del conocimiento de áreas inexploradas de estudio o escasamente exploradas.
- ✓ Los investigadores se encuentran menos constreñidos por un sistema conceptual o teoría.

#### Desventajas<sup>5</sup>

- ✓ Tienden a dejar desorganizado el conocimiento, al menos por un tiempo, hasta que se desarrolle una teoría o teorías.

#### 4.2.1.1.2 Método Deductivo.

Es un tipo de razonamiento que conduce:

- ✓ De lo general a lo particular.
- ✓ De lo complejo a lo simple.

El método se inicia con el análisis de los postulados, teoremas, leyes, principios, etc., de aplicación universal y de comprobada validez, para aplicarlos a soluciones o hechos particulares. El método deductivo funciona a partir de principios generales y, con la ayuda de una serie de reglas de inferencia, se demuestran unos teoremas o principios secundarios.

El método deductivo tiene un gran inconveniente, no proporciona información nueva acerca de los hechos, no agrega más información que la que está enunciada en las premisas, es un método formal, el cual afecta a la forma de los razonamientos no al contenido.

---

<sup>4</sup> NEWMAN, Dávila, El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. Universidad pedagógica Experimental Libertador. Caracas, Venezuela: Laurus vol.12

<sup>5</sup> Ibíd.

## Ventajas<sup>6</sup>

- ✓ Integrar el conocimiento en teorías es algo corriente y deseable.
- ✓ Las teorías representan el progreso logrado en el objeto de estudio.
- ✓ Las teorías generan nuevas hipótesis que deben ser investigadas en el futuro.

## Desventajas<sup>7</sup>

- ✓ Las teorías o hipótesis pueden generar expectativas en el investigador sobre los resultados, pudiendo desarrollar la “visión de túnel”, es decir, el tomar en cuenta los datos que prueban mi hipótesis, y desechar los datos que la contradicen.

No obstante, también existen otros métodos de investigación, como lo son<sup>8</sup>:

1. El método de observación, es un proceso de conocimiento por el cual se perciben deliberadamente ciertos rasgos existentes en el objeto del conocimiento.
2. El método de análisis, es un proceso de conocimiento que se inicia por la identificación de cada una de las partes que caracterizan una realidad. De esa manera se establece la relación causa – efecto entre los elementos que compone el objeto de investigación.
3. El método de síntesis, es un proceso de conocimiento que procede de lo simple a lo complejo, de la causa a los efectos, de la parte al todo, de los principios a las consecuencias.

---

<sup>6</sup> NEWMAN, Dávila, El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. Universidad pedagógica Experimental Libertador. Caracas, Venezuela: Laurus vol.12

<sup>7</sup> Ibíd.

<sup>8</sup> MUÑOZ, Leonardo, diseño de un método para el uso de la competencia cognitiva, trabajo de grado. Universidad de Medellín., 2014.

#### **4.2.2 Competencias cognitivas<sup>9</sup>.**

Es la capacidad de desempeño integrada por el saber, el saber hacer, el ser y el saber convivir; hacen referencia a la convergencia de conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes, valores y sentimientos, para reconocer una situación problemática y resolverla adecuadamente, para tomar decisiones, en fin, para actuar acertadamente en cada situación de la vida personal, social y profesional. Están hechas de saberes, acciones, habilidades, destrezas, conocimientos, valores, sentimientos, se organizan en competencias, niveles de logro e indicadores que permitan valorar el desempeño.

#### **4.2.3 Fenómeno aceleración de Coriolis.**

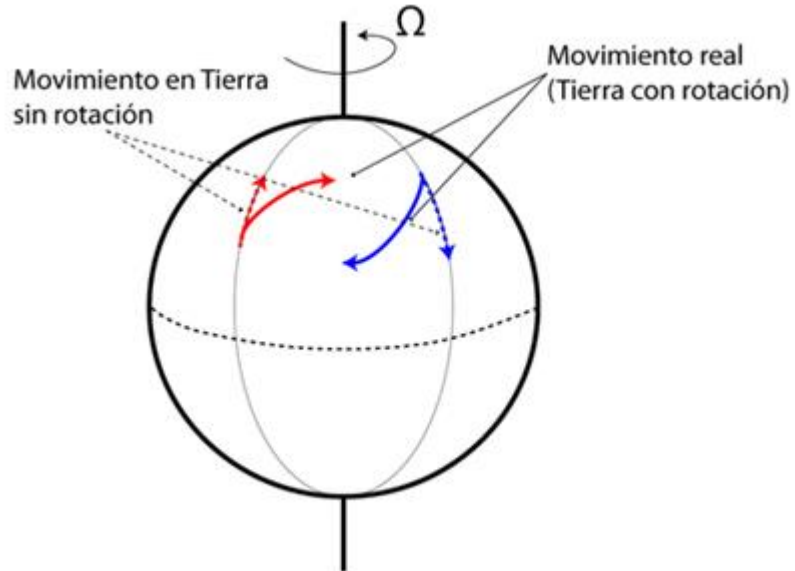
El efecto Coriolis, descrito en 1836 por el científico francés Gaspard-Gustave Coriolis, es el efecto que se observa en un sistema de referencia en rotación (y por tanto no inercial) cuando un cuerpo se encuentra en movimiento respecto de dicho sistema de referencia. Este efecto consiste en la existencia de una aceleración *relativa* del cuerpo en dicho sistema en rotación. Esta aceleración es siempre perpendicular al eje de rotación del sistema y a la velocidad del cuerpo.

El efecto Coriolis hace que un objeto que se mueve sobre el radio de un disco en rotación tienda a acelerarse con respecto a ese disco según si el movimiento es hacia el eje de giro o alejándose de éste. Por el mismo principio, en el caso de una esfera en rotación, el movimiento de un objeto sobre los meridianos también presenta este efecto, ya que dicho movimiento reduce o incrementa la distancia respecto al eje de giro de la esfera.

---

<sup>9</sup> MUÑOZ, Leonardo, diseño de un método para el uso de la competencia cognitiva, trabajo de grado. Universidad de Medellín., 2014.

**Figura 2.** Aceleración de coriolis



**Fuente:** <http://www.ehu.eus/ehusfera/epdzabaldu/2014/06/24/coriolis-y-los-huracanes/>

Debido a que el objeto sufre una aceleración desde el punto de vista del observador en rotación, es como si para éste existiera una fuerza sobre el objeto que lo acelera. A esta fuerza se la llama Fuerza de Coriolis, y no es una fuerza real en el sentido de que no hay nada que la produzca. Se trata pues de una fuerza inercial o ficticia, que se introduce para explicar, desde el punto de vista del sistema en rotación, la aceleración del cuerpo, cuyo origen está en realidad, en el hecho de que el sistema de observación está rotando.

#### **4.2.4 Sistemas de referencias no inerciales.**

Cuando se analiza un movimiento dinámico afectado por fuerzas, usualmente está implícito el observador, a partir del cual se generan las ecuaciones del movimiento, esto es desde un sistema o marco de referencia inercial, que a su vez puede estar quieto o en movimiento con velocidad constante. Cuando el sistema

de referencia está acelerado entonces estamos frente a un sistema de referencia No Inercial, esto afecta el análisis del movimiento dinámico y será necesario hacer consideraciones específicas.

Cuando se resuelven problemas de Dinámica se recomienda analizar desde un marco de referencia inercial, es lo usual, sin embargo, hay situaciones donde es preciso analizar desde un marco de referencia no inercial, y es donde debe realizarse las consideraciones del caso. La fuerza ficticia debe introducirse de todas maneras cuando se analiza desde el punto de vista de un marco de referencia no inercial, ya que podría darse el caso que al analizar un sistema las fuerzas se equilibren sin la presencia de la fuerza ficticia y hacer aparecer como si no fuera necesario la fuerza ficticia. Esta fuerza también es conocida como la fuerza de D'Alembert, quien enunció el principio que lleva su nombre, "Principio de D'Alembert".

#### **4.2.5 Fuerzas ficticias.**

Las fuerzas ficticias también llamadas como fuerzas inerciales, pseudofuerzas o fuerza de D'Alembert, en honor al físico francés Jean le Rond D'Alembert (1717 - 1783) quien fue el primero en aclarar sistemáticamente las reglas de aplicación de las leyes de la física por parte de un observador en el marco de referencia no inercial. Son fuerzas que aparecen en la naturaleza cuando no existe ninguna interacción física sobre un cuerpo o partícula; para que este fenómeno se lleve a cabo es necesario que el cuerpo o la partícula en estudio, se encuentre en un marco de referencia no inercial, es decir, que se esté acelerando constantemente en el tiempo.

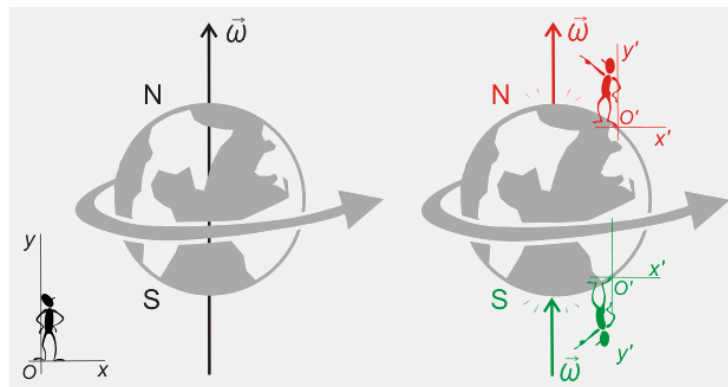
#### 4.2.5.1 Formulación y demostración de la aceleración de coriolis.

El segundo término que aparece en la expresión que relaciona las aceleraciones medidas por dos observadores en movimiento relativo de rotación uniforme es la aceleración de Coriolis.

$$\vec{a}_{Cor} = -2\vec{\omega} \times \vec{V}'$$

La aceleración de Coriolis dependerá de la velocidad angular del sistema en el cual se encuentre el objeto y se producirá una desviación en el movimiento de una partícula que se mueve con velocidad  $v'$  con respecto al sistema de referencia en rotación  $O'$  situado sobre su superficie, el signo negativo se debe al movimiento relativo de un móvil observado desde la tierra en rotación.

**Figura 3.** Movimiento de rotación de la tierra visto desde un observador en reposo (izquierda), un observador en el hemisferio norte y un observador en el hemisferio sur (derecha).

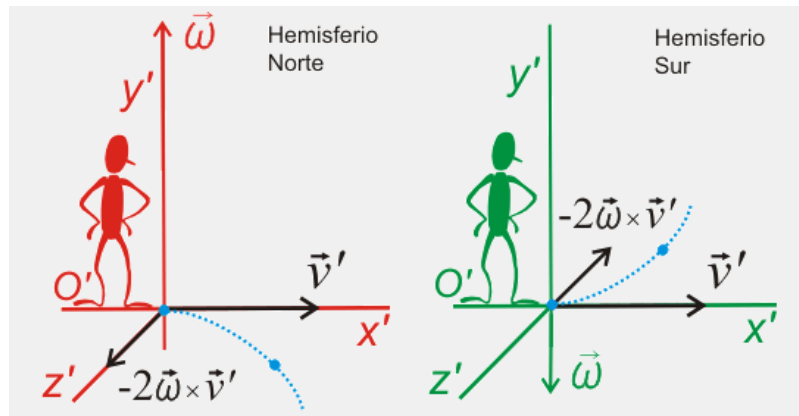


**Fuente:** <http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/cinematica/sabiasrot2.htm>

Para los observadores no inerciales  $O'$  el vector  $\omega$  apunta en sentidos diferentes dependiendo del hemisferio en que se encuentren. Este hecho va a provocar que el efecto de la aceleración de Coriolis sea diferente en cada hemisferio.

Vamos a analizar cómo percibe un observador en cada hemisferio el movimiento de una partícula que tiene velocidad  $\mathbf{v}'$ .

**Figura 4.** Movimiento de una partícula visto desde el hemisferio norte (izquierda) y desde el hemisferio sur (derecha).



**Fuente:** <http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/cinematica/sabiasrot2.htm>

Si la Tierra estuviera en reposo, la partícula se movería en línea recta con velocidad  $\mathbf{v}'$ . Pero como está rotando, desde el punto de vista de los observadores terrestres la partícula tiene una aceleración (la de Coriolis) que desvía la trayectoria **hacia la derecha en el hemisferio Norte y hacia la izquierda en el Sur**.

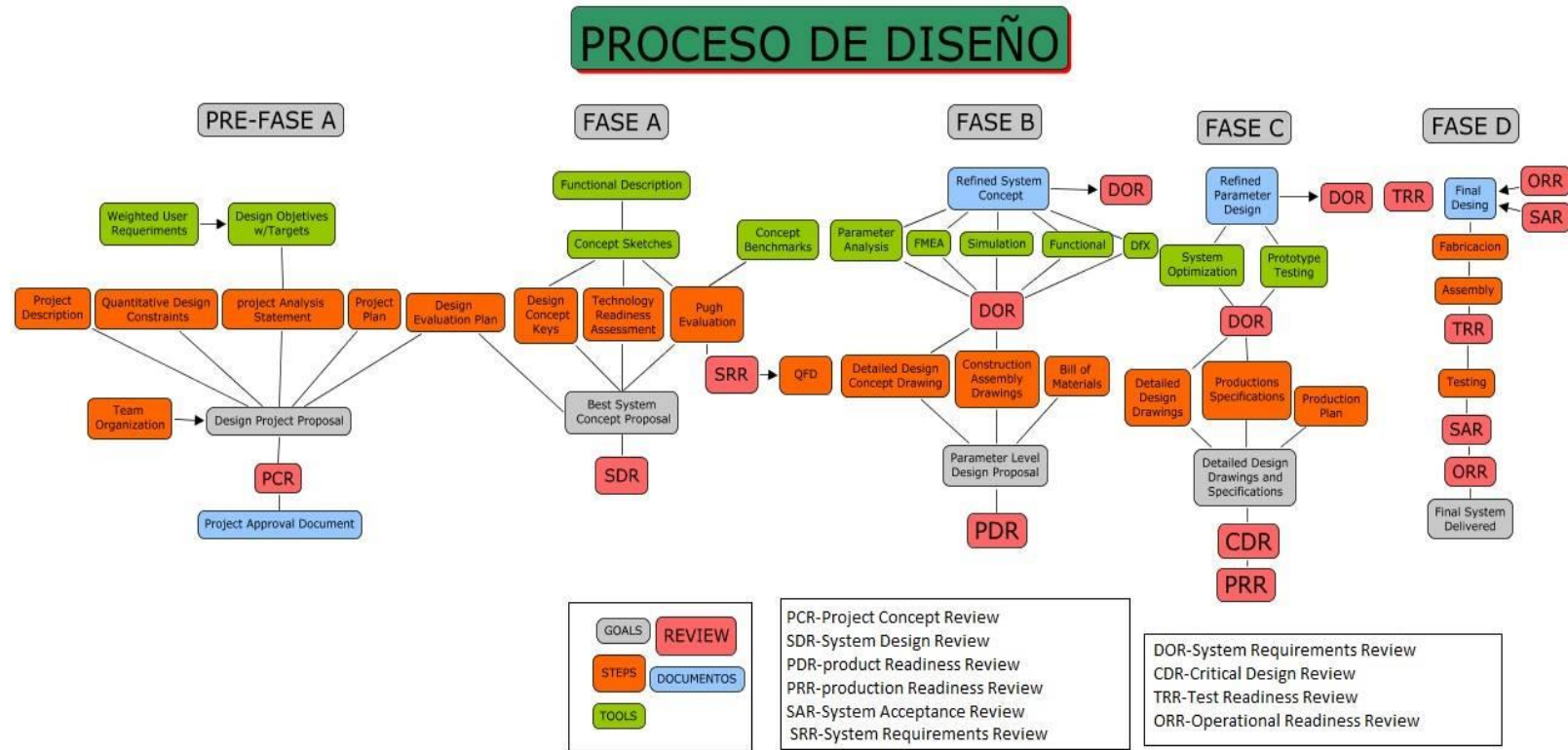
Es importante recalcar que no existe un agente externo que produzca esta desviación. Es consecuencia únicamente del movimiento del observador.

## **5. PROCESO DE DISEÑO CONCEPTUAL**

Para el proceso del diseño del banco educativo se siguió el NASA ESMD Capstone design, este es un método usado por la NASA para llevar a cabo sus proyectos, el cual se encarga de recolectar las demandas y expectativas que se desean obtener y las traduce, en pasos sucesivos, requerimiento de diseño y operación, estableciendo las características técnicas capaces de satisfacerlos. Por medio de este método se realizará un proceso que evaluará los parámetros más importantes para el desarrollo del proyecto y culminará en la selección de una alternativa a desarrollar, asegurando así el mejor diseño posible.

El proceso de diseño consiste de cinco fases, la pre-fase A que consiste en la etapa de análisis del problema de diseño, la fase A en la que se da el diseño conceptual, una fase B de diseño de parámetros de nivel, una fase C de diseño de parámetros optimizados y por último una fase D de fabricación, ensamblaje y pruebas de producto final.

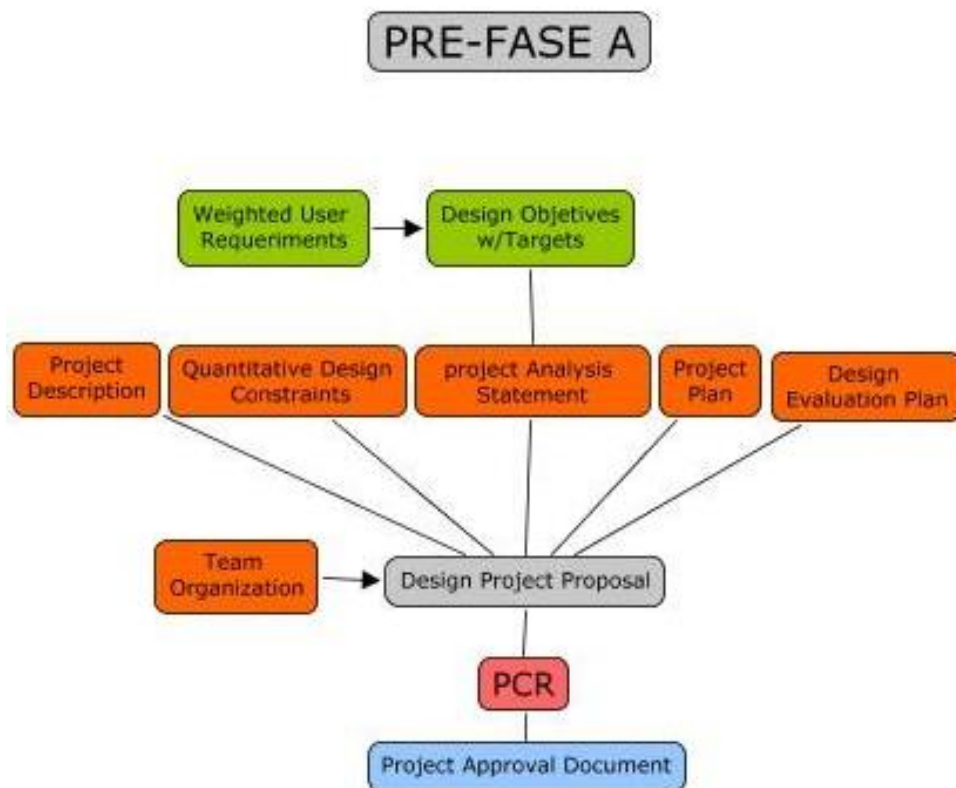
Figura 5. NASA ESMD Capstone design process



Fuente: Course Introduction NASA ESMD Capstone Design.

## 5.1 PRE-FASE A: REQUERIMIENTOS Y PARAMETROS DE DISEÑO.

Figura 6. Pre-Fase A del proceso de diseño.

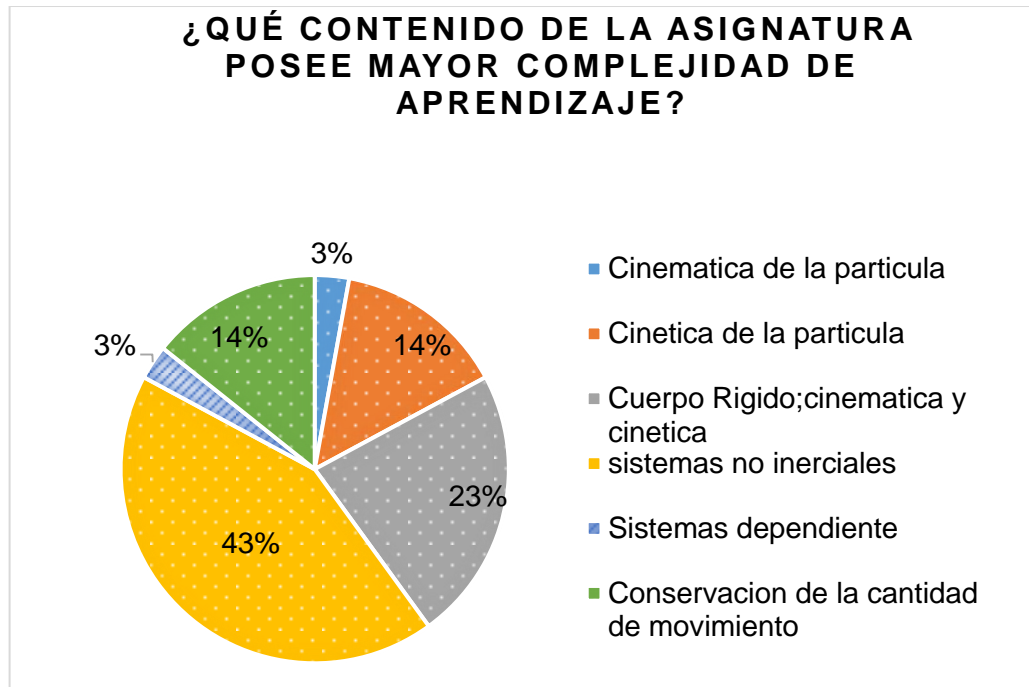


Fuente: Course Introduction NASA ESMD Capstone Design.

### 5.1.1 Resultados encuesta.

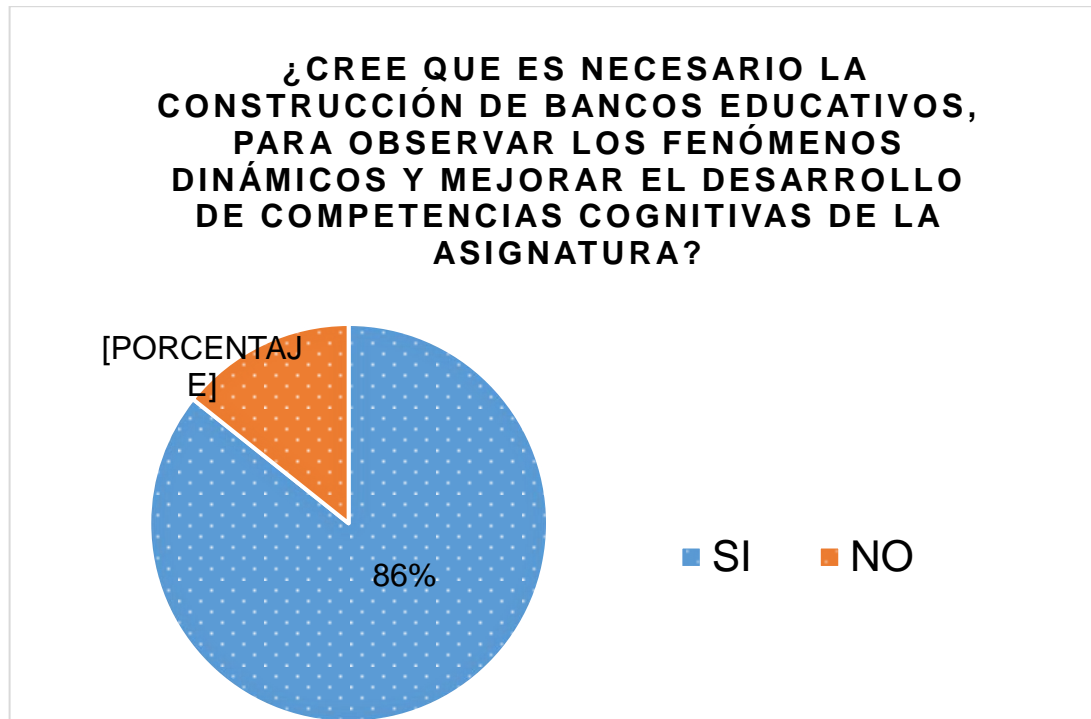
En esta fase se procede a realizar una encuesta (**Anexo A**) para la indagación de los temas de mayor falencia en asignatura de Dinámica y también se preguntan los parámetros y requerimientos más importantes a tener en cuenta para el diseño y construcción de un banco educativo.

**Figura 7.** Resultados primera pregunta.



Según el resultado de la encuesta observamos que los temas que poseen mayor complejidad de aprendizaje son: sistemas no inerciales 43%, cuerpo rígido, cinemática y cinética 23%, cinemática de la partícula y conservación de la cantidad de movimiento 14% y finalmente están cinemática de la partícula y sistemas dependientes con un 3%.

**Figura 8.** Resultados segunda pregunta.



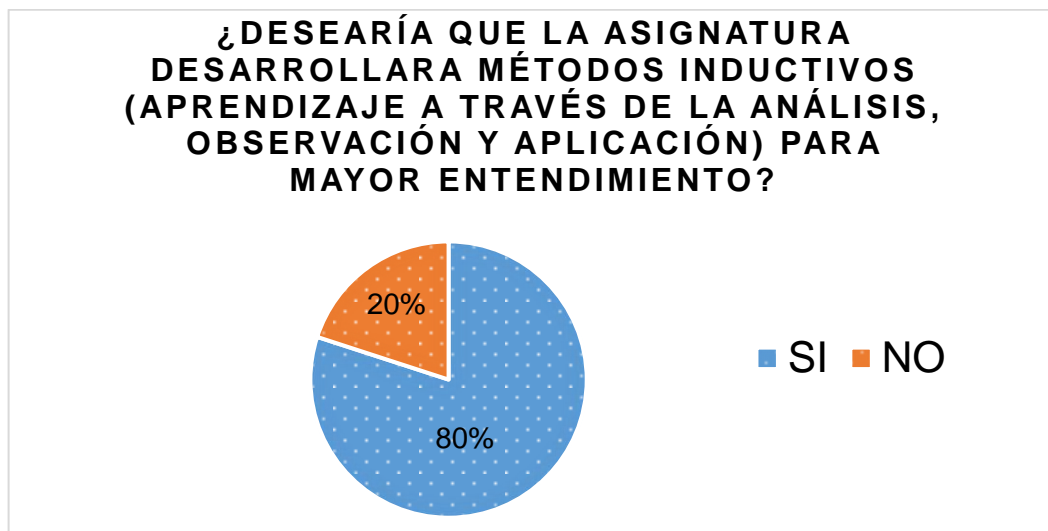
El 86% de los estudiantes que ya cursaron la asignatura Dinámica y fueron encuestados creen que es necesario la construcción de bancos educativos, para observar los fenómenos dinámicos y mejorar el desarrollo de competencias cognitivas de la asignatura y tan solo el 14% cree que no es necesario la construcción de estos bancos educativos.

**Figura 9.** Resultados tercera pregunta.



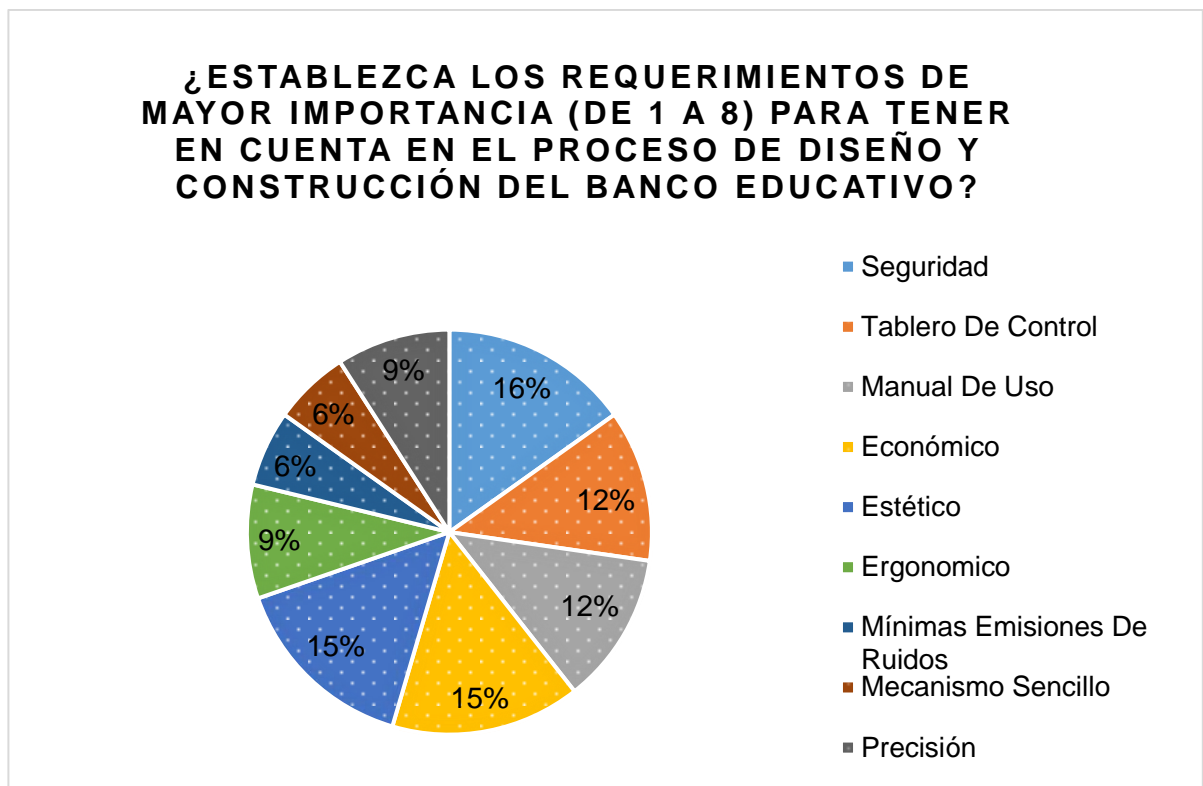
El 86% de los estudiantes encuestados sienten que el método de aprendizaje deductivo aplicado en la asignatura Dinámica genera falta de entendimiento para algunos fenómenos dinámicos.

**Figura 10.** Resultados cuarta pregunta.



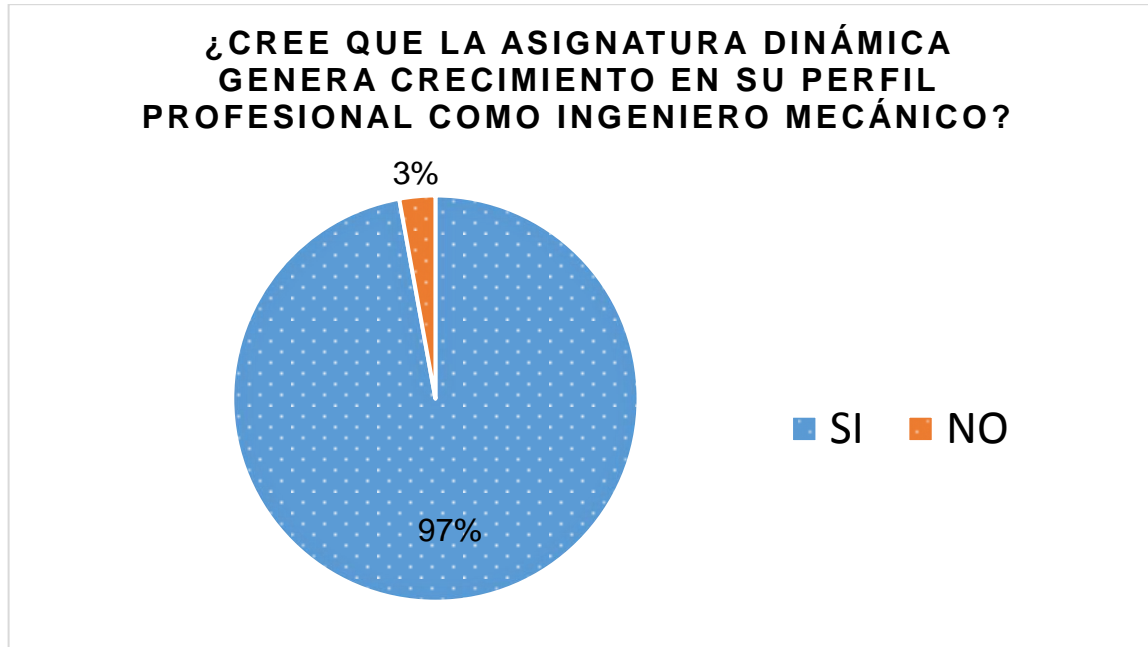
Según el resultado de la encuesta observamos que un 80% de los estudiantes encuestados desean que la asignatura Dinámica desarrolle el método de aprendizaje inductivo.

**Figura 11.** Resultados quinta pregunta.



Según los resultados obtenidos de la encuesta los requerimientos de mayor importancia para tener en cuenta en el proceso de diseño y construcción del banco educativo son: seguridad 16%, estético y económico 15%, tablero de control y manual de uso 12%, ergonómico y precisión 9%, mínimas emisiones de ruidos y mecanismos sencillos con un 6%.

**Figura 12.** Resultados sexta pregunta.



El 97% de los estudiantes encuestados cree que la asignatura Dinámica genera crecimiento en su perfil profesional como ingeniero mecánico y tan solo el 3% tienen una opinión negativa.

### **5.1.2 Requerimientos de usuario con peso.**

Lo primero que se estableció fueron los requerimientos del usuario con su respectiva importancia usando como parámetro de medición un rango de 1-5 y a su vez se investiga con profesionales relacionados con la enseñanza de la materia Dinámica y se establecen las demandas y expectativas básicas propuestas por los estudiantes y docentes para el diseño y construcción del banco educativo. Creando así el siguiente listado.

**Tabla 3.** Requerimientos de usuario con peso.

REQUERIMIENTOS DEL USUARIO	PESO (1-5)
Seguridad	5
Tablero De Control	4
Fácil Mantenimiento	3
Manual De Uso	4
Económico	5
Estético	5
Ergonómico	3
Mínimas Emisiones De Ruidos	2
Mecanismo Sencillo	2
Precisión	3

En las demandas de los usuarios se destacan tres requerimientos principales; que sea seguro, económico y con una estética inmejorable, continua con dos aspectos muy importantes a tener en cuenta que es un tablero de control y un manual de uso de la máquina, después encontramos características como fácil mantenimiento, que sea lo más ergonómico posible y tenga una buena precisión en la toma de datos y para finalizar, encontramos requerimientos como; mínima emisiones de ruido y que se utilicen mecanismos sencillos.

### **5.1.3 Parámetros de diseño.**

De los requerimientos de usuario y los objetivos planteados al inicio de este proyecto se obtienen los siguientes parámetros de diseño.

- Costos.
- Estética.
- Tablero de control.
- Fácil de fabricar.
- Fácil mantenimiento.

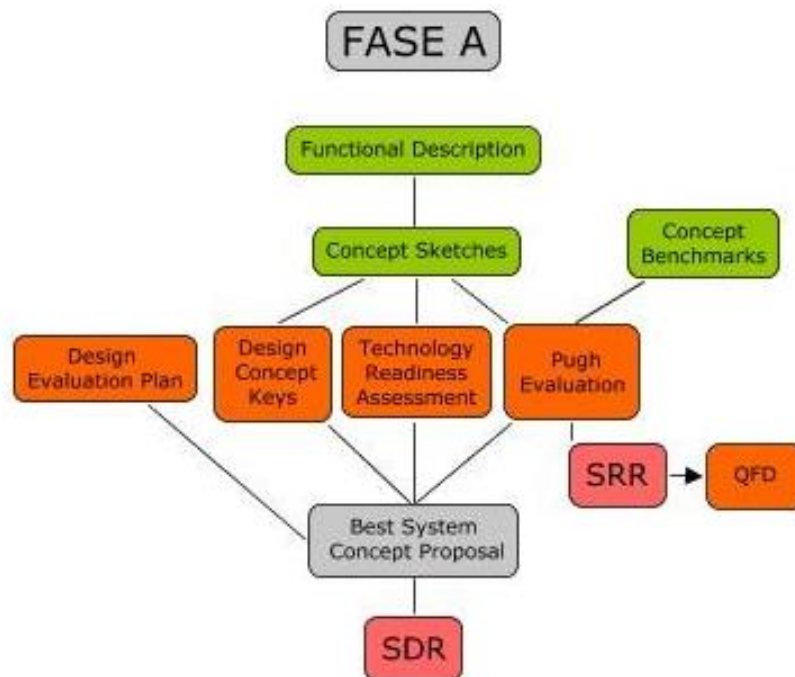
- Manual de uso.
- Baja vibración.

Con base en los parámetros, se plantean diferentes soluciones, teniendo como parámetros diseño, los valores “targets” u objetivos, de tal manera que todos los diseños planteados cumplan los objetivos de diseño.

Los otros pasos de proceso de **pre-fase A** como la organización de equipo, descripción, plan y evaluación de diseño del proyecto se desarrollaron durante el anteproyecto por lo que no serán detalladas en ésta sección del proceso de diseño.

## 5.2 FASE A: PROCESO DE SELECCIÓN.

**Figura 13.** Fase A del proceso de diseño.



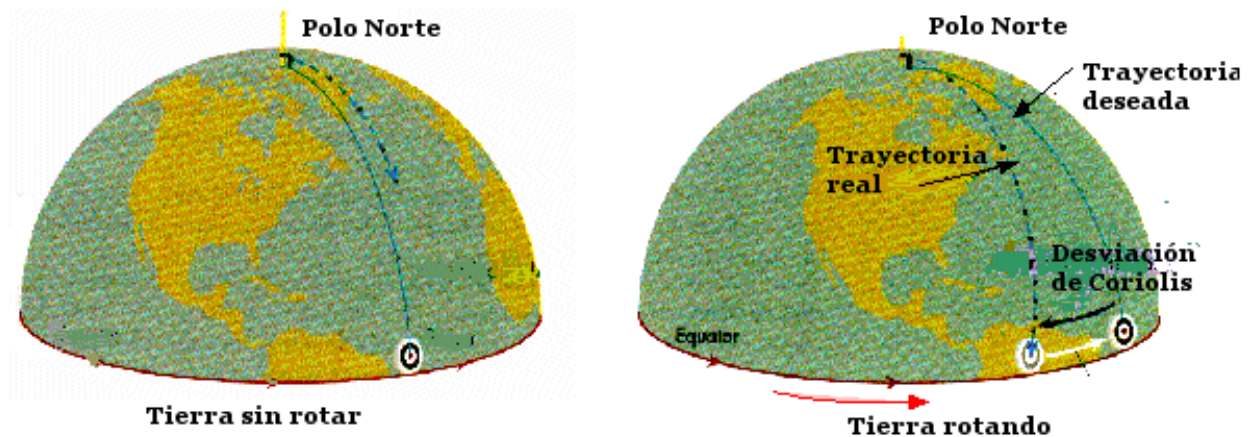
**Fuente:** NASA ESMD Capstone design. By John K. Gershenson, Ph.D.

Durante esta etapa de diseño se realiza la explicación funcional del proceso que debe cumplir las diferentes propuestas de solución, los bocetos iniciales propuestos para dar diferentes soluciones y los demás pasos que desembocan en la elección del concepto de diseño definitivo.

### 5.2.1 Descripción funcional.

La descripción funcional consiste en una explicación sencilla y gráfica de la tarea que debe ejecutar el sistema, en este caso se trata de demostrar el efecto de coriolis con la ayuda de un banco educativo el cual debe desarrollar ciertas tareas, las cuales deben ser cumplidas por todos los conceptos de solución propuestos.

**Figura 14.** Rotación de la Tierra ejerciendo un efecto sobre los objetos que se mueven sobre su superficie.



**Fuente:** [http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/AYC/document/atmosfera\\_y\\_clima/presion/efecCoriolis.htm](http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/AYC/document/atmosfera_y_clima/presion/efecCoriolis.htm)

Para encontrar una solución adecuada, los bocetos de diseño plantados deben cumplir con dos etapas sencillas y adicional a esto en cada tarea se deben

plasmar ciertos parámetros de diseño de los cuales se hablará más adelante. El sistema pasa por dos etapas diferentes; en la primera etapa el sistema de rotación debe estar detenido y con un objeto en movimiento, el cual se desplazará desde el punto A hasta un punto B en línea recta como se observa en la imagen izquierda de la figura 19. En la segunda etapa el sistema de rotación debe estar en movimiento y con un objeto desplazándose sobre este, el cual describa una desviación de la trayectoria original producida por efecto de coriolis como se muestra en la imagen derecha de la figura 19, Estas etapas son las necesarias para cumplir con los objetivos planteados al inicio del proyecto y con base a esto se plantean los bocetos de los cuales saldrá el concepto de diseño a desarrollar.

### **5.2.2 Bocetos de diseño primera ronda.**

Se propusieron tres conceptos de diseño para solucionar el problema anteriormente planteado y ejecutar las tareas que debe cumplir el banco educativo.

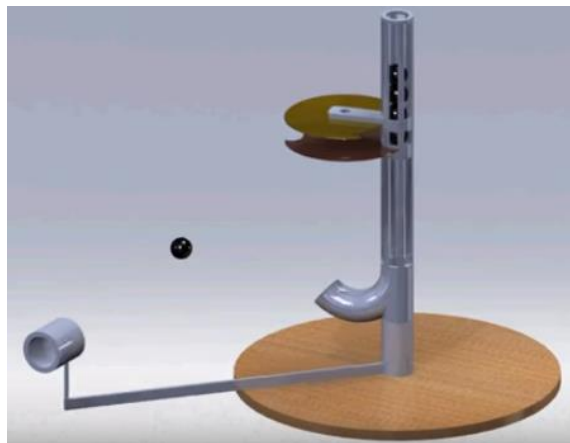
#### **5.2.2.1 Opción A: Montaje del banco educativo haciendo uso de un plato giratorio y tres objetos para observar el fenómeno de coriolis.**

Este banco educativo consiste en observar y analizar para diferentes casos, el fenómeno de fuerzas ficticias desde un sistema no inercial ( $O', x', y', z'$ ) que se daría observando el movimiento dentro de un plato giratorio por medio del uso de una mini cámara y otro sistema de referencia inercial ( $O, x, y, z$ ) que sería en este caso el estudiante observando el movimiento desde afuera.

La idea se basa en dejar caer tres objetos (pelotas) mediante el efecto caída libre a diferentes alturas por medio de una tubería que se encontraría conecta en medio del plato giratorio y la salida de dichas pelotas sería con una inclinación con

respecto al plato, para observar, estudiar y analizar; que el estudio de la trayectoria de la pelota, no se puede realizar mediante análisis de tiro parabólico debido a que existen fuerza ficticia (Efecto Coriolis) que hace que a medida que avance en trayectoria recta se realice una curva para el sistema inercial.

**Figura 15.** Montaje del banco educativo haciendo uso de un plato giratorio y tres objetos para observar el fenómeno de coriolis.



**Fuente:** <https://www.youtube.com/watch?v=P6MJ-HzROiY>

**5.2.2.2 Opción B: Montaje de un banco educativo haciendo uso de una bomba que distribuye fluido a una plataforma giratoria haciendo un control de velocidades de caudal.**

Este banco educativo se compone de una bomba, tanque, motor, una plataforma giratorio, y la parte electrónica para control de velocidades, el cual servirá para observar el fenómeno de coriolis a partir de un sistema no inercial ( $O', x', y', z'$ ), consiste en que el fluido pase a través de la bomba y por medio de tubería se situara en la plataforma, este contiene dos salidas mediante dos mangueras, la plataforma empezara a rotar con una velocidad angular constante y dará abertura

a las dos mangueras que se encuentran en dicho sistema se podrá observar la trayectoria que realizan cuando la plataforma se encuentra en movimiento y estática, el fluido terminara en el tanque de almacenamiento para volverá cumplir su función.

**Figura 16.** Montaje de un banco educativo haciendo uso de una bomba que distribuye fluido a un embudo giratorio haciendo un control de velocidades de caudal.



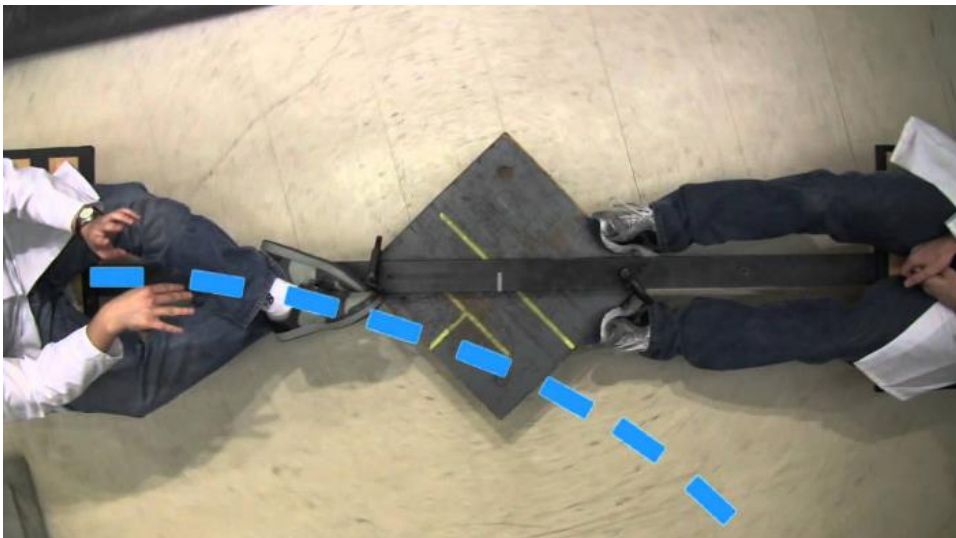
**Fuente:** [http://davidmartincamara.blogspot.com.co/2009\\_11\\_01\\_archive.html](http://davidmartincamara.blogspot.com.co/2009_11_01_archive.html)

### **5.2.2.3 Opción C: Dos observadores situados a lo largo de una plataforma recta.**

En este concepto de diseño se considerarán dos observadores en una plataforma giratoria, el observador A lanza una pelota al observador B, si la pelota se lanza en línea recta la pelota nunca llegara a su destino debido al efecto coriolis, entonces

el observar A predice la desviación lateral de la pelota y nuevamente lanza la pelota con una desviación tal que se contrarreste con la desviación provocada por el efecto coriolis y dando como resultado que la pelota llegue al receptor.

**Figura 17.** Dos observadores situados a lo largo de una plataforma recta.



**Fuente:** MIT Department of Physics Technical Services Group.

### 5.2.3 Matriz Pugh conceptos de diseño primera ronda.

La Matriz Pugh es usada como una herramienta que ayuda a decidir la mejor opción de diseño que se tiene, en este caso los tres primeros bocetos son sometidos a criterios que tienen que ver con los parámetros de diseño, y evaluados mediante los símbolos +, - y **S** indicando que cuando el concepto tiene muy buen comportamiento en el criterio que se está evaluando tenga un + de calificación, un - si su desempeño no es el esperado y una **S** cuando el comportamiento es neutra.

**Tabla 4.** Matriz Pugh primera ronda.

<b>CRITERIOS</b>	<b>OPCIÓN A</b>	<b>OPCIÓN B</b>	<b>OPCIÓN C</b>
Costos	+	-	+
Estética	+	+	-
Tablero de control	-	+	-
Fácil de fabricar	-	+	+
Fácil mantenimiento	+	+	+
Manual de uso	s	+	S
Baja vibración	+	+	+
<b>Total, Positivos</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
<b>Total, Negativos</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

En esta primera ronda se someten a la Matriz Pugh tres conceptos de diseño y dada su calificación el mejor fue el concepto B, pues tuvo la mejor diferencia con +6 y por lo tanto es la ganadora de esta ronda.

Se propone trabajar con un sistema de tres rondas de selección en la que se propondrán nuevas opciones con base a las ya existentes mejorando sus puntos débiles o simplemente proponiendo nuevas alternativas.

#### **5.2.4 Bocetos de diseño segunda ronda.**

Se proponen dos conceptos de diseño para compararlos con la opción B que ha salido ganadora de la primera ronda, en esta ronda se busca tener una mejora calificación que la ronda anterior.

#### 5.2.4.1 Opción D: Montaje de un banco educativo que consiste en una plataforma giratoria, un péndulo y una interfaz para calcular el valor de la Fuerza de Coriolis.

Este concepto de diseño consiste en una plataforma giratoria, un péndulo, una cámara, un electro imán, unos rieles, unos sensores, una interfaz para registrar datos de velocidad y tiempo y finalmente una estructura que soporte todos estos elementos, con este diseño se pretende que el estudiante calcule el valor de la Fuerza de Coriolis presente en un movimiento circular. La intención es poner a oscilar el péndulo a la vez que gira la plataforma circular. Por medio de la interfaz se obtienen los datos de velocidad de la plataforma y tiempo en que el péndulo tarda en pasar justo debajo del punto de suspensión y con esto calcular el valor de la Fuerza de Coriolis.

**Figura 18.** Montaje de un banco educativo que consiste en una plataforma giratoria, un péndulo y una interfaz para calcular el valor de la Fuerza de Coriolis.

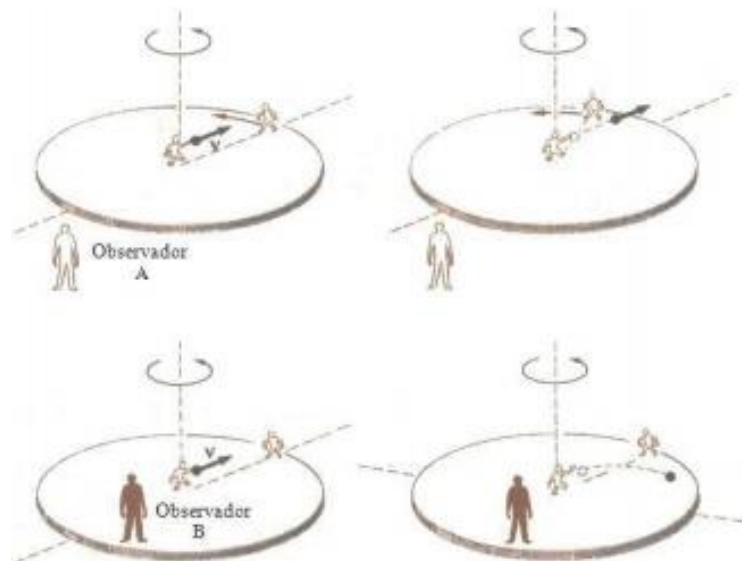


**Fuente:** Diseño y construcción de dispositivos experimentales para el estudio de fuerzas ficticias, Sergio Andrés Diago Arbeláez.

### 5.2.4.2 Opción E: Dos observadores situados a lo largo de una línea radial en una plataforma.

En este concepto de diseño se considerarán dos observadores situados a lo largo de una línea radial en una plataforma giratoria lanzándose una pelota del uno al otro, si la pelota se lanza hacia afuera a lo largo de una línea radial, se observará que se desvía hacia la derecha y no encuentra al receptor. En un marco de referencia inercial la bola viaja en línea recta y si no encuentra al receptor, es porque éste se está moviendo. La trayectoria de la bola respecto a la plataforma giratoria es la línea curva. Para que la pelota llegue justamente al receptor, debe lanzarse a la izquierda de éste para tener en cuenta la desviación lateral que se produce por efecto de Coriolis.

**Figura 19.** Esquema de las observaciones realizadas por un observador inercial A y uno no inercial B cuando la pelota es lanzada desde el centro de la plataforma giratoria.



**Fuente:** Tipler, P. (1990).

### 5.2.5 Matriz Pugh conceptos de diseño segunda ronda.

En esta segunda ronda se someten a evaluación los dos nuevos conceptos de diseño junto con el concepto ganador de la primera ronda de la Matriz Pugh “opción B”.

Estos conceptos se evalúan de igual manera que la primera ronda: evaluados mediante los símbolos +, - y S indicando que cuando el concepto tiene muy buen comportamiento en el criterio que se está evaluando tenga un + de calificación, un- si su desempeño no es el esperado y una S cuando el comportamiento es neutral.

**Tabla 5.** Matriz Pugh Segunda ronda.

<b>CRITERIOS</b>	<b>OPCIÓN D</b>	<b>OPCIÓN E</b>	<b>OPCIÓN B</b>
Costos	+	+	-
Estética	-	-	+
Tablero de control	+	-	+
Fácil de fabricar	-	+	+
Fácil mantenimiento	-	+	+
Manual de uso	+	+	+
Baja vibración	+	+	+
<b>Total, Positivos</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Total, Negativos</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

El concepto E es una mejora del concepto C, buscando que el concepto de diseño tenga mejor calificación y obtener las mejores posibilidades para el desarrollo del proyecto. Al final de esta ronda se logra obtener una mejor puntuación de los conceptos nuevos con respecto a los de la primera ronda, pero la mejor opción a tener en cuenta sigue siendo es el concepto B.

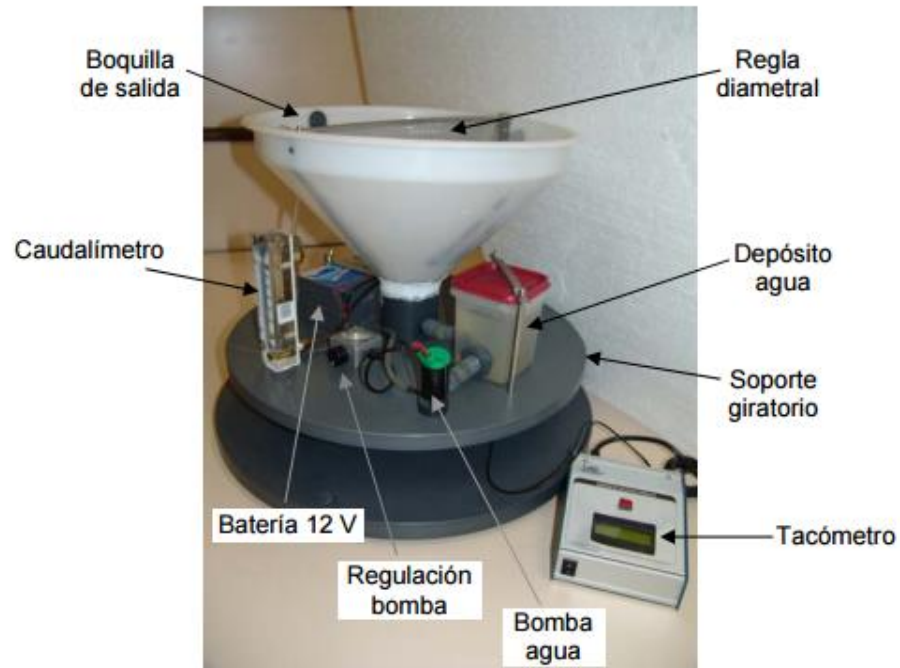
### **5.2.6 Bocetos de diseño tercera ronda.**

Se propone un concepto más para compararlo contra la opción B que ha salido ganadora de las anteriores dos rondas.

#### **5.2.6.1 Opción F: Montaje de un banco educativo que consiste en un sistema giratorio de embudo.**

Esta solución consiste en una plataforma giratoria, una bomba pequeña, un tacómetro, un caudalímetro y una interfaz para registrar datos de velocidad y tiempo. Este montaje radica en una plataforma giratoria sobre un rodamiento de baja fricción, la plataforma lleva todos los dispositivos necesarios para la circulación del agua, La circulación se da cuándo la pequeña bomba toma el agua de un recipiente y la impulsa por un tubo plástico flexible hasta el borde del embudo. Aquí hay una boquilla que expulsa un chorro de agua aproximadamente horizontal y dirigido hacia el centro del eje de giro. La idea de este diseño es que el estudiante pueda apreciar el fenómeno de coriolis y la par comprobar la Aceleración de Coriolis con los datos obtenidos en la interfaz.

**Figura 20.** Montaje de un banco educativo que consiste en un sistema giratorio de embudo.



**Fuente:** Aceleración de Coriolis, laboratorio de física general, facultad de ciencias universidad Autónoma de Madrid.

### 5.2.7 Matriz Pugh conceptos de diseño tercera ronda.

En esta segunda ronda se somete a la Matriz Pugh un nuevo concepto de diseño junto con el concepto ganador de la primera y segunda ronda de evaluación “opción B”.

Estos conceptos se evalúan de igual manera que la primera y segunda ronda: evaluados mediante los símbolos +, - y S indicando que cuando el concepto tiene muy buen comportamiento en el criterio que se está evaluando tenga un + de

calificación, un – si su desempeño no es el esperado y una S cuando el comportamiento es neutral.

**Tabla 6.** Matriz Pugh tercera ronda.

<b>CRITERIOS</b>	<b>OPCIÓN F</b>	<b>OPCIÓN B</b>
Costos	+	-
Estética	-	+
Tablero de control	+	+
Fácil de fabricar	+	+
Fácil mantenimiento	-	+
Manual de uso	+	+
Baja vibración	+	+
<b>Total, Positivos</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Total, Negativos</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

En esta última ronda el concepto de diseño B también ganó, razón por la cual es la alternativa ganadora de la Matriz Pugh total y será el concepto de diseño final.

### **5.2.8 Evaluación de disponibilidad de tecnología.**

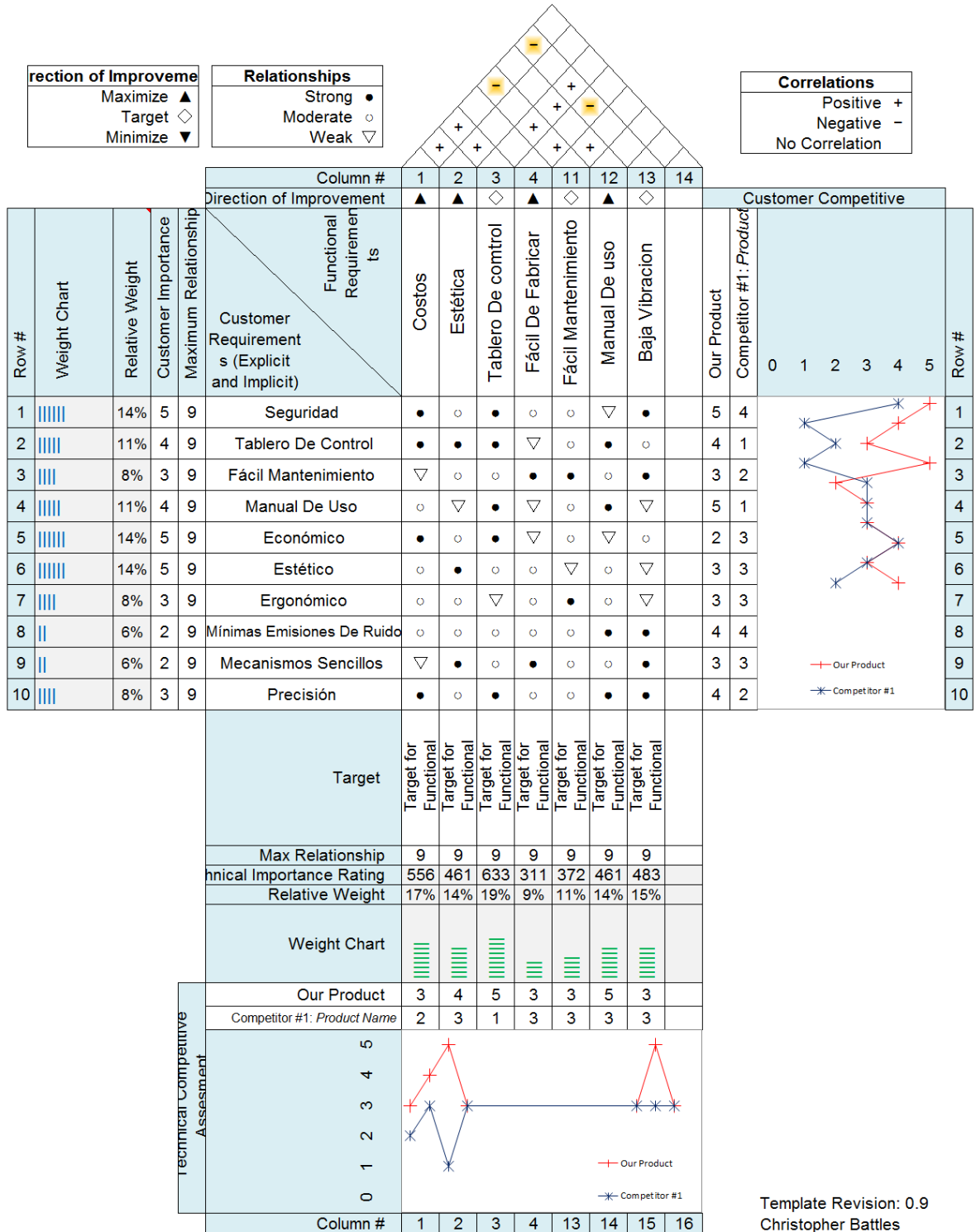
Para el desarrollo de este proyecto se tendrán en cuenta solo las opciones que no tengan exigencias especiales de tecnología, aquellas opciones que contengan partes que dispensen tecnología especial o de difícil acceso serán rechazadas. Además, serán prioridad las opciones que tengan procesos de manufactura y piezas estándar. Por esto mismo no se diseña un plan de desarrollo de tecnología, pues toda la tecnología usada para el diseño y construcción de las propuestas está disponible en el mercado local.

### **5.2.9 Despliegue de la función de calidad (Quality Function Deployment QFD).**

Al finalizar la FASE A ya se tiene un concepto de diseño compuesto de estos elementos y se procederá a ejecutar la matriz QFD (Despliegue de función de calidad) en el cual se hará la evaluación con un competidor que diseñe bancos educativos para observar el fenómeno de coriolis. Para aportar mayor calidad al diseño y funciones de la máquina.

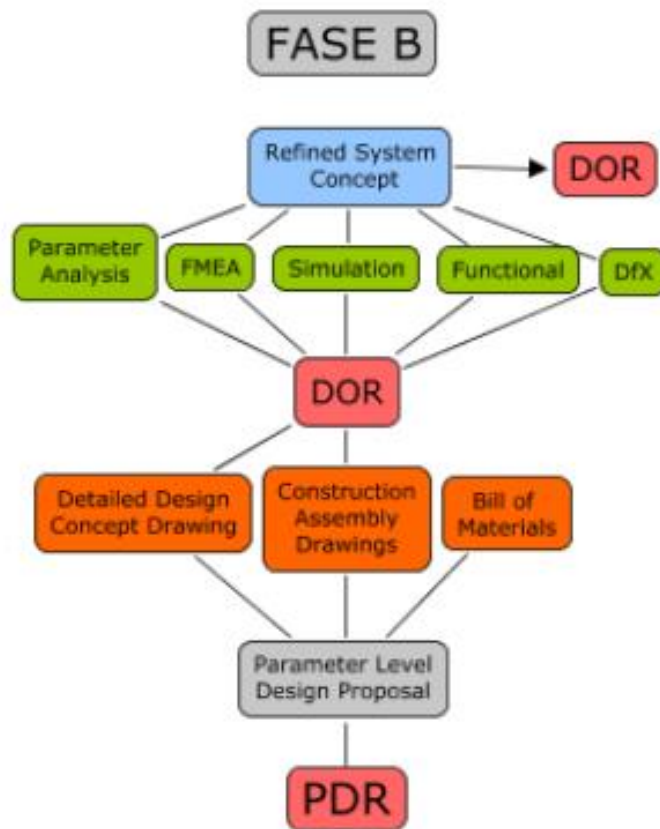
El proceso es comparar cuál de las dos máquinas cumple los requerimientos del usuario y parámetros de diseño mencionado en la PREFASE de la metodología de diseño.

Figura 21. Quality Function Deployment.



### 5.3 FASE B: DISEÑO EN DETALLE.

Figura 22. Fase B de diseño



**Fuente:** NASA ESMD Capstone design. By John K. Gershenson, Ph.D.

Al finalizar la FASE A, donde se seleccionó el diseño mediante la matriz QFD, se procede a realizar los cálculos, selección de máquinas rotativas, análisis de resistencia, análisis de falla, y pruebas funcionales para llegar a un diseño detallado.

### 5.3.1 Cálculo del diámetro del disco.

Para cálculos del disco giratorio se partirá inicialmente del reposo y haciendo uso de la cinemática de la partícula se hallará el diámetro del disco.

Datos suministrados:

Caudal suministrado por la bomba=30 litros/min

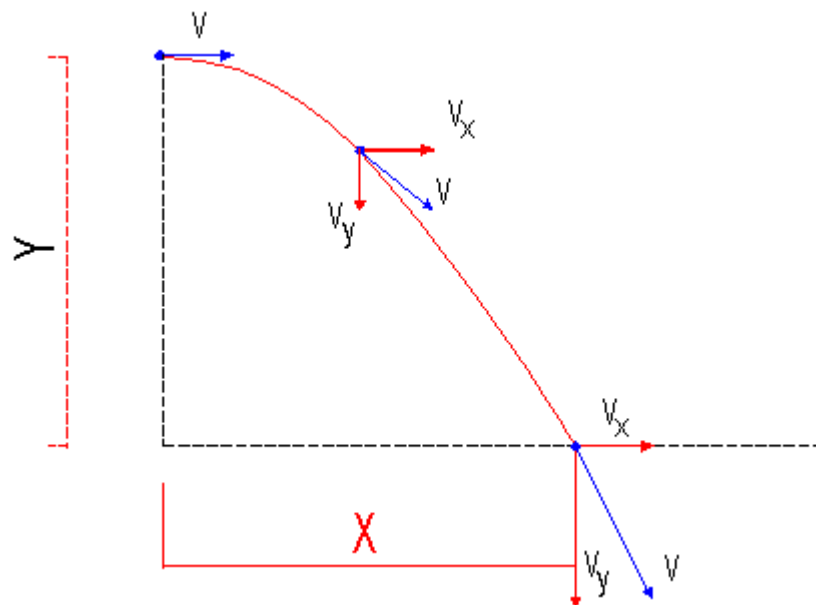
Caudal utilizado para cálculos: 16 litros/min

Diámetro de la boquilla de salida:  $0,9\text{cm} = 0,09\text{ m}$

Gravedad =  $9,81\frac{\text{m}^2}{\text{seg}}$

Altura de los chorros =  $32,2\text{ cm} = 0,322\text{m}$

**Figura 23.** Movimiento que experimenta el fluido cuando el sistema de rotación está en reposo.



$$Q = (\text{Velocidad})(\text{Area})$$

$$Q_{1boquilla} = 8 \frac{\text{litros}}{\text{min}} * \left( \frac{1\text{min}}{60\text{seg}} \right) * \left( \frac{1\text{m}^3}{1000\text{litros}} \right) = 1,3 * 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$\text{Area} = \pi r^2$$

$$\text{Area} = \pi(0,0045)^2 = 6,361 * 10^{-5} \text{m}^2$$

$$\text{Velocidad} = \frac{1,3 * 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{6,36 * 10^{-5}} = 2,1 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Ecuaciones cinemática eje vertical Y

Debido a las condiciones iniciales  $Y_0 = 0$ ,  $V_{0y} = 0$

$$Y = \frac{1}{2}gt^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2(0,32)}{9,81}} = 0,255 \text{seg}$$

Ecuaciones cinemática eje horizontal X

Debido a las condiciones iniciales  $X_0 = 0$

$$X = Vt$$

$$X = (0,255)(2,6) = 0,53\text{m}$$

Para mayor facilidad en los cálculos y en la compra en el sector industrial se procede a utilizar un diámetro de 55cm.

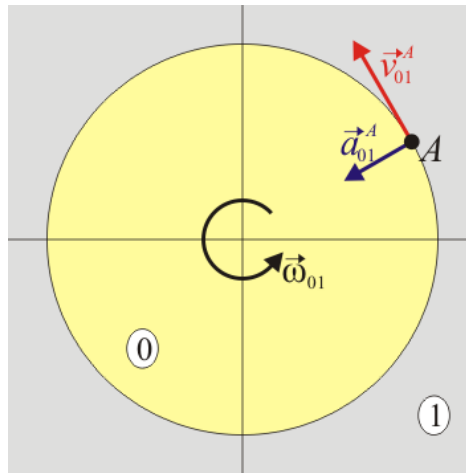
### 5.3.2 Selección del motor.

Para selección del motor, se procede a realizar los cálculos respectivos basándonos en datos conocidos y estableciendo hipótesis de diseño:

- A. Se establece una velocidad de giro del disco la cual será de 110 rpm.

- B. Se toma la medida del peso del disco 7 Kilogramos.
- C. Se despreció el peso de los tubos debido a la relación con respecto a la del disco.
- D. El valor correspondiente al diámetro del disco es de 55 cm.

**Figura 24.** Vista superior del disco giratorio.



$$\omega_{disco} = 110Rpm = 11,51 \frac{rad}{s}$$

Conociendo la velocidad de giro se procede a calcular la aceleración angular del sistema.

$$\omega_{Disco} = \omega_o + \alpha t$$

Donde:

$\omega_o$  = velocidad inicial del sistema

$\alpha$  = aceleracion angular del sistema

$t$  = tiempo en alcanzar la velocidad deseada

Mediante la práctica de laboratorio se realiza una toma de datos con uso de un cronometro para encontrar el tiempo, dónde el sistema se estabiliza y logra obtener la velocidad deseada.

**Figura 25.** Toma de tiempos de estabilización del sistema.



Datos obtenidos:

**Tabla 7.** Toma de datos del tiempo en establecerse el sistema.

TOMA	TIEMPO (Seg)
1	0,18
2	0,25
3	0,19
4	0,22
5	0,18
<b>Promedio</b>	<b>0,20</b>

$$\alpha = \frac{\omega}{t} = \frac{11,51 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{0,2(\text{seg})} = 57,55 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

**Figura 26.** Fuerza rotacional generada por el disco.

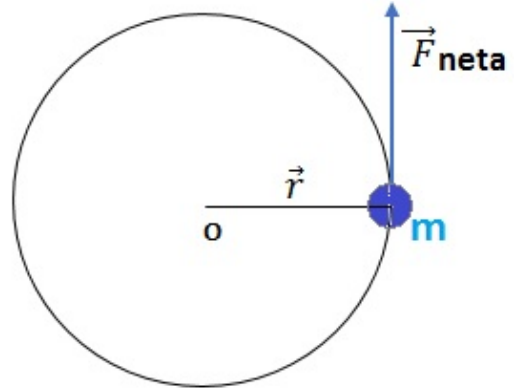
*Fuerza rotacional = torque =  $\vec{T}$*

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

$$\vec{T} = rF \sin(90^\circ) = rF$$

$$\vec{T} = rma = rmr\alpha$$

$$\vec{T} = (mr^2)\alpha = \alpha I$$



$$I_{\text{cilindro}} = \frac{1}{2} mR^2$$

$$I_{\text{cilindro}} = \frac{1}{2} (0,275)^2 (7) = 0,26 \text{ Kg} * \text{m}^2$$

$$\tau = 57,55 * 0,26,33 = 14,96 \text{ N} * \text{m}$$

$$POTENCIA_{\text{util}} = \tau\omega$$

$$POTENCIA_{\text{util}} = 14,57 * 11,51 = 272,18 \text{ Watt} = 0,23 \text{ HP}$$

Considerando una eficiencia mecánica del 85% se estima que la potencia nominal del motor que cubra los requerimientos del proceso debe ser:

$$POTENCIA_{\text{MOTOR}} = \frac{\text{potencia}_{\text{util}}}{\eta_{\text{mec}}} = \frac{0,23}{85\%} = 0,27 \text{ HP}$$

Para la selección, se normaliza teniendo en cuenta un factor de seguridad del 0.5, el cual se estandariza a ½ **HP** y se selecciona la velocidad que será de 1800 Rpm.

**Figura 27.** Motor trifásico de ½ HP marca WEG.



### **5.3.3 Selección del reductor de velocidades**

Para la selección del reductor se parte de la velocidad deseada y la velocidad de salida del motor.

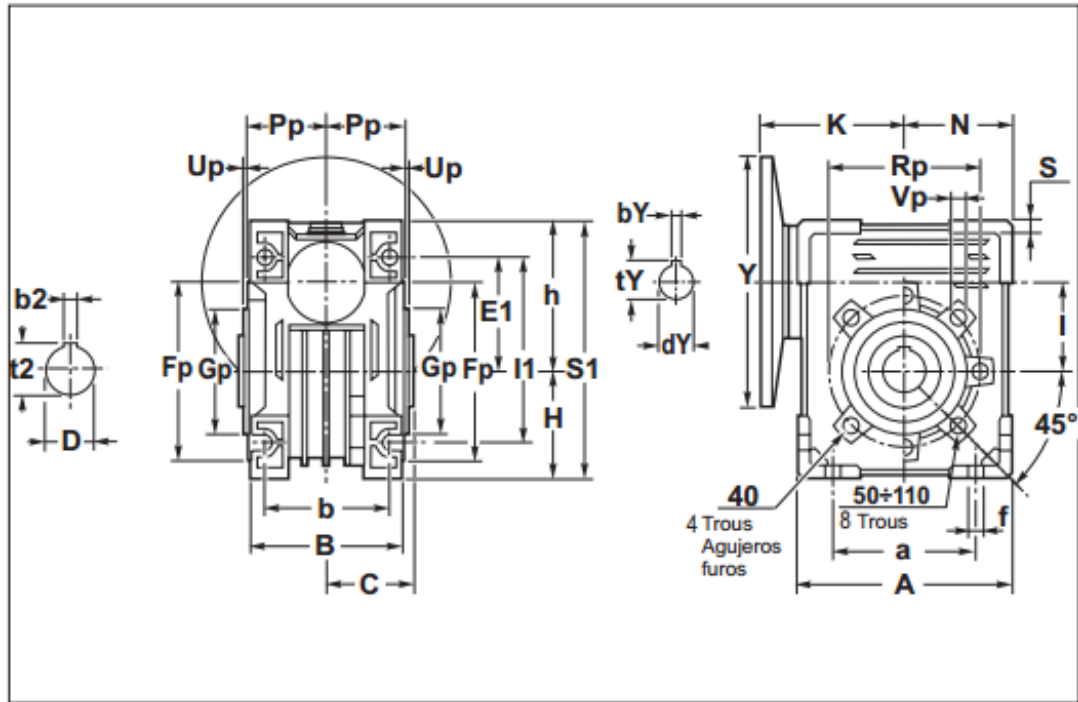
$$\textit{Velocidad de salida} = 1800 \textit{ rpm}$$

$$\textit{Velocidad deseada} = 45 \textit{ rpm}$$

Analizando los datos obtenemos que se requiere una relación de 40:1 y que posea las mismas características de acople con el motor trifásico, se procede a seleccionar un reductor sin fin corona cuadrada STM-SPA ITALY modelo UMI40 con las siguientes características.

**Figura 28.** Dimensionamiento carcasa externa del reductor.

## UMI ( 40 - 110 )



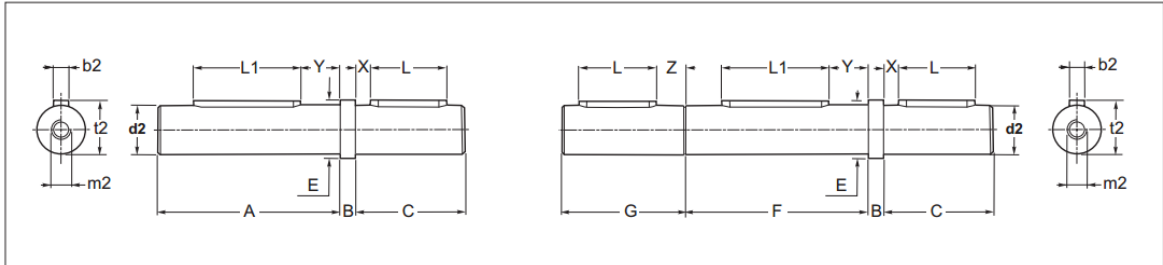
U - UI UMI	A	a	B	b	C	D H7	d j6	E1	f	h	H	I	I1	L	M	m	N	S	S1
40	100	70	71	60	39	18	11	55	6.5	71.5	50	40	90	22	64	M5	50	6	121.5

**Fuente:** STM-SPA 40UMI CATALOGO.

### 5.3.3.1 Selección del eje de del reductor de velocidades.

Teniendo como referencia las dimensiones del reductor de velocidades, se observa en la figura 21 que el diámetro de salida del eje debe tener un valor de 18 mm entonces se procedió a buscar en el catálogo STM SPA ITALY el dimensionamiento del eje.

**Figura 29.** Dimensionamiento del eje de salida.



	<b>40</b>
<b>A</b>	76
<b>B</b>	10
<b>C</b>	40
<b>d2 g6</b>	18
<b>m2</b>	M8
<b>E</b>	22
<b>F</b>	78
<b>G</b>	50
<b>L</b>	25
<b>L1</b>	40
<b>X</b>	8
<b>Y</b>	21
<b>Z</b>	18

**Fuente:** STM-SPA 40UMI CATALOGO.

### 5.3.3.2 Selección de la polea y correa del eje de salida del reductor.

El tamaño de la polea fue definido de manera estándar, partiendo del diámetro del eje de salida de 18mm se procede a realizar los cálculos correspondientes al número de correas.

Determinar el número de correas:

$$Potencia_{diseño} = Pot_{transmitida} * Kw$$

$$Pot_{tran} = potencia transmitida del motor conductor = 0.5 HP$$

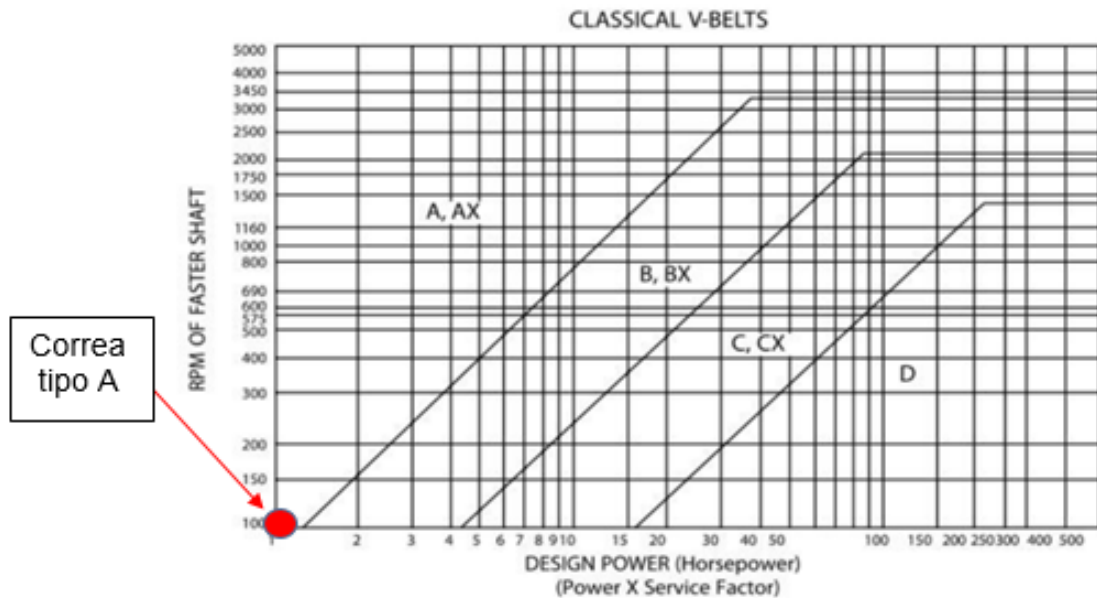
$$Kw = factor de servicio tomado de la tabla 7; para carga ligera y poco uso = 1$$

**Tabla 8.** Selección del factor de servicio.

Máquinas motrices	Motores eléctricos cd = 2 cn Motores térmicos multicilindros > 600 rpm			Motores eléctricos c maxi > 2 cn Monocilindro < 600 rpm		
	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d
<i>Cargas uniformes ligeras:</i> Agitadores para líquidos, bombas y compresores centríugos-ventiladores hasta 7,5 Kw Pequeños transportadores	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
<i>Cargas uniformes medias:</i> Transportadores de cinta (arena, grano) Ventiladores superiores 7,5 Kw Generadores-alternadores, máquinas herramientas Maquinaria artes gráficas, prensas, cizallas, lavadoras, bombas rotativas.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
<i>Cargas irregulares con sobrecargas:</i> Maquinaria para ladrillos y cerámica Elevadores con canchilones. Compresores y bombas de pistones. Maquinaria papel. Pulverizadores. Maquinaria textil.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
<i>Cargas irregulares y sobrecargas importantes:</i> Molinos, machacadoras, laminadoras, calandras mezcladoras. Gruas, dragas.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8
Cargas muy irregulares y grandes sobrecargas.	2	2	2	2	2	2

$$Potencia_{diseño} = 0,5 * 1 = 0,5HP$$

Figura 30. Para selección de correas.



Fuente: Catalogó STARFLEX.

En este caso en específico la gráfica no proporciona el dato para 0,5 Hp, por eso como criterio de diseño se toma el tipo de correa que se encuentra más cercano a

este valor en la gráfica, por lo tanto, para una potencia de diseño de 1Hp y una velocidad de 100 rpm el tipo de banda a utilizar es **A**.

**Tabla 9.** Diámetro mínimo recomendado para la polea del motor eléctrico según la norma MG1-3.16 Nema.

POTENCIA DEL MOTOR HP	RPM DEL MOTOR					
	575	695	870	1160	1750	3450
.50	2.50	2.50	2.50	—	—	—
.75	3.00	2.50	2.50	2.50	—	—
1.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25	—
1.50	3.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25
2.00	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50
3.00	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50
5.00	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50
7.50	4.25	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00
10.00	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75	3.00
15.00	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75
20.00	8.25	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50
25.00	9.00	8.25	6.75	6.00	4.50	4.50*
* 30.00	10.00	9.00	6.75	6.75	5.25	—
40.00	10.00	10.00	8.25	6.75	6.00	—
50.00	11.00	10.00	9.00	8.25	6.75	—
60.00	12.00	11.00	10.00	9.00	7.50	—
75.00	14.00	13.00	10.00	10.00	9.00	—
100.00	18.00	15.00	13.00	13.00	10.00	—
125.00	20.00	18.00	15.00	13.00	11.00	—
150.00	22.00	20.00	18.00	13.00	—	—
200.00	22.00	22.00	22.00	—	—	—
250.00	22.00	22.00	—	—	—	—
300.00	27.00	27.00	—	—	—	—

Fuente: Catalogo Martins.

Según la tabla 7 se observa que para la velocidad que se requiere de 45 rpm la tabla no proporciona por lo tanto se procede a tomar el último dato obtenido de la tabla para un motor de ½ HP y una velocidad 575 rpm el diámetro mínimo recomendado será de **2,50" (63,5mm)**.

Para calcular el número de bandas que necesita la transmisión se procede a hallar la potencia corregida por banda.

$$N_{correas} = \frac{\text{potencia de diseño} * \text{factor de servicio}}{\text{potencia corregida por banda}}$$

$$\text{potencia corregida por banda} = K_{\phi} * \text{Potencia por banda}$$

$K_{\phi}$  = Factor de corrección por longitud y arco

Para hallar la potencia corregida nos basamos del catálogo proporcionado por la empresa MARTINS.

**Figura 31.** Catálogo para hallar la potencia por banda y el factor de corrección por longitud y largo.

Relación de Velocidad		Combinación de Poleas		Velocidades Impulsadas y HP por Banda									Distancia Nominal entre Centros y Factor de Corrección por Longitud y Arco						
				3500 RPM Motriz			1750 RPM Motriz			1160 RPM Motriz			Designación de Largo de Banda A/X						
				Impuls. RPM	HP por Banda A	HP por Banda AX	Impuls. RPM	HP por Banda A	HP por Banda AX	Impuls. RPM	HP por Banda A	HP por Banda AX	26	31	35	38	42	46	51
				Motriz D.P.	Impuls. D.P.														
1.00	3.0	3.0	3500	2.24	3.17	1750	1.67	2.10	1160	1.29	1.57	8.9	11.4	13.4	14.9	16.9	18.9	21.4	
1.00	3.2	3.2	3500	2.87	3.82	1750	2.04	2.47	1160	1.55	1.83	8.6	11.1	13.1	14.6	16.6	18.6	21.1	
1.00	3.4	3.4	3500	3.48	4.45	1750	2.41	2.84	1160	1.81	2.09	8.3	10.8	12.8	14.3	16.3	18.3	20.8	
1.00	3.6	3.6	3500	4.08	5.07	1750	2.77	3.21	1160	2.06	2.34	8.0	10.5	12.5	14.0	16.0	18.0	20.5	
1.00	3.8	3.8	3500	4.66	5.68	1750	3.13	3.57	1160	2.32	2.60	7.7	10.2	12.2	13.7	15.7	17.7	20.2	
												0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.90	0.92	

**Fuente:** Catálogo Martin.

Para proceder se establece un criterio de selección:

- Para proceder a entrar en el catálogo se establece la relación de diámetro de poleas la cual en nuestro caso se utilizará 1:1.
- Partiendo de diámetro mínimo de 2,5” se recomienda se busca en el catálogo un dato un poco mayor al proporcionado en este caso se procede a utilizar 3”.

- C. Conociendo la velocidad de la polea motriz en este caso se asumirá de 1160 rpm la más pequeña que proporciona el catalogo obtenemos una potencia por banda de 1,29HP.
- D. la distancia entre centros establecida por criterio de diseñador debido al dimensionamiento de la maquina se asume de 23cm.
- E. Realizando la selección de acuerdo a la distancia entre centros se selecciona una correa **A26**.
- F. Para finalizar se procede a seleccionar el factor de corrección que se encuentra establecido en la parte sombreada de la tabla 8 dando como selección **0,75**.

Teniendo como resultado del análisis de selección se calcula el número de correas que necesita la transmisión:

$$N_{bandas} = \frac{0,5 * 1}{1,29 * 0,75} = 0,515$$

Según el procedimiento anterior para la transmisión del sistema se recomienda utilizar una banda tipo A26 marca STARFLEX.

Ahora que conocemos las características de correa se procede a hallar las fuerzas que se generan.

**Tabla 10.** Detalle de la sección de la correa.

PRESENTACIÓN				
TIPO	ANCHO SUPERIOR (MM)	ALTO (MM)	ANGULO (°)	RANGO DE LONGITUD
M	10.0	6.0	40	M12 – M74
A	13.0	8.0	40	A 14 – A 180
B	17.0	11.0	40	B 18 – B 285
C	22.0	14.0	40	C 40 – C 380
D	32.0	19.0	40	D 80 – D 420
E	38.0	25.0	40	E 270

**Fuente:** Catalogo STARFLEX.

Para los cálculos de las fuerzas generadas por la transmisión se sigue el procedimiento establecido por el libro diseño en ingeniería mecánica de shigley capítulo 17.

La velocidad periférica  $V$  de banda está dada por:

$$V = \frac{\pi D_{polea} * n_{rev}}{12} = \frac{\pi(3") * 45rpm}{12} = 35,34 \frac{pies}{min}$$

Teniendo como referencia la distancia entre centro de 8,9" se calcula el ángulo de contacto.

$$\theta_d = \pi - 2 \operatorname{sen}^{-1} \left( \frac{D_{polea1} - d_{polea2}}{2C} \right) = \pi = \text{ANGULO DE CONTACTO}$$

Se hace los cálculos conociendo que el  $D_{polea1} = d_{polea2}$

Se procede a hallar la tensión centrífuga:

$$F_c = K_c \left( \frac{V}{1000} \right)^2$$

El factor  $K_c$  se obtiene de la tabla 17-16 de Shigley diseño en ingeniería mecánica según el tipo de correa A

$$K_c = 0,561$$

$$F_c = 0,561 \left( \frac{35,34}{1000} \right)^2 = 0,00070 \text{ lbf} = 0,0031 \text{ N}$$

La potencia que se transmite por la banda se basa en  $\Delta F = \frac{63.025 * \frac{Hd}{Nb}}{n \left( \frac{d}{2} \right)}$

Donde:

$$Hd = \text{potencia de diseño} = H_{nom} * \text{factor de servicio} = 0,5HP$$

$$Nb = N_{correas} = 1$$

$$\Delta F = \frac{63.025 * \frac{0,5}{1}}{45 \left( \frac{3}{2} \right)} = 0,46 \text{ Lbf} = 2,04 \text{ N}$$

La tensión mayor  $F_1$  esta dada por

$$\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = e^{(0,5123 * \theta_d)} \text{ ecuación 1}$$

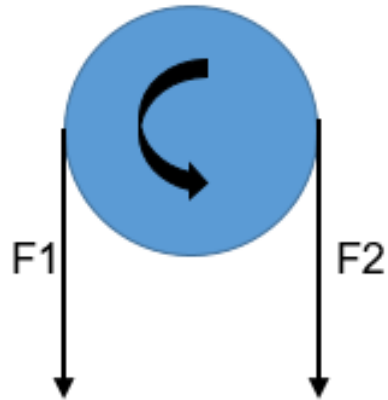
$$\Delta F = F_1 - F_2 \text{ ecuación 2}$$

Solucionando la ecuación 1 y 2 obtenemos:

$$F_1 = 2,55 \text{ N}$$

$$F_2 = 0,51 \text{ N}$$

**Figura 32.** Representación de las fuerzas en las poleas.

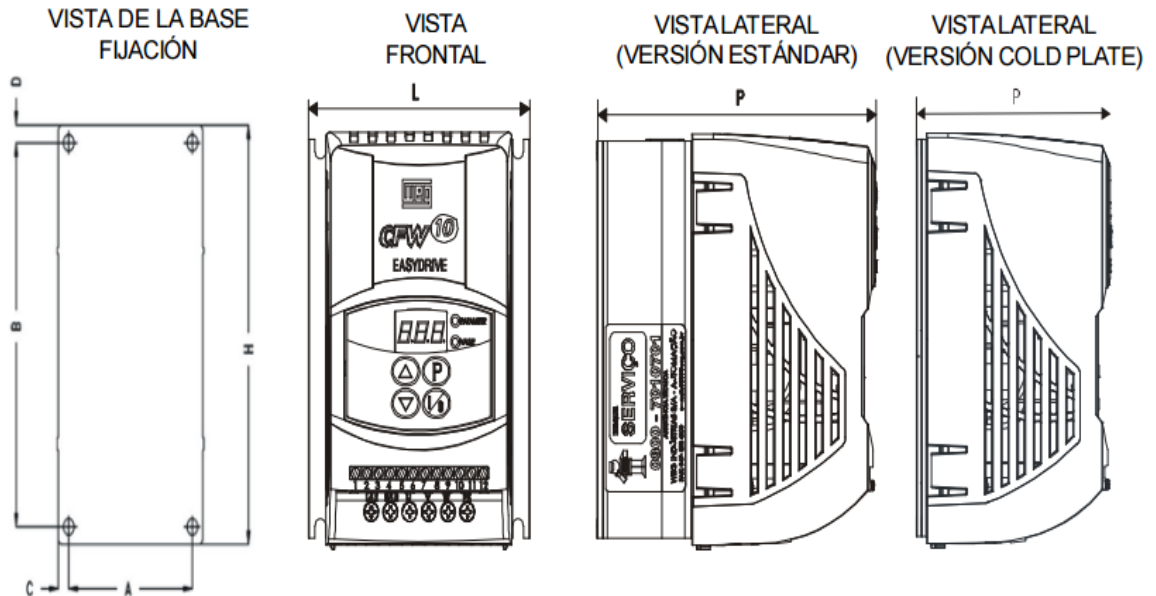


#### **5.3.4 Selección del variador de frecuencia.**

Para la selección del variador de frecuencia se debe satisfacer todos parámetros el motor eléctrico

- La potencia del motor la cual equivale a 0,5 HP.
- Tensión nominal en voltios (220V)
- Frecuencia nominal en ciclos por segundo (60 Hz)
- Corriente nominal en amperios (1.6A)

**Figura 33.** Dimensionamiento y características del CFW-10



Modelo	Dimensional			Base de Fijación				Tornillo para Fijación	Peso [kg]	Grado de Protección
	Ancho L [mm]	Alto H [mm]	Profundidad P [mm]	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]			
<b>MONOFÁSICO</b>										
1.6 A / 200-240 V	95	132	121	85	120	5	6	M4	0.9	IP20
2.6 A / 200-240 V	95	132	121	85	120	5	6	M4	0.9	IP20
4.0 A / 200-240 V	95	132	121	85	120	5	6	M4	0.9	IP20
7.3 A / 200-240 V	115	161	122	105	149	5	6	M4	1.5	IP20
10.0 A / 200-240 V	115	191	122	105	179	5	6	M4	1.8	IP20
1.6 A / 110-127 V	95	132	121	85	120	5	6	M4	0.9	IP20
2.6 A / 110-127 V	95	132	121	85	120	5	6	M4	0.9	IP20
4.0 A / 110-127 V	115	161	122	105	149	5	6	M4	1.5	IP20
<b>TRIFÁSICOS</b>										
1.6 A / 200-240 V	95	132	121	85	120	5	6	M4	0.9	IP20
2.6 A / 200-240 V	95	132	121	85	120	5	6	M4	0.9	IP20
4.0 A / 200-240 V	95	132	121	85	120	5	6	M4	0.9	IP20
7.3 A / 200-240 V	95	132	121	85	120	5	6	M4	0.9	IP20
10.0 A / 200-240 V	115	161	122	105	149	5	6	M4	1.5	IP20
15.2 A / 200-240 V	115	191	122	105	179	5	6	M4	1.8	IP20

**Fuente:** Manual del convertidor de frecuencia CFW10.

Se selecciona un variador monofásico que trabaje a 220V con un amperaje de 1,6A para que cumpla con las necesidades del motor.

### 5.3.5 Diseño del eje principal.

Se procederá a calcular el diámetro mínimo que debe llevar el eje principal, para el óptimo funcionamiento del proceso.

**Figura 34.** Diseño en formato solidworks.



#### 5.3.5.1 Analisis estatico plano xy.

$$F_{polea} = F_1 + F_2 = 2,55 + 0,51 = 3,06 \text{ N}$$

$$\sum M_a = 0$$

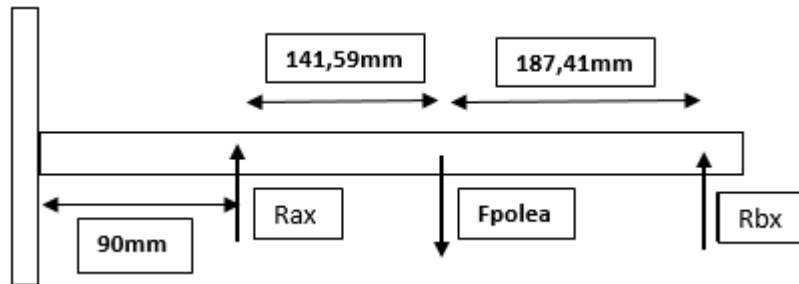
$$F_{polea}(141,59) - R_{bx}(329) = 0$$

$$R_{bx} = 1,31 \text{ N}$$

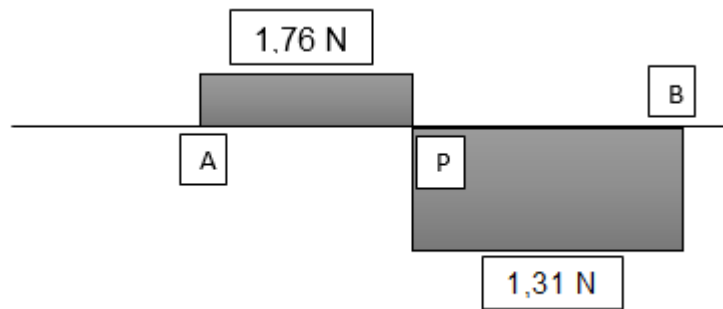
$$\sum F_x = 0$$

$$R_{bx} + R_{ax} - F_{polea} = 0$$

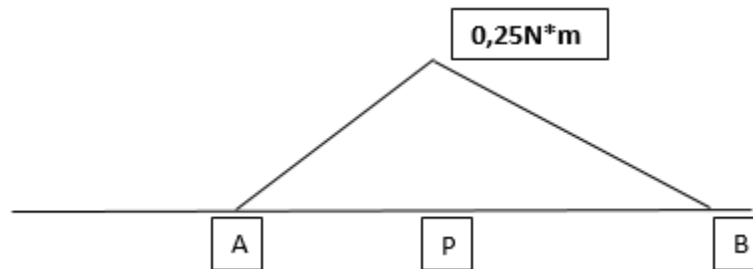
$$R_{ax} = 1,76 \text{ N}$$



**5.3.5.2 Diagrama de cortante plano xy.**



**5.3.5.3 Diagrama de momento plano xy.**



**5.3.5.4 Analisis estatico Plano xz.**

$$Torque = Frotacional * R$$

$$Potencia = T * v = 0,5HP = 372,5 Watt$$

$$v = 45 rpm = 4,71 \frac{rad}{seg}$$

$$T = 79,08 N * m$$

$$Frotacional = \frac{79,08}{0,275} = 287,57 \text{ N}$$

$$\sum M_A = 0$$

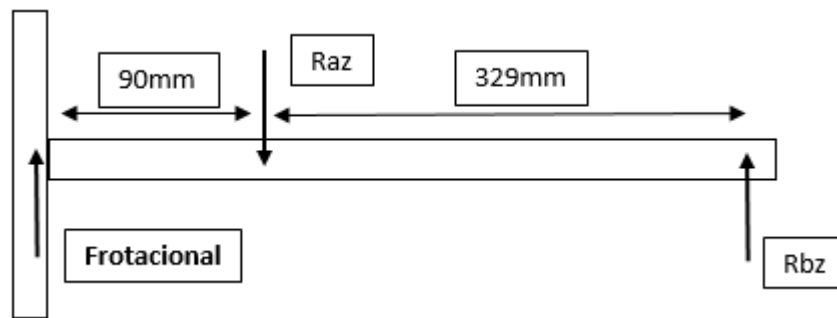
$$Frotacional(90) - Rbz(329) = 0$$

$$Rbz = 78,76 \text{ N}$$

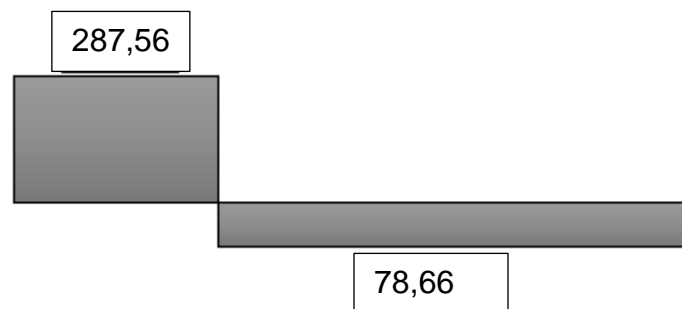
$$\sum F_x = 0$$

$$Rbz - Raz + Frotacional = 0$$

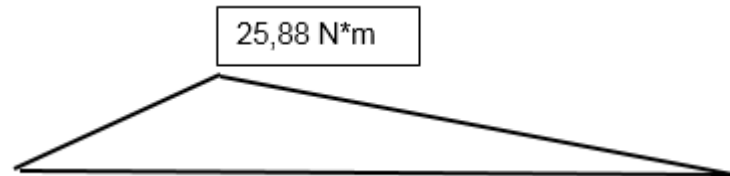
$$Raz = 366,22 \text{ N}$$



### 5.3.5.5 Diagrama de cortante plano xz.



### 5.3.5.6 Diagrama de momento plano xz.



El material que se utilizará para la fabricación del eje será de acero inoxidable (Recocido) y nos basaremos para los cálculos de fatiga en la teoría del esfuerzo cortante máximo según Soderberg, la cual establece la relación entre los esfuerzos normales cortantes sobre los elementos finitos de un eje sometido a fatiga.

Formula de teoría de falla para carga combinada aplicadas

$$D = \left[ \left[ \frac{32 * \eta_s}{\pi} * \left( \sqrt{\left( \frac{Mm}{Syt} + Kf \frac{Ma}{S'e} \right)^2 + \left( \frac{Tm}{2S_{ys}} + Kfs \frac{Ta}{2S'es} \right)^2} \right)^{1/3} \right] \right]$$

$n_s$ : Factor de seguridad para un diámetro dado.

$D$ : Diámetro del eje.

$S_{yt}$ : Es la resistencia a la fluencia del material.

$S_{ys}$ : Es la resistencia a la fluencia en corte.

$S'e$ : Es el límite de endurancia para especímenes afectados.

$S'es$ : Es el límite de endurancia modificado.

$Ma$ : Es el momento alternativo sobre el eje.

$Mm$ : Es el momento medio sobre el eje.

$Tm$ : Es torque medio sobre el eje.

$Ta$ : Es el torque alternativo sobre el eje.

$Kf$ : Es el factor de concentrador de esfuerzo estático.

**Tabla 11.** Propiedades del material

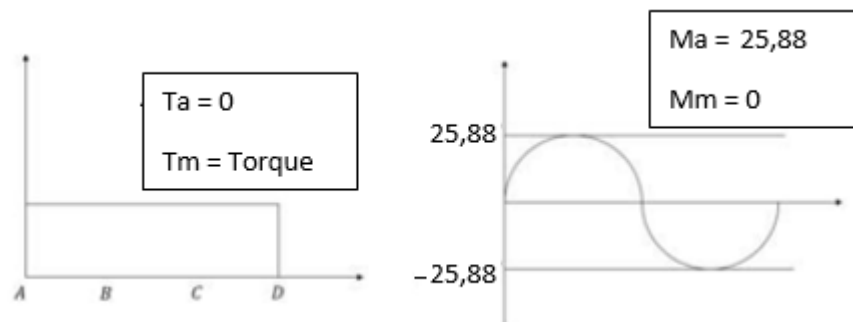
PROPIEDADES DEL ACERO INOXIDABLE	
<b>Sy resistencia a la fluencia</b>	276 MPA
<b>Sut resistencia ultima de tracción</b>	568 MPA

**Fuente:** Libro diseño de máquinas shigley tabla A-22.

Se realiza una aproximación para hallar la resistencia a la fatiga asumiendo

$$S_e = 0,5S_{ut} = 284\text{MPA}$$

**Figura 35.** Diagrama de torque, diagrama de momento en el punto A.



Se calcula el límite de fatiga modificada

$$S'e = K_l * K_s * K_d * K_c * K_t * K_m * S_e$$

*Kl*: El factor de carga.

*Ks*: El factor de acabado superficial.

*Kd*: El factor de tamaño.

*Kc*: El factor de confiabilidad.

*Kt*: El factor de temperatura.

*Km*: El factor de efectos varios.

*Se*: Límite de endurancia o fatiga.

La selección de todos los factores se basó en el libro de Alfredo parada de fatiga.

Factor de carga:

Para una carga torsional según la tabla del libro de Alfredo parada pág. 8.

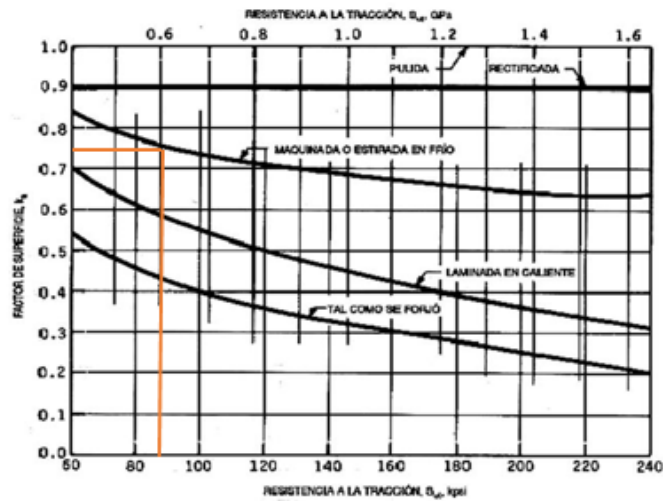
$$Kl = 0,8$$

Factor de acabado superficial:

Para un maquinado y una resistencia a la rotura

$S_{ut}=568\text{Mpa}$

**Figura 36.** Factor de acabado superficial.



**Fuente:** Libro Alfredo Parada Fatiga.

$$Ks = 0,75$$

El factor de tamaño:

Suponiendo un diámetro de 26mm calculamos el factor de tamaño:

$$Kd = 1,189d^{-0.112} = 0,82$$

El factor de confiabilidad:

Según la tabla tomamos una confiabilidad del 90%

**Tabla 12.** Factor de confiabilidad.

Reliability, %	Transformation Variate $z_c$	Reliability Factor $k_c$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

**Fuente:** libro de ingeniería mecánica shigley.

$$K_c = 0,897$$

El factor de temperatura:

Para temperaturas menores de 160°F se recomienda tomar un factor de 1

$$K_t = 1$$

El factor de efectos varios:

El factor se calcula para torneado fino del libro Alfredo parada página 64.

$$K_t = 1.01$$

El factor de fatiga modificado:

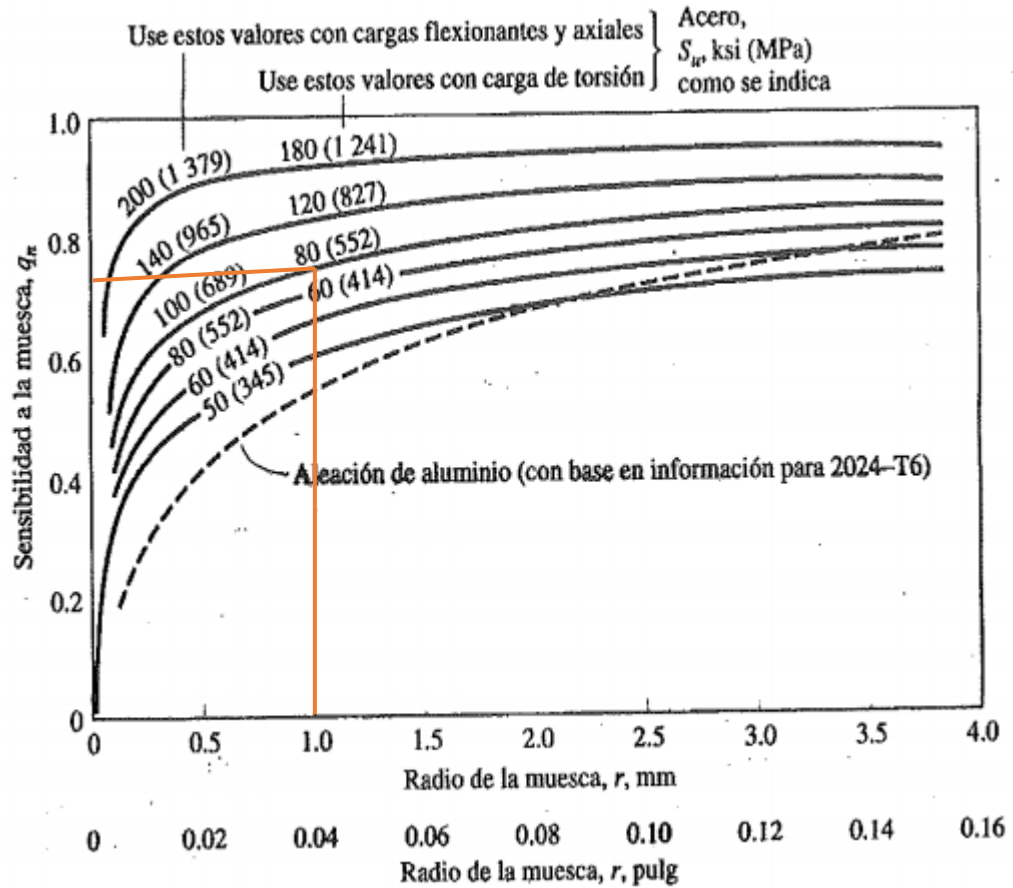
$$S'e = 1,01 * 1 * 0,897 * 0,82 * 0,8 * 0,75 * 284 = 126,589Mpa$$

Factor de concentrador de esfuerzo para fatiga:

$$K_f = 1 + q * (Kta - 1)$$

Del libro de Alfredo parada. Pág. 10, obtenemos el valor de la sensibilidad a la entalladura asumiendo un radio de entalladura de 1mm.

Figura 37. Valor de la sensibilidad de la entalladura.



Fuente: libro de ingeniería mecánica shigley.

$$q = 0,72$$

El factor de concentrador de esfuerzos se obtiene de la página 37 del libro de Alfredo parada.

$$K_{ta} = 2,1$$

Remplazando obtenemos:

$$K_f = 1,792$$

Asumiendo un factor de seguridad de 1,8 obtenemos

$$D = \left[ \left[ \frac{32 * 1,8}{\pi} * \sqrt{\left(1,792 \frac{25,88}{126,58 \text{ Mpa}}\right)^2 + \left(\frac{79,08}{2(276 \text{ Mpa} * 0,5)}\right)^2} \right]^{1/3} \right]$$

$$D=0,023 \text{ m}$$

Estandarizando el diámetro del eje se estable de 25 mm.

### **5.3.6 Conexiones del variador de frecuencia y arrancador.**

Para las conexiones eléctricas se hará uso de cable calibre 12 debido al voltaje (220V) que se trabajara, y se esquematizaran los planos eléctricos de los montajes a realizar tanto en el variador de frecuencia y en el arrancador directo con la ayuda del programa CADE-SIMU.ANEXO B.

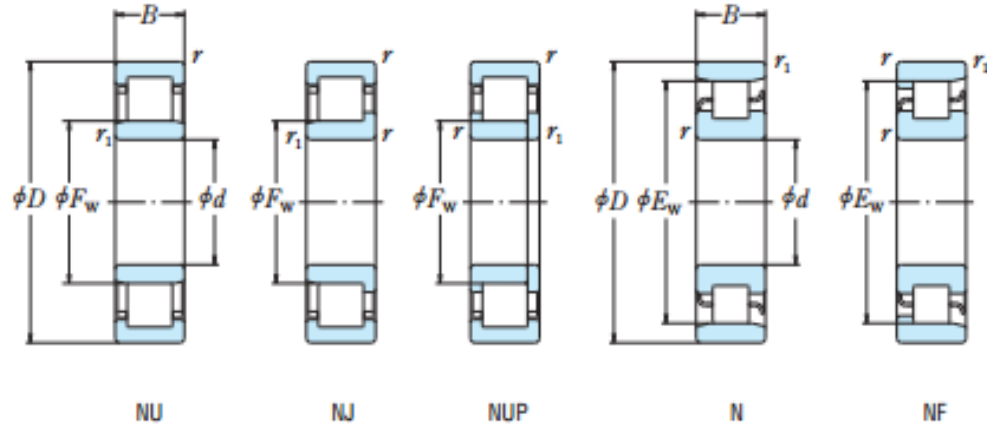
### **5.3.7 Selección de las chumaceras.**

Para la selección de los rodamientos se partirá de las fuerzas y el diámetro hallado anteriormente y se procederá a buscar en el catálogo NSK; teniendo como referencia que se elegirá un rodamiento de rodillo cilíndricos porque son los ideales para soportar cargas radiales.

Fuerza mayor radial: 366,22 N

Diámetro: 25 mm

**Figura 38.** Dimensionamiento y selección del rodamiento.



	Dimensiones Globales (mm)						Índices Básicos de Carga (N)		Velocidades Límite <sup>(1)</sup> (rpm)			
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i> <sub>min.</sub>	<i>r</i> <sub>1</sub>	<i>F</i> <sub>w min.</sub>	<i>E</i> <sub>w</sub>	<i>C</i> <sub>r</sub>	<i>C</i> <sub>0r</sub>	Grasa	Aceite	
<b>20</b>	47	14	1	0.6	—	—	40	15 400	12 700	15 000	18 000	
	47	14	1	0.6	26.5	—	—	25 700	22 600	13 000	16 000	
	47	18	1	0.6	27	—	—	20 700	18 400	13 000	16 000	
	47	18	1	0.6	26.5	—	—	30 500	28 300	13 000	16 000	
	52	15	1.1	0.6	—	44.5	—	21 400	17 300	12 000	15 000	
	52	15	1.1	0.6	27.5	—	—	31 500	26 900	12 000	15 000	
	52	21	1.1	0.6	28.5	—	—	30 500	27 200	11 000	14 000	
	52	21	1.1	0.6	27.5	—	—	42 000	39 000	11 000	14 000	
	<b>25</b>	47	12	0.6	0.3	30.5	—	—	14 300	13 100	15 000	18 000
		52	15	1	0.6	—	45	—	17 700	15 700	13 000	16 000
52		15	1	0.6	31.5	—	—	29 300	27 700	12 000	14 000	
52		18	1	0.6	31.5	—	—	35 000	34 500	12 000	14 000	
62		17	1.1	1.1	—	53	—	29 300	25 200	10 000	13 000	
62		17	1.1	1.1	34	—	—	41 500	37 500	10 000	12 000	
62		24	1.1	1.1	34	—	—	57 000	56 000	9 000	11 000	
<b>30</b>	80	21	1.5	1.5	38.8	62.8	—	46 500	40 000	9 000	11 000	
	55	13	1	0.6	36.5	48.5	—	19 700	19 600	12 000	15 000	
	62	16	1	0.6	—	53.5	—	24 900	23 300	11 000	13 000	
	62	16	1	0.6	37.5	—	—	39 000	37 500	9 500	12 000	
	62	20	1	0.6	37.5	—	—	49 000	50 000	9 500	12 000	
	72	19	1.1	1.1	—	62	—	38 500	35 000	8 500	11 000	
	72	19	1.1	1.1	40.5	—	—	53 000	50 000	8 500	10 000	
	72	27	1.1	1.1	40.5	—	—	74 500	77 500	8 000	9 500	
	90	23	1.5	1.5	45	73	—	62 500	55 000	7 500	9 500	

Fuente: Catálogo NSK.

Para obtener el índice básico de vida procedemos a realizar los cálculos de acuerdo a los datos obtenidos del catálogo:

$$Fn = (0,03 * Nrev)^{-\frac{3}{10}}$$

$$N_{rev} = 45 \text{ rpm} = 4,71 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$F_n = \text{factor de velocidad}$

$$F_n = 0,55N$$

$\text{Factor de vida de fatiga} = F_h$

$$F_h = F_n \left( \frac{C_r}{F_{radial}} \right)$$

$C_r = \text{tomado del catálogo:}$

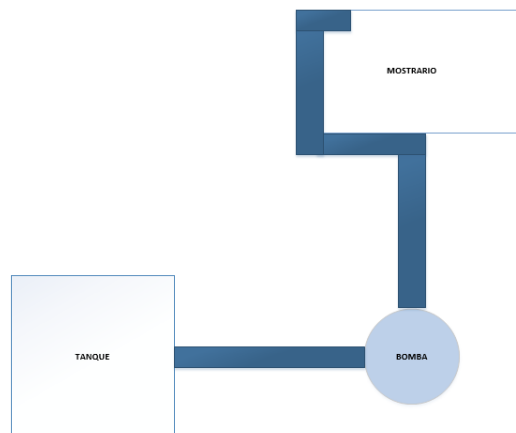
$$F_h = 0,55 \left( \frac{14300}{366,22} \right) = 21,47 \text{ Índice básico de vida:}$$

$$L_h = 500 * F_h^{\frac{10}{3}} = 1,38 * 10^7 \text{ horas}$$

Como se puede observar de acuerdo a los resultados obtenidos tendremos un rodamiento que resistirá al desgaste y su tiempo de duración será de  $1,38 * 10^7 \text{ horas}$  el Rodamiento seleccionado será N305 de rodillos cilíndricos.

### 5.3.8 Selección de la bomba periférica.

**Figura 39.** Esquema instalación.



### 5.3.8.1 Cálculo de los diámetros.

La expresión que relaciona el diámetro interior de la tubería con el caudal que la atraviesa es la siguiente:

$$V = \frac{354Q}{D^2}$$

Siendo,

$V$ , la velocidad del agua, en  $m/s$ ;

$D$ , es el diámetro interior de la tubería, en  $mm$ ;

$Q$ , es el caudal de agua que circula por la tubería, en  $m^3/h$ .

Expresión que permite despejar el diámetro ( $D$ ) en función de la velocidad del agua ( $v$ ) y el caudal de suministro ( $Q$ ).

a) Diámetro tubería de aspiración:

Se recomienda que para las tuberías de aspiración la velocidad del agua debería situarse en torno a los 1,8 m/s. Aplicando este valor y el caudal de 30 litros/min ( $1,8 m^3/h$ ) requerido a la expresión resulta el siguiente diámetro mínimo que se muestra a continuación.

**Tabla 13.** Parámetros para la tubería de aspiración.

VELOCIDAD (m/s)	CAUDAL ( $m^3/h$ )	DIÁMETRO (mm)
1,8	1,8	19

Para estandarizar el diámetro de la tubería se sugiere trabajar con una 1" de diámetro.

b) Diámetro tubería de impulsión:

Para las tuberías de impulsión se recomienda que la velocidad del agua debería situarse en torno a los  $2,5 \text{ m/s}$ . Aplicando este valor y el caudal de  $1,8 \text{ m}^3/\text{h}$ , el diámetro mínimo resultante se muestra en la siguiente tabla:

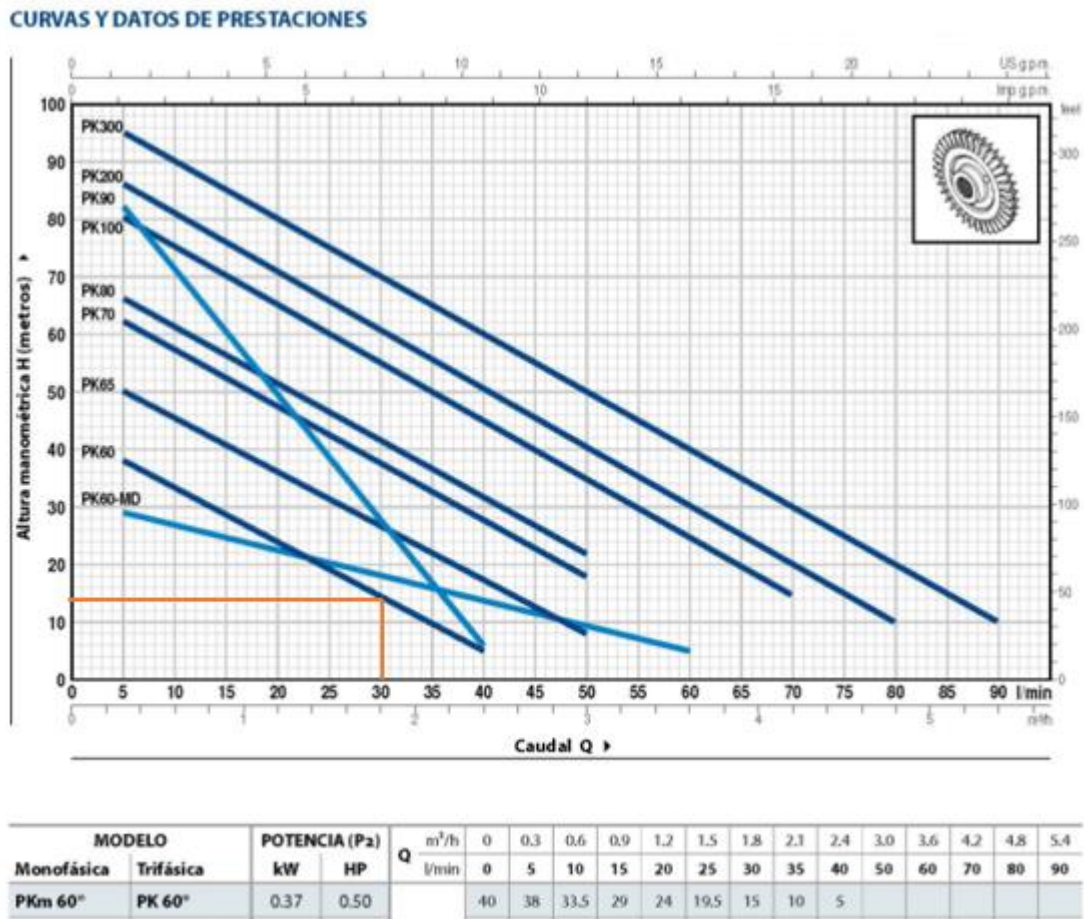
**Tabla 14.** Parámetros para la tubería de impulsión.

VELOCIDAD (m/s)	CAUDAL ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	DIÁMETRO (mm)
2,5	1,8	15,96

Para estandarizar el diámetro de la tubería se sugiere trabajar con una  $\frac{1}{2}$ " de diámetro.

### 5.3.8.2 Toma altura manométrica catalogo Bonnett.

Figura 40. Selección de la bomba marca Bonnett.



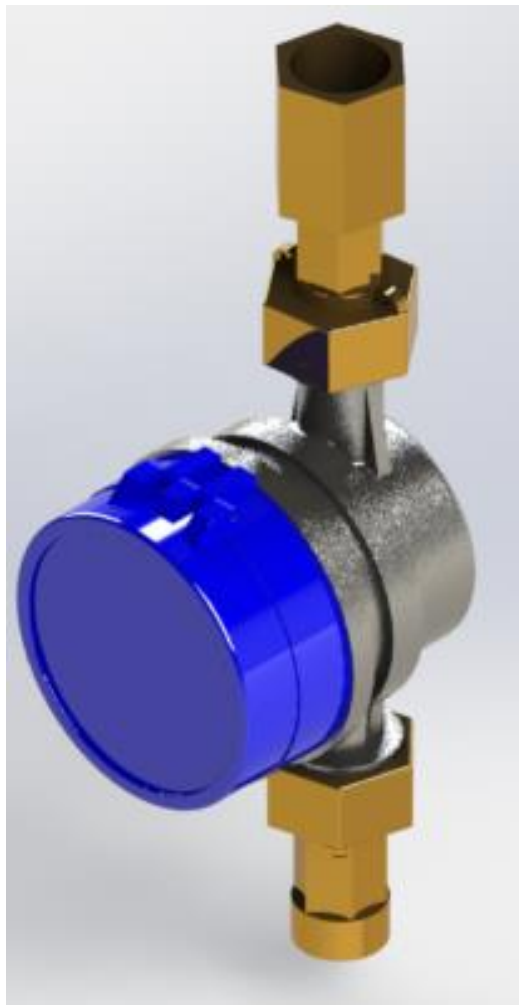
Fuente: Catálogo Bonnett

Observamos que para un caudal de 30 litros/min con una potencia de ½ HP, tendremos una altura manométrica de 12 metros donde satisface lo requerido por el sistema, debido a que es la más pequeña que se encuentra en el mercado y fácil en conseguir en el área metropolitana de Bucaramanga, se procederá a seleccionar esta bomba Pkm60<sup>a</sup>.

### 5.3.9 Selección del caudalímetro.

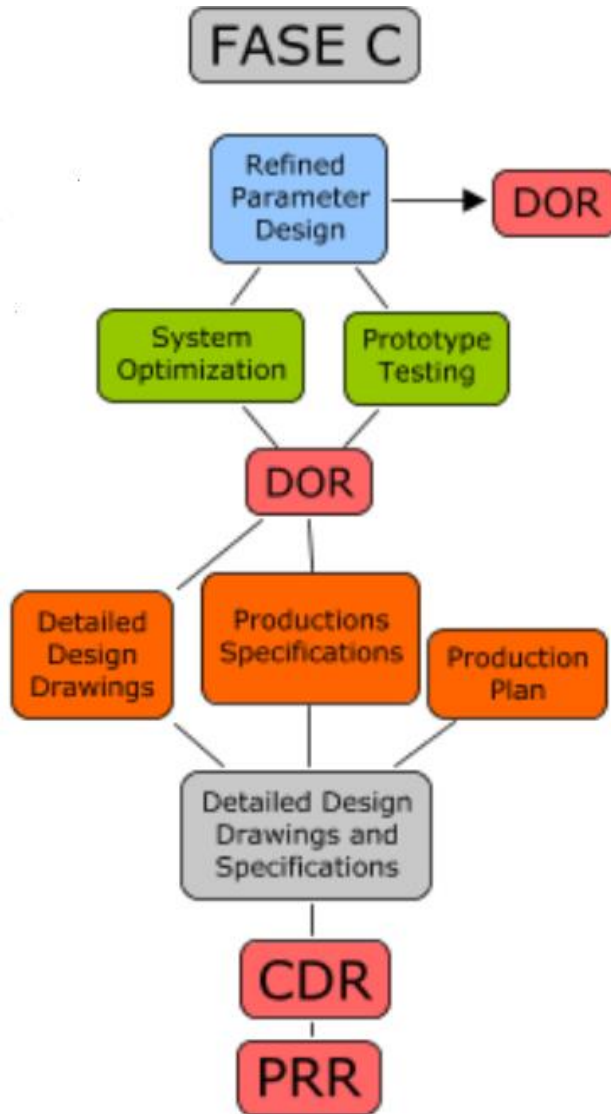
Debido al alto costo que genera comprar un caudalímetro digital o analógico, se procede a realizar la compra de un contador de agua con el fin de establecer la cantidad de agua que pasa a través de la tubería y haciendo uso de un cronometro obtener el caudal que pasa por la tubería en determinados rangos de tiempo.

**Figura 41.** Diseño en solidworks contador de agua.



## 5.4 FASE C: OPTIMIZACIÓN DE DISEÑO.

Figura 42. Fase C diseño.

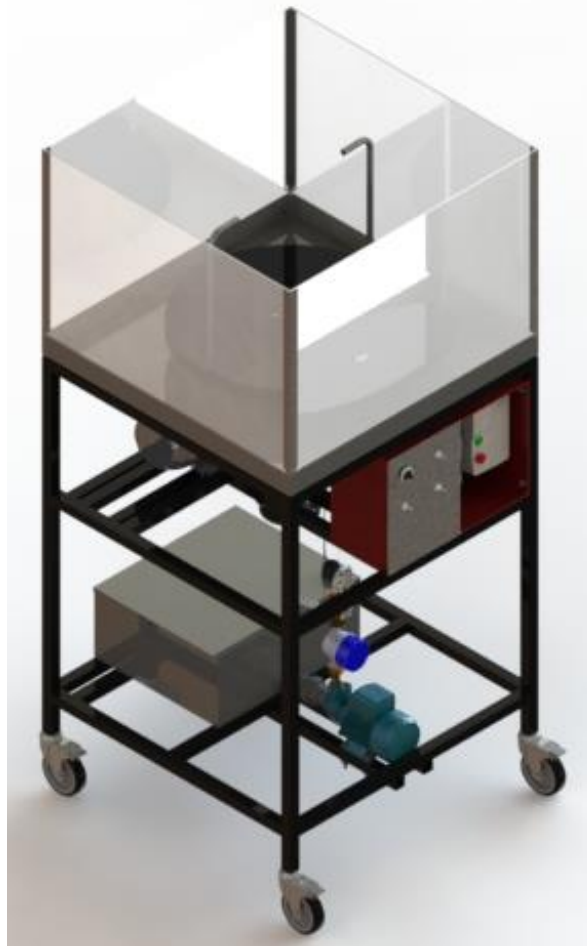


Fuente: NASA ESMD Capstone design. By John K. Gershenson, Ph.D.

#### 5.4.1 Optimización del sistema.

El diseño definido en el primer test funcional se optimizó estructuralmente para cumplir nuevos requisitos. Es así como surge el diseño mostrado a continuación:

**Figura 43.** Banco final para demostrar el efecto de Coriolis.



Los cambios hechos al primer prototipo son:

- Se cambia la apariencia del sistema al no recubrir la maquina con una lámina de acero inoxidable calibre 20, debido a que esto no es necesario

para cumplir con los requisitos funcionales anteriormente planteado y a la vez se obtiene una ventaja económica importante.

- Se corrige la altura total del banco quedando de 1.5 metros de alto, pues la altura anterior no era la mejor en términos de ergonomía.

## **5.4.2 Diseño CAE.**

### **5.4.2.1 Estructura.**

Se realizó un análisis estático para el perfil de la estructura, con el fin de verificar que no presente ninguna falla con la función que tiene que desempeñar, este proceso se dividió en tres fases; la primera será un análisis de tensión de von mises con el fin de observar si la estructura fallara bajo el efecto de las cargas aplicadas, el segundo análisis se basara en observar el desplazamiento que generan las fuerzas aplicadas, y para finalizar el tercer caso será observar el factor de seguridad que nos garantizara el funcionamiento de dicho elemento.

Para el proceso de modelación estático de tensión, deformación y factor de seguridad, se debe establecer primero los apoyos y las fuerzas que se generan en el estructura, en este caso la estructura tendrá 4 apoyos fijos ubicados en cada esquina de la parte inferior, los cuales servirán de soporte para las siguientes fuerzas: fuerza del tanque con una magnitud de 120 N, al de la bomba con una magnitud 40 N, el peso del moto reductor con una magnitud de 80 N, el peso del eje disco con una magnitud de 60 N y de la estructura superior con los vidrios con una magnitud de 50 N se aclara que estas fuerzas van en dirección al centro de la tierra es decir en el eje vertical y su ubicación se encuentran distribuidas según el diseño CAD (planos). Al terminar de colocar todas las fuerzas se procede a realizar la simulación.

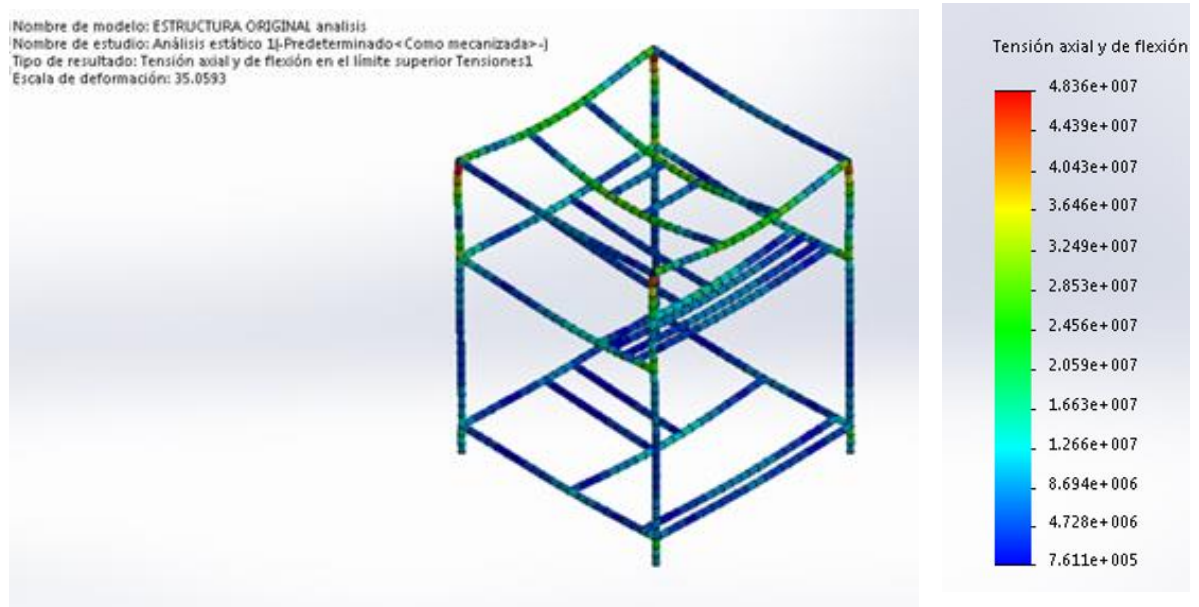
5.4.2.1.1 Características de la estructura.

**Tabla 15.** Propiedades de la estructura.

NOMBRE	AISI 1020
Tipo de modelo	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado	Von mises
Límite elástico	351571000 $\frac{N}{m^2}$
Límite de tracción	420507000 $\frac{N}{m^2}$
Modulo elástico	200000000 $\frac{N}{m^2}$
Coefficiente de poisson	0.29
Densidad	7900 $\frac{g}{cm^3}$

5.4.2.1.2 Análisis de tensión.

**Figura 44.** Análisis de tensión de Von mises.

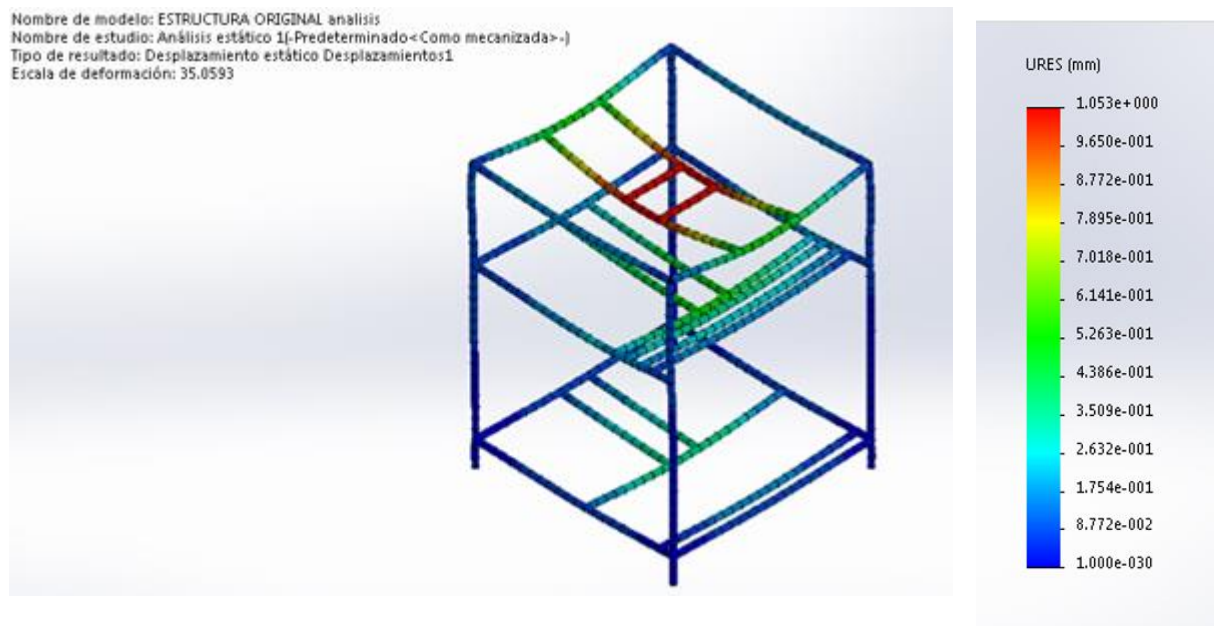


Analizando los resultados de la figura 37 se puede concluir que la estructura no va a fallar bajo el efecto de las cargas a las que va a estar sometida, el valor máximo que

soporta la pieza según este análisis es de  $4.83 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ , y el valor que puede soportar esta pieza es de  $3.51 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ .

#### 5.4.2.1.3 Análisis de desplazamiento.

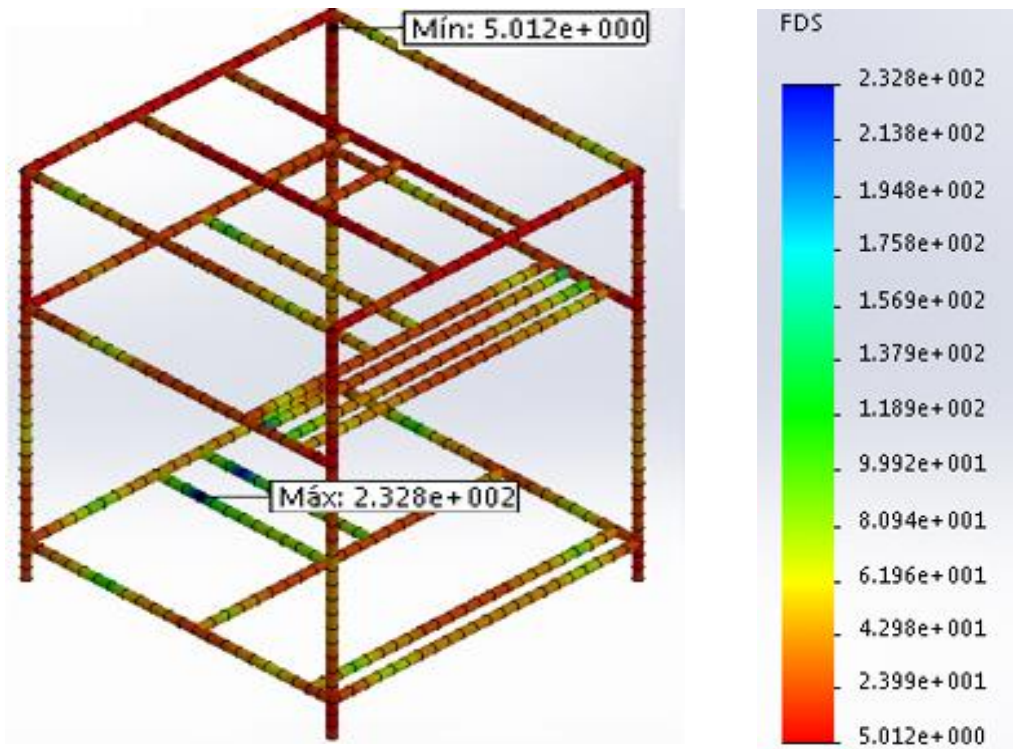
**Figura 45.** Análisis de desplazamiento.



Analizando los resultados de la figura 38, observamos que el máximo desplazamiento que se va generar será de 1 mm siendo un valor que no presentará peligro para la operación del sistema.

#### 5.3.2.1.4 Análisis del factor de seguridad.

**Figura 46.** Análisis del factor de seguridad.



Observamos que los resultados de la figura 39 el mínimo valor que tendrá será de 7.27; lo cual garantizará las cargas sobre la estructura proporcionando seguridad a la hora de utilizar.

#### 5.4.2.2 Eje principal.

Se realizó un análisis estático y de fatiga para el eje, con el fin de verificar que no presente ninguna falla con la función que tiene que desempeñar, este proceso se dividió en 5 fases; la primera será un análisis de tensión de Von Mises con el fin de observar si eje fallara bajo el efecto de las cargas aplicadas, el segundo análisis se basara en observar el desplazamiento que generan las fuerzas aplicadas, el tercer caso será observar el factor de seguridad que nos garantizara

el funcionamiento de dicho elemento y para la parte de fatiga se analizara el ciclo de vida y el daño que se genera.

Para el proceso de modelación estático de tensión, deformación y factor de seguridad, se debe establecer los apoyos y las fuerzas que se generan en el eje, en este caso el eje tendrá 2 apoyos fijos que serán las chumaceras ubicadas según los planos establecidos generando fuerzas radiales, el cual servirán de soporte para las fuerzas de la polea de F1 (2,55 N) y F2 (0,51 N) y de la fuerza (287 N) y el momento (79 N) que genera el disco, Al terminar de colocar todas las fuerzas en su ubicación exacta según los planos CAD, se procede a realizar la simulación.

Para el proceso de fatiga según lo obtenido anteriormente, se procede a establecer un ciclo de duración para realizar la simulación que se establece de 100000 ciclos para observar que pasa en el ciclo de vida y en el daño.

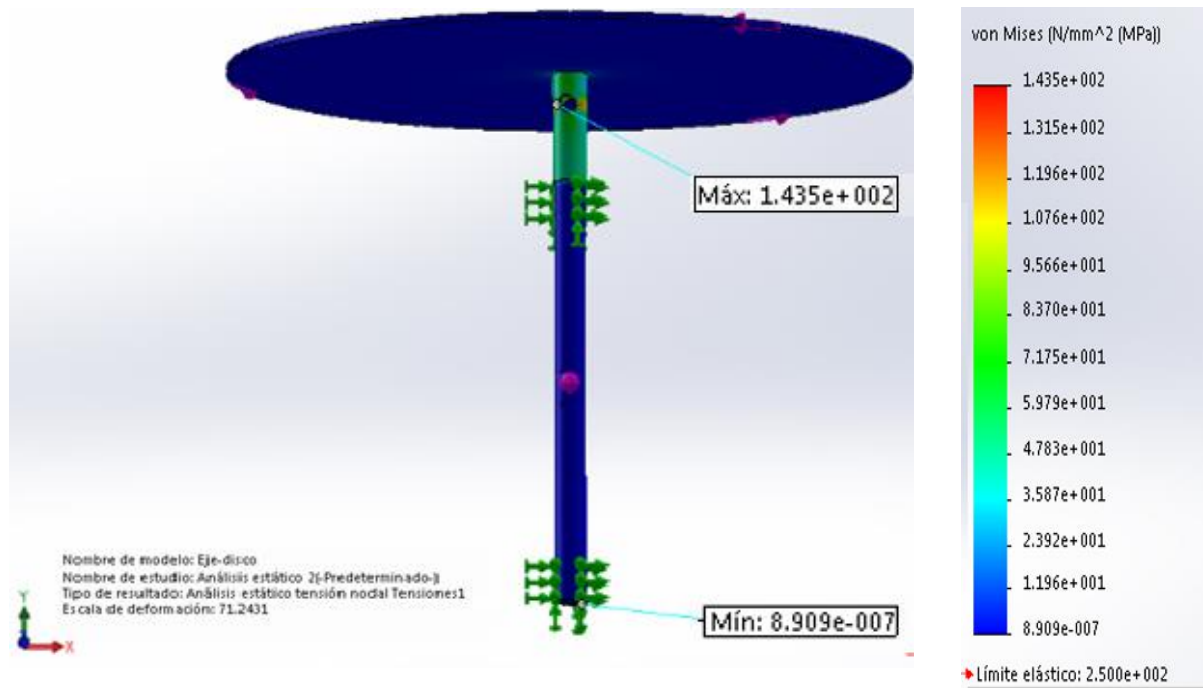
#### 5.4.2.2.1 Características del eje principal

**Tabla 16.** Propiedades del eje principal

Nombre	Acero ASTM A36
Tipo de modelo	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado	Von mises
Límite elástico	$250000000 \frac{N}{m^2}$
Límite de tracción	$400000000 \frac{N}{m^2}$
Modulo elástico	$2 \times 10^{11} \frac{N}{m^2}$
Coefficiente de poisson	0.26
Densidad	$7850 \frac{g}{cm^3}$

#### 5.4.2.2.2 Análisis de tensión.

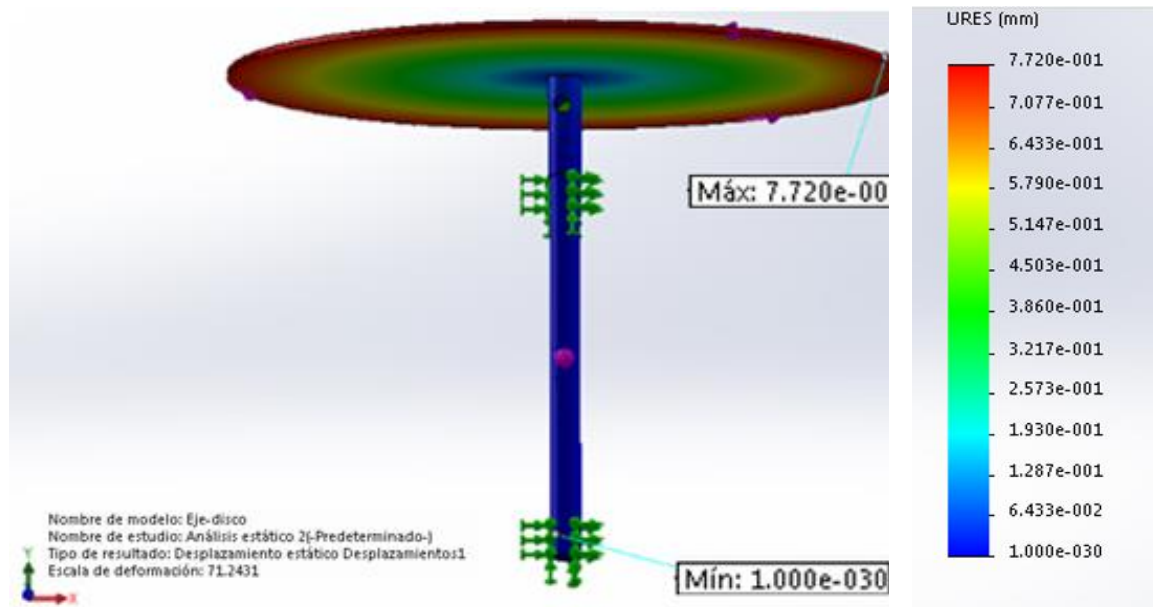
**Figura 47.** Análisis de tensión de Von mises para el eje.



Analizando los resultados de la figura 40 se puede concluir que el eje no va fallar bajo el efecto de las cargas a las que va estar sometido, el valor máximo que soporta la pieza según este análisis es de  $1,43 \times 10^2 \text{ N/m}^2$ , y el valor que puede soportar esta pieza es de  $2,50 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ .

#### 5.4.2.2.3 Análisis de desplazamiento.

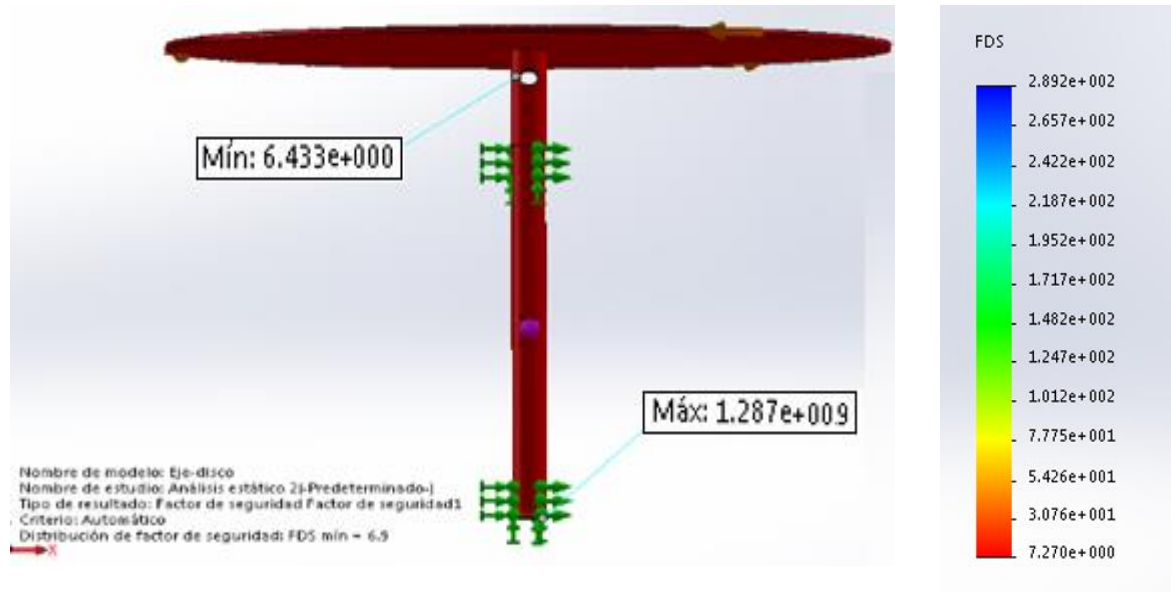
**Figura 48.** Análisis de desplazamiento.



Analizando los resultados de la figura 41, observamos que el máximo desplazamiento que se va a generar será de  $7,72 \times 10^{-1}$  mm siendo un valor que no presentará peligro para la operación del sistema.

#### 5.4.2.2.4 Análisis del factor de seguridad.

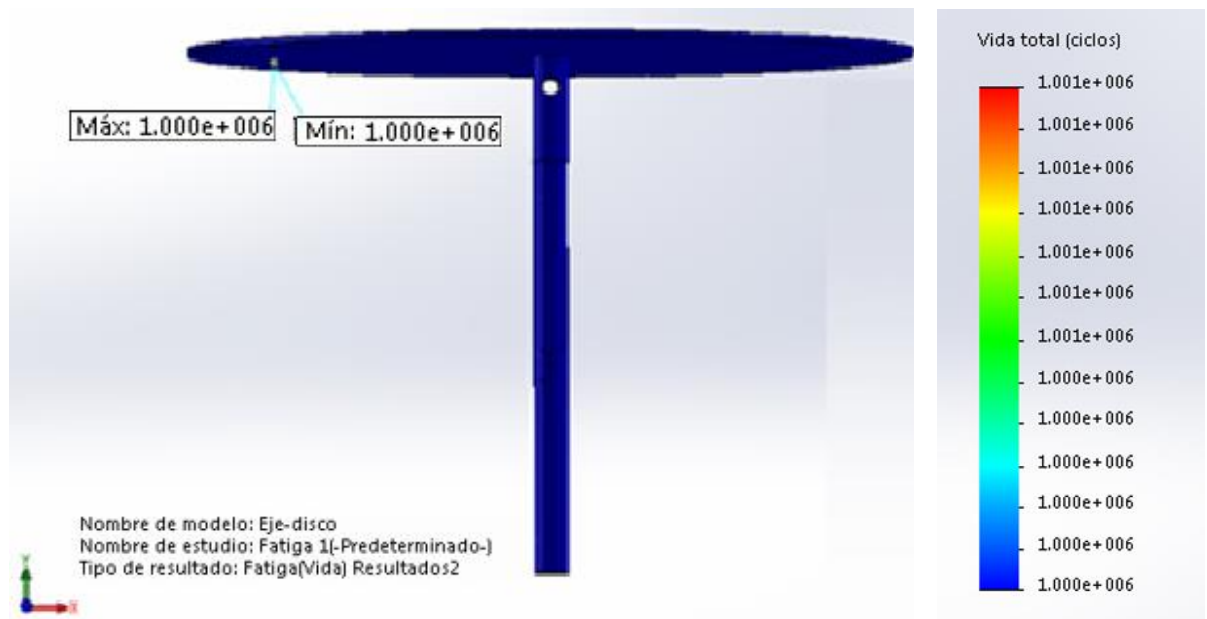
**Figura 49.** Análisis del factor de seguridad.



Observamos que los resultados de la figura 42 el mínimo valor que tendrá será de 6,38 lo cual garantizará las cargas sobre la estructura proporcionando seguridad a la hora de utilizar.

#### 5.4.2.2.5 Análisis de ciclo de vida.

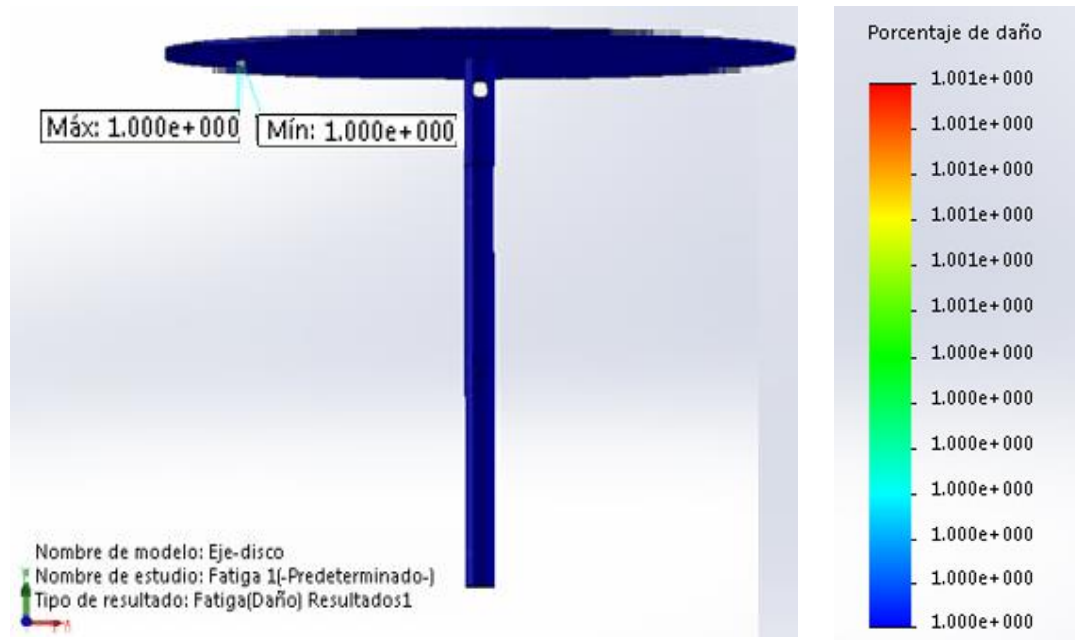
**Figura 50.** Análisis de vida del eje.



Analizando la figura 43; observamos que tendrá una vida útil de  $1 \times 10^6$  ciclos, lo que proporcionará al diseñador seguridad para la utilización de la máquina.

#### 5.4.2.2.6 Análisis de daño.

**Figura 51.** Análisis de daño para el eje.



Analizando los resultados de la figura 44, observamos que el máximo daño que se generara será de 1 siendo un valor que no presentara peligro para la operación del sistema.

### 5.4.3 Presupuesto.

Tabla 17. Presupuesto para la máquina.

EQUIPOS Y MATERIALES				
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR C/U	VALOR TOTAL	
MOTOREDUCTOR TRIFASICO MARCA WEG DE 1/2 HP, VOLTAJE 220 V, RELACION 40:1.	1	\$ 760.000	\$ 760.000,00	
COMPLEMENTOS DEL CONJUNTO MOTOR	1	\$ 100.000	\$ 100.000,00	
ELECTROBOMBA PERIFERICA 1/2 Hp, VOLTAJE 110 V, CAUDAL 33 LITROS/ MINUTO	1	\$ 198.000	\$ 198.000	
TANQUE DE ALMACENAMIENTO EN ACERO INOXIDABLE 400mmX168mmX350mm	1	\$ 150.000	\$ 150.000	
CONTADOR DE AGUA	1	\$ 140.000	\$ 140.000	
COMPLEMENTOS DEL CONJUNTO BOMBA	1	\$ 200.000	\$ 200.000	
ESTRUCTURA EN HIERRO PERFIL CUADRADO 1"X1" CALIBRE 16	1	\$ 250.000	\$ 250.000	
COMPLEMENTOS DEL CONJUNTO ESTRUCTURA	1	\$ 100.000	\$ 100.000	
VIDRIO TRANSPARENTE CALIBRE 5, 700mmX500mm	4	\$ 10.000	\$ 40.000	
BANDEJA EN ACERO INOXIDABLE 700mmX700mm	1	\$ 100.000	\$ 100.000	
COMPLEMENTOS DEL CONJUNTO BANDEJA	1	\$ 100.000	\$ 100.000	
DISCO DE ACERO COLD ROLLED DE DIAMETRO 550 mm	1	\$ 80.000	\$ 80.000	
COMPLEMENTOS DEL CONJUNTO DISCO	1	\$ 200.000	\$ 200.000	
VARIADOR DE VELOCIDAD MARCA WEG 1/2 HP	1	\$ 425.300	\$ 425.300	
POTENCIOMETRO 220 V.	1	\$ 115.000	\$ 115.000	
ARRANCADOR DIRECTO 110 V	1	\$ 130.000	\$ 130.000	
COMPLEMENTOS DEL CONJUNTO CAJA DE CONTROL	1	\$ 250.000	\$ 250.000	
RODACHINES	4	\$ 16.000	\$ 64.000	
			\$ 3.402.300	

RECURSOS HUMANOS				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR C/U	VALOR TOTAL
ASESORIA DIRECTOR	HORA	20	\$ 130.000	\$ 2.600.000
MANO DE OBRA AUTORES DEL PROYECTO	HORA	100	\$ 25.000	\$ 2.500.000
				\$ 5.100.000

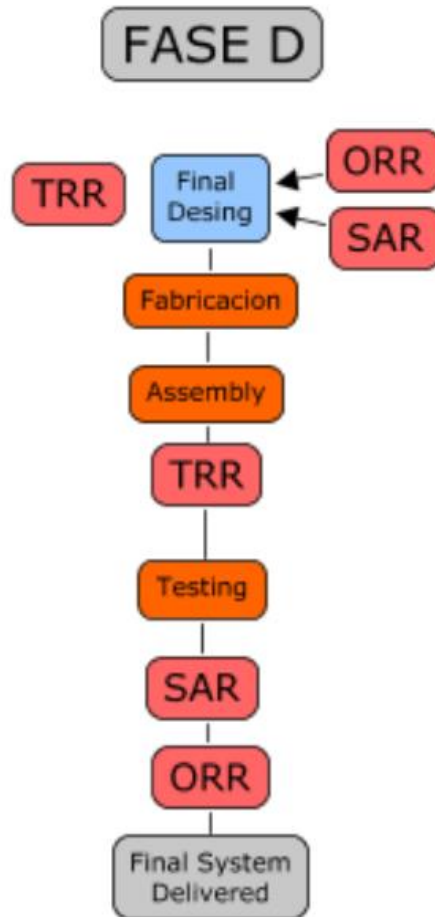
OTROS				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR C/U	VALOR TOTAL
IMPREVISTOS	GLOBAL	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
				\$ 1.000.000

<b>TOTAL</b>	<b>\$ 9.502.300</b>			
--------------	---------------------	--	--	--

## 5.5 FASE D: DISEÑO FINAL.

Figura 52. Fase D diseño.



**Fuente:** NASA ESMD Capstone design. By John K. Gershenson, Ph.D.

### 5.5.1 Costos del Proyecto.

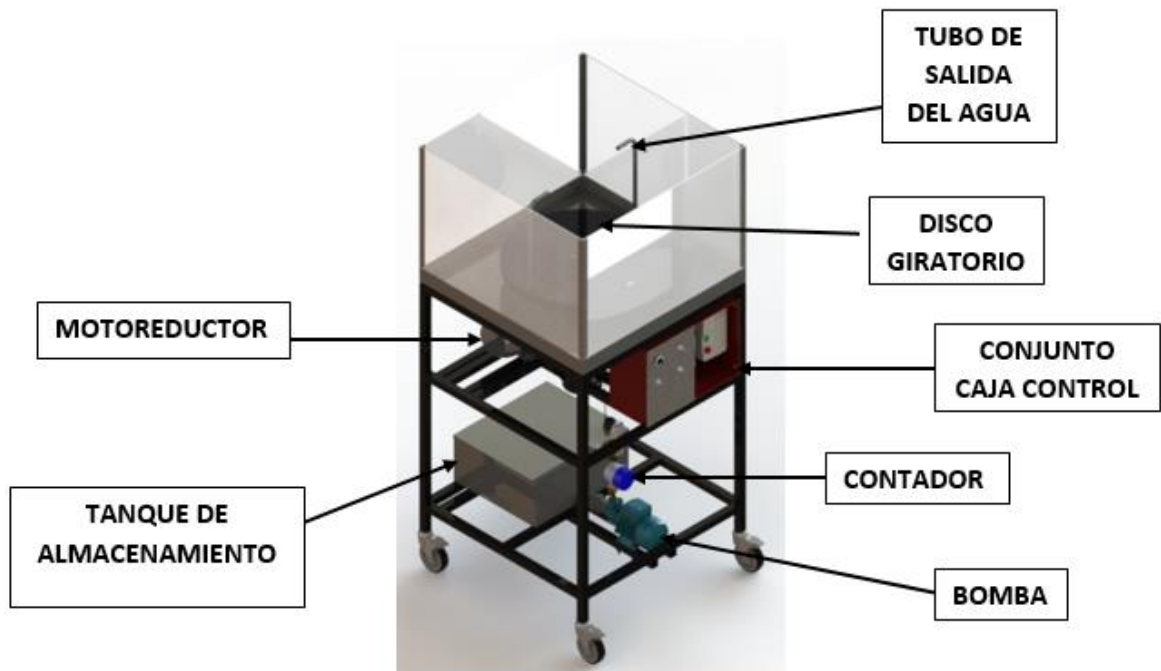
**Tabla 18.** Costo de la construcción de la máquina.

<b>COSTOS DE LA MAQUINA</b>			
<b>CONCEPTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR C/U</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
MOTOREDUCTOR TRIFASICO MARCA WEG DE 1/2 HP, VOLTAJE 220 V, RELACION 40:1.	1	\$ 760.000	\$ 760.000,00
COMPLEMENTOS DEL CONJUNTO MOTOR	1	\$ 100.000	\$ 100.000,00
ELECTROBOMBA PERIFERICA 1/2 Hp, VOLTAJE 110 V, CAUDAL 33 LITROS/ MINUTO	1	\$ 198.000	\$ 198.000
TANQUE DE ALMACENAMIENTO EN ACERO INOXIDABLE 400mmX168mmX350mm	1	\$ 150.000	\$ 150.000
CONTADOR DE AGUA	1	\$ 140.000	\$ 140.000
COMPLEMENTOS DEL CONJUNTO BOMBA	1	\$ 200.000	\$ 200.000
ESTRUCTURA EN HIERRO PERFIL CUADRADO 1"X1" CALIBRE 16	1	\$ 250.000	\$ 250.000
COMPLEMENTOS DEL CONJUNTO ESTRUCTURA	1	\$ 100.000	\$ 100.000
VIDRIO TRANSPARENTE CALIBRE 5, 700mmX500mm	4	\$ 10.000	\$ 40.000
BANDEJA EN ACERO INOXIDABLE 700mmX700mm	1	\$ 100.000	\$ 100.000
COMPLEMENTOS DEL CONJUNTO BANDEJA	1	\$ 100.000	\$ 100.000
DISCO DE ACERO COLD ROLLED DE DIAMETRO 550 mm	1	\$ 80.000	\$ 80.000
COMPLEMENTOS DEL CONJUNTO DISCO	1	\$ 200.000	\$ 200.000
VARIADOR DE VELOCIDAD MARCA WEG 1/2 HP	1	\$ 425.300	\$ 425.300
POTENCIOMETRO 220 V.	1	\$ 115.000	\$ 115.000
ARRANCADOR DIRECTO 110 V	1	\$ 130.000	\$ 130.000
COMPLEMENTOS DEL CONJUNTO CAJA DE CONTROL	1	\$ 250.000	\$ 250.000
RODACHINES	4	\$ 16.000	\$ 64.000
EMSAMBLE DE LA MAQUINA	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 4.402.300</b>

El costo total de la maquina fue de \$ 4´402.300, con los cuales se compraron los equipos y se ensambló la máquina.

### 5.5.2 Fabricación.

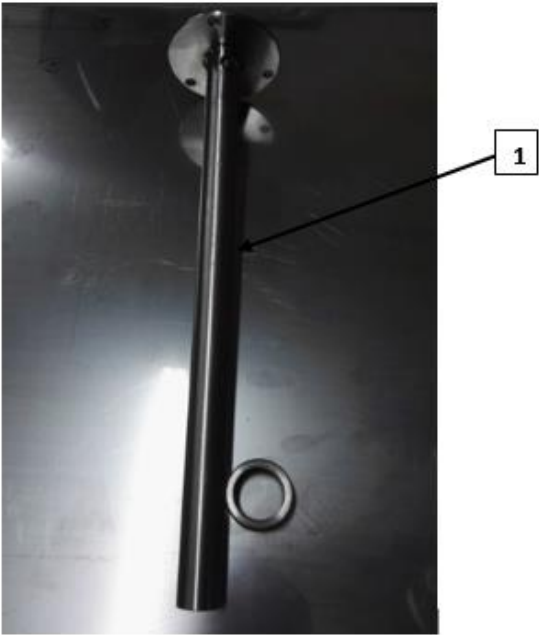
Figura 53. Banco Aceleración de Coriolis.



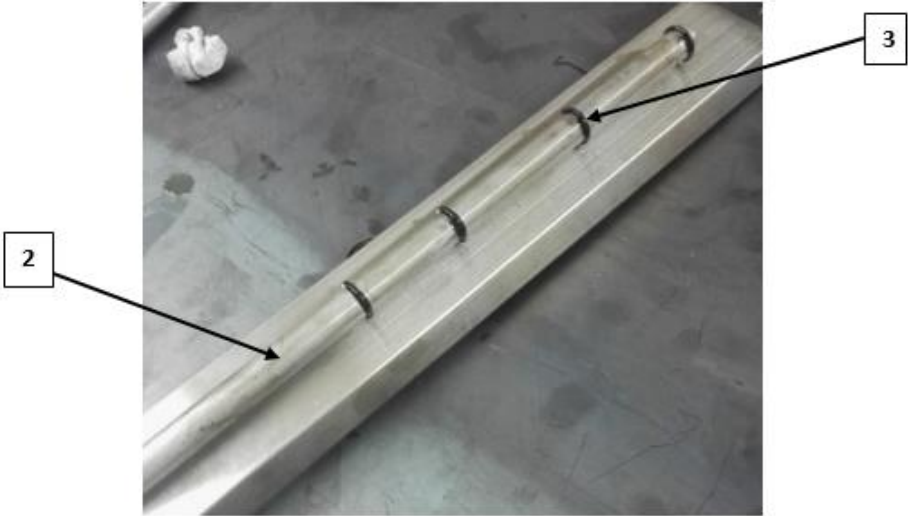
En el proceso de fabricación, primero se realizó todos los cálculos ingenieriles y planos correspondientes al proceso de diseño, para luego proceder a la compra de equipos de laboratorio e implementos estructurales necesarios para la construcción del banco, este proceso de ensamble se llevó acabo en el taller METALART, en la ciudad de Bucaramanga.

**5.5.2.1 Ensamble conjunto eje principal.**

**Figura 54.** Ensamble conjunto eje principal interior.



**Figura 55.** Ensamble conjunto eje principal exterior.



El proceso de construcción del eje se llevó a cabo mediante un proceso de torneado, dónde se llevó a las dimensiones especificadas en los planos. Una vez realizado se procede a realizar el ensamble de todos los complementos.

1. Se introduce mediante presión una tubería PVC, dentro del diámetro interno del eje principal **ver figura 48 elemento 1**, para lograr un ajuste forzado. Esto se hace con el fin de disminuir la fricción entre el O 'ring y el tubo de acero inoxidable puesto que el coeficiente de rozamiento el tubo de PVC es menor.
2. Se procede a insertar los o 'ring **ver figura 49 elemento 3** en el tubo interno **ver figura 49 elemento 2**, esto con el fin de evitar filtraciones del agua en proceso de ejecución y proporcionar la fijación el tubo dentro de un eje giratorio.
3. Se procede a lubricar el tubo interno con los o 'ring para insertarlo en el eje principal mediante un ajuste forzado.

### **5.5.3 Guía de laboratorio.**

Para el desarrollo del proyecto se plantea un guía de trabajo en la cual se basará, en el desarrollo inductivo por parte del estudiante para evaluar sus competencias con respecto al tema relacionado. Anexo D. y a su vez se seguirá el protocolo de un método de análisis (Encuesta) y para finalizar se procederá a realizar un quiz a nivel del curso para analizar la metodología implantada.

**Figura 56.** Aplicación del banco educativo con los estudiantes de Dinámica grupo J1.



**Figura 57.** Aplicación del banco educativo con los estudiantes de Dinámica grupo L1.



**Figura 58.** Aplicación del banco educativo con los estudiantes de Dinámica grupo B1.



#### 5.5.3.1 Método de investigación.

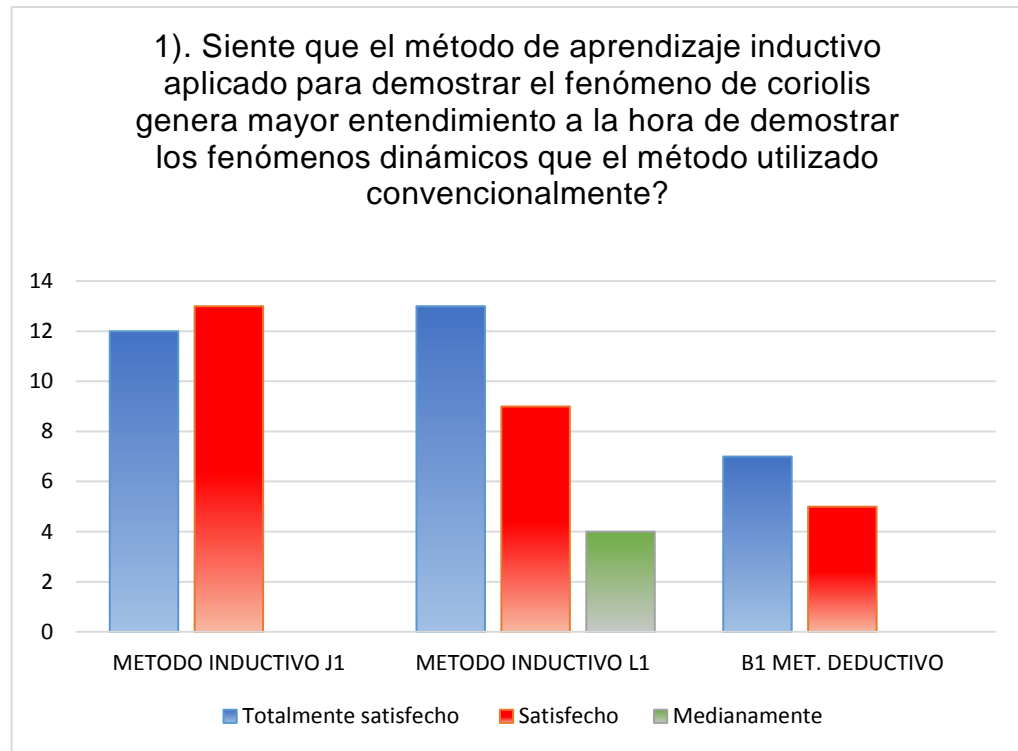
Se elige la encuesta como método de investigación para observar y analizar los datos obtenidos por los estudiantes frente a la metodología implantada que se ha venido trabajando comúnmente (método deductivo). Anexo E.

**Figura 59.** Aplicación de la encuesta para los estudiantes de Dinámica,



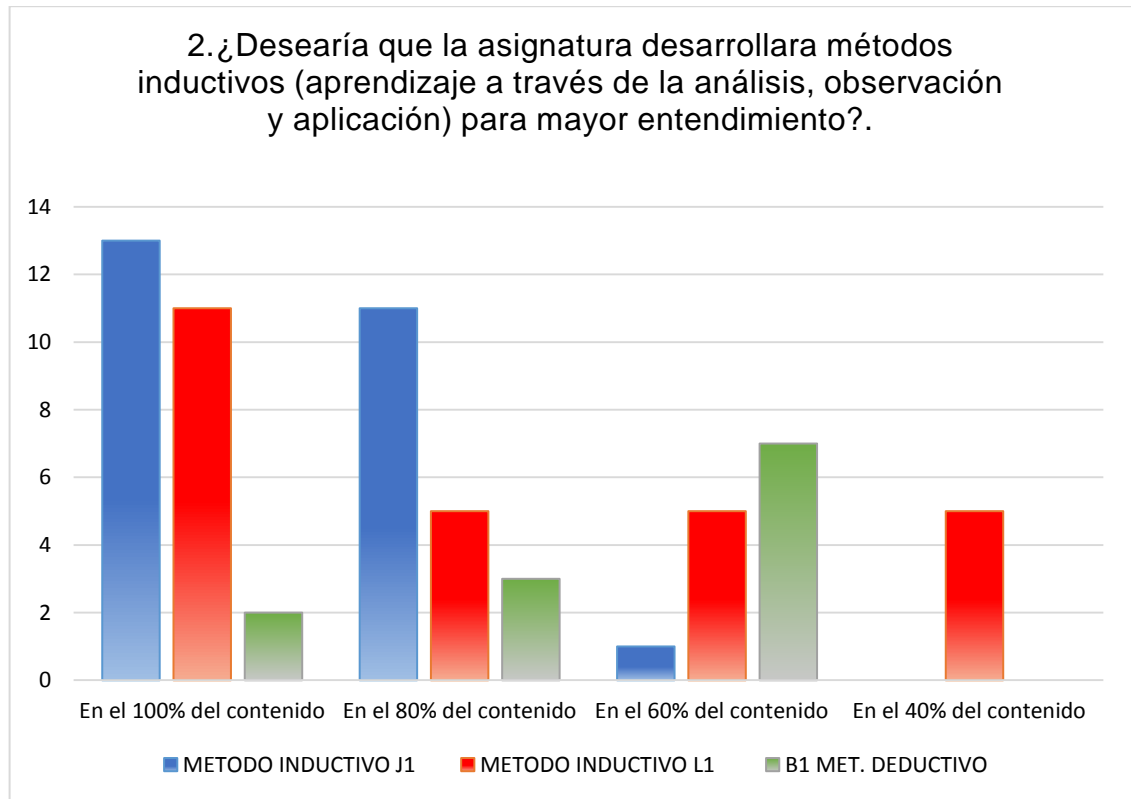
### 5.5.3.1.1 Resultados de las encuestas.

**Figura 60.** Resultados primera pregunta.



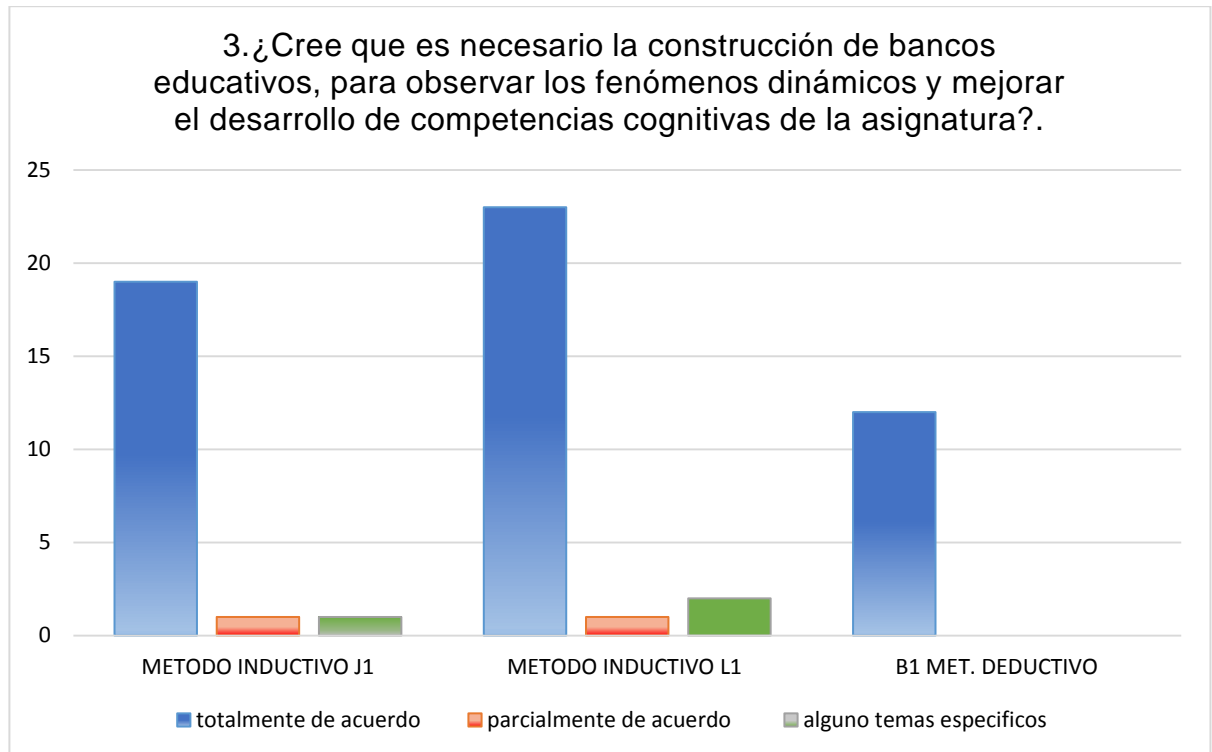
Más del 95% de los estudiantes de la asignatura Dinámica siente que se genera mayor entendimiento explicando un tema específico por medio del método de aprendizaje inductivo que por medio del aprendizaje deductivo.

**Figura 61.** Resultados segunda pregunta.



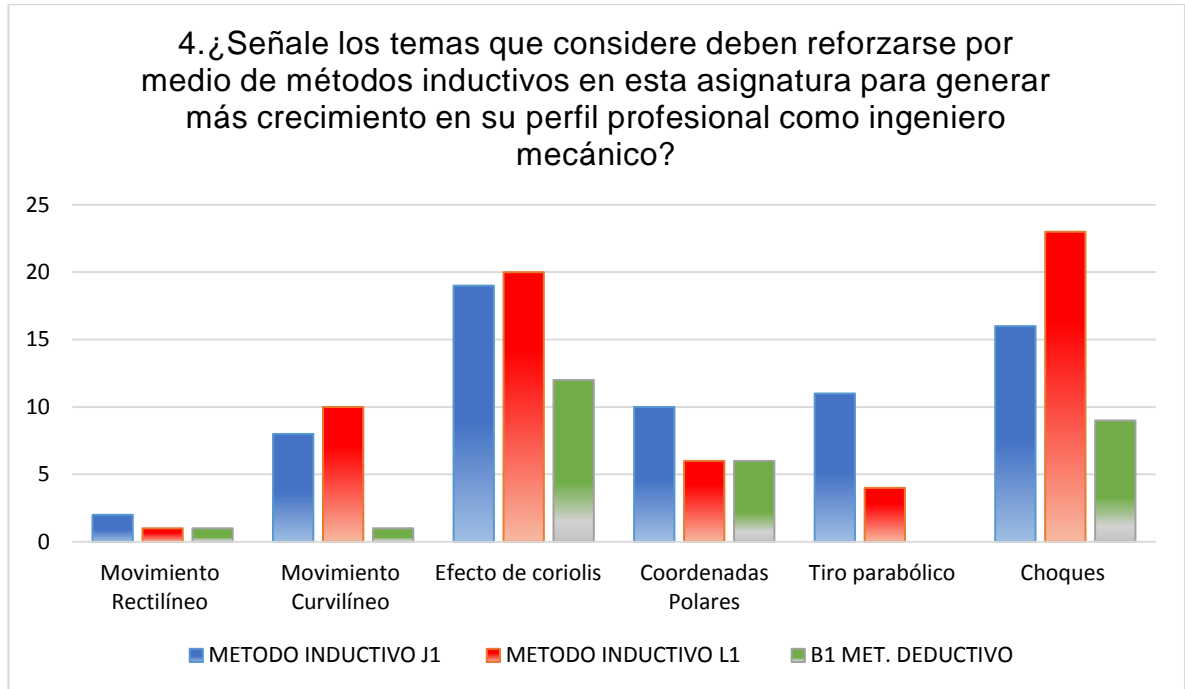
Al aplicar el método de aprendizaje inductivo en los estudiantes, estos despiertan un mayor interés en el tema que se está tratando, por lo cual los estudiantes desean que un alto porcentaje del contenido de la signatura Dinámica se explique mediante el método de aprendizaje inductivo.

**Figura 62.** Resultados tercera pregunta.



En su gran mayoría los estudiantes que están cursando la asignatura Dinámica creen que es necesario la construcción de bancos educativos, para observar los fenómenos dinámicos y mejor el desarrollo de competencias cognitivas de la asignatura.

**Figura 63.** Resultados cuarta pregunta.



Los estudiantes que están cursando la asignatura Dinámica reflejan un interés hacia el método de aprendizaje inductivo y consideran que es muy importante aplicar este método a los temas; Efecto de Coriolis, Choques, Coordenadas Polares, Tiro Parabólico y Movimiento Curvilíneo.

### 5.5.3.2 Método de calificación para estudiantes.

EL método de calificación para los estudiantes se basará en un quiz el cual servirá de referencia con respecto al curso que no se implantará el método inductivo para observar y analizar los resultados. Anexo F.

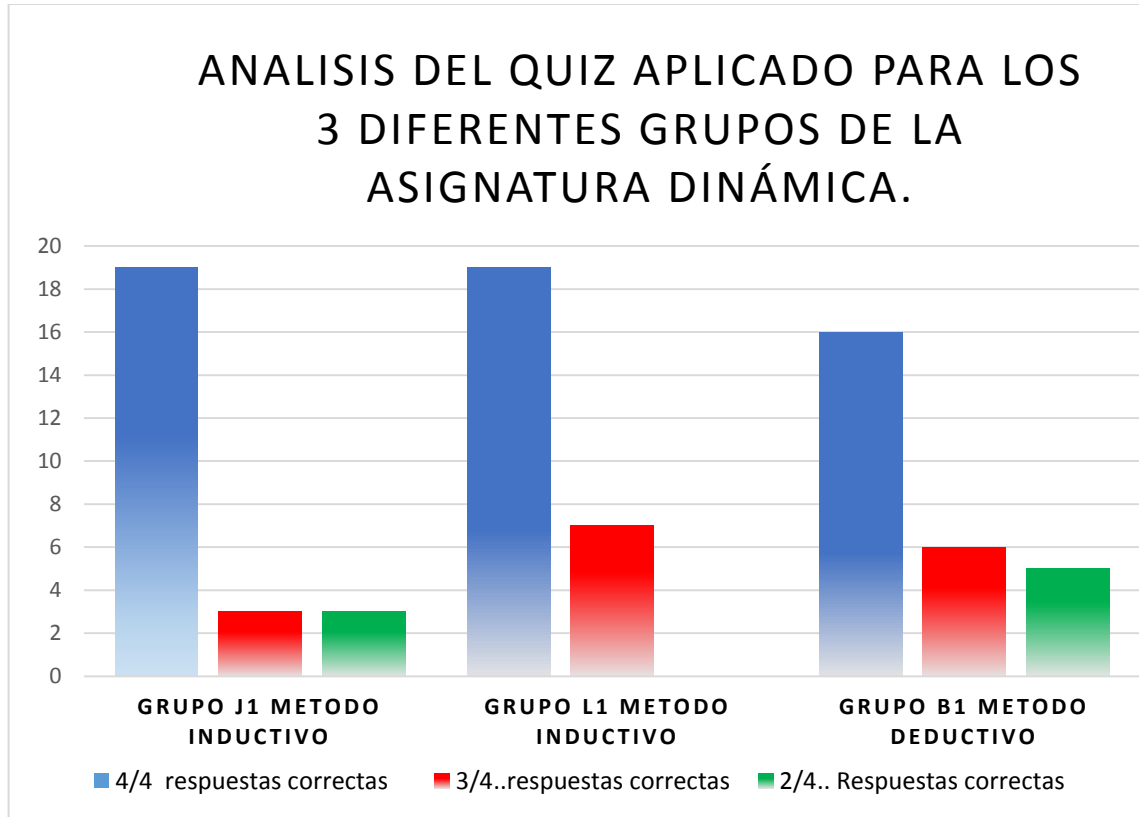
**Figura 64.** Aplicación del quiz para los estudiantes de Dinámica J1.



**Figura 65.** Aplicación del quiz para los estudiantes de Dinámica L1.



**Figura 66.** Análisis de resultado del método de calificación.



Se evidencia en esta gráfica, que es el resultado del quiz hecho a los estudiantes, que los grupos en los cuales se aplica el método de aprendizaje inductivo obtuvieron un mejor resultado. En el grupo J1 Y L1, 19 estudiantes respondieron correctamente todas las preguntas, mientras en el grupo B1 fueron 16 los que acertaron correctamente. Por lo tanto, en el grupo J1 el 76% de los estudiantes responden correctamente todas las preguntas, en el grupo L1 el 73% de los estudiantes responden correctamente todas las preguntas y en el grupo que fue aplicado el método de aprendizaje deductivo B1 el 59,3% de los estudiantes respondieron correctamente todas las preguntas.

## 6. CONCLUSIONES

- Se contribuyó al compromiso misional de la universidad industrial de Santander y de la escuela de ingeniería mecánica, al fomentar competencias cognitivas en los estudiantes de la asignatura Dinámica, mediante el diseño y construcción de un banco educativo que demuestra el fenómeno de coriolis, el cual se aplicó a los estudiantes que cursaban esta asignatura por medio de la metodología inductiva.
- Se realizó una investigación metodológica, haciendo uso de encuestas para la indagación de los temas con mayor falencia en la asignatura de Dinámica, según el análisis de resultados se concluye que es necesario la construcción de bancos educativos para observar los diferentes fenómenos que abarca la asignatura Dinámica, esto con el fin de mejorar el desarrollo de las competencias cognitivas de esta asignatura, por último se logra visualizar que gran parte de los estudiantes encuestados desean que en esta asignatura se utilice el método de aprendizaje inductivo para mayor asimilación y absorción de un tema.
- Se siguió con éxito la metodología de diseño y construcción “NASA ESMD Capstone design”, llegando al mejor prototipo totalmente funcional posible, este prototipo fue seleccionado mediante un arduo proceso de selección entre varias alternativas y finalmente la alternativa seleccionada se sometió a un proceso de optimización, en el cual se economiza costos y se mejora ergonómicamente y estéticamente.
- Se logra diseñar y construir un banco educativo para aplicar el método de aprendizaje inductivo en los estudiantes de la asignatura Dinámica, en este proceso de diseño se incluye métodos convencionales de ingeniería de

cálculo y posteriormente se validaron con software de simulación, se utilizó el programa Solid Works creando modelos CAD que permitieron definir dimensiones y demás características, garantizando la detección de fallas oportunas sobre el avance del proceso, por ende se concluye el correcto diseño, construcción y funcionamiento del banco.

- Se consigue aplicar el método de aprendizaje inductivo a dos cursos de la asignatura que no han visto el tema de Aceleración de Coriolis en clase y se compara con un tercer grupo que si ha visto el tema por medio del método de aprendizaje deductivo y así se llegamos a la conclusión del que método de aprendizaje inductivo genera en el estudiante más interés, más entusiasmo y hace que este se cuestione más acerca del tema, generando un mayor entendimiento del tema en comparación con el método deductivo.
- Según los resultados de la (**figura 66**), se demuestra que para el estudiante es más fácil la captación de conceptos y desarrollo de competencias cognitivas mediante la observación y análisis del fenómeno dinámico.
- Se realizó una investigación metodológica al finalizar la practica dando como resultado que 59 estudiante de una muestra de 63 alumnos prefiere que sea aplicada la metodología inductiva con sus respectivos bancos educativos para los diferentes temas de la asignatura, con el fin de fortalecer las competencias cognitivas.

## BIBLIOGRAFIA.

ARBELÁEZ, Diago: diseño y construcción de dispositivos experimentales para el estudio de fuerzas ficticias. Trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional, facultad de Ingeniería Mecánica, 2005.

BEER, F. P., Russel, Johnston, Jr. E. R. Mecánica Vectorial para Ingenieros. Dinámica. Editorial McGraw-Hill, (1990).

BLOOM, Benjamín (1981). Taxonomía de los Objetivos de la Educación: La clasificación de las metas educacionales. 8 ed. Buenos Aires: ateneo.

BUDYNAS G. Richard y NISBETt J. Keith, Diseño en ingeniería mecánica de shigley 8 ed. Editorial McGraw-Hill, (2008).

CORREDOR MOTAGUT, Martha, PEREZ ANGULO, Martha. & ARBELÁEZ LÓPEZ, Ruby. Estrategias de Enseñanza y Aprendizaje. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2009.

PARADA CORRALES, Alfredo. Fatiga fisura progresiva, Colombia: 1990.P1-64.

Plan de acciones para la convergencia europea. Los objetos de aprendizaje como recursos para la docencia universitaria: criterios para su elaboración. Universidad Politécnica de Valencia. Encontrado en: [http://www.aqu.cat/doc/doc\\_22391979\\_1.pdf](http://www.aqu.cat/doc/doc_22391979_1.pdf).

PRIETO, Alfredo, Díaz. David & SANTIAGO, Raúl. Metodologías inductivas: El desafío de enseñar mediante el cuestionamiento y los retos. Grupo Océano: Encontrado en: <http://es.slideshare.net/alfredo.prietomartin/metodologias-inductivas-muestra>.

PRINCE, Michael & FELDER, Richard. Inductive and learning methods: Definitions, Comparisons, and Research bases. Encontrado en: <http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/InductiveTeaching.pdf>.

R. A Serway Y J.W. Jewett, física para ciencia e ingeniería Volumen 1, Ed, Cengage learning (2008).

ROJAS, Hernán Tolerancias y ajustes. 1985.

RUSSELL C. Hibbeler, Mecánica para Ingenieros Dinámica. 6 Edición, CECSA 2006.

SANTORO HERNÁNDEZ, Leonardo: comprobación de la Aceleración de Coriolis mediante la construcción de un prototipo-practico de laboratorio. Quito 2003. Trabajo de grado, Escuela Politécnica Nacional De Quito, Faculta De Ingeniería Mecánica.

ZABALA, Antoni & ARNAU, Laia. Como Aprender y Enseñar Competencias: 11 Ideas Claras. Colección Ideas Claras. Serie Didáctica, Diseño y desarrollo curricular. Barcelona: Grao.

## ANEXOS

### Anexo A. Encuesta y estadísticas.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**FACULTAD FISICO-MECANICA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

**ORIENTACIONES:** El presente instrumento tiene como finalidad conocer el contenido con mayor dificultad para el aprendizaje de la asignatura dinámica, con el fin de crear un banco educativo enfocado en dicho tema y mejorar las competencias mediante métodos inductivos.

#### DATOS INFORMATIVOS

Semestre:

Género:  Masculino  Femenino

1 ¿Qué contenido de la asignatura posee mayor complejidad de aprendizaje?

\_\_\_ Cinemática de la partícula.

\_\_\_ Cinética de la partícula.

\_\_\_ Cuerpo Rígido; cinemática y cinética.

\_\_\_ Sistemas no inerciales (Coriolis).

\_\_\_ Sistemas Dependientes.

\_\_\_ Conservación de la cantidad de movimiento.

2 ¿cree que es necesario la construcción de bancos educativos, para observar los fenómenos dinámicos y mejorar el desarrollo de competencias cognitivas de la asignatura?

SI\_\_\_ NO\_\_\_

3 ¿siente que el método de aprendizaje deductivo aplicado para la asignatura genera falta de entendimiento para los fenómenos dinámicos?

SI\_\_ NO\_\_

4 ¿Desearía que la asignatura desarrollara métodos inductivos (aprendizaje a través de la análisis, observación y aplicación) para mayor entendimiento?

SI\_\_ NO\_\_

5 ¿establezca los requerimientos de mayor importancia (de 1 a 8) para tener en cuenta en el proceso de diseño y construcción del banco educativo?

\_\_Seguridad

\_\_Fácil Mantenimiento

\_\_Económico

\_\_Estético

\_\_Mecanismos Sencillos

\_\_Precisión

\_\_Tablero de control

\_\_Mínimas emisión de Ruido

6 ¿cree que la asignatura Dinámica genera crecimiento en su perfil profesional como ingeniero mecánico? ¿Porque?

SI\_\_ NO\_\_

---

---

---

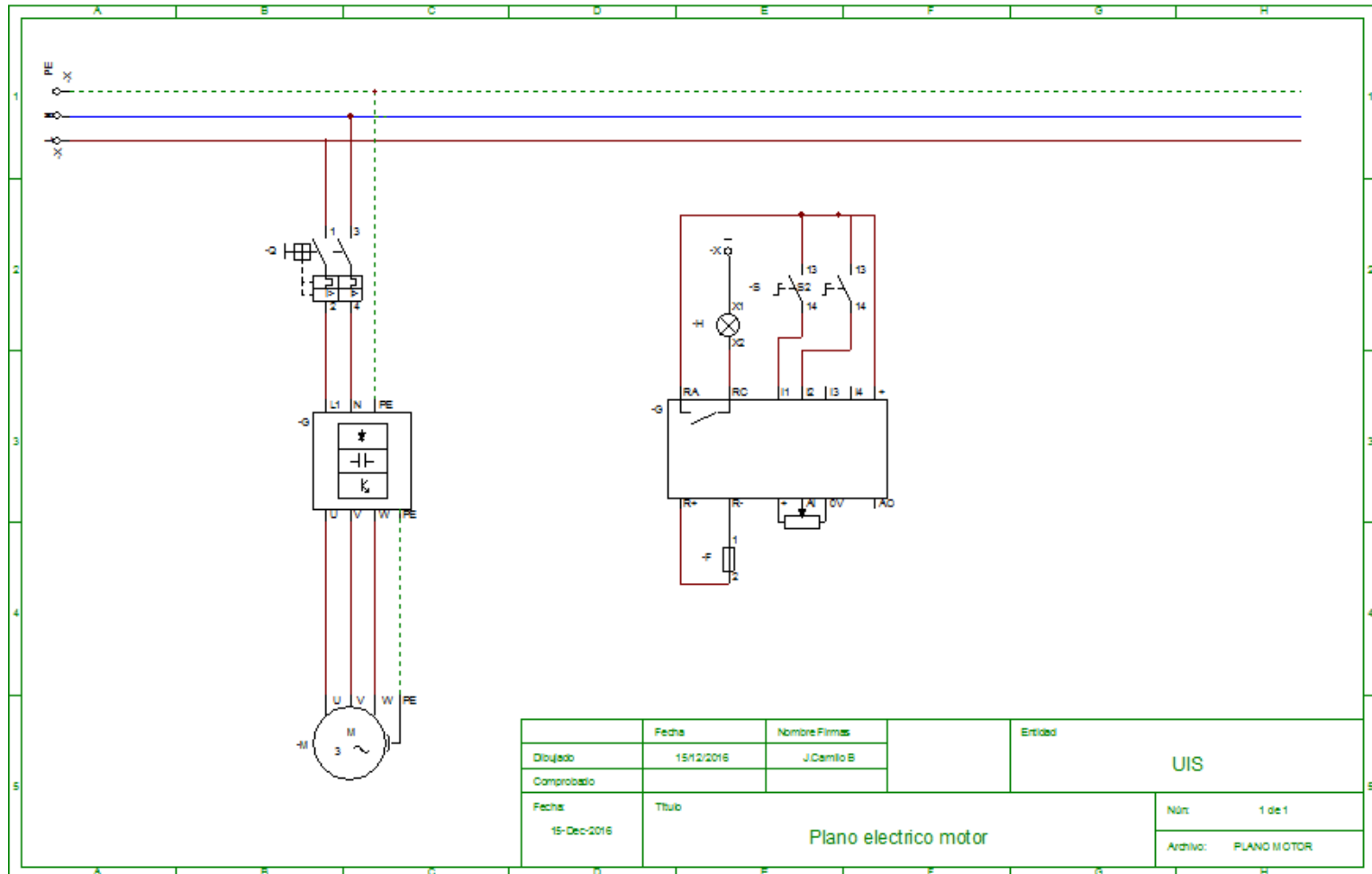
---

---

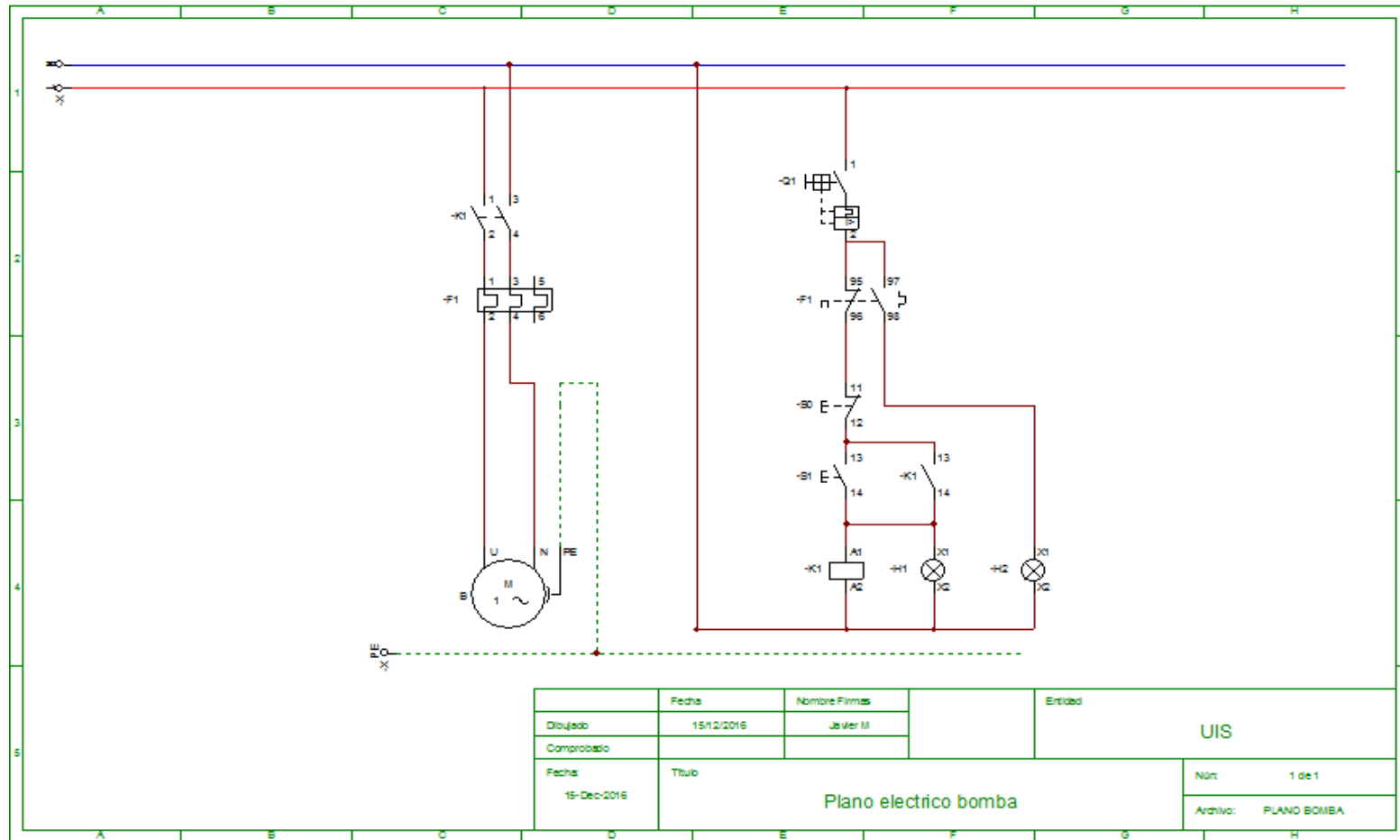
---

## Anexo B. Planos Eléctricos.

### Plano eléctrico motor



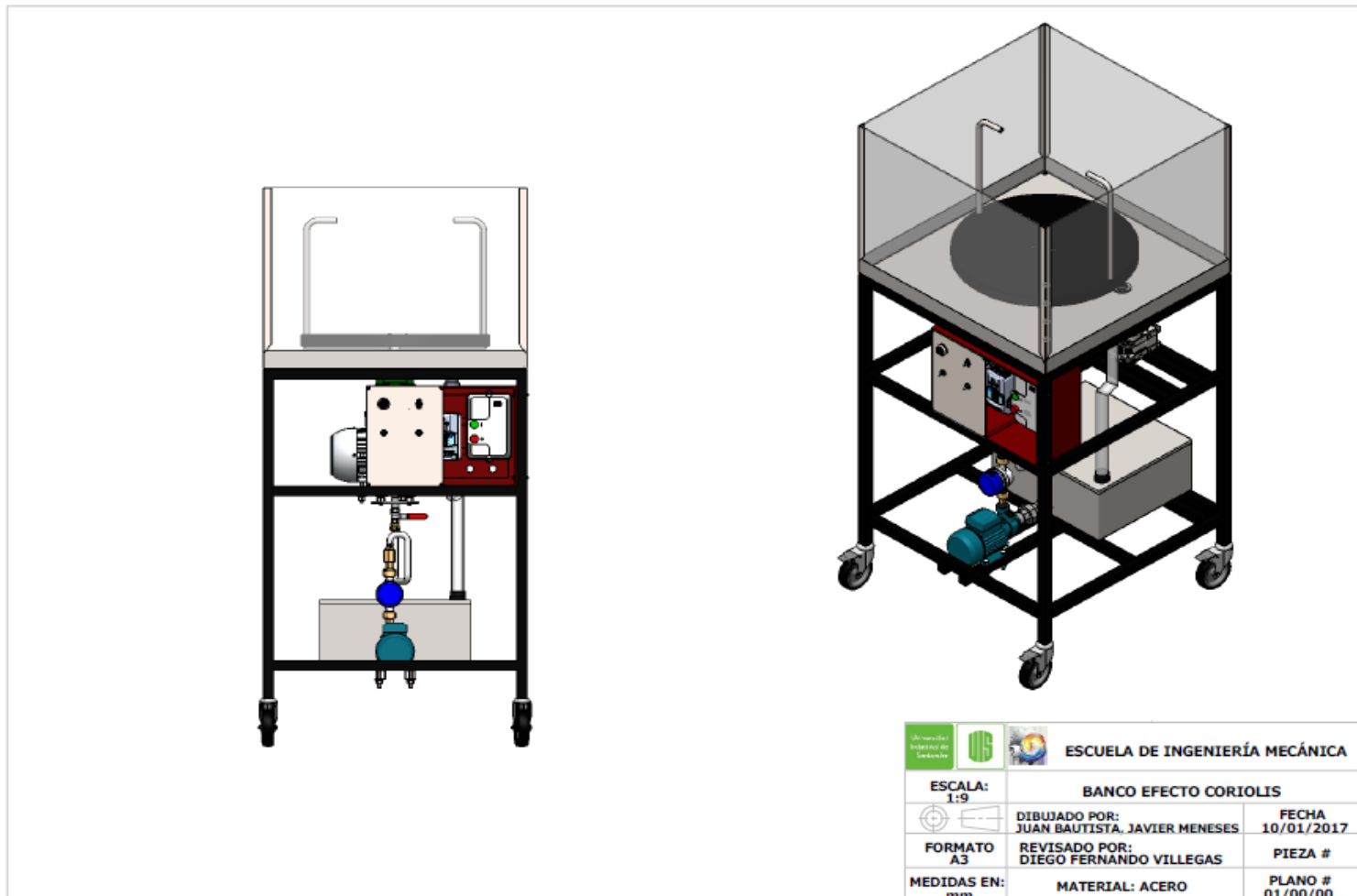
# Plano eléctrico Bomba.



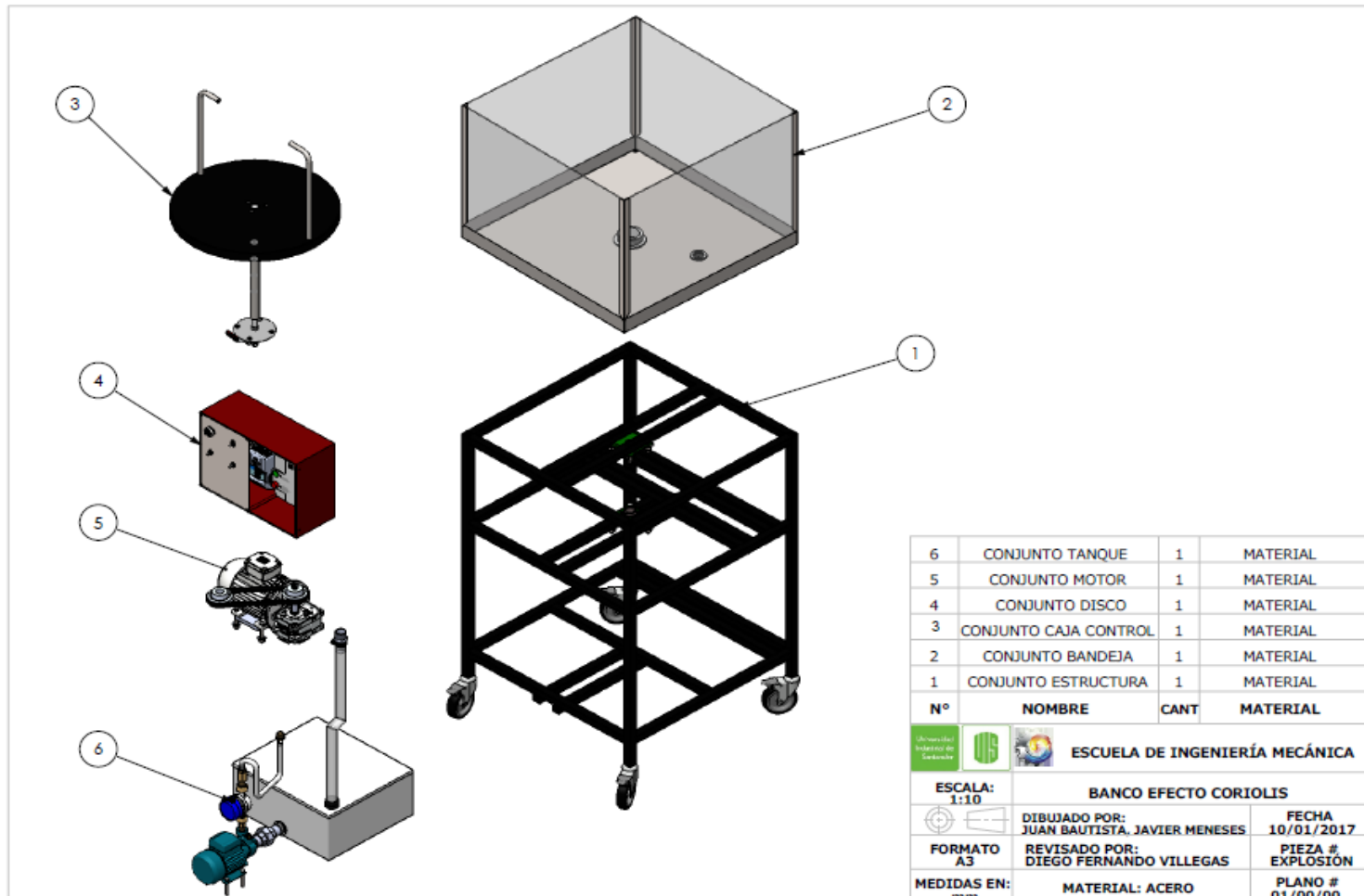
	Fecha	Nombre Firmas	Entidad
Diseño	15/12/2016	Javier M	UIS
Comprobado			
Fecha:	Titulo		Núm: 1 de 1
15-Dec-2016	Plano electrico bomba		Archivo: PLANO BOMBA

## Anexo C. Planos.

### Banco efecto coriolis



## Banco efecto coriolis explosionado

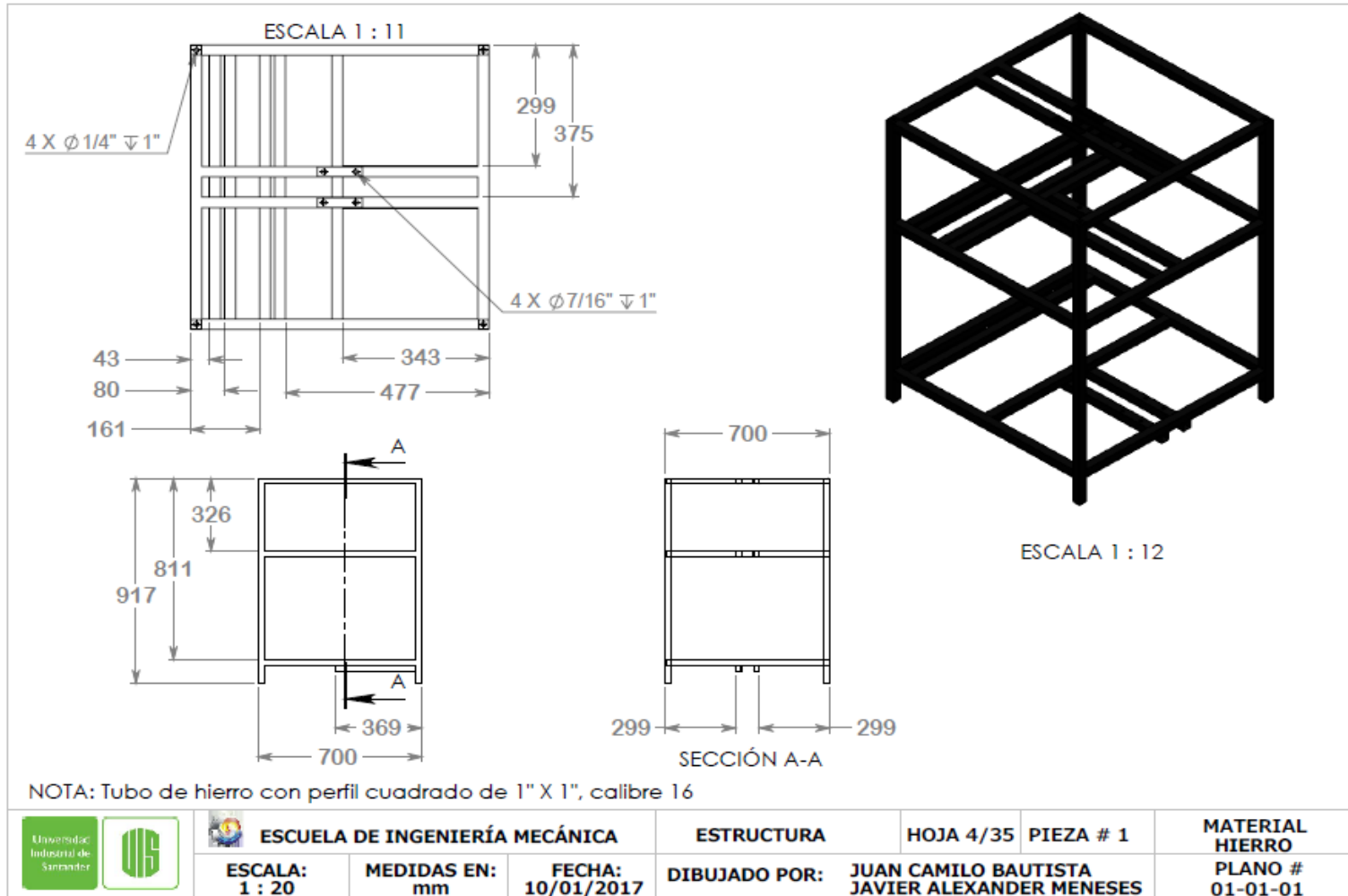


## Conjunto estructura

N°	NOMBRE	CANT	MATERIAL
8	GUASA 7/16"	8	ACERO GALVANIZADO
7	CHUMACERA	2	ACERO
6	TORNILLO 7/16" X 2.5"	4	ACERO GALVANIZADO
5	TUERCA 7/16"	8	ACERO GALVANIZADO
4	ARANDELA 7/16"	8	ACERO GALVANIZADO
3	TORNILLO 7/16" X 1.5"	4	ACERO GALVANIZADO
2	RODACHINES	4	ACERO
1	ESTRUCTURA	1	HIERRO

<b>ESCALA:</b> 1 : 8		
<b>CONJUNTO ESTRUCTURA</b>		
	DIBUJADO POR: JUAN BAUTISTA, JAVIER MENESES	FECHA 10/01/2017
FORMATO A3	REVISADO POR: DIEGO FERNANDO VILLEGAS	PIEZA # EXPLOSIÓN
MEDIDAS EN: mm	MATERIAL: ACERO	PLANO # 01/01/00

Estructura.

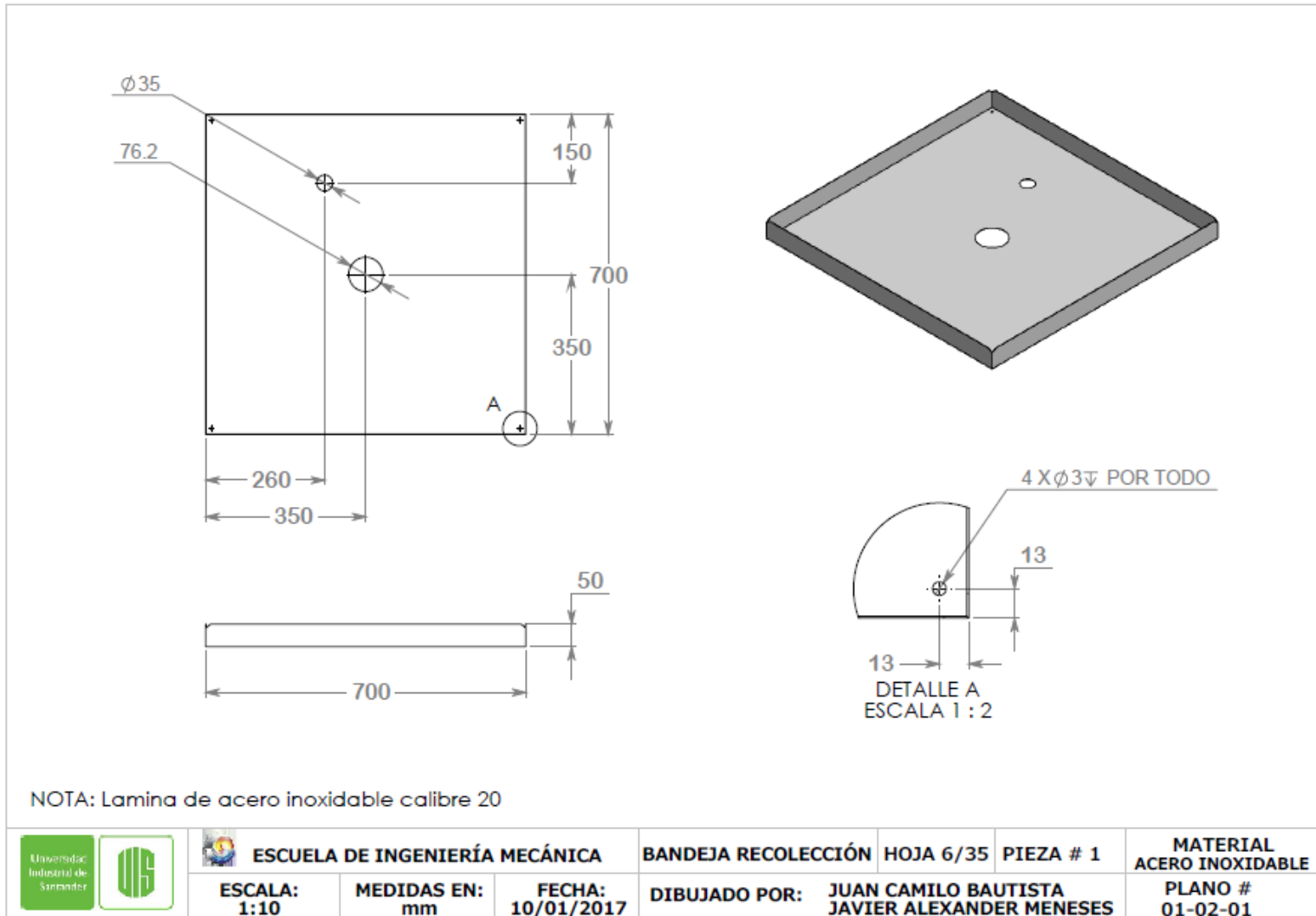


# Conjunto bandeja

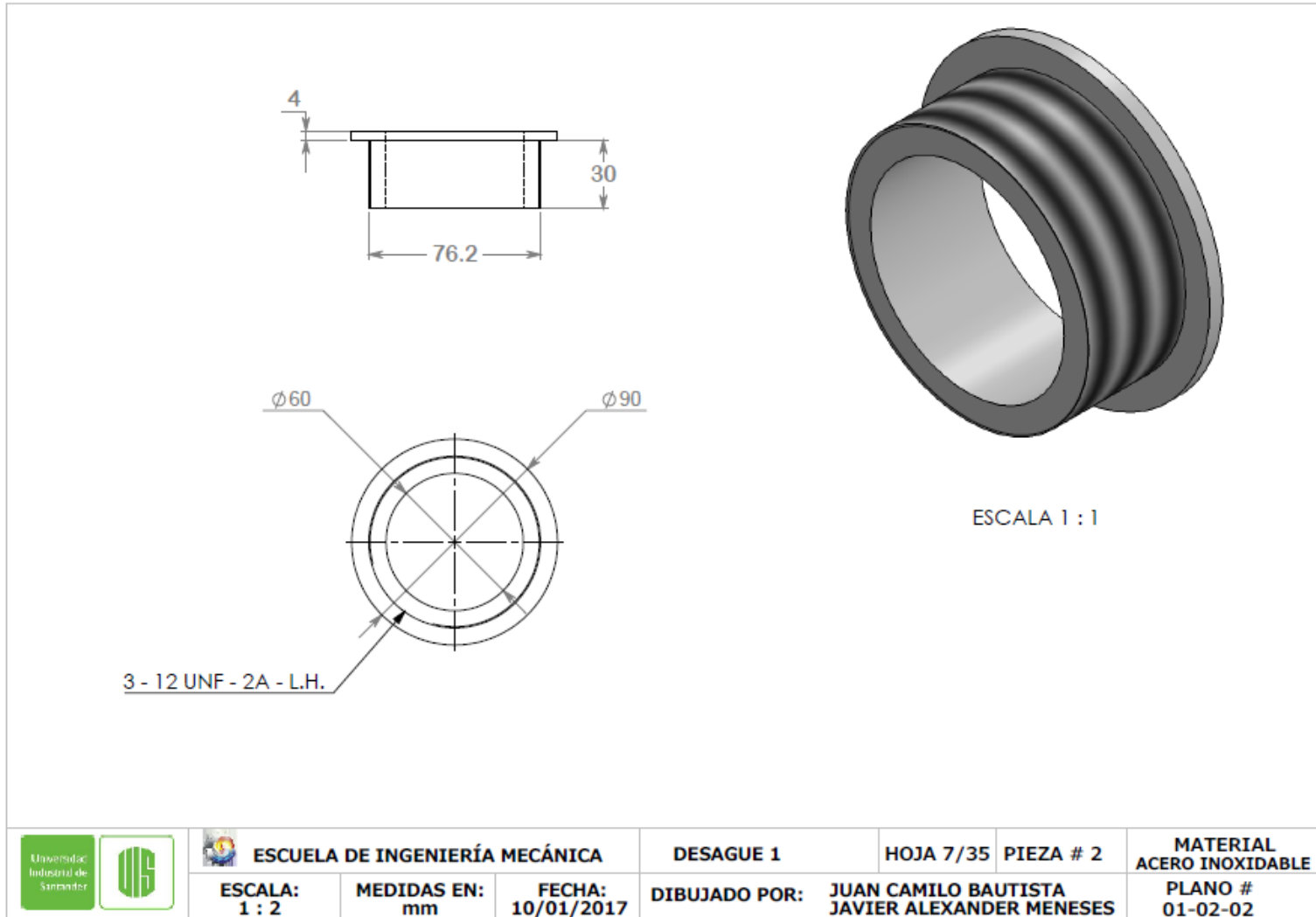
N°	NOMBRE	CANT	MATERIAL
12	TORN AUTOPERFORANTE	4	ACERO INOXIDABLE
11	EMPAQUE 3	4	CAUCHO
10	ESCUADRAS VIDRIO	4	ACERO INOXIDABLE
9	VIDRIO 2	2	VIDRIO
8	VIDRIO 1	2	VIDRIO
7	TUERCA DESAGUE 2	1	ACERO INOXIDABLE
6	EMPAQUE 2	2	CAUCHO
5	DESAGUE 2	1	ACERO INOXIDABLE
4	TUERCA DESAGUE 1	1	ACERO INOXIDABLE
3	EMPAQUE 1	2	CAUCHO
2	DESAGUE 1	1	ACERO INOXIDABLE
1	BANDEJA RECOLECCIÓN	1	ACERO INOXIDABLE

ESCALA: 1 : 10	CONJUNTO BANDEJA	
FORMATO A3	DIBUJADO POR: JUAN BAUTISTA, JAVIER MENESES	FECHA 10/01/2017
MEDIDAS EN: mm	REVISADO POR: DIEGO FERNANDO VILLEGAS	PIEZA # EXPLOSIÓN
	MATERIAL: ACERO	PLANO # 01/02/00

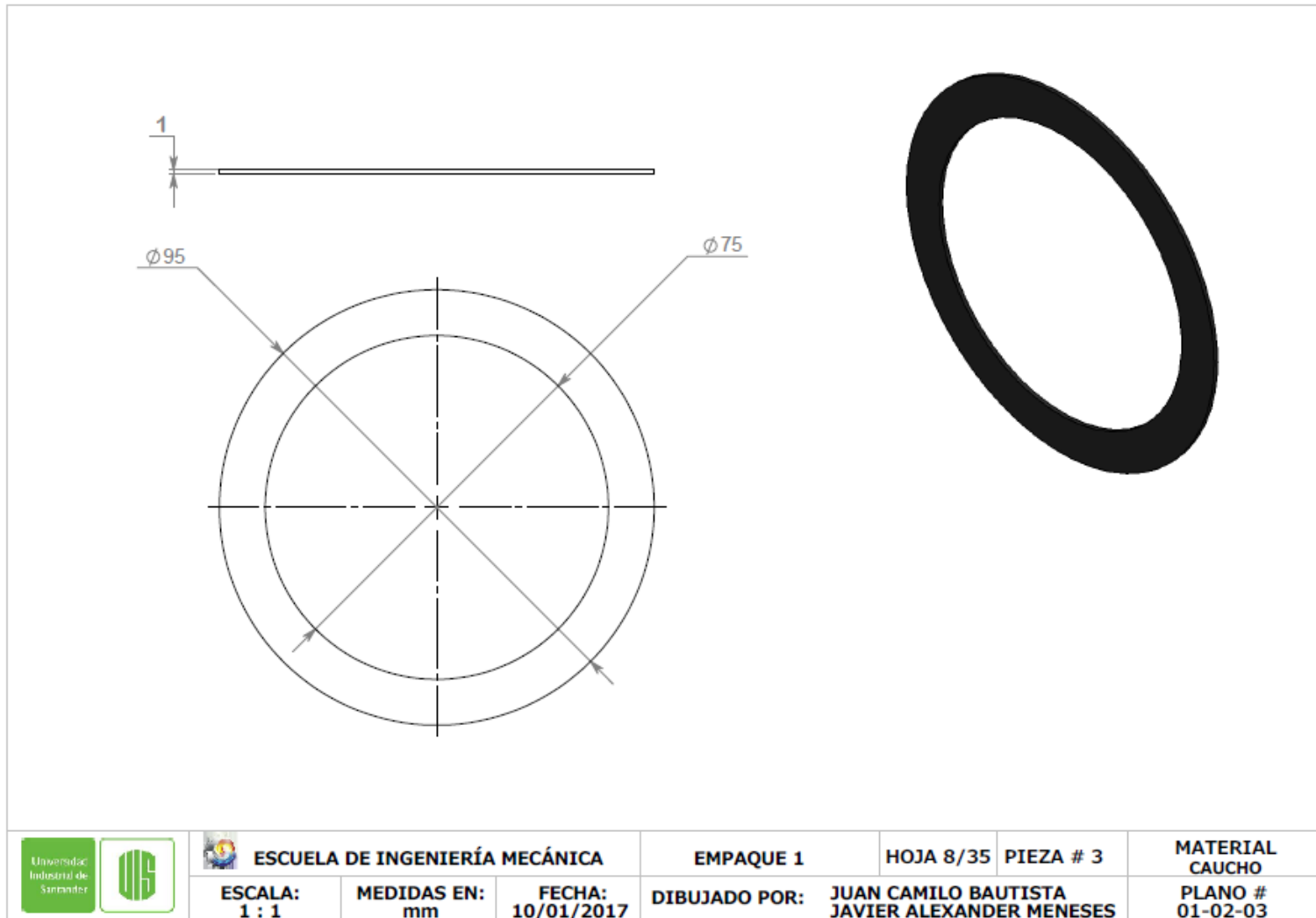
## Bandeja de recolección



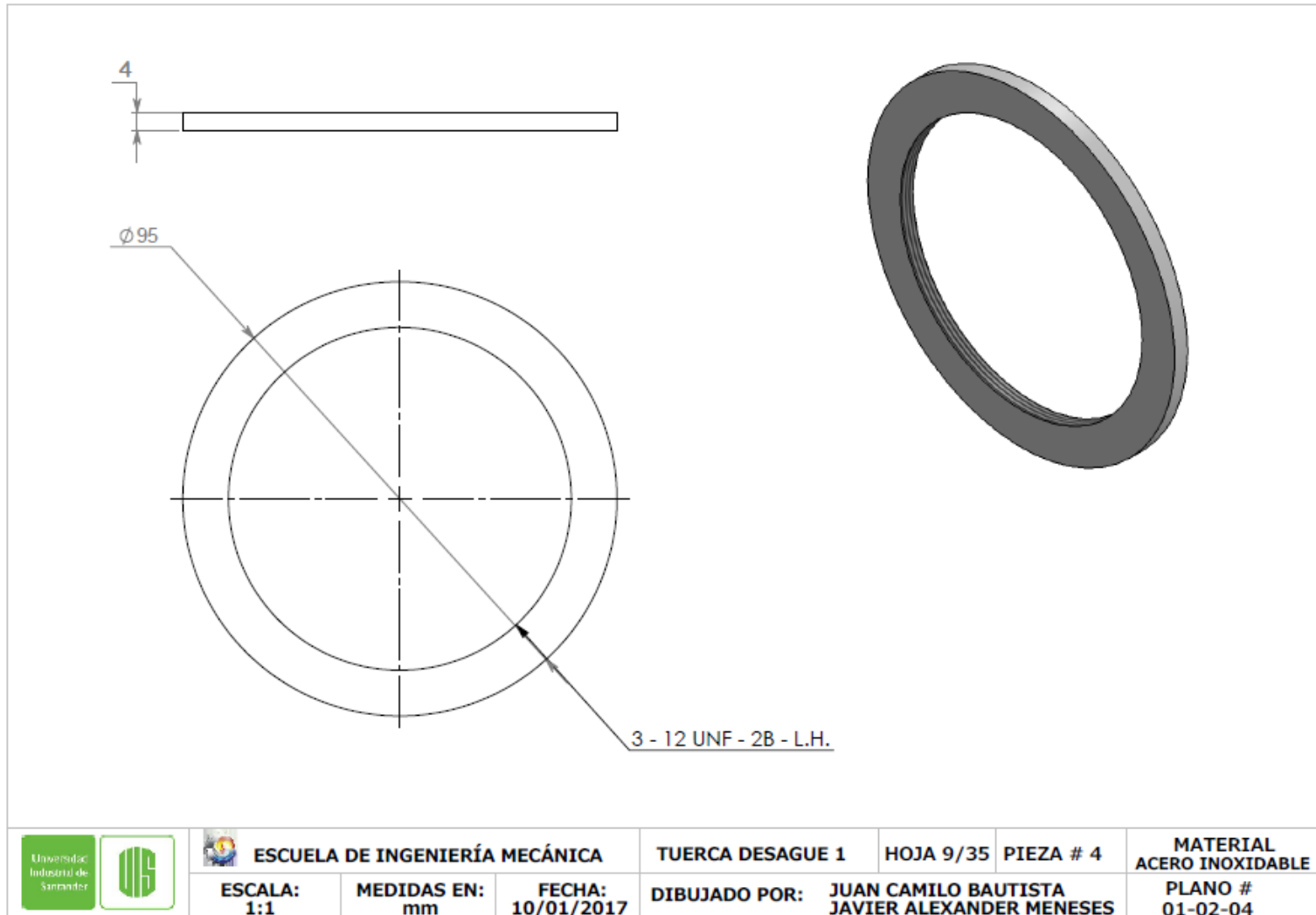
Desagüe 1



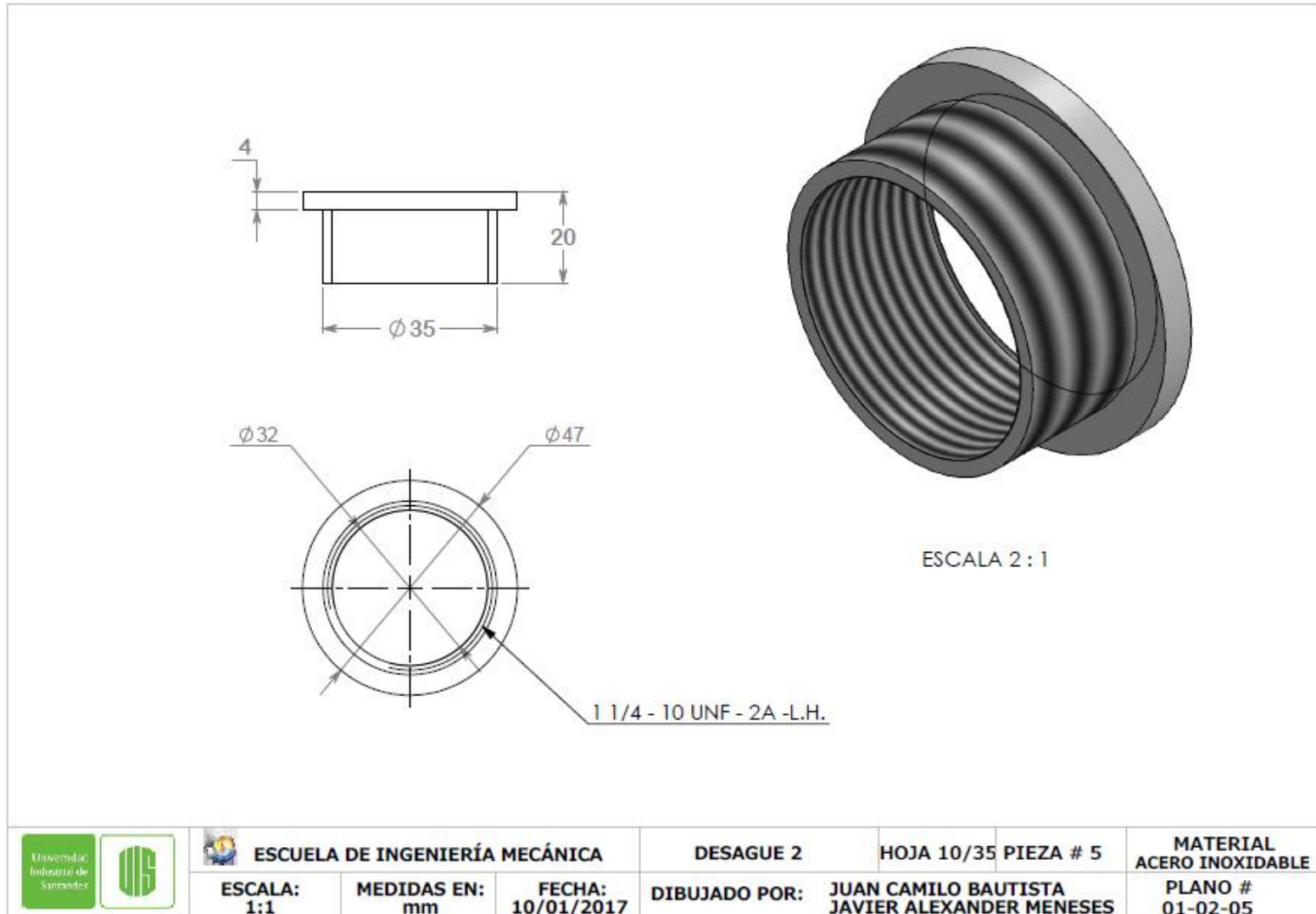
# Empaque 1



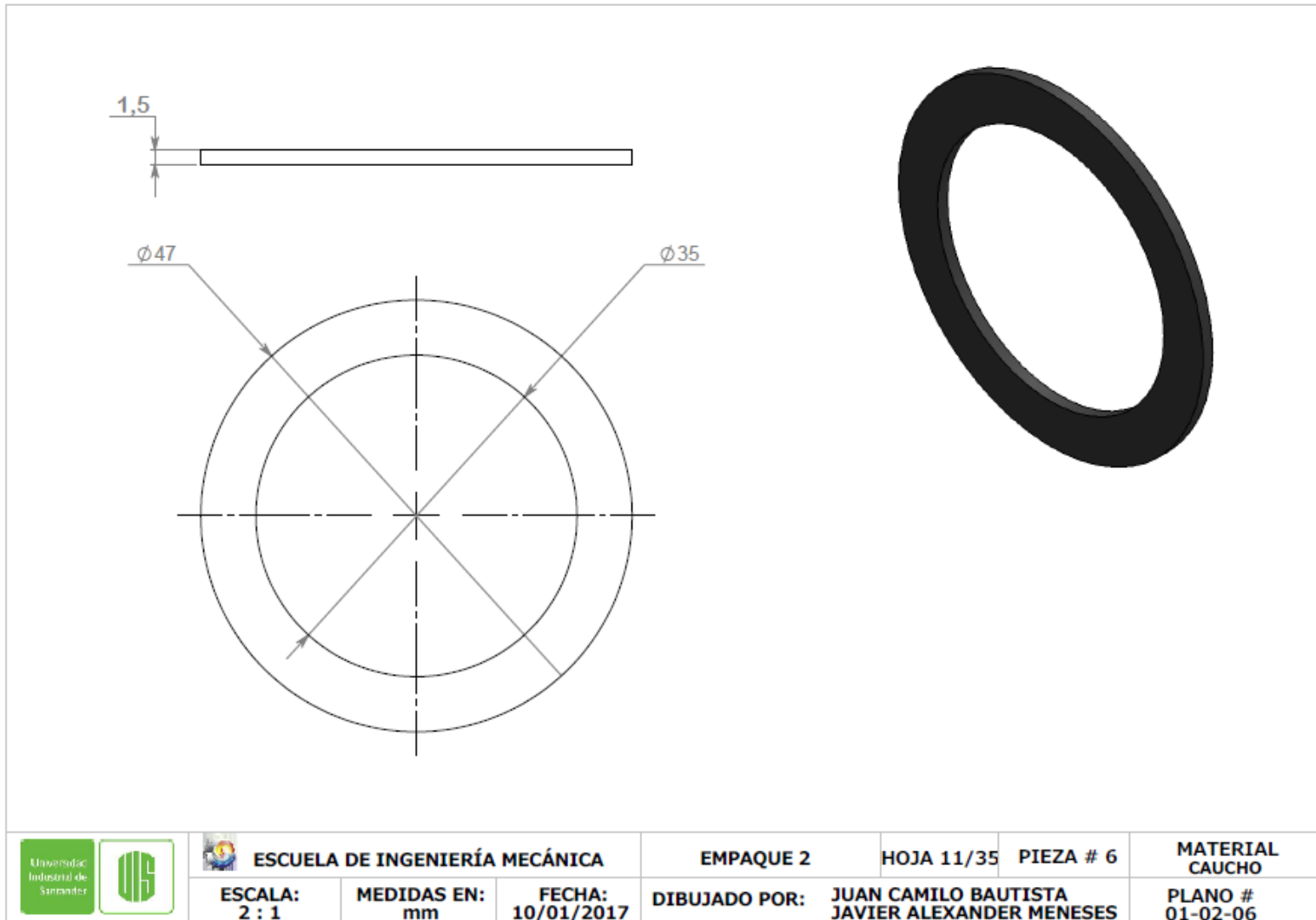
Tuerca desagüe 1



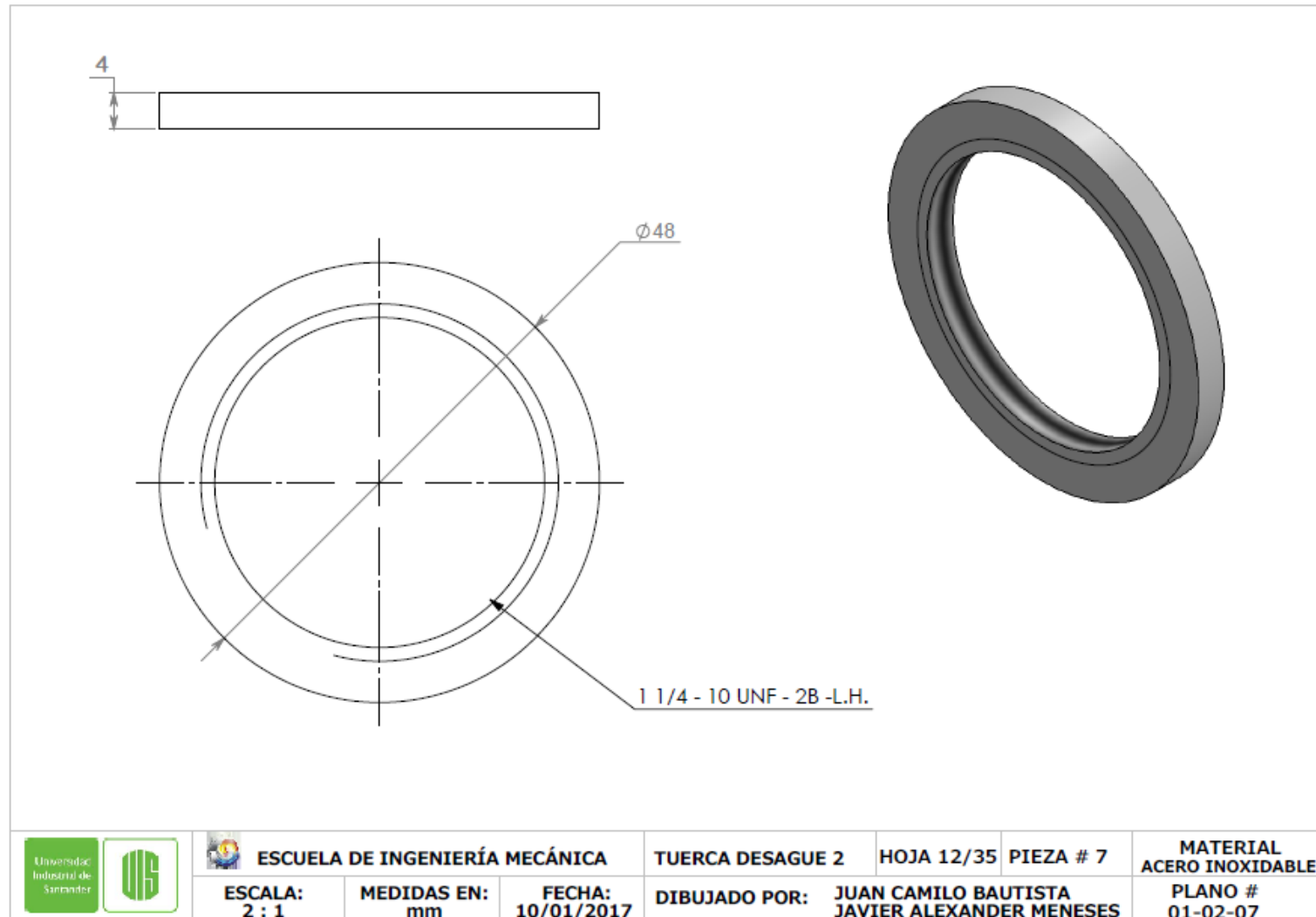
Desagüe 2



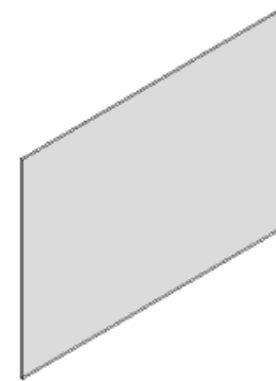
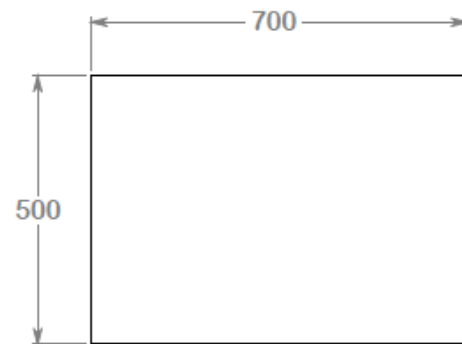
## Empaque 2






## Tuerca de desagüe 2



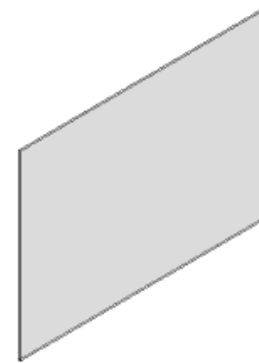
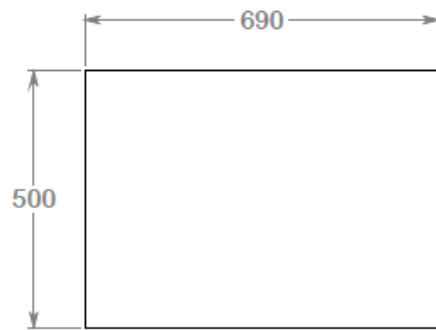
## Vidrio 1






NOTA: Vidrio transparente calibre 5 mm

 	 <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			<b>VIDRIO 1</b>	HOJA 13/35	PIEZA # 8	<b>MATERIAL VIDRIO</b>
	<b>ESCALA:</b> 1 : 10	<b>MEDIDAS EN:</b> mm	<b>FECHA:</b> 10/01/2017	<b>DIBUJADO POR:</b> JUAN CAMILO BAUTISTA JAVIER ALEXANDER MENESES			<b>PLANO #</b> 01-02-08

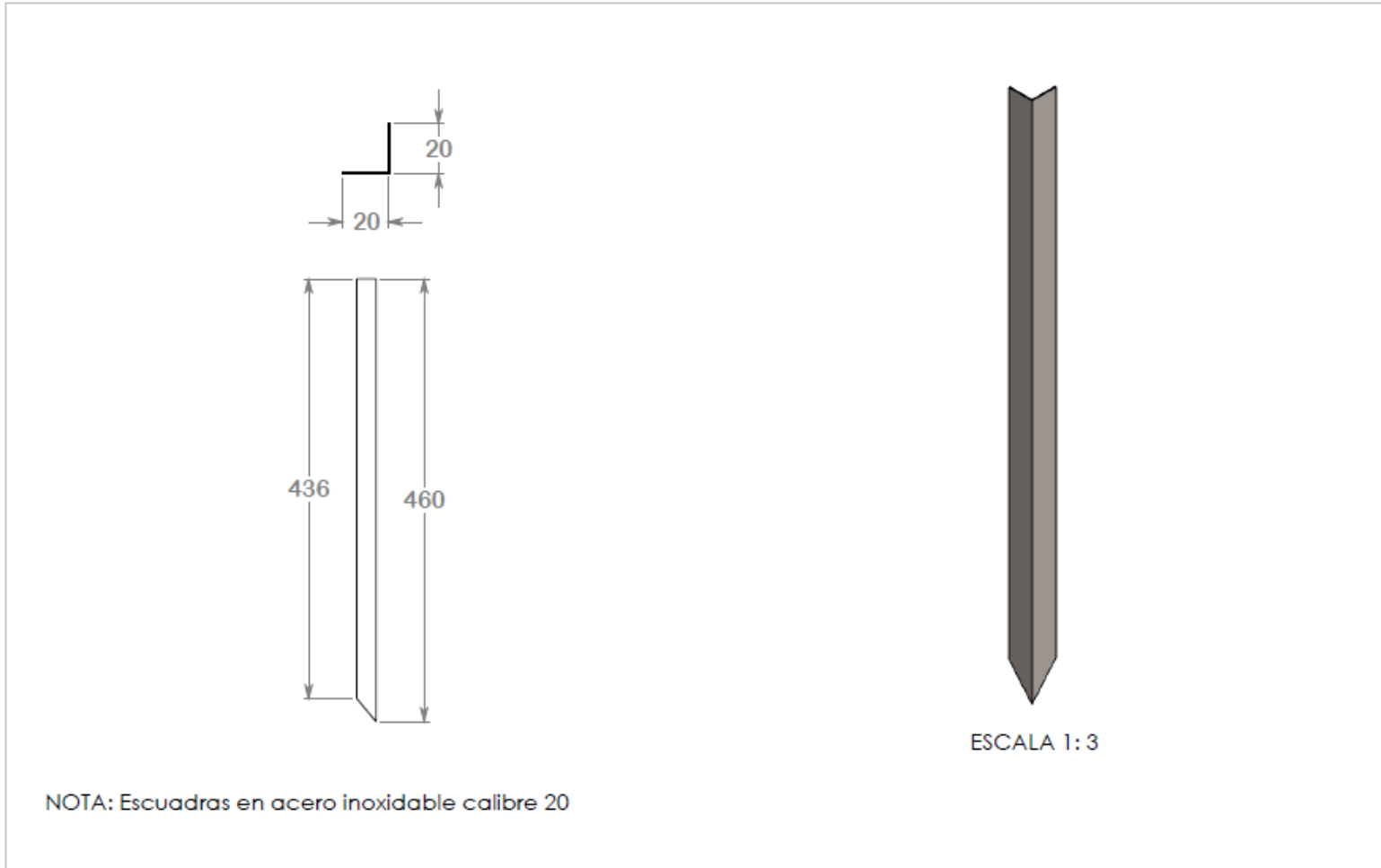
## Vidrio 2






NOTA: Vidrio transparente calibre 5 mm

		 <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			<b>VIDRIO 2</b>	<b>HOJA 14/35</b>	<b>PIEZA # 9</b>	<b>MATERIAL VIDRIO</b>
		<b>ESCALA:</b> <b>1 : 10</b>	<b>MEDIDAS EN:</b> <b>mm</b>	<b>FECHA:</b> <b>10/01/2017</b>	<b>DIBUJADO POR:</b> <b>JUAN CAMILO BAUTISTA JAVIER ALEXANDER MENESES</b>			<b>PLANO #</b> <b>01-02-09</b>

Escuadras



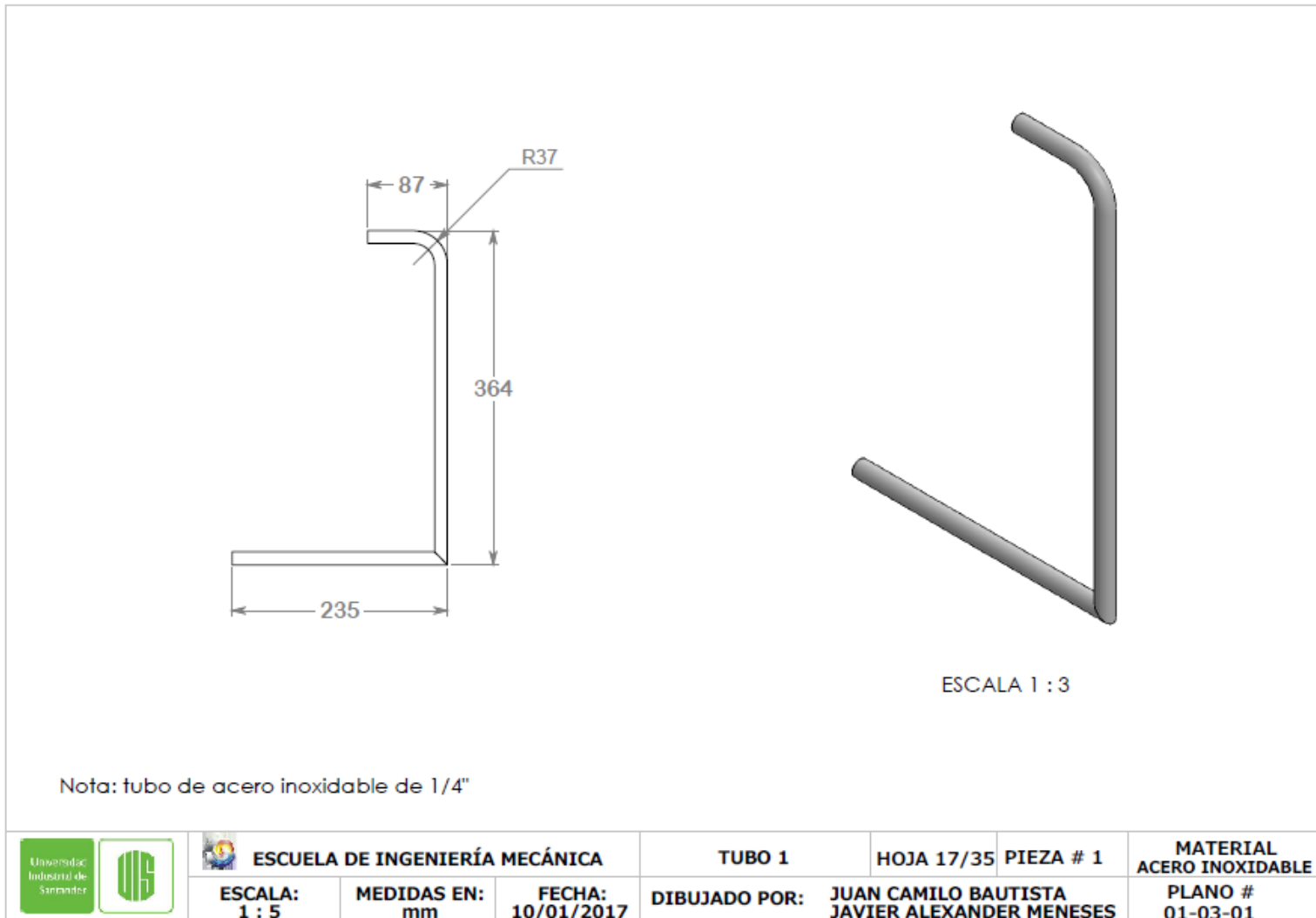
NOTA: Escuadras en acero inoxidable calibre 20

 	 <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			<b>ESCUADRAS</b>	<b>HOJA 15/35</b>	<b>PIEZA # 10</b>	<b>MATERIAL ACERO INOXIDABLE</b>
	<b>ESCALA: 1 : 5</b>	<b>MEDIDAS EN: mm</b>	<b>FECHA: 10/01/2017</b>	<b>DIBUJADO POR: JUAN CAMILO BAUTISTA JAVIER ALEXANDER MENESES</b>			<b>PLANO # 01-02-10</b>

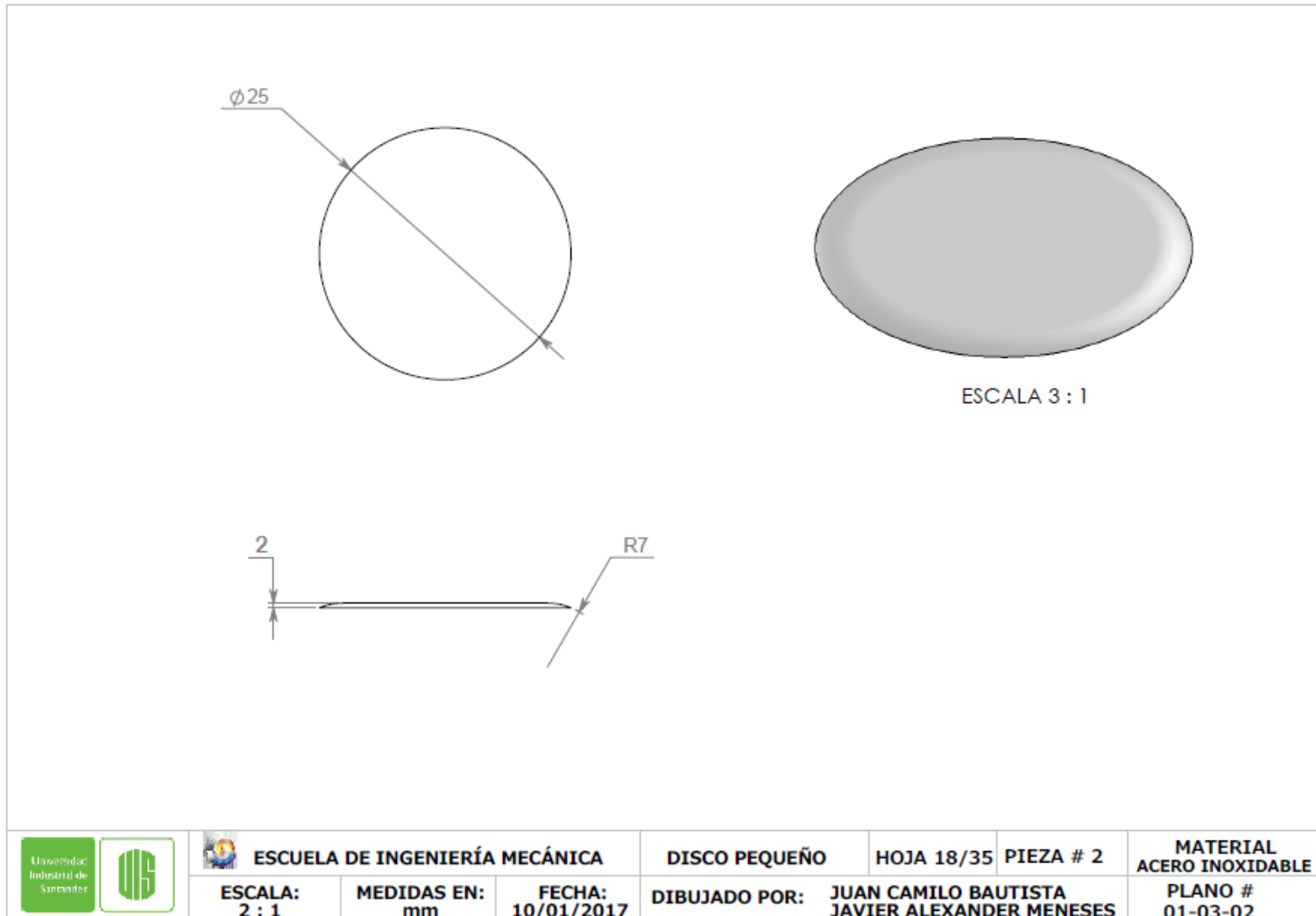
## Conjunto disco

15	LLAVE DE BOLA 1/4"	1	ACERO INOXIDABLE
14	NIPLE 1/4" MACHO - MACHO	1	BRONCE
13	BRIDA UNION	1	ACERO INOXIDABLE
12	TUBO 3	1	ACERO INOXIDABLE
11	ORING	4	CAUCHO
10	TUBO 2	1	PVC
9	EJE	1	ACERO INOXIDABLE
8	DISCO	1	ACERO INOXIDABLE
7	BRIDA	1	ACERO INOXIDABLE
6	TUERCA 5/8"	3	ACERO INOXIDABLE
5	GUASA 5/8"	3	ACERO INOXIDABLE
4	ARANDELA 5/8"	3	ACERO INOXIDABLE
3	BUTTON 1/2" X 3/4"	3	ACERO INOXIDABLE
2	DISCO PEQUEÑO	1	ACERO INOXIDABLE
1	TUBO 1	1	ACERO INOXIDABLE
Nº	NOMBRE	CANT	MATERIAL
ESCALA: 1:7		CONJUNTO DISCO	
DIBUJADO POR: JUAN BAUTISTA, JAVIER MENESES		FECHA: 10/01/2017	
FORMATO A3		REVISADO POR: DIEGO FERNANDO VILLEGAS	
MEDIDAS EN: mm		MATERIAL: ACERO INOXIDABLE	
		PIEZA # EXPLOSION	
		PLANO # 01/03/00	

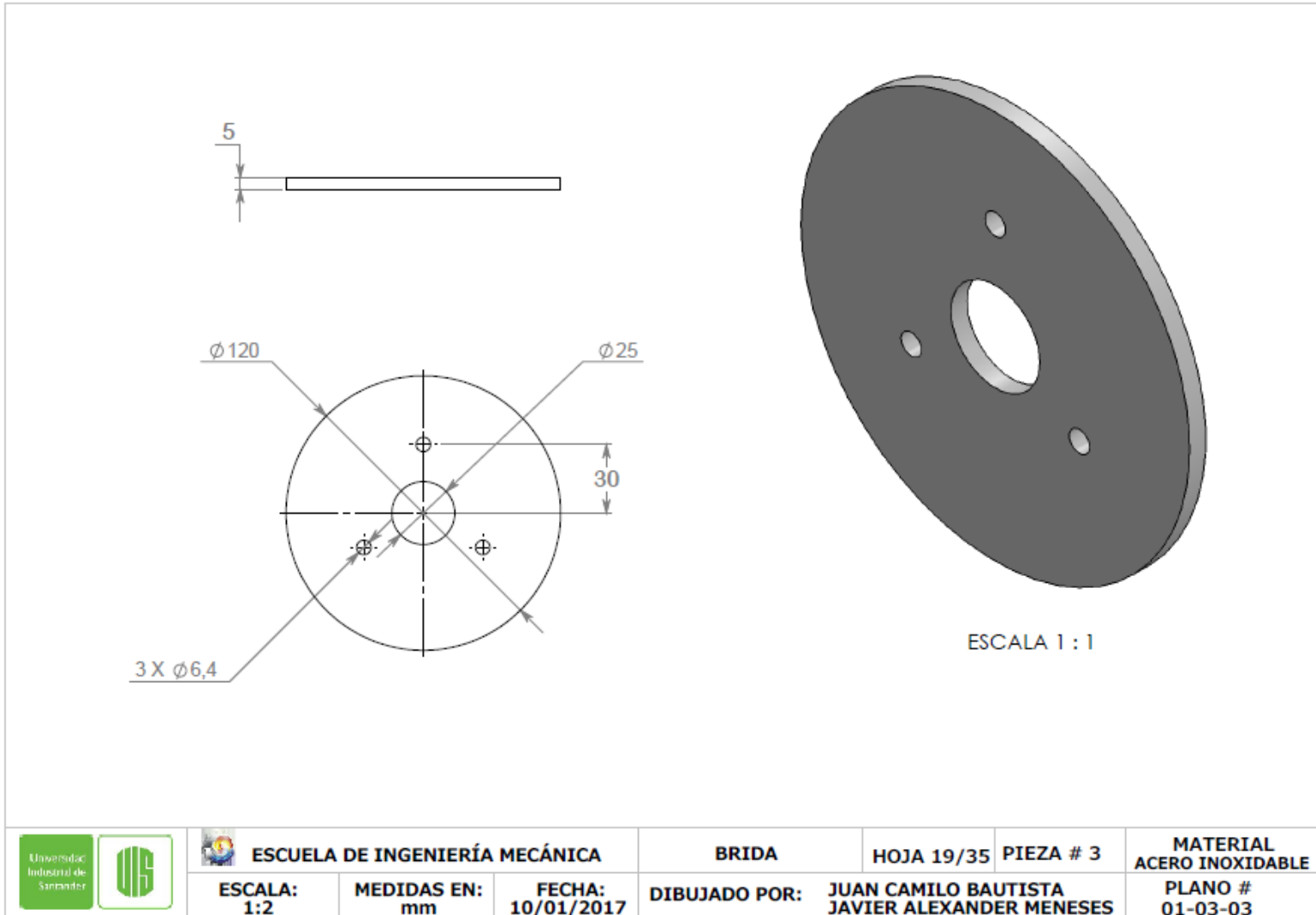
Tubo 1






## Disco pequeño

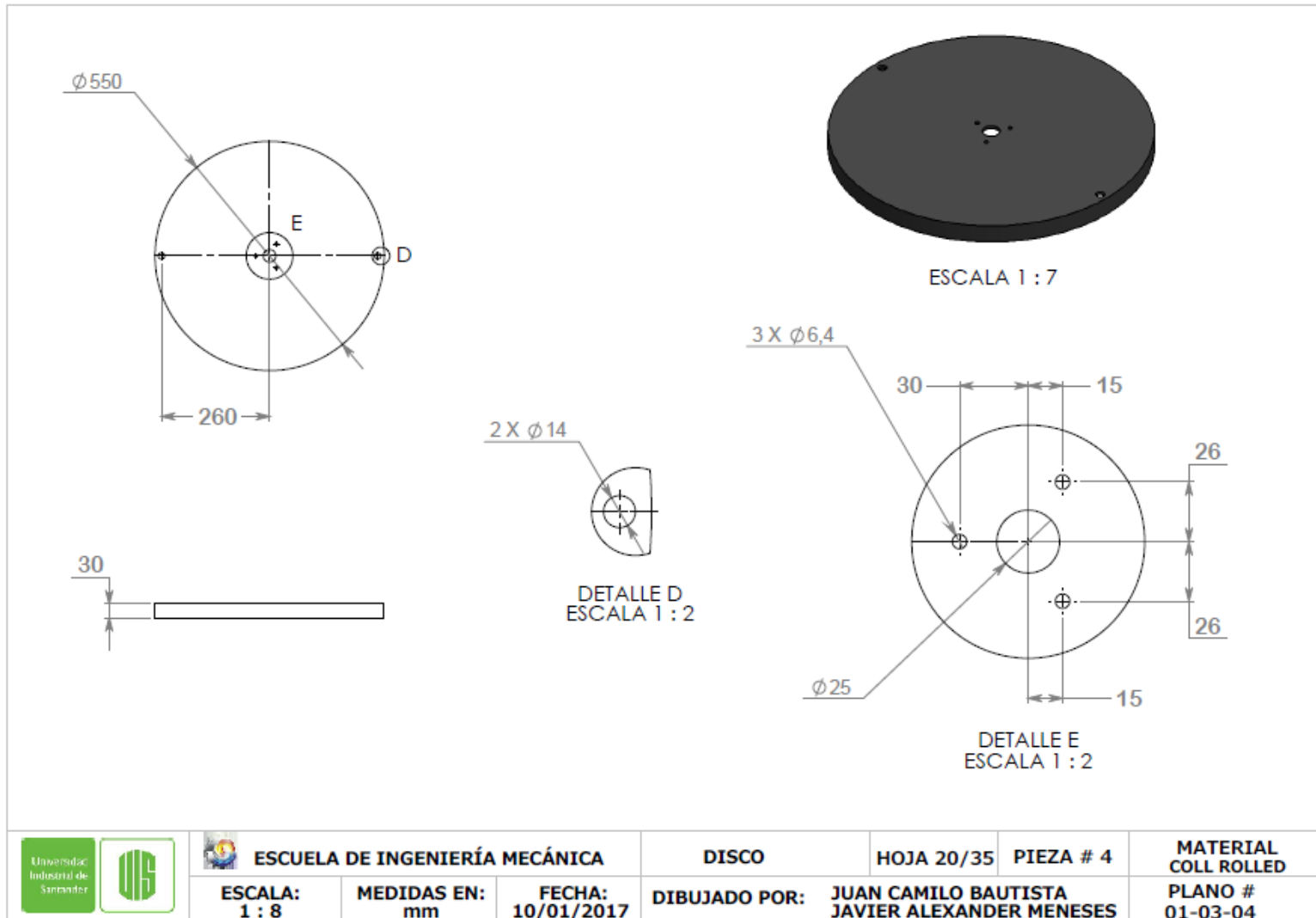



Brida



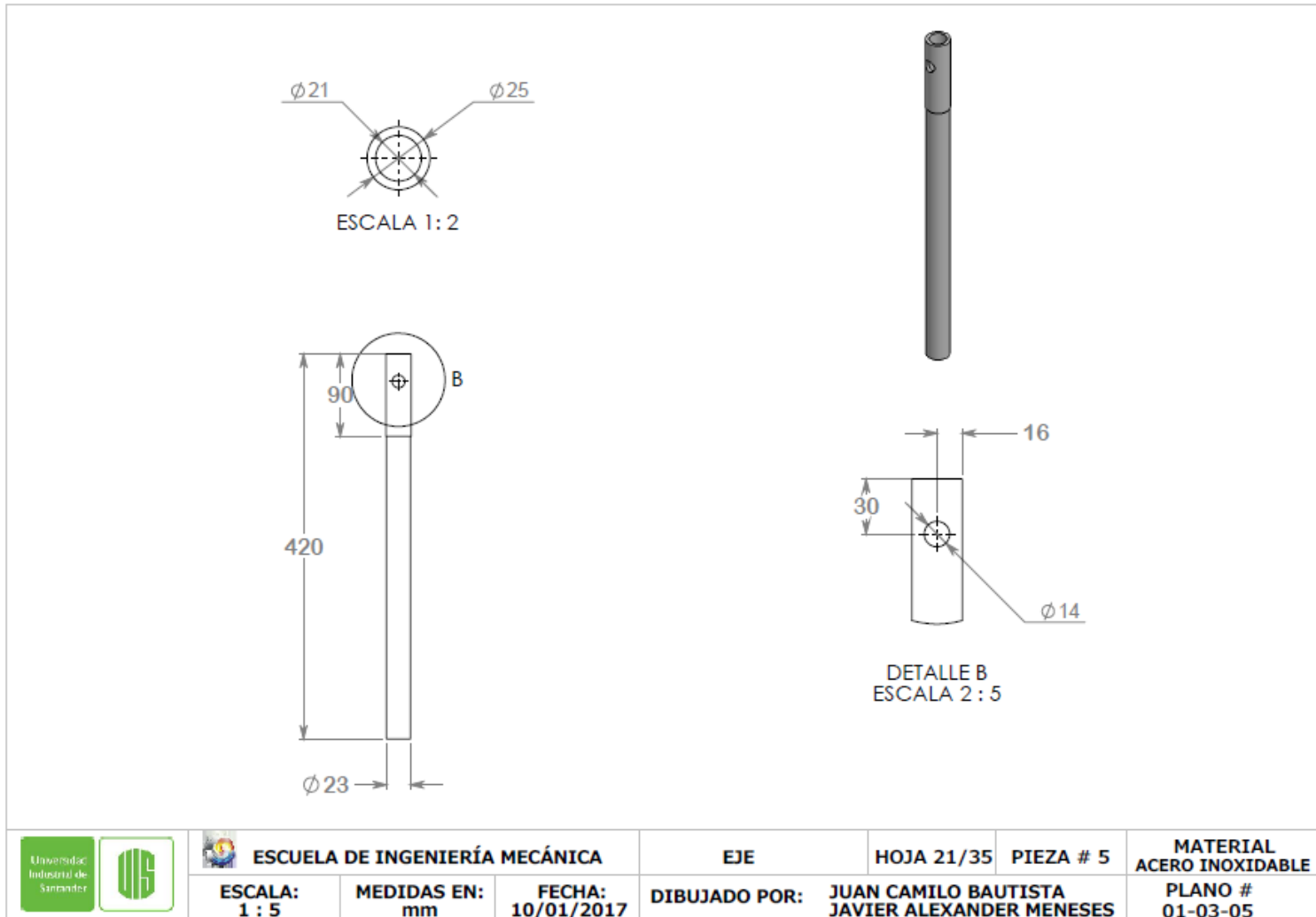
 	 <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			<b>BRIDA</b>	HOJA 19/35	PIEZA # 3	<b>MATERIAL</b> ACERO INOXIDABLE
	<b>ESCALA:</b> 1:2	<b>MEDIDAS EN:</b> mm	<b>FECHA:</b> 10/01/2017	<b>DIBUJADO POR:</b> JUAN CAMILO BAUTISTA JAVIER ALEXANDER MENESES			<b>PLANO #</b> 01-03-03

Disco

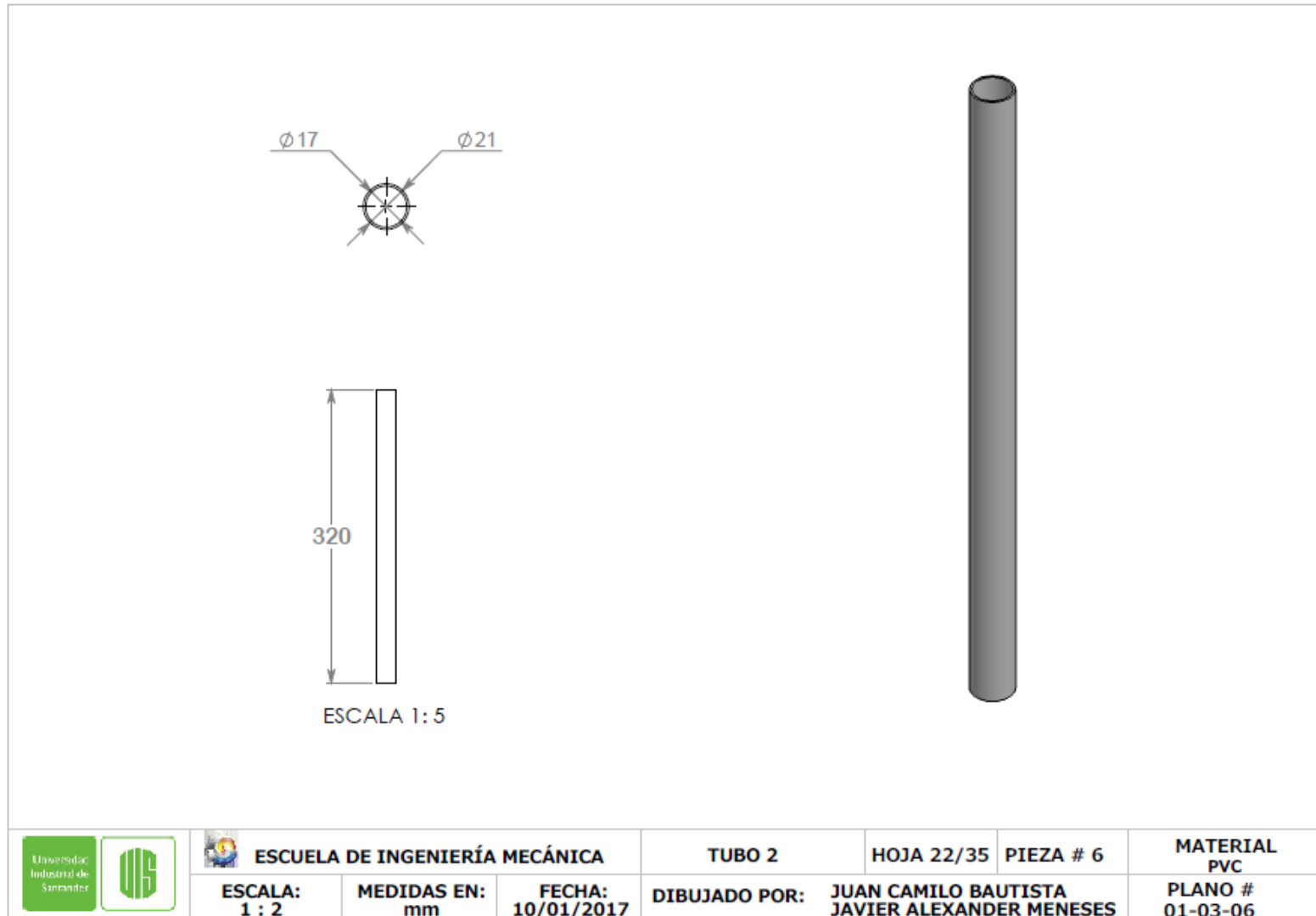


 	 <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			<b>DISCO</b>	HOJA 20/35	PIEZA # 4	<b>MATERIAL</b> COLL ROLLED
	<b>ESCALA:</b> 1 : 8	<b>MEDIDAS EN:</b> mm	<b>FECHA:</b> 10/01/2017	<b>DIBUJADO POR:</b> JUAN CAMILO BAUTISTA JAVIER ALEXANDER MENESES			<b>PLANO #</b> 01-03-04

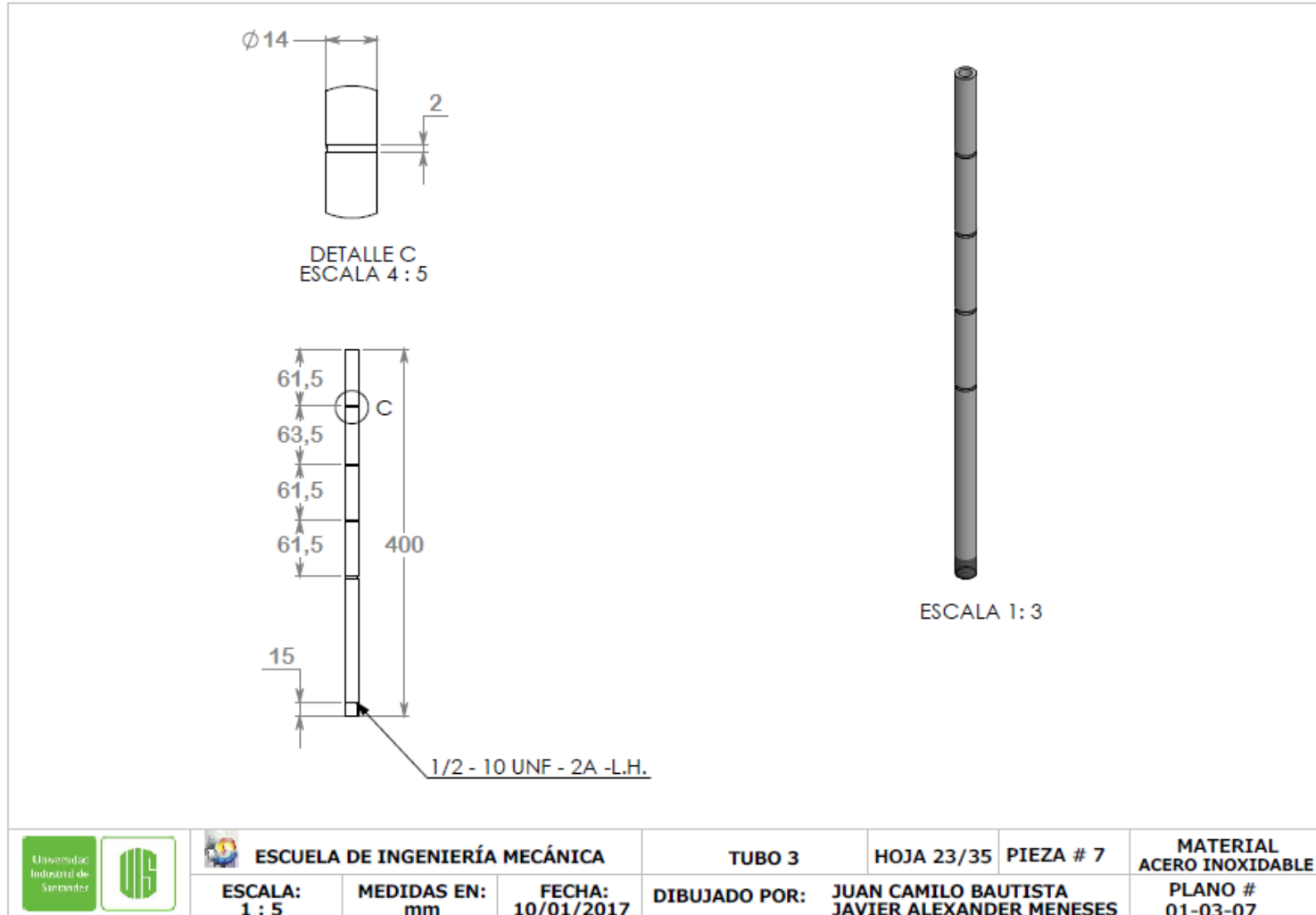
Eje



Tubo 2

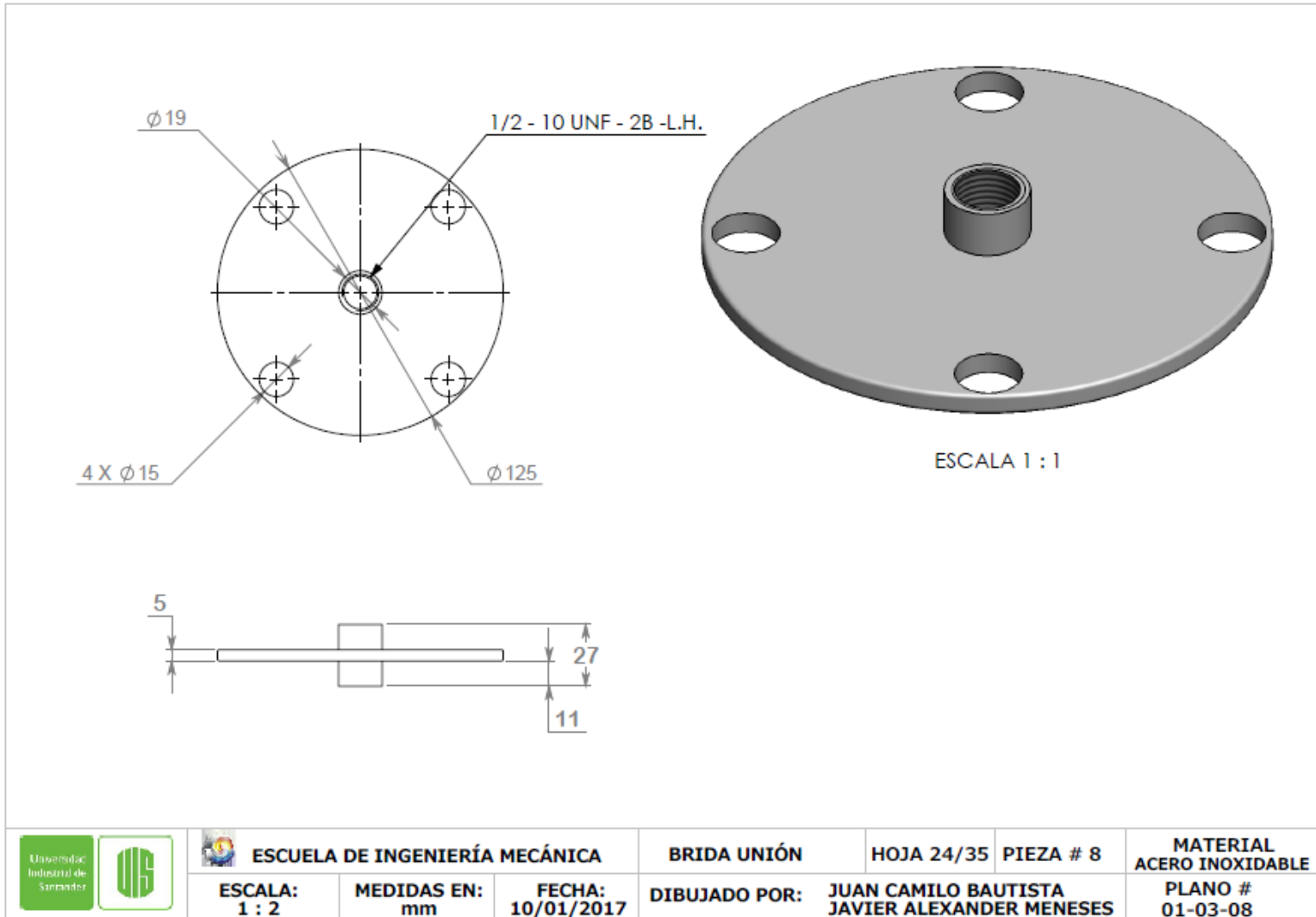


Tubo 3

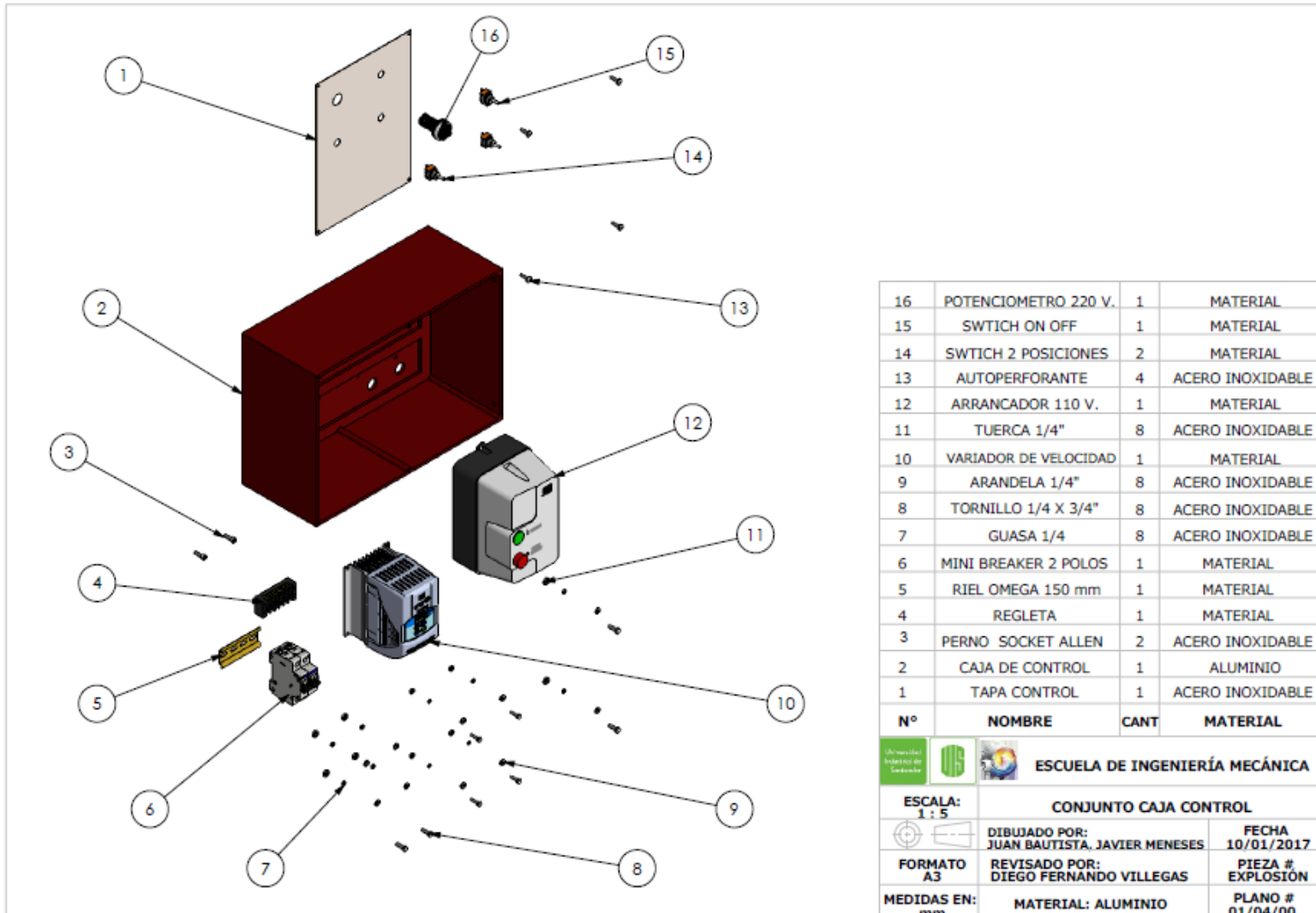


 	<b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			<b>TUBO 3</b>	<b>HOJA 23/35</b>	<b>PIEZA # 7</b>	<b>MATERIAL ACERO INOXIDABLE</b>
	<b>ESCALA: 1 : 5</b>	<b>MEDIDAS EN: mm</b>	<b>FECHA: 10/01/2017</b>	<b>DIBUJADO POR:</b>	<b>JUAN CAMILO BAUTISTA JAVIER ALEXANDER MENESES</b>	<b>PLANO # 01-03-07</b>	

Brida unión



## Conjunto caja control

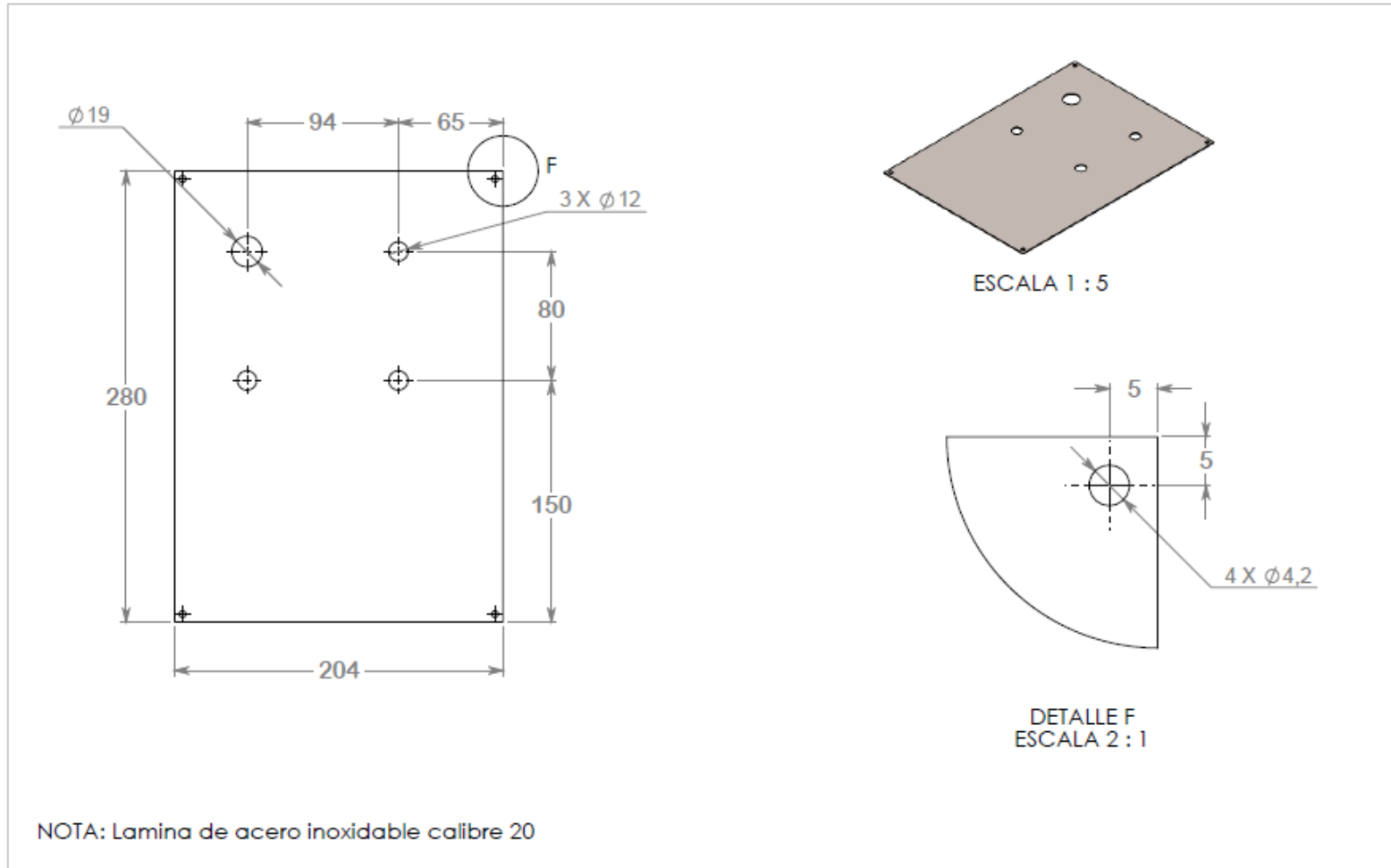


16	POTENCIOMETRO 220 V.	1	MATERIAL
15	SWTICH ON OFF	1	MATERIAL
14	SWTICH 2 POSICIONES	2	MATERIAL
13	AUTOPERFORANTE	4	ACERO INOXIDABLE
12	ARRANCADOR 110 V.	1	MATERIAL
11	TUERCA 1/4"	8	ACERO INOXIDABLE
10	VARIADOR DE VELOCIDAD	1	MATERIAL
9	ARANDELA 1/4"	8	ACERO INOXIDABLE
8	TORNILLO 1/4 X 3/4"	8	ACERO INOXIDABLE
7	GUASA 1/4	8	ACERO INOXIDABLE
6	MINI BREAKER 2 POLOS	1	MATERIAL
5	RIEL OMEGA 150 mm	1	MATERIAL
4	REGLETA	1	MATERIAL
3	PERNO SOCKET ALLEN	2	ACERO INOXIDABLE
2	CAJA DE CONTROL	1	ALUMINIO
1	TAPA CONTROL	1	ACERO INOXIDABLE
N°	NOMBRE	CANT	MATERIAL

**ESCALA:** 1 : 5  
**CONJUNTO CAJA CONTROL**

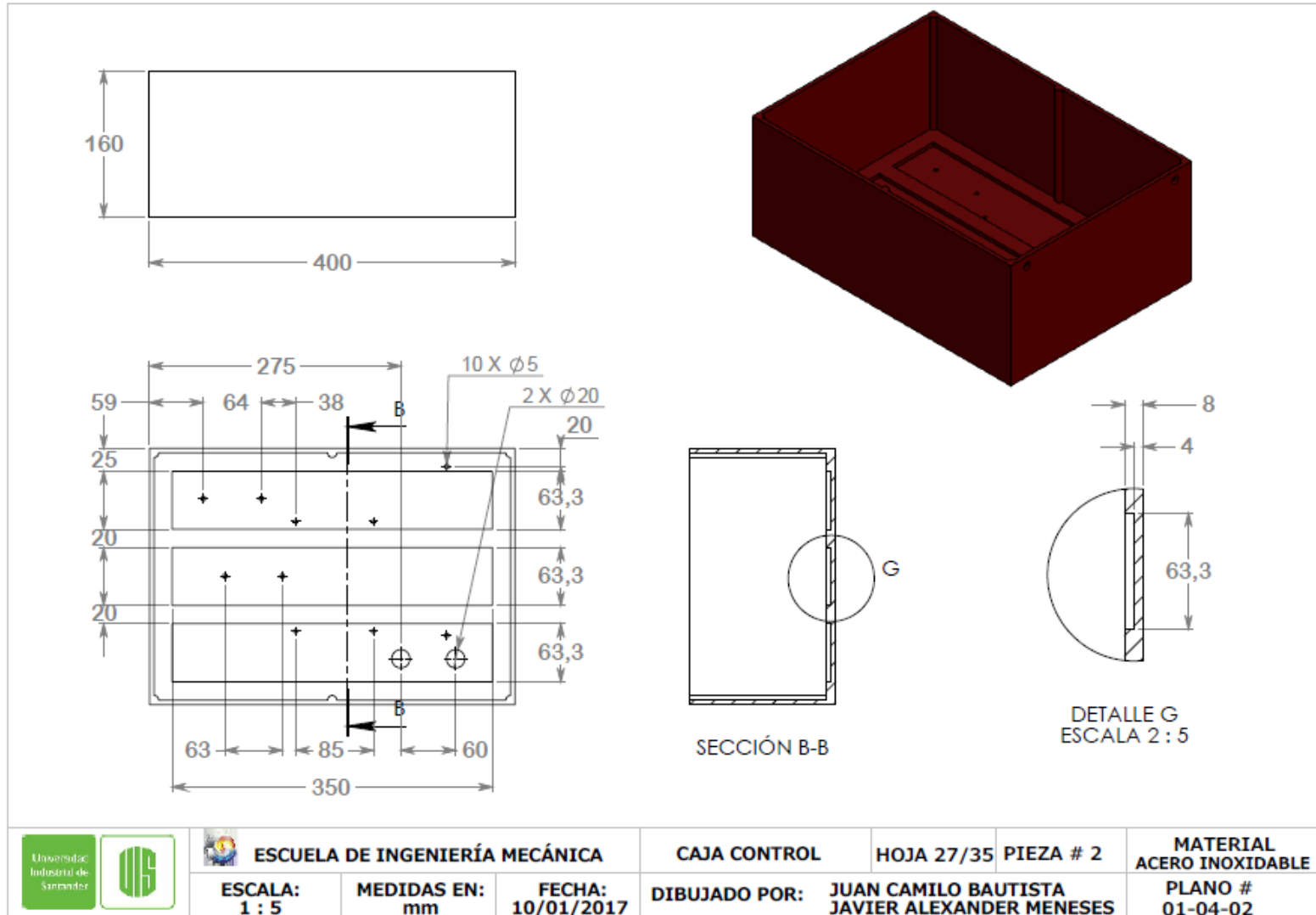
	<b>DIBUJADO POR:</b> JUAN BAUTISTA, JAVIER MENESES	<b>FECHA:</b> 10/01/2017
<b>FORMATO:</b> A3	<b>REVISADO POR:</b> DIEGO FERNANDO VILLEGAS	<b>PIEZA #:</b> EXPLOSIÓN
<b>MEDIDAS EN:</b> mm	<b>MATERIAL:</b> ALUMINIO	<b>PLANO #:</b> 01/04/00

# Tapa control

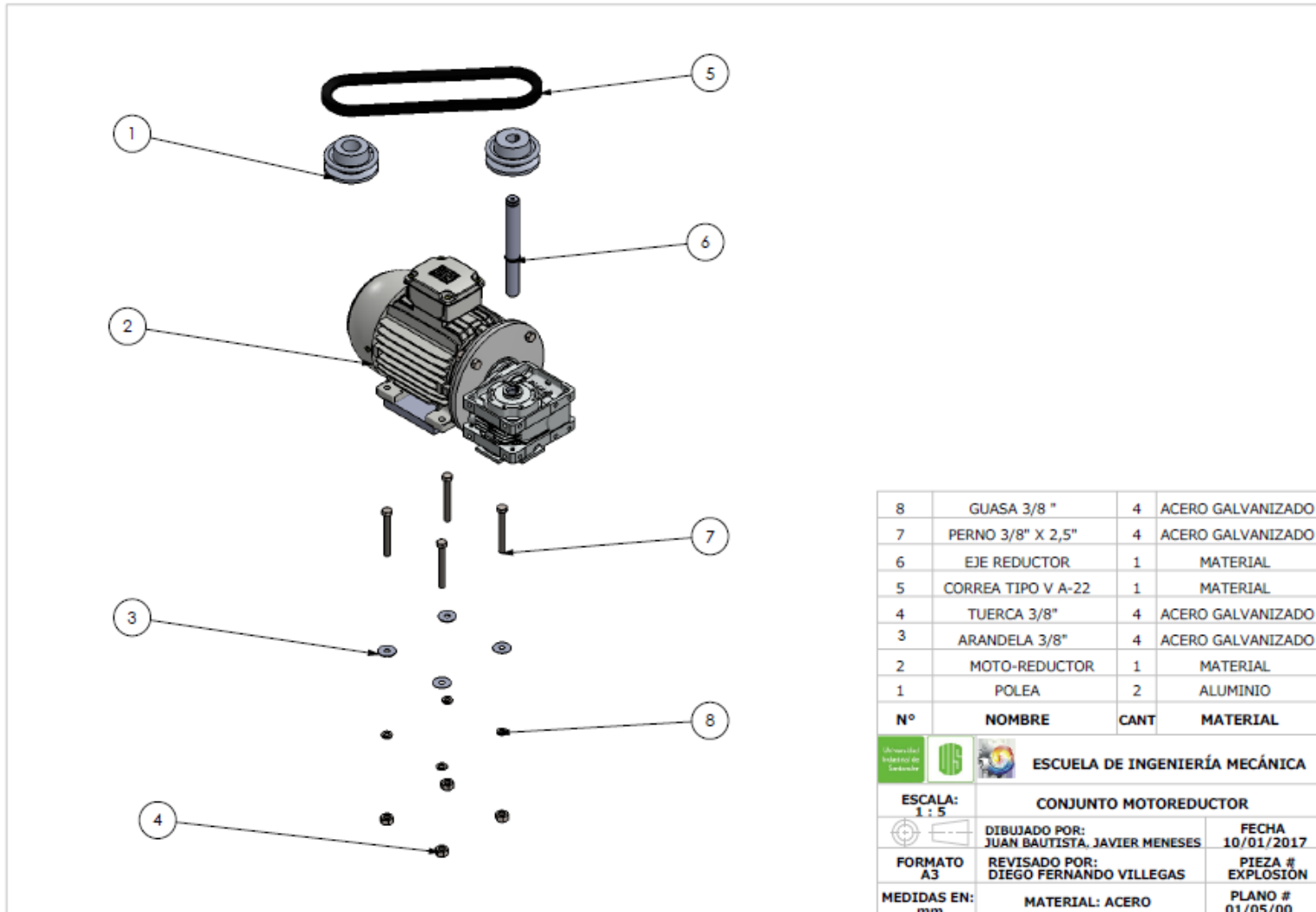


 	 <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			<b>TAPA CONTROL</b>	HOJA 26/35	PIEZA # 1	<b>MATERIAL ACERO INOXIDABLE</b>
	<b>ESCALA:</b> 1 : 3	<b>MEDIDAS EN:</b> mm	<b>FECHA:</b> 10/01/2017	<b>DIBUJADO POR:</b> JUAN CAMILO BAUTISTA JAVIER ALEXANDER MENESES			<b>PLANO #</b> 01-04-01

# Caja control



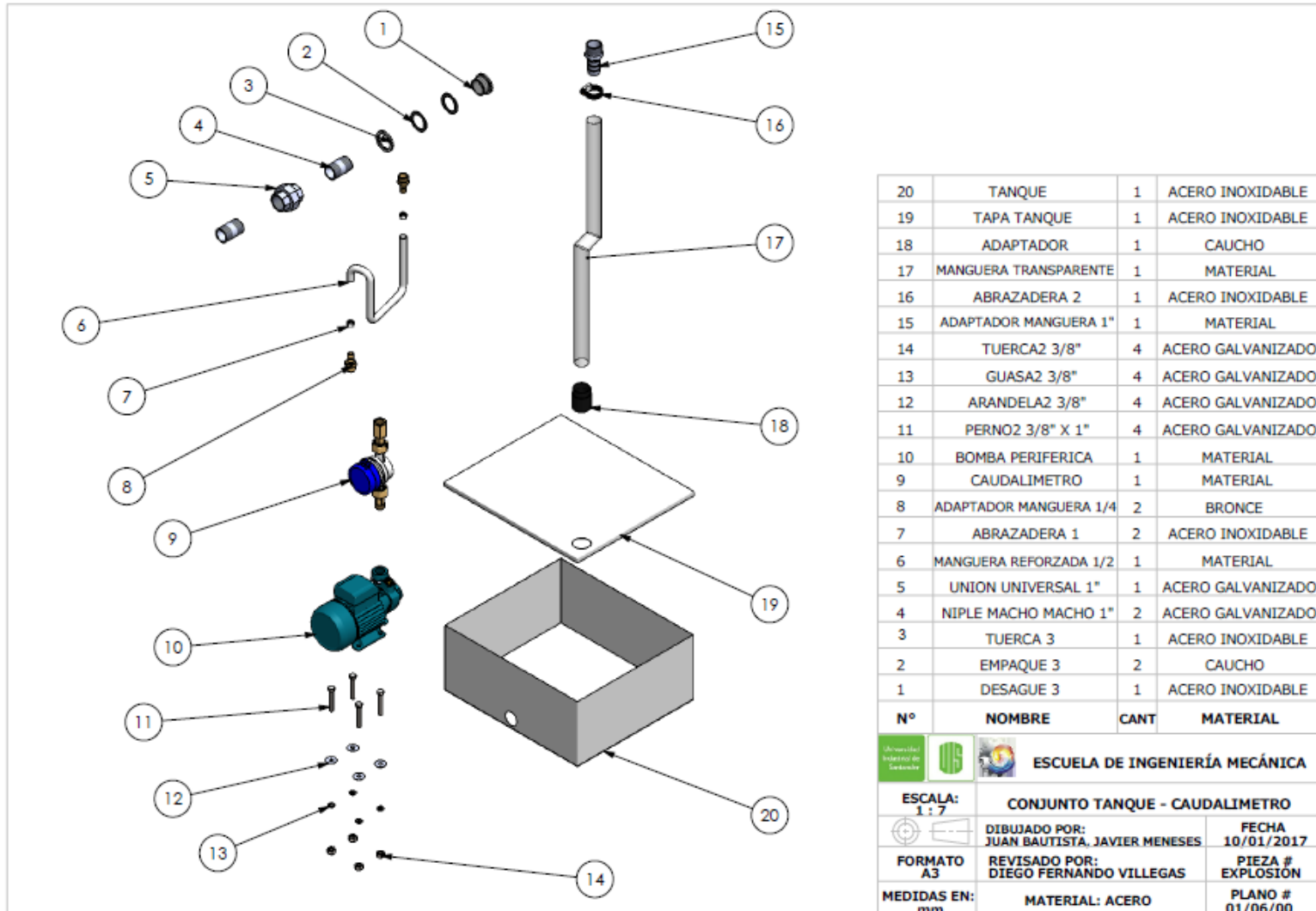
Conjunto moto reductor.



8	GUASA 3/8 "	4	ACERO GALVANIZADO
7	PERNO 3/8" X 2,5"	4	ACERO GALVANIZADO
6	EJE REDUCTOR	1	MATERIAL
5	CORREA TIPO V A-22	1	MATERIAL
4	TUERCA 3/8"	4	ACERO GALVANIZADO
3	ARANDELA 3/8"	4	ACERO GALVANIZADO
2	MOTO-REDUCTOR	1	MATERIAL
1	POLEA	2	ALUMINIO
N°	NOMBRE	CANT	MATERIAL

<b>ESCALA:</b> 1 : 5		<b>CONJUNTO MOTOREDUCTOR</b>	
<b>FORMATO</b> A3		DIBUJADO POR: JUAN BAUTISTA, JAVIER MENESES	FECHA 10/01/2017
<b>MEDIDAS EN:</b> mm		REVISADO POR: DIEGO FERNANDO VILLEGAS	PIEZA # EXPLOSIÓN
		MATERIAL: ACERO	PLANO # 01/05/00

## Conjunto tanque-caudalímetro



Desagüe 3

20  
16

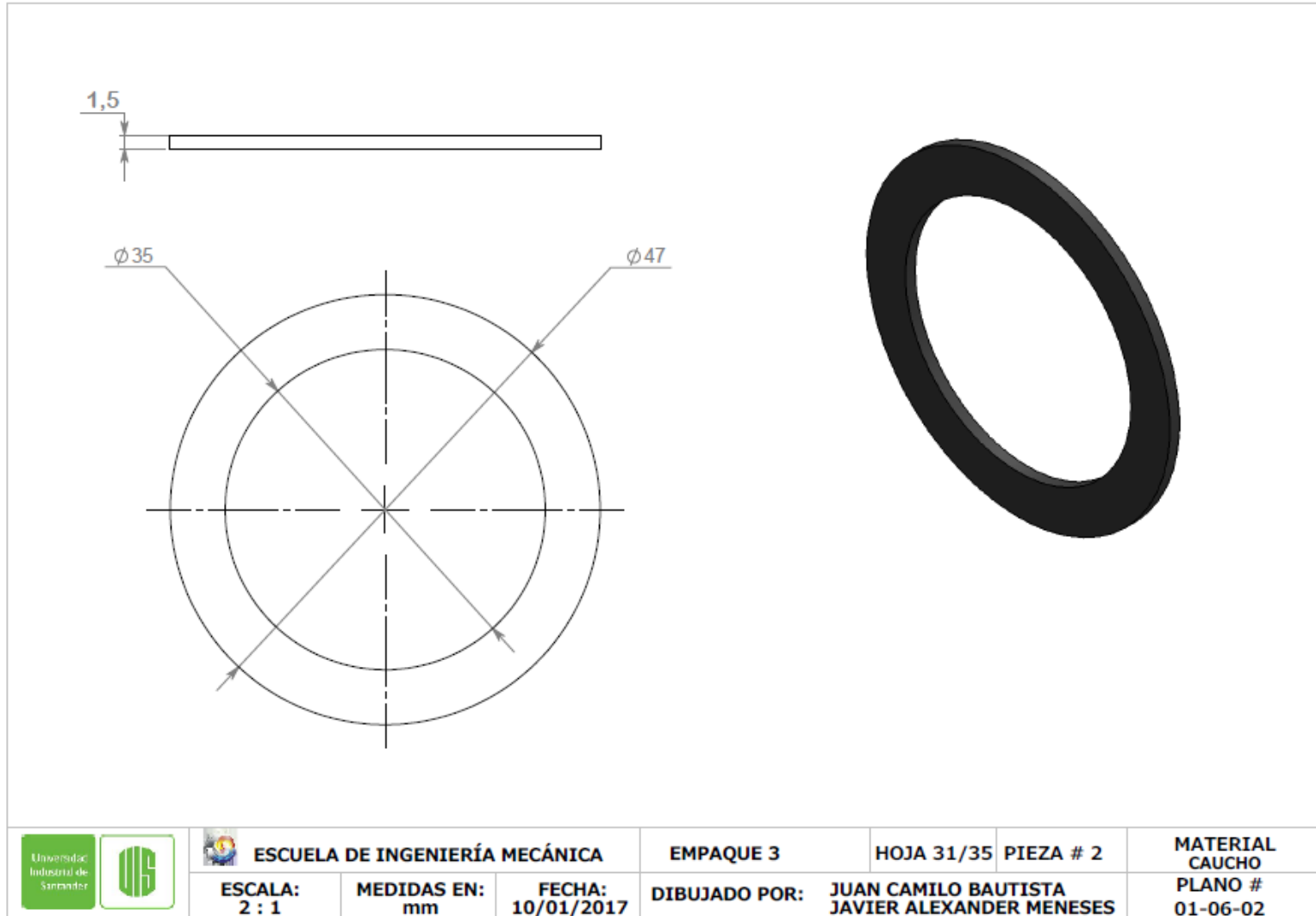
Ø47  
Ø34

1 1/4 - 10 UNF - 2A -L.H.

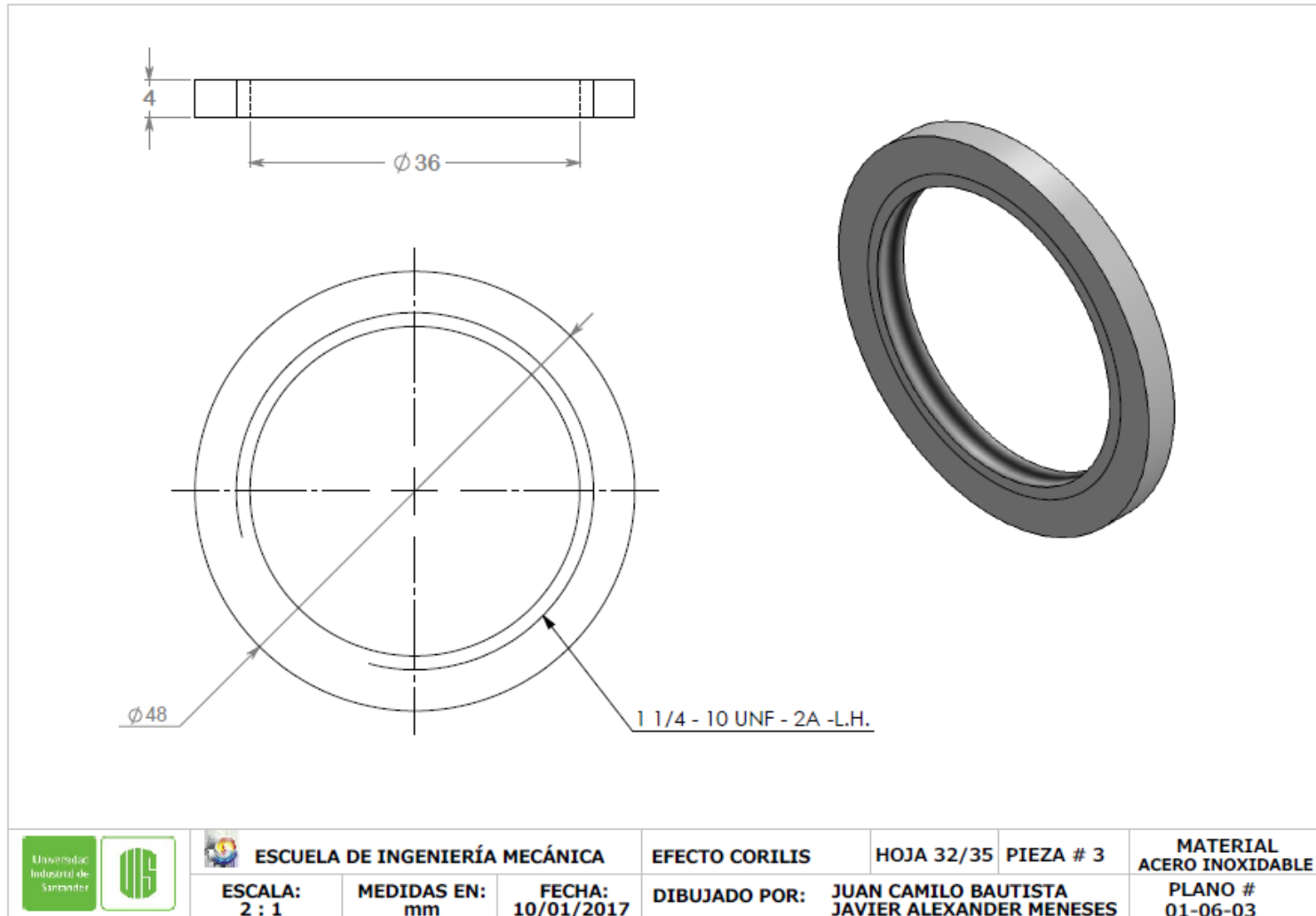
ESCALA 2 : 1

	<b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>		<b>DESAGUE 3</b>	HOJA 30/35	PIEZA # 1	<b>MATERIAL</b> <b>ACERO INOXIDABLE</b>
	<b>ESCALA:</b> 1 : 1	<b>MEDIDAS EN:</b> mm	<b>FECHA:</b> 10/01/2017	<b>DIBUJADO POR:</b>	<b>JUAN CAMILO BAUTISTA</b> <b>JAVIER ALEXANDER MENESES</b>	

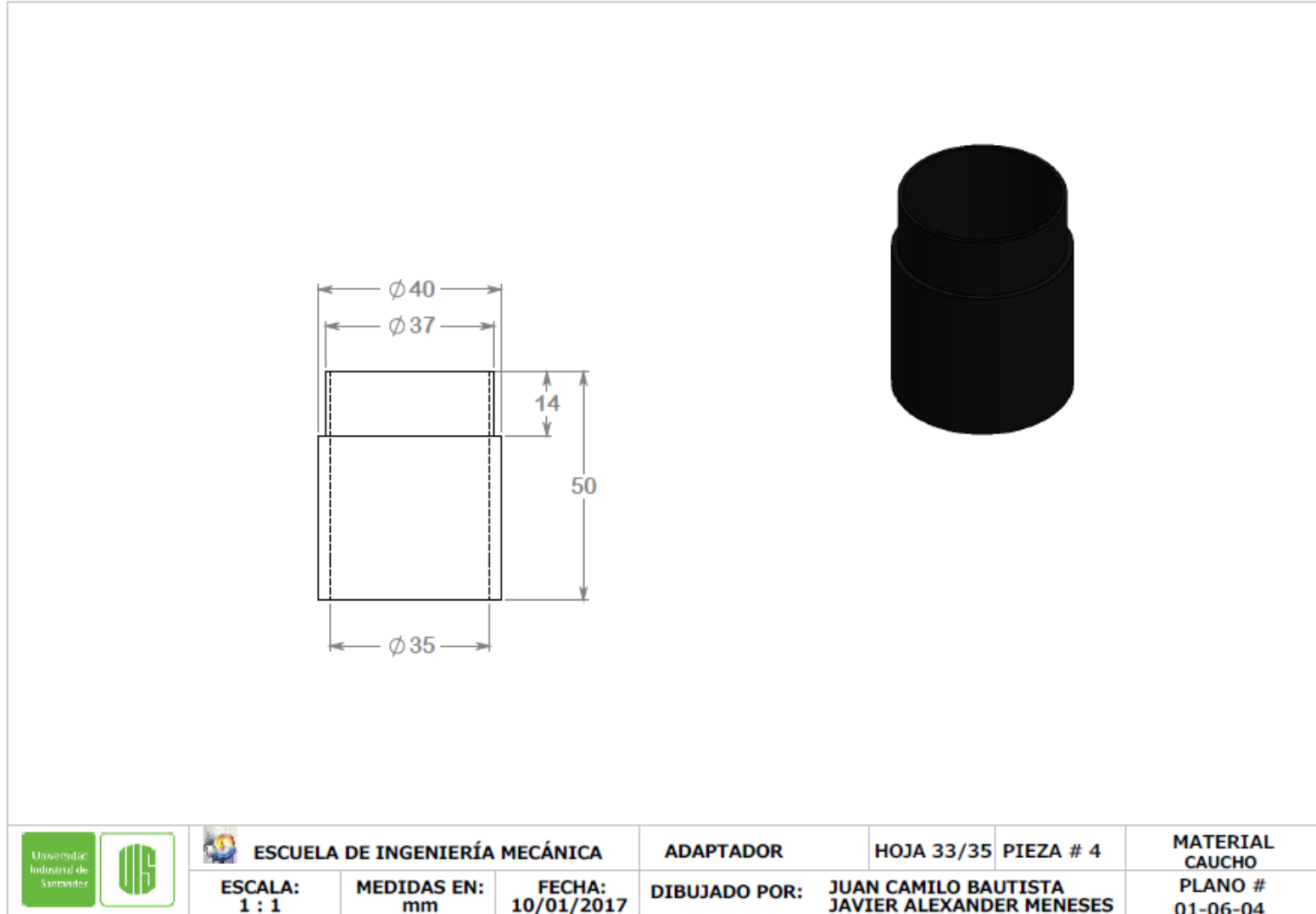
### Empaque 3



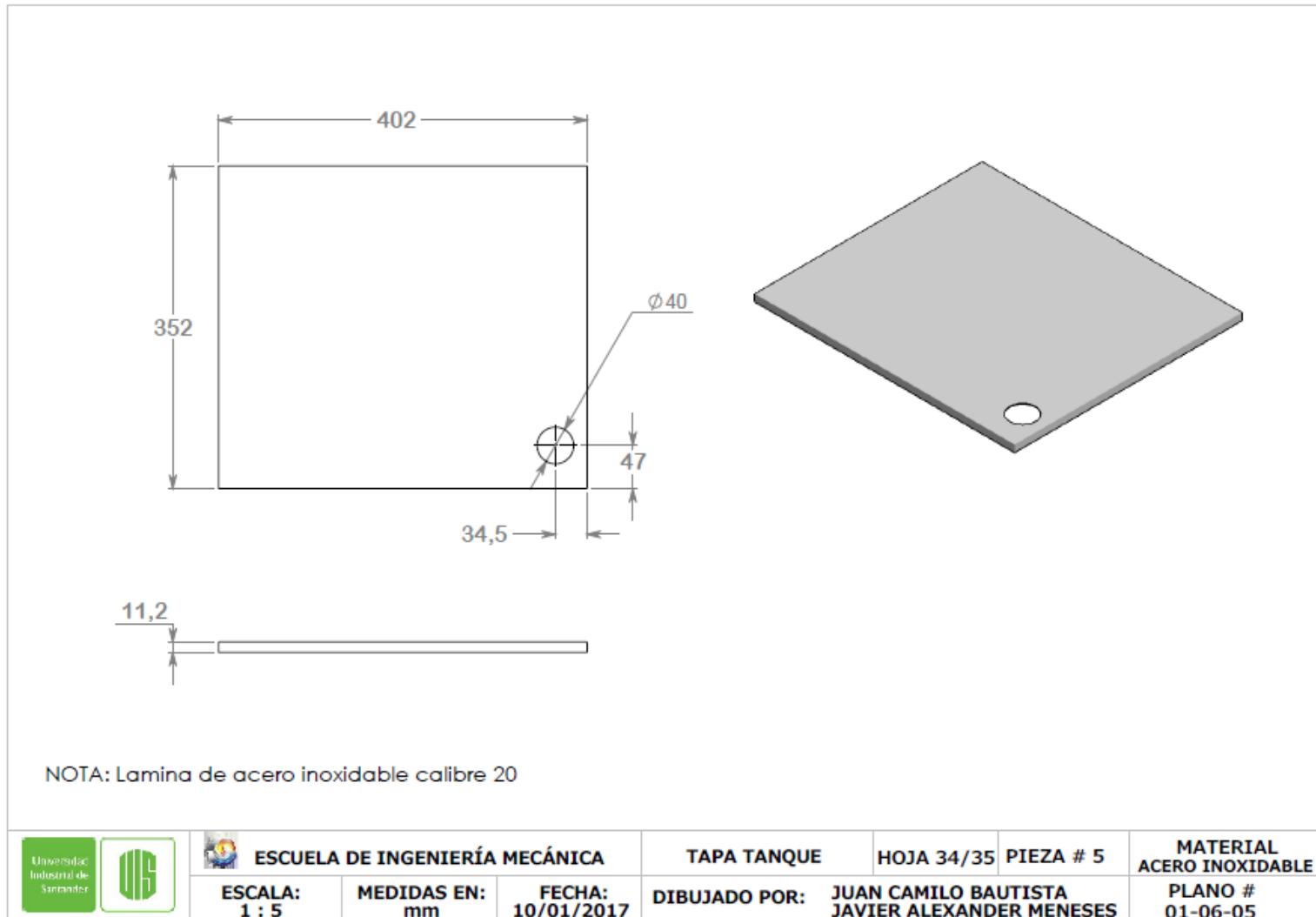
# Unión



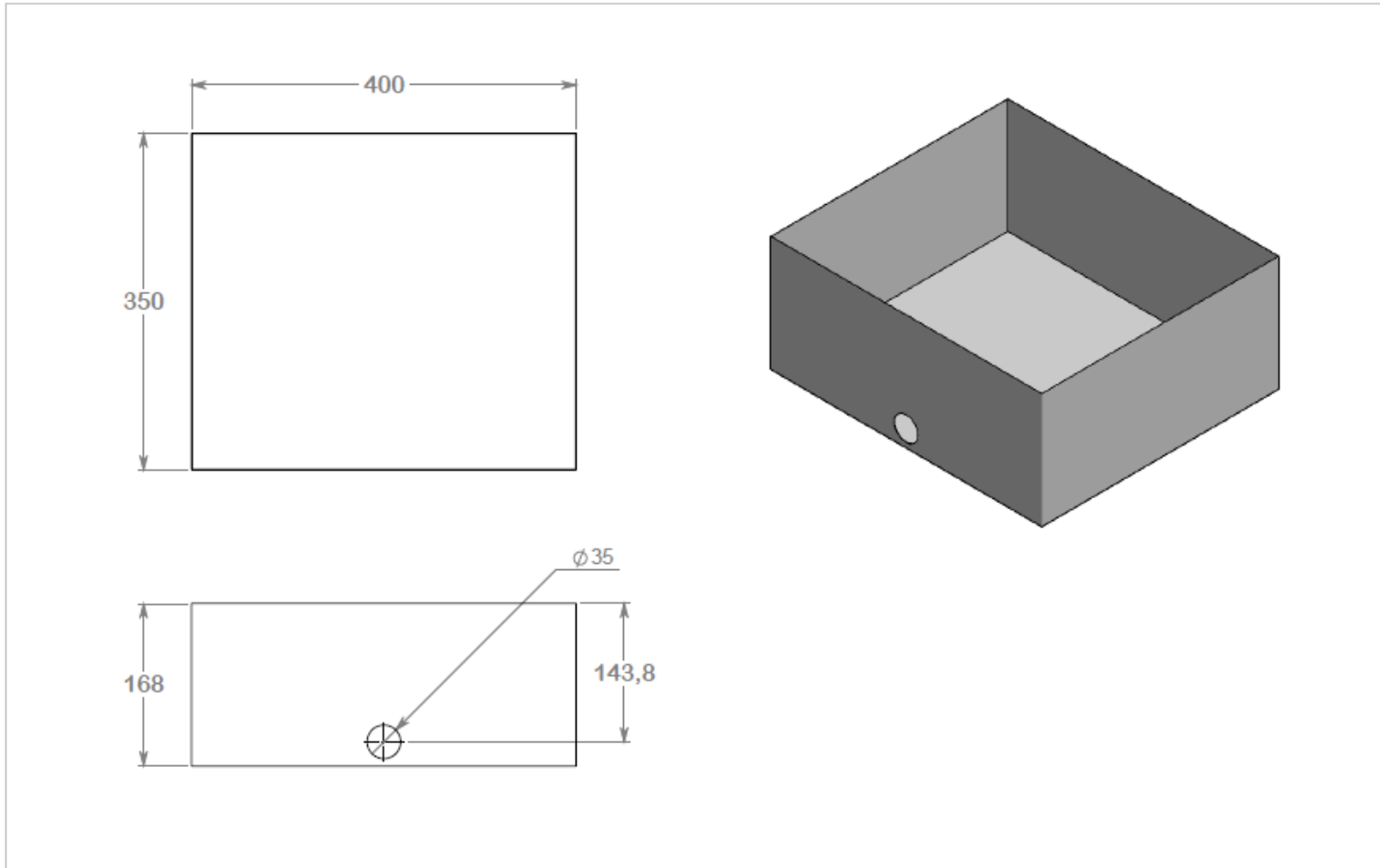
# Adaptador





## Tapa tanque



# Tanque



 	<b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			<b>TANQUE</b>	<b>HOJA 35/35</b>	<b>PIEZA # 6</b>	<b>MATERIAL ACERO INOXIDABLE</b>
	<b>ESCALA: 1 : 5</b>	<b>MEDIDAS EN: mm</b>	<b>FECHA: 10/01/2017</b>	<b>DIBUJADO POR: JUAN CAMILO BAUTISTA JAVIER ALEXANDER MENESES</b>	<b>PLANO # 01-06-06</b>		

## Anexo D. Guía de laboratorio.

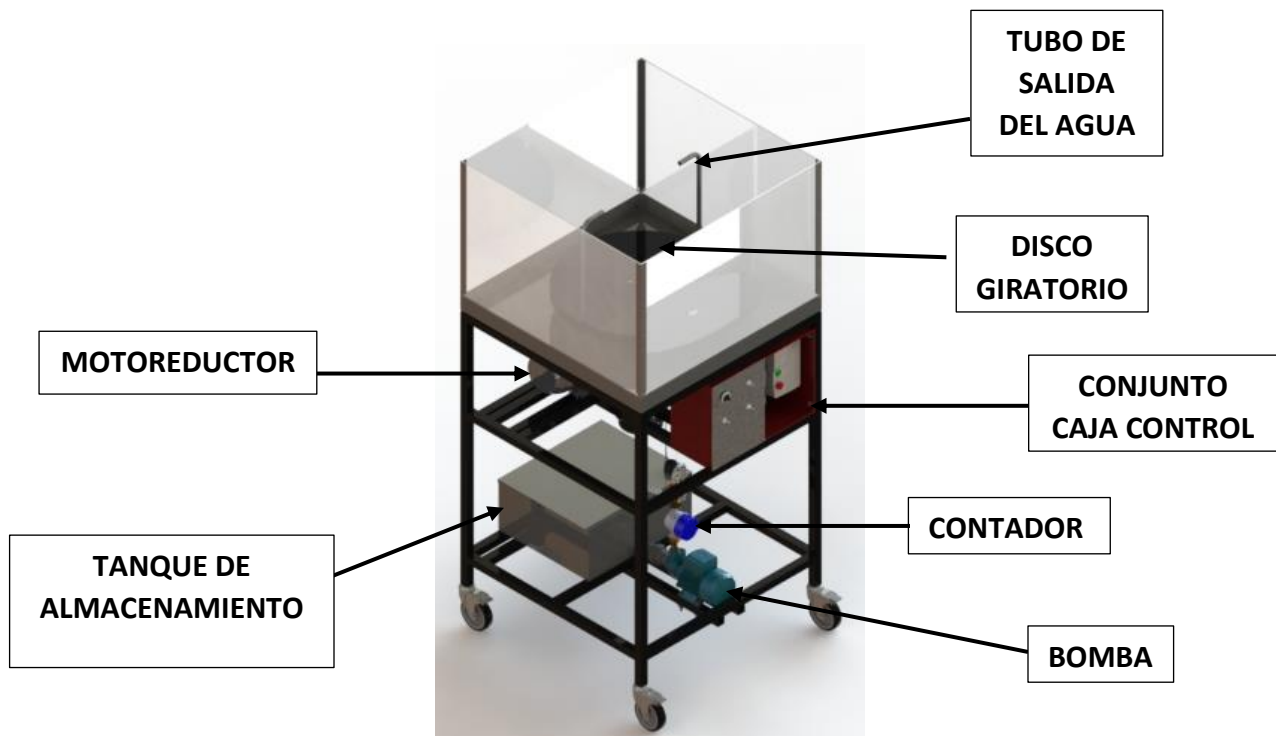
# Laboratorio Aceleración de Coriolis

### 1. Objetivo de la práctica

Entender el fenómeno de coriolis en un sistema giratorio no inercial.

### 2. Materiales del banco:

- Disco giratorio diámetro 550mm
- Bomba periférica 1/2Hp.
- Motor 1/2Hp, 1800 Rpm
- Reductor 40:1 SPA STM
- Diámetro de la boquilla 9mm
- Relación de polea 1:1
- Altura de los tubos 0,322m
- Contador de agua
- Conjunto caja control.
- Tanque de almacenamiento.

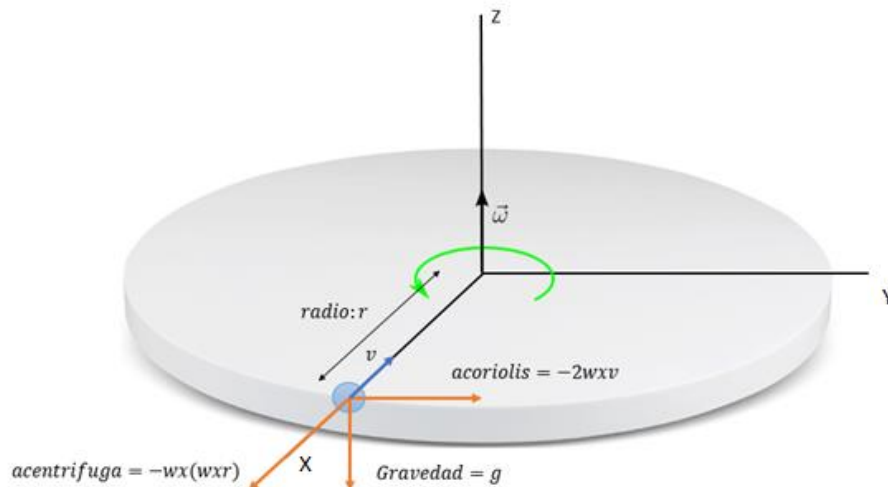


### 3. MARCO TEORICO

Cuando una partícula se encuentra en un sistema no inercial giratorio, describir su comportamiento es algo complicado, debido a las fuerzas que se generan en dicho sistema. Para comenzar a analizar el movimiento, se partirá de la situación en reposo, en la cual la partícula se encuentra estática, y el eje se encuentra girando, generando al objeto una fuerza solidaria al sistema denominada aceleración centrípeta, está fuerza o aceleración es la encargada de alejar la partícula del eje de giro y se define como  $\omega \times (\omega \times r)$ , en la segunda situación analizaremos el movimiento de la partícula, con el disco girando, encontrando tres aceleraciones que afectan el sistema. En el primer caso la mencionada anteriormente, En el segundo caso se observa como el chorro de agua describe un movimiento parabólico producido por la gravedad ( $g$ ) que afecta el sistema, generando un desplazamiento en el eje vertical, y por último observamos que la partícula genera un movimiento curvo visual como si el objeto estuviera siendo afectado por una fuerza ficticia, este efecto es conocido comúnmente como Aceleración de Coriolis, nombre debido al descubrimiento en 1835, Gaspard Coriolis, Ingeniero y matemático Francés (1792-1843) y se define como  $2 \omega \times v$ ,

Ahora definiremos la dirección de cada aceleración partiendo en primer lugar de establecer nuestro eje de referencia:

Figura 1 Diagrama de cuerpo libre.



Estableciendo el sistema de referencia comenzaremos a analizar la dirección de cada aceleración, en el primer caso hablaremos de la aceleración centrífuga; como es conocida es la encargada de alejar la partícula del eje de giro en este caso sería en dirección X,

para nuestra segunda aceleración la gravedad observamos que su eje de movimiento será vertical en el cual se establece en el eje Z, y por ultimo tenemos la Aceleración de Coriolis que será la encargada de que el chorro de agua no llegue a eje de giro el cual generara un desplazamiento en el eje Y dando como resultado obtenemos que la aceleración del sistema estará definida por :

$$a_{total} = \sqrt{(2 \omega * v)^2 + (\omega * (\omega * r))^2 + g^2}. \text{ Ecuacion 1}$$

#### 4. Procedimiento de la práctica

**4.1** Llenar el tanque de almacenamiento en su totalidad. Para que al momento de proceder a encender la bomba no ocurra el fenómeno de la cavitación.

**4.2** Observar que todas las conexiones eléctricas se encuentren correctamente para el motor toma de 220V trifásico y para la bomba 110V.

**4.3** Visualizar el banco de control, para instruirnos de los elementos eléctricos y electrónicos y del manejo por parte del instructor del banco.

**4.4** Proceder a encender la bomba y observar el fenómeno que ocurre sin el encendido del motor.

**4.5** Hacer el encendido del motor y observar la diferencia con respecto al anterior. (que aceleración se añade al sistema).

**4.6** Hallar la aceleración total (**Ecuación 1**) para una frecuencia de 60, 50, 40,30 Hz, manteniendo un caudal constante

Frecuencia Hz	Velocidad en Rpm	Velocidad Angular rad/s	Aceleración de Coriolis $\left(\frac{m}{s^2}\right)$ $2W*V$	Aceleración centrífuga $\left(\frac{m}{s^2}\right)$ $W(W*R)$	Aceleración Total $\left(\frac{m}{s^2}\right)$
66 Hz					
60 Hz					
50 Hz					
40 Hz					
30 Hz					

NOTA: Tener en cuenta que se está trabajando en Hertz y se desea obtener la velocidad del motor. **Ecuación 2 y 3.**

$$\text{Números de polos del motor: } \frac{60 * \text{Frecuencia}}{\text{Velocidad del motor (Rpm)}} \quad \text{Ecuación 2.}$$

Numero de polos del motor: 2

Tener presente que el motor se encuentra conectado a un reductor de velocidades con una relación de 40:1.

Para obtener la velocidad con la cual sale el chorro **Ecuación 4.**

$$Q = VA \quad \text{Ecuación 4.}$$

V=Velocidad con la que sale disparado el chorro.

A=área transversal del orificio de salida= $\pi r^2$ .

Q=caudal de salida=8litros/min.

**4.7** Hallar la aceleración total (**Ecuación 1**) para 4 diferentes caudales. Tomados graduando la válvula de globo a la manera que desee el estudiante. Con una frecuencia de 60 Hz.

Caudal ( $\frac{m^3}{s}$ )	Velocidad del chorro ( $\frac{m}{s}$ )	Frecuencia RPM	Aceleración de coriolis ( $\frac{m}{s^2}$ )	Aceleración centrifuga ( $\frac{m}{s^2}$ )	Aceleración total ( $\frac{m}{s^2}$ )

**4.8** Proceder a apagar la bomba y el motor.

**4.9** Para finalizar proceder a desconectar el banco.

## 5. Observaciones

En caso en que el variador de frecuencia presente errores dirigirse a la **tabla1** de la guía de laboratorio.

## 6. Glosario

**Cavitación:** Es un fenómeno físico, mediante el cual un líquido en determinadas condiciones, pasa a estado gaseoso y unos instantes después pasa nuevamente a estado líquido. Presión del líquido  $\geq$  Presión de vapor.

**Tabla 1 Mensaje de error**

Señalización	Significado	Pagina Catalogo WEG
<b>E00</b>	Sobre corriente/cortocircuito en la salida	104
<b>E01</b>	Sobretensión en el circuito intermediario (Link CC)	104
<b>E02</b>	Subtension en el circuito intermediario (link cc)	105
<b>E04</b>	Sobre temperatura en el disipador de potencia	105
<b>E05</b>	Sobrecarga en la salida (función lxt)	105
<b>E06</b>	Error externo	105
<b>E08</b>	Error en la CPU	105
<b>E09</b>	Error en la memoria del programa (checksum)	105
<b>E24</b>	Error de programación	105
<b>E31</b>	Falla de comunicación de la HMI	105
<b>E41</b>	Error de autodiagnóstico	105

## BIBOGRAFIA

- R. A SERVAY Y J.W. Jewett, física para ciencia e ingeniería Volumen 1, Ed, Cengage learning (2008).
- BEER, JOHNSTON Y CORNWELL, Mecánica vectorial para ingenieros Dinámica. Edicion Novena Mc Graw Hill 2010.
- Russell C. Hibbeler, Mecánica para Ingenieros Dinámica. 6 Edición, CECOSA 2006.

**Anexo E. Encuesta y estadísticas.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD FISICO MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**ENCUESTA APLICACIÓN DE METODOS INDUCTIVOS “BANCO DE  
ACELERACION DE CORIOLIS”**

Fecha: \_\_\_\_\_

Curso: \_\_\_\_\_

El presente instrumento pretende recoger información que permita valorar los logros y deficiencias, de utilizar métodos inductivos en el aprendizaje de los estudiantes del curso de Dinámica, cuyos resultados serán tomados en cuenta para el desarrollo del proyecto “diseño y construcción de un banco educativo para observar y analizar el fenómeno de coriolis, con el fin de fortalecer las competencias cognitivas en la asignatura Dinámica haciendo uso de métodos inductivos.”. La información que usted brinde servirá para tomar decisiones que propendan al mejoramiento de las actividades educativas de esta universidad.

1). Siente que el método de aprendizaje inductivo aplicado para demostrar el fenómeno de coriolis genera mayor entendimiento a la hora de demostrar los fenómenos dinámicos que el método utilizado convencionalmente.

- Totalmente Satisfecho
- Satisfecho
- Medianamente Satisfecho
- Insatisfecho
- NS/NR

2). Desearía que la asignatura desarrollara métodos inductivos (aprendizaje a través de la análisis, observación y aplicación) para mayor entendimiento.

- En el 100% del contenido de la materia
- En el 80% del contenido de la materia
- En el 60% del contenido de la materia
- En el 40% del contenido de la materia
- La asignatura Dinámica no necesita desarrollar métodos inductivos.

3). Cree que es necesario la construcción de bancos educativos, para observar los fenómenos dinámicos y mejorar el desarrollo de competencias cognitivas de la asignatura.

- Totalmente de acuerdo
- Parcialmente de acuerdo
- En algunos temas específicos de la asignatura
- La asignatura Dinámica no necesita bancos educativos

4). Señale los temas que considere deben reforzarse por medio de métodos inductivos en esta asignatura para generar más crecimiento en su perfil profesional como ingeniero mecánico.

- Movimiento Rectilíneo
- Movimiento Curvilíneo
- Efecto de coriolis
- Coordenadas Polares
- Tiro parabólico
- Choques

5). Recomendaciones y/o sugerencias:

---

---

---

### Anexo F. Quiz.

**FACULTAD FISICO MECÁNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**QUIZ DE CONOCIMIENTO SOBRE EL FENOMENO ACELERACION DE**  
**CORIOLIS**

Fecha: \_\_\_\_\_ Curso: \_\_\_\_\_

Método De Aprendizaje: Deductivo \_\_\_\_\_ Inductivo \_\_\_\_\_

El presente instrumento pretende recoger información que permita valorar los logros y deficiencias, de utilizar métodos deductivos e inductivos en el aprendizaje de los estudiantes del curso de Dinámica, cuyos resultados serán tomados en cuenta para el desarrollo del proyecto “diseño y construcción de un banco educativo para observar y analizar el fenómeno de coriolis, con el fin de fortalecer las competencias cognitivas en la asignatura Dinámica haciendo uso de métodos inductivos.”. La información que usted brinde servirá para tomar decisiones que propendan al mejoramiento de las actividades educativas de esta universidad.

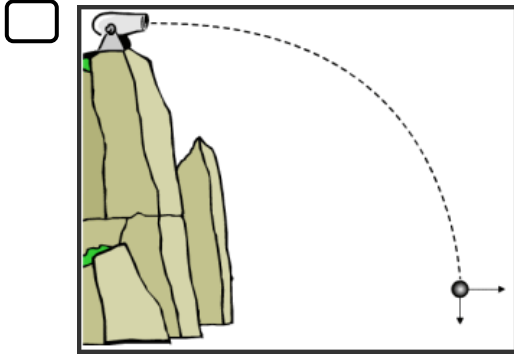
A continuación, marque con una X la respuesta correcta.

1) ¿Qué es el efecto de coriolis?

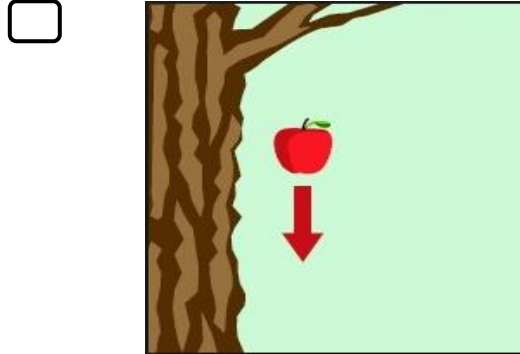
- Es el efecto de la fuerza centrífuga
- Es el grado de achatamiento polar
- Es la desviación de la caída libre
- Es la desviación inercial de los objetos y móviles en movimiento respecto a su trayectoria.

Es la intensificación de la velocidad

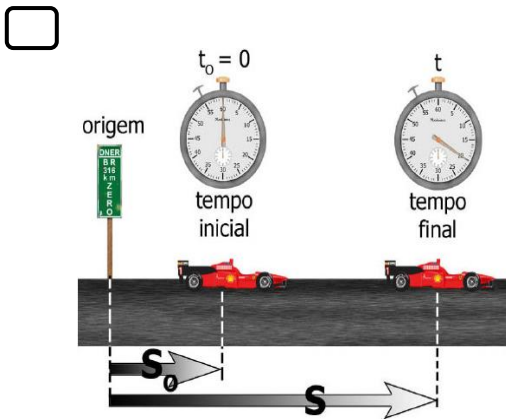
2). Cuál de las siguientes imágenes puede ser una aplicación del efecto coriolis.



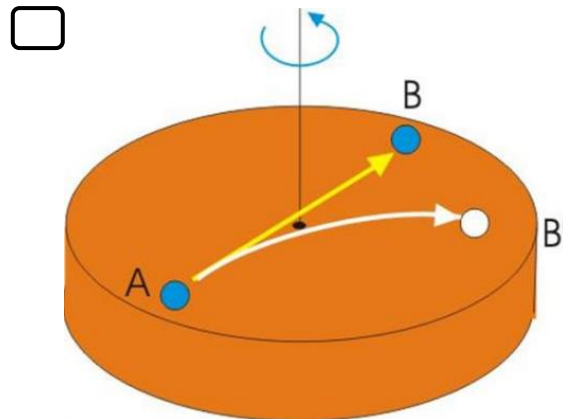
Fuente: <https://carolinal96.wordpress.com>



Fuente: <https://myprofecioncias.wordpress.com/category/biografias/page/2/>



Fuente: <https://proyectofisicafundamental>



Fuente: <http://www.fullaventura.com>

3). Cuál de las siguientes formulas corresponde al fenómeno de coriolis.

$F_{coriolis} = \dots$

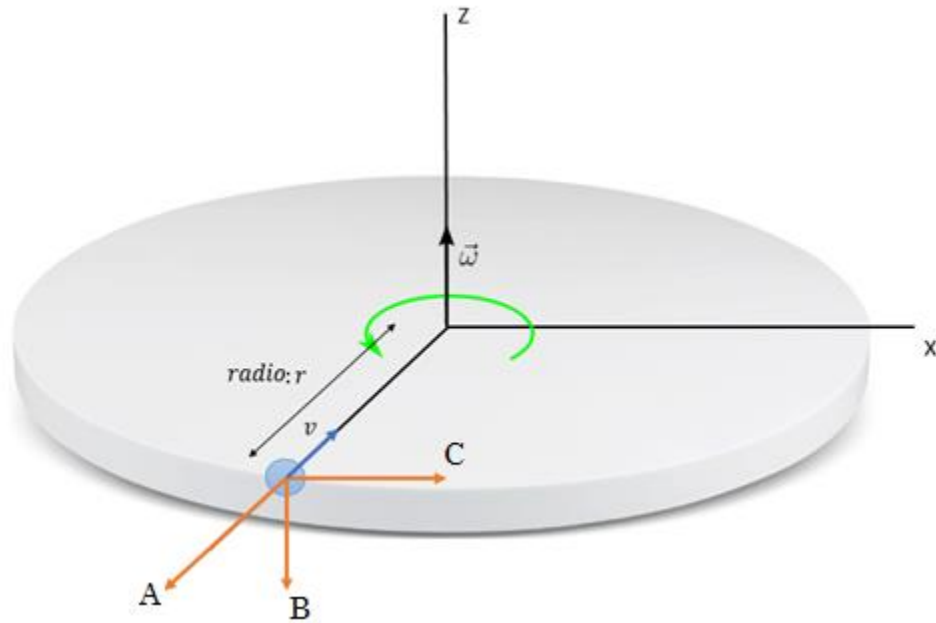
$x_0 + v_0 t^2$

$2wxr$

$2\omega xv$

$\omega^2 r$

4). En la siguiente grafica cual vector representa la fuerza de coriolis.



A

B

C