

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DISEÑO DE MÁQUINA CABRESTANTE PARA REDUCIR LOS  
INGRESOS NO PERCIBIDOS EN LA EMPRESA P.Q. SERVICIOS  
GENERALES EIRL**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**FRANK EDILBERTO MONJA MIO**

**ASESOR**

**EDWIN ARTURO JUAREZ MARCHENA**

<https://orcid.org/0000-0002-2407-4683>

**Chiclayo, 2020**

**DISEÑO DE MÁQUINA CABRESTANTE PARA REDUCIR LOS  
INGRESOS NO PERCIBIDOS EN LA EMPRESA P.Q.  
SERVICIOS GENERALES EIRL**

PRESENTADA POR:  
**FRANK EDILBERTO MONJA MIO**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR:

Carlos Alexis Alvarado Silva  
PRESIDENTE

Absalon Rivasplata Sanchez  
SECRETARIO

Edwin Arturo Juarez Marchena  
VOCAL

## **Dedicatoria**

A Dios, por darme el conocimiento y sabiduría para seguir adelante con el desarrollo del proyecto, por darme la salud.

Al estado peruano por permitir desarrollar mis habilidades mediante la beca otorgada.

A mis padres por su arduo trabajo para que logre ser un profesional, dándome todo lo que tienen a su alcance.

A mí mismo, por ser constante y perseverante. Sabiendo que la investigación realizada servirá para enriquecerme intelectualmente, que todo lo que se persigue con ahínco se puede alcanzar.

## **Agradecimientos**

Agradecer a Dios por permitirme haber cursado una carrera universitaria, aun cuando no contaba con los medios necesarios para hacerlo; sabiendo que es él quien da la sabiduría a los hombres para desarrollar nuevo conocimiento.

A mis padres y hermanos, que me ayudaron tanto económica como emocionalmente a seguir mi sueño de ser ingeniero.

Agradecer a mi asesor Ing. Edwin Arturo Juarez Marchena, una excelente persona que me acompañó durante todo el desarrollo de la investigación, dándome ideas innovadoras. Por su paciencia y motivación para aprender mucho más del campo de diseño de máquinas.

Al gerente de la empresa en estudio Don Percy Matías Quevedo y a todos los integrantes de la misma, por haberme permitido realizar mi investigación.

A todos los ingenieros, profesores y amigos que me apoyaron durante todo el desarrollo de la carrera universitaria.

Gracias a todos por su incondicional apoyo.

## ÍNDICE

Carátula.....	i
Carátula con jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Índice general.....	v-vii
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
I. Introducción .....	15
II. Marco teórico .....	17
2.1. Antecedentes .....	17
2.2. Bases teórico científicas .....	19
2.2.1. Telecomunicaciones .....	19
2.2.2. Cable coaxial.....	19
2.2.2.1. Tipos de cable coaxial.....	20
2.2.2.1.1. Para transmisión en banda ancha.....	20
2.2.2.1.2. Para transmisión en banda base .....	20
2.2.3. Tipos de instalación de cable coaxial.....	20
2.2.3.1. Canalizado.....	20
2.2.3.2. Aéreo.....	20
2.2.4. Cabrestante .....	21
2.2.4.1. Concepto .....	21
2.2.4.2. Tipos de cabrestantes .....	21
2.2.5. Descripción de componentes del cabrestante y procedimiento de cálculo .....	21
2.2.5.1. Catenaria y determinación de carga máxima de arrastre .....	21
2.2.5.2. Tambor.....	23
2.2.6. Motorreductor.....	24
2.2.6.1. Concepto .....	24
2.2.6.2. Tipos de motorreductores .....	24
2.2.6.3. Eje de transmisión.....	26
2.2.6.4. Rodamientos .....	27
2.2.6.4.1. Tipos de rodamientos básicos.....	27
2.2.6.5. Sistema de sujeción a poste.....	28
2.2.6.6. Base de máquina cabrestante .....	28
2.2.7. Indicadores del proceso .....	29
2.2.7.1. Actividades improductivas.....	29

2.2.7.2.	Cantidad de conexiones de internet fijo atendidas al mes .....	29
2.2.7.3.	Nivel de servicio .....	29
2.2.7.4.	Pérdida de dinero al mes .....	30
2.2.7.5.	Productividad de mano de obra.....	30
2.2.8.	Estudio de tiempos .....	30
2.2.9.	Estudio de movimientos .....	33
2.2.10.	Modelos de pronósticos .....	33
2.2.10.1.	Suavización exponencial doble .....	33
2.2.10.2.	Suavización exponencial triple.....	33
2.2.11.	Diagrama de análisis de operaciones.....	33
2.2.12.	Indicadores económicos .....	34
2.2.12.1.	Valor actual neto (VAN) .....	34
2.2.12.2.	Tasa interna de retorno (TIR) .....	34
III.	Resultados .....	34
3.1.	Diagnóstico de la situación actual de la empresa.....	34
3.1.1.	La empresa .....	34
3.1.2.	Descripción del sistema del servicio .....	35
3.1.2.1.	Servicios.....	35
3.1.2.2.	Recursos del proceso.....	36
3.1.2.3.	Descripción del proceso .....	36
3.1.3.	Análisis del proceso de instalación .....	41
3.1.4.	Indicadores actuales de la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL .....	44
3.1.4.1.	Actividades improductivas.....	44
3.1.4.2.	Cantidad de instalaciones atendidas al mes .....	44
3.1.4.1.	Nivel de servicio .....	46
3.1.4.2.	Pérdida de dinero al mes .....	46
3.1.4.3.	Productividad de mano de obra.....	47
3.1.5.	Resumen de Indicadores actuales.....	48
3.1.6.	Identificación del problema en el proceso de instalación y sus causas .....	48
3.1.6.1.	Análisis y evaluación de la información del proceso.....	48
3.1.6.2.	Instrumento de orientación de Enfoque de Investigación.....	51
3.1.6.3.	Propuesta de mejora mediante la metodología 5W+H .....	52
3.2.	Diseño de máquina cabrestante .....	53
3.2.1.	Procedimiento de diseño .....	53
3.2.1.1.	Identificación de la necesidad .....	53
3.2.1.2.	Investigación preliminar .....	55
3.2.1.3.	Planteamiento de la meta .....	55

3.2.1.4.	Requerimientos .....	55
3.2.1.4.1.	Requerimientos funcionales .....	55
3.2.1.4.2.	Requerimientos de seguridad.....	55
3.2.1.4.3.	Requerimientos de diseño.....	56
3.2.1.5.	Ideas e invención.....	56
3.2.1.6.	Análisis .....	58
3.2.1.1.	Selección .....	59
3.2.1.2.	Diseño detallado.....	60
3.2.1.2.1.	Cálculo de la carga máxima de arrastre.....	63
3.2.1.2.2.	Elección del cable del tambor.....	66
3.2.1.2.3.	Cálculo del tambor.....	66
3.2.1.2.4.	Cálculo de eje de transmisión del tambor.....	84
3.2.1.2.5.	Selección de rodamientos .....	91
3.2.1.2.6.	Selección del reductor .....	93
3.2.1.2.7.	Selección del motor .....	104
3.2.1.2.8.	Dimensionamiento de sistema de sujeción.....	116
3.2.1.2.9.	Dimensionamiento de base del sistema de sujeción y de base principal.....	124
3.3.	Nuevo análisis del proceso de instalación de cable coaxial .....	139
3.4.	Nuevos indicadores .....	142
3.4.1.	Actividades improductivas .....	142
3.4.2.	Nuevas instalaciones con mejora .....	142
3.4.3.	Nuevo nivel de servicio.....	145
3.4.4.	Ingresos no percibidos.....	146
3.4.5.	Nueva Productividad de la mano de obra.....	146
3.4.6.	Cuadro comparativo de indicadores .....	147
3.4.7.	Estandarización de tiempos .....	148
3.5.	Análisis costo beneficio .....	151
3.5.1.	Costos.....	151
3.5.2.	Beneficios.....	153
IV.	Evaluación de impacto de la propuesta .....	159
V.	Conclusiones .....	160
VI.	Recomendaciones.....	161
VII.	Referencias .....	162
VIII.	Anexos.....	167

## Lista de tablas

Tabla 1. Valores para calificar factores según método de Westinhouse .....	32
Tabla 2. Suscriptores con conexiones al servicio de internet fijo a nivel nacional.....	44
Tabla 3. Suscriptores con conexiones al servicio de internet fijo en la región Lambayeque....	45
Tabla 4. Conexiones demandadas a las Subcontratas por parte de la empresa COBRA PERU S.A en el año 2017 .....	45
Tabla 5. Cantidad de conexiones realizadas por la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL entre los meses junio-diciembre del año 2018 .....	46
Tabla 6. Cantidad de conexiones realizadas por la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL entre los meses junio-diciembre del año 2018 .....	47
Tabla 7. Resumen de indicadores actuales en la empresa P.Q. SERVICIOS GENERALES EIRL .....	48
Tabla 8. Control de asistencia por operario en la empresa P.Q. Servicios Generales.....	49
Tabla 9. Instrumento de orientación de enfoque de investigación .....	51
Tabla 10. Factores analizados para la elección de elemento principal para la máquina cabrestante .....	58
Tabla 11. Pesos de los factores para la selección de motor para la máquina cabrestante .....	59
Tabla 12. Escala de valorización de factores para la elección del motor de la máquina .....	59
Tabla 13. Matriz ranking de factores para selección del motor de la máquina.....	60
Tabla 14. Características mecánicas del cable mensajero 3/16” .....	63
Tabla 15. Características principales del cable coaxial QR 540 .....	63
Tabla 16. Características principales del alambre desnudo calibre AWG 16 .....	64
Tabla 17. Cables de acero 6x36 y 6x37 .....	66
Tabla 18. Relación diámetro de polea o tambor con el diámetro del cable utilizado .....	67
Tabla 19. Lista de materiales para el tambor .....	69
Tabla 20. Cuadro comparativo de resultados de simulación con materiales acero SAE 45 y normalizado 4 340 .....	90
Tabla 21. Ficha técnica del rodamiento cónico de una hilera HM 911245_210.....	91
Tabla 22. Idoneidad de los rodamientos para aplicaciones industriales .....	92
Tabla 23. Ficha técnica del reductor .....	93
Tabla 24. Ficha técnica del motor .....	105
Tabla 25. Datos técnicos de poste eléctrico .....	116
Tabla 26. Lista de materiales para el sistema de sujeción.....	119

Tabla 27. Cambio de espesor de la base principal .....	127
Tabla 28. Cambio de espesor de la base del sistema de sujeción.....	128
Tabla 29. Nuevo análisis estático con cambios de las medidas mencionadas .....	128
Tabla 30. Tiempo sin usarse al aplicar la mejora .....	143
Tabla 31. Nuevos crecimientos horizontales.....	144
Tabla 32. Cantidad de conexiones a casa con la mejora .....	145
Tabla 33. Nuevos ingresos considerando el uso de la máquina diseñada .....	146
Tabla 34. Cuadro comparativo de indicadores actuales vs la mejora .....	147
Tabla 35. Suplementos .....	148
Tabla 36. Obtención del tiempo normal de la instalación de cable coaxial .....	149
Tabla 37. Obtención del tiempo estándar .....	150
Tabla 38. Cotización de materiales para la construcción de la máquina.....	152
Tabla 39. Comparación de resultados de métodos de proyección para conexiones a casa sin mejora.....	153
Tabla 40. Conexiones proyectadas sin mejora con método Winters.....	154
Tabla 41. Comparación de resultados de métodos de proyección para conexiones a casa sin mejora.....	155
Tabla 42. Demanda de conexiones con la mejora de acuerdo al año 2018.....	155
Tabla 43. Conexiones proyectadas con la mejora utilizando el método Winters .....	156
Tabla 44. Beneficio del diseño de la máquina cabrestante .....	156
Tabla 45. Flujo de caja de la propuesta .....	157
Tabla 46. Periodo de recuperación de la inversión .....	158

## Lista de figuras

Figura 1.Componentes de un cable coaxial.....	19
Figura 2.Nomenclaura utilizada para cálculo mecánico de vanos a nivel .....	22
Figura 3.Ejemplo de motorreductor sinfín .....	24
Figura 4.Ejemplo de motorreductor de engranajes .....	25
Figura 5.Ejemplo de motorreductor planetario .....	25
Figura 6.Rodamiento de bolas.....	27
Figura 7.Rodamiento de rodillos.....	27
Figura 8.Nivelación de reductor.....	28
Figura 9.Organigrama de la empresa en estudio .....	35
Figura 10.Instalación de fijador en poste de inicio de instalación .....	39
Figura 11.Tensado de cables (coaxial y mensajero) devanados.....	40
Figura 12.Diagrama de operaciones del proceso de tendido de cable coaxial para crecimiento .....	41
Figura 13.Diagrama de análisis del proceso de tendido de cable coaxial para crecimiento ....	42
Figura 14.Cursograma analítico del proceso de tendido de cable coaxial para crecimiento ...	43
Figura 15.Diagrama de Ishikawa de las causas de los ingresos no percibidos .....	50
Figura 16.Tendido de cable mensajero y coaxial previamente devanados .....	54
Figura 17.Bosquejo de propuesta de diseño 1 .....	56
Figura 18.Bosquejo de propuesta de diseño 2.....	57
Figura 19.Vistas generales de máquina cabrestante.....	61
Figura 20.Despiece de la máquina .....	62
Figura 21.Tramo de 160 metros para realizar el tensado de cables .....	64
Figura 22.Diagrama de cuerpo libre.....	64
Figura 23. Vistas generales del tambor .....	70
Figura 24. Vista explosionada del tambor.....	71
Figura 25. Cotas generales del tambor .....	72
Figura 26. Plano de la Virola .....	76
Figura 27. Plano del recubrimiento(caucho) .....	76
Figura 28. Plano de eje del tambor.....	77
Figura 29. Plano de rodamiento cónico de una hilera SKF.....	78
Figura 30. Plano de disco de sujeción interno.....	79
Figura 31. Plano de disco de tope .....	80

Figura 32. Plano manguito de fijación .....	81
Figura 33. Plano de tuerca de fijación .....	82
Figura 34. Plano de arandela de fijación .....	83
Figura 35. Esfuerzo tangencial máximo en XY .....	84
Figura 36. Tensiones mediante Von Mises .....	85
Figura 37. Factor de seguridad mínimo para acero SAE 1045 .....	86
Figura 38. Desplazamientos con acero SAE 1045 .....	86
Figura 39. Deformaciones unitarias con acero SAE 1045 .....	87
Figura 40. Esfuerzo cortante máximo en plano YZ .....	87
Figura 41. Tensiones mediante Von Mises .....	88
Figura 42. Factor de seguridad mínimo .....	88
Figura 43. Desplazamientos en mm .....	89
Figura 44. Deformaciones unitarias en escala 1 .....	89
Figura 45. Vistas generales de partes principales del reductor .....	94
Figura 46. Vista explosionada de partes principales del reductor .....	95
Figura 47. Despiece de todas las partes internas del reductor .....	96
Figura 48. Plano del reductor .....	97
Figura 49. Plano del anillo de contracción .....	98
Figura 50. Plano del eje interno del reductor .....	99
Figura 51. Plano de cubierta protectora del anillo de contracción .....	100
Figura 52. Plano de base protectora de carcaza .....	101
Figura 53. Plano de carcaza total del reductor .....	102
Figura 54. Plano de orificios (visor de aceite, para drenaje de aceite, salida de gases y agua condensada) .....	103
Figura 55. Vistas generales de partes principales del motor .....	106
Figura 56. Vista explosionada de partes principales del motor .....	107
Figura 57. Despiece interno de motor .....	108
Figura 58. Despiece interno de motor .....	109
Figura 59. Plano del eje de salida del motor .....	110
Figura 60. Plano de Tapa de caja bornas .....	111
Figura 61. Plano de la caperuza .....	112
Figura 62. Plano del motor .....	113
Figura 63. Plano de salida para ensamble con brida .....	114
Figura 64. Plano de abertura para cables (tapa sellada) .....	115

Figura 65. Vistas principales del sistema de sujeción .....	117
Figura 66. Vista explosionada del sistema de sujeción a poste.....	118
Figura 67. Tensiones por Von Mises aplicando una carga de 50 kg.....	121
Figura 68. Factor de seguridad para una carga de 50 kg.....	122
Figura 69. Tensiones por Von Mises aplicando una carga de 80 kg.....	122
Figura 70. Factor de seguridad aplicando una carga de 80 kg .....	123
Figura 71. Tensiones por Von Mises aplicando una carga de 120 kg.....	123
Figura 72. Factor de seguridad aplicando una carga de 120 kg .....	124
Figura 73. Tensiones por Von mises .....	125
Figura 74. Desplazamientos .....	125
Figura 75. Deformaciones unitarias .....	126
Figura 76. Factor de seguridad para base .....	126
Figura 77. Comprobación de pernos .....	127
Figura 78. Tensiones por Von Mises con cambios en las medidas de las piezas.....	128
Figura 79. Plano del sistema de sujeción a poste .....	129
Figura 80. Plano de base del sistema de sujeción .....	130
Figura 81. Plano de mandíbula deslizante.....	131
Figura 82. Plano de manivela/barra para roscar .....	132
Figura 83. Plano de la perilla .....	133
Figura 84. Plano de tornillo central.....	134
Figura 85. Plano de remache estriado con cabeza redonda.....	135
Figura 86. Plano de rácor soldable .....	136
Figura 87. Plano de placa deslizante .....	137
Figura 88. Plano de tapón.....	138
Figura 89. Nuevo Diagrama de operaciones del proceso de tendido de cable coaxial para crecimiento .....	139
Figura 90. Nuevo Diagrama de análisis del proceso de tendido de cable coaxial para crecimiento .....	140
Figura 91. Cursograma analítico del proceso de tendido de cable coaxial para crecimiento .	141
Figura 92. Revista Perú construye.....	151
Figura 93. Método de Winter para conexiones a casa sin mejora.....	154
Figura 94. Método de Winter para conexiones a casa con mejora.....	155

## Resumen

El proyecto de investigación se realizó en la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL, perteneciente al rubro de las telecomunicaciones. Se analizó la instalación de crecimientos horizontales de cable coaxial, estos tienen una gran demanda, sin embargo, no está cubierta totalmente, debido a elevados tiempos de las actividades del proceso, como el tensado de cable coaxial con un tiempo de 1 155,8 segundos, lo que hace que la productividad de mano de obra sea muy baja, actualmente de tan solo 20,88 metros/h x operario; por lo mencionado se genera unos ingresos no percibidos de S/8 321 al mes. A raíz de lo expuesto se plantea la siguiente interrogante, ¿Con el diseño de una máquina cabrestante se logrará reducir los ingresos no percibidos en la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL?

Se diseñó la máquina cabrestante con la ayuda del programa SolidWorks. Considerando el uso de la máquina en el proceso de instalación de cable coaxial, se logra una mejora muy significativa de los indicadores; el tiempo de tensado se reduce a 484,8 segundos; la productividad de mano de obra aumenta a 41,962 metros/h x operario; se reducen los ingresos no percibidos mensuales a S/ 4 735. La inversión en el proyecto tendrá un total de S/16 148,30; con una tasa interna de retorno del 183%; un VNA de S/103 176, 01 en un plazo de 5 años; y un periodo de recuperación de tan solo 196,3 días.

**Palabras clave:** Cable coaxial, crecimiento horizontal, tensado, productividad, ingreso no percibido, máquina cabrestante

## Abstract

The research project was carried out at P.Q. General Services EIRL Company, pertaining to telecommunications. The installation of horizontal coaxial cable growths was analyzed, these have a high demand, however, it is not fully covered, due to high times of the process activities, such as the coaxial cable tensioning with a time of 1 155,8 seconds, which makes labor productivity was very low, currently only 20,88 meters / hours per operator; as a result of this, unearned income of S/8 321 per month is generated. As a result of the mentioned, the following question arises: Will the design of a winch machine reduce the unearned income in P.Q. General Services EIRL Company?

The winch machine was designed with the help of the SolidWorks program. Considering the use of the machine in the coaxial cable installation process, a very significant improvement in the indicators is achieved; the tensioning time is reduced to 484,8 seconds; labor productivity increases to 41,962 meters / hour per operator; monthly unearned income is reduced to S/4 735. The investment in the project will have a total of S/16 148,30; with an internal rate of return of 183%; a VNA of S / 103 176,01 in 5 years; and a recovery period of only 196,3 days.

**Keywords:** Coaxial cable, horizontal growth, tensioning, productivity, unearned income, winch machine

## **I. Introducción**

El boom de las telecomunicaciones en el Perú ha sido muy notorio en los últimos años, los proveedores de servicios de internet experimentan una demanda creciente de capacidad de transmisión, debido a que los consumidores hacen un uso cada vez mayor de los contenidos disponibles en la web (videos, video llamada, redes sociales, etc.). [1]

En la región Lambayeque el servicio de internet fijo y móvil es cada vez más solicitado, es así que alrededor del 52,2% de hogares de la región Lambayeque cuenta con equipamiento tecnológico (Laptops, Tables y Smartphones). El 34,2 de hogares de Lambayeque cuenta con acceso a internet y el 29,2% tiene telefonía fija. Asimismo, existe un incremento en el 2014 del servicio de televisión de paga(cable) de 30,3% en relación al 2013 el cual llegaba tan solo al 23%, según ANDINA. [2]

Dentro del rubro de las telecomunicaciones en la región, se encuentra la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL ubicada en la Calle San Andrés N°.413 Nuevo San Lorenzo del distrito José Leonardo Ortiz de la ciudad de Chiclayo, la cual se dedica a brindar el servicio de instalación de cable coaxial con el fin de llevar internet fijo hacia los consumidores. El servicio de instalación se lo brinda a la empresa COBRA PERÚ S.A, la cual a su vez es contratada por la multinacional TELEFÓNICA DEL PERU S.A.A.

Las empresas que brindan los servicios a la empresa COBRA PERU S.A a nivel regional, deberían atender a una demanda promedio de conexiones para internet fijo de 381, sin embargo, la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL no lo hace, teniendo ingresos no percibidos de S/31 565,184 mensuales. Siendo su nivel de servicio de tan solo el 43,40%, por lo que se deduce que no atiende a la mayor parte de su demanda. Una de las principales causas de los ingresos no percibidos se encuentra en el proceso de instalación de cables, siendo la actividad que mayor tiempo emplea el tensado de cable coaxial, con un tiempo de 1 153,8 segundos (19,23 minutos).

Frente a la problemática mencionada anteriormente surge la interrogante ¿Con el diseño de una máquina cabrestante se logrará reducir los ingresos no percibidos en la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL??

A raíz de lo expuesto se planteó como objetivo general diseñar una máquina cabrestante para reducir los ingresos no percibidos en la empresa P.Q. Servicios generales EIRL. Para el cumplimiento de este objetivo se plantearon los objetivos específicos: realizar el diagnóstico de la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL, diseñar la máquina cabrestante para disminuir los ingresos no percibidos y realizar el costo-beneficio de la propuesta.

El impacto del diseño de la máquina en el ámbito económico es positivo, si la empresa decide implementarla en su proceso de instalación de cable coaxial, también le puede ayudar para sus posibles contratos en proyectos de fibra óptica. El personal obtendrá nuevos conocimientos que le servirán en el transcurso de su vida, pues aprenderá a manipular una máquina que le ayudará a reducir su carga de trabajo y aumentar su productividad. Muchas personas serán beneficiadas si se implementare la máquina diseñada, puesto que la empresa podrá abastecer la demanda de instalación de cable coaxial. En el ámbito de la seguridad, el personal encargado de la instalación de cable coaxial, no tendrá que tensar el cable de manera manual, por lo que se evitarán riesgos de tipo físico en los operarios (riesgos disergonómicos). Asimismo, para evitar la contaminación al ambiente se dejó de lado en el uso de motores por combustión interna. se optó por el uso de la energía eléctrica.

## II. Marco teórico

### 2.1. Antecedentes

T. Mushiri *et al*, en su investigación: “**Design of a Hoisting System for a Small Scale Mine**”, tuvieron como objetivos diseñar un polipasto de tambor simple, incrementar la productividad y mejorar la seguridad de las minas de pequeña escala. La metodología consistió en analizar varias opciones: Drum Hoists, polipastos de tambor simple, polipastos de doble tambor y polipastos de fricción. Se optó por el diseño de un polipasto de tambor simple, debido a que el tamaño de la mina es de 86 metros. Cabe resaltar que el sistema de elevación estaba conformado por una caja para el transporte de tres personas, materiales(351kg) y mineral extraído(500kg); un enrollador (compuesto por un eje horizontal de 2,3 metros, un tambor, poleas y un cable de 106,4 metros); y un motor eléctrico con potencia de 15kW y voltaje nominal de 380 V. Según los autores la implementación del sistema de elevación tiene un impacto directo en la rentabilidad de la mina debido al aumento de la producción y seguridad, ya que se puede incrementar la tasa de producción en 3,5 toneladas por hora. [3]

J. Sanz *et al* en su investigación: sobre “**Sistema de malacate y vagón para transporte de café en cereza en condiciones de alta pendiente**”; la metodología utilizada consistió en dos etapas, en la primera se hizo el diseño, construcción y puesta a punto del sistema de transporte, y en la segunda la evaluación del sistema de transporte en campo. El equipo estuvo conformado por un malacate accionado por un motor de 9,56 kw y un vagón con capacidad para transportar hasta 225 kg de café en cereza, la evaluación se hizo en un terreno con pendiente de 100% y longitud de 100 metros. Cabe resaltar que el malacate se unía al vagón mediante una soga de 19 mm de diámetro y una longitud de 125m. Los resultados obtenidos de la evaluación en campo, muestra que el equipo diseñado puede utilizarse para transportar café en cereza en terrenos con pendiente de 100%, con una capacidad promedio de  $8647 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ , en una longitud de 100 m, asimismo , con consumo específico de combustible de  $3,94\text{L}/(\text{t}\cdot\text{h}\cdot\text{km}^{-1})$ , potencia específica de  $1,11 \text{ W}/\text{kg}/\text{h}$  y costo específico de  $\$29\,736/\text{kg}\cdot\text{h}\cdot\text{km}^{-1}$ . [4]

J. Rojas y J. Delgado (2015) en su investigación: “**Diseño paramétrico tridimensional y análisis estático del primer malacate español utilizado para drenar agua de las minas**” los objetivos fueron analizar muy detalladamente la información que se encontró en el Archivo histórico de la Oficina Española de Patentes y Marcas respecto al primer

malacate, realizar el diseño paramétrico 3D con ayuda del software Catia v5 R21 para cada uno de los elementos que componen el sistema y realizar un análisis funcional estático mediante procedimientos de Ingeniería Asistida por ordenador. En los resultados obtenidos, se concluye que el primer malacate consistía en una estructura de madera con un eje vertical, y en su parte superior llevaba un tambor cilíndrico donde se enrollaban los cables, que pasando por unas poleas hacían ascender o descender los recipientes utilizados para la extracción del agua. Se comprueba que tanto las tensiones como los desplazamientos se encuentran localizados en el eje que soporta el tambor cilíndrico y en la estructura que lo soporta. Asimismo, se comprueba, que si la máquina es fabricada tanto con hierro o madera no habría problemas de esfuerzo, puesto que no se llega a la tensión de rotura (30 MPa) [5]

O. Araque y J. Gómez en su investigación: **“Diseño de un sistema de transporte de material de arrastre triturado de río”** tuvieron como objetivos determinar las variables mecánicas que caracterizan el sistema de transporte actual en la empresa Inversiones Zarate Gutiérrez, evaluar diversas propuestas de solución y diseñar la propuesta más adaptativa a las necesidades actuales de la empresa. Las variables mecánicas analizadas fueron flujo volumétrico y naturaleza de la operación, coeficiente de rozamiento, ángulo de inclinación, capacidad del transportador, material a transportar, reposo y fluidez. Las propuestas de solución fueron cangilones, banda, ducto y banda transportadora. Se obtuvo como resultados que las variables mecánicas que más inciden en la obsolescencia del sistema de transporte actual son el flujo volumétrico, ángulo de inclinación, el método de impulsión de material y el consumo energético; los problemas técnicos actuales más predominantes se deben a las demoras y periodos de inactividad producidos por el atascamiento del material los cuales representan en tiempo el 20% del mantenimiento y limpieza de todas las máquinas; de las alternativas de solución propuestas la más factible fue el diseño de sistema de transporte mediante banda transportadora; el sistema de transporte diseñado permitirá a la empresa ampliar su producción en un 24% y disminuir sus costos operativos y de mantenimiento actuales en un 35,77%. [6]

J. Rojas y J. Martínez (2014) en su investigación: **“Modelado tridimensional y análisis funcional de una invención histórica española del siglo XIX para la extracción del mineral: La máquina Emilina”**, tuvieron como objetivos realizar un análisis detallado de la maquina Emilina, realizar el modelado tridimensional con ayuda de software

paramétrico (CATIA v5) de cada uno de los elementos que componen el sistema y realizar un análisis funcional mediante técnicas de Ingeniería Asistida por Ordenador, basadas en el análisis de la tensión de von Mises y de desplazamientos. Como resultados se obtuvo que el fin de la Máquina Emilina era la extracción de minerales y agua de las minas, y consistía en un sistema de transmisión compuesto por un mangón, piñones, tambor y palanca. En el análisis funcional se comprobó que la mayor deformación se produce en el extremo del eje, ya que, al situarse el volumen en su extremo, actúa como una viga empotrada con una carga en su extremo; los lugares que experimentan una mayor deformación son aquellos que sufren un mayor desplazamiento; y el eje principal es el que soporta más esfuerzos [7]

## 2.2. Bases teórico científicas

### 2.2.1. Telecomunicaciones

Según La Unión Internacional de Telecomunicaciones [8], la telecomunicación es toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o información de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.

### 2.2.2. Cable coaxial

Compuesto por un hilo conductor central formando el núcleo del cable, el cual se encuentra rodeado por un material aislante dieléctrico. Éste se encuentra rodeado a su vez por un conductor cilíndrico que normalmente es una malla de tejido conductor trenzado, que aísla de interferencias al conductor central. Finalmente, todo el conjunto está cubierto por una capa de plástico. [9]



Figura 1. Componentes de un cable coaxial

Fuente: Espinoza et al [9]

### **2.2.2.1. Tipos de cable coaxial**

#### **2.2.2.1.1. Para transmisión en banda ancha**

La información se transmite de forma analógica, se utilizan usualmente en transmisión de señales de televisión por cable (CATV), tanto para las transmisiones comerciales como en circuitos cerrados de televisión. A este tipo de cable se le denomina como RG59 o cable televisión. [9]

#### **2.2.2.1.2. Para transmisión en banda base**

Según Espinoza et al [9], la información se transmite de forma digital y se utiliza en redes de área local, empleándose dentro de esta categoría dos tipos de cable:

##### **a) Cable coaxial grueso**

Tiene 1,27 centímetros de diámetro aproximadamente; cuanto mayor grosor tenga el núcleo de cobre, más lejos puede transportar las señales. El cable coaxial grueso es capaz de llevar una señal a 500 metros de distancia.

##### **b) Cable coaxial fino**

Tiene unos 0,64 centímetros de grueso; este tipo de cable se suele utilizar para la mayoría de los tipos de instalaciones de redes. Este tipo de cable coaxial puede transportar una señal hasta una distancia de 185 metros.

### **2.2.3. Tipos de instalación de cable coaxial**

#### **2.2.3.1. Canalizado**

La instalación del cable coaxial mediante el método canalizado, se puede hacer: mediante enterrado directo de los subductos en el suelo donde se albergará el cable coaxial, en canalizaciones ya existentes se utiliza uno de los ductos dispuestos para la instalación de subductos de menor diámetro. [10]

#### **2.2.3.2. Aéreo**

Consiste en el tendido del cable coaxial en postes que podrían ser propios de la empresa de telecomunicaciones o los utilizado por las empresas eléctricas. Se realiza mediante tramos y se ata mediante un fiador de acero cada cierto tramo, asimismo se tensa para que no se formen bucles que dañen el cable coaxial. Es necesario utilizar cable

mensajero sobre el cable coaxial con el objetivo de tensarlo y aumentar su periodo de vida útil. [10]

## **2.2.4. Cabrestante**

### **2.2.4.1. Concepto**

El Cabrestante o también conocido como Winch, es un dispositivo diseñado para jalar una carga a través de una superficie horizontal. Es impulsado por un motor eléctrico o hidráulico, el cual hace funcionar un set de engranajes; estos engranajes encienden otro que hace que el cable del Winch funcione. [11]

### **2.2.4.2. Tipos de cabrestantes**

#### **a) Eléctrico**

Son aquellos que funcionan gracias a la energía eléctrica. El torno o rodillo del cabrestante posee un motor eléctrico con capacidad de tracción y enrollamiento del cable. Normalmente se destina al arrastre o recuperación de vehículos por lo que se suele conectar a la batería del vehículo. [12]

#### **b) Hidráulico**

Están conectados a un circuito hidráulico que acciona el tambor, resulta indispensable que el circuito hidráulico al que está conectado tenga suficiente flujo y presión para accionarlo. [13]

## **2.2.5. Descripción de componentes del cabrestante y procedimiento de cálculo**

### **2.2.5.1. Catenaria y determinación de carga máxima de arrastre**

La catenaria es un modelo matemático que se usa para representar la curva que forma un cable que cuelga entre dos apoyos, bajo la acción de su propio peso. En algunas ocasiones es posible simplificar los cálculos aproximando la curva hiperbólica de la catenaria a una curva parabólica. Las aproximaciones solo se hacen cuando se trabajan con vanos de mediana magnitud (generalmente a vanos menores de 300 metros), para vanos grandes se usan las fórmulas hiperbólicas. [14]

Las fórmulas a emplear para determinar la carga máxima son las aproximadas, ya que el vano o tramo analizado es de 160 metros. En la figura 2 se presenta la nomenclatura para las diferentes fórmulas a utilizar.

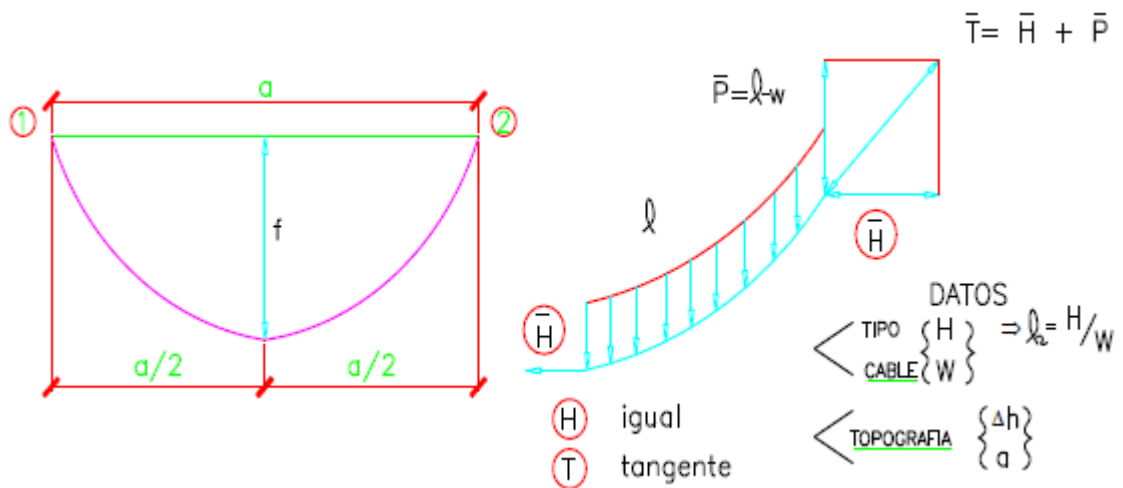


Figura 2. Nomenclatura utilizada para cálculo mecánico de vanos a nivel

Fuente: ICE [14]

Donde:

w: Peso unitario del cable(kg/m)

x: Distancia horizontal desde el apoyo más bajo hasta la panza del cable; a/2(m)

y: Distancia vertical desde la altura máxima hasta la panza del cable; f(m)

H o TH: Tensión horizontal

a: Es la distancia del tramo o vano

L: Longitud total del cable, medida a lo largo de la catenaria

I. Ecuación de la curva

$$y(x) = \frac{w * x^2}{2H}$$

**Ecuación 1**

II. Tensión en apoyos

$$T1 = T2 = H + \frac{w^2 * a^2}{8H}$$

**Ecuación 2**

III. Longitud del cable

$$L = a + \frac{w^2 * a^3}{24H^2}$$

**Ecuación 3**

### 2.2.5.2. Tambor

Está conectado a la caja reductora, es el elemento en el que el cable se enrolla. Hay que tener en cuenta siempre su diámetro ya que dependiendo de éste se obtiene una velocidad de recogido del cable. Para determinar los parámetros del tambor hasta llegar a la longitud del tambor se sigue los siguientes pasos:

#### a) Hallar el diámetro del tambor

$$Dt = Dc \times Rr$$

Dc= Diámetro del cable usado

Rr= Relación mínima o recomendada

*Ecuación 4*

#### b) Hallar la velocidad de giro del cable

$$V = \omega * r$$

$\omega$ = velocidad angular

r= radio de la circunferencia

*Ecuación 5*

#### c) Hallar la potencia para tirado de cable

$$P = M * \omega$$

M= momento torsor

$\omega$ = velocidad angular

*Ecuación 6*

#### d) Hallar la longitud del tambor

$$L_{espira} = \pi * D$$

Donde:

D= diámetro del tambor

*Ecuación 7*

$$N^{\circ}epiras = \frac{Lc}{Le} + espiras muertas$$

Donde:

Lc= longitud del cable

Le = longitud de espira

*Ecuación 8*

$$L_t = N^\circ \text{ de espiras} * s$$

Donde:

$L_t$  = longitud del tambor

$s$  = paso de enrollamiento

**Ecuación 9**

## **2.2.6. Motorreductor**

### **2.2.6.1. Concepto**

Según SEW EURODRIVE [15] , es una unidad compacta y homogénea formada por un reductor y un motor. La idea de "agregar" un motor a un reductor se remonta a la patente en Bruchsal del ingeniero de diseño y emprendedor Albert Obermoser en 1928: Él inventó el "Vorlegemotor" (motorreductor).

### **2.2.6.2. Tipos de motorreductores**

Existen muchas opciones en el mercado y cada una ofrece ciertas particularidades que pueden encajar mejor o peor. Según La Compañía Levantina de Reductores [16], entre las opciones tenemos:

#### **a) Motorreductores sinfín corona**

El eje del motor y del reductor se sitúan a 90°. Compuesta de una corona dentada que está en permanente contacto con un husillo en forma de tornillo sinfin. Cada vuelta del tornillo sin fin provoca el avance de un diente de la corona y en consecuencia la reducción de velocidad. Es el más sencillo y económico, sin embargo, es de menor rendimiento energético y menor precisión por pérdidas de tiempo entre ciclos.



Figura 3. Ejemplo de motorreductor sinfín

Fuente: Compañía Levantina de Reductores [16]

### **b) Motorreductores de engranajes**

Utilizan uno o varios pares de engranajes para poder realizar la reducción de velocidad. La relación de transmisión es constante, son de mayor duración, dimensiones reducidas y elevado rendimiento, sin embargo; tienen un elevado nivel sonoro. Existe gran cantidad de modelos, entre ellos tenemos:

- Cónicos: El eje del motor y del reductor están a  $90^\circ$  (transmisión con engranajes cónicos).
- De ejes paralelos: El eje del motor y del reductor están en planos paralelos (permiten múltiples ejes de salida).
- Coaxiales: El eje del motor y del reductor se mantienen alineados. Utilizan engranajes rectos. Su eje de salida es siempre recto.

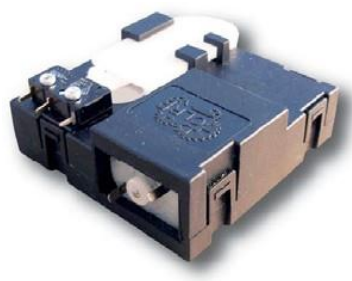


Figura 4. Ejemplo de motorreductor de engranajes

Fuente: Compañía Levantina de Reductores [16]

### **c) Motorreductores planetarios**

Tienen una disposición de hasta tres engranajes satélites que engranan con el central (sol) ofreciendo una reducción más uniforme y precisa. Se caracterizan por el nivel sonoro de trabajo bajo, mayor precisión, eficiencia y tamaño más reducido, sin embargo, el coste es más elevado.



Figura 5. Ejemplo de motorreductor planetario

Fuente: Compañía Levantina de Reductores [16]

#### **d) Motorreductores cicloidales o paso a paso**

Utilizan un motor paso a paso. Este convierte la señal de impulso eléctrico en un desplazamiento angular preciso y concreto. Mientras tanto, la caja reductora limita la velocidad y aumenta su torque.

#### **2.2.6.3. Eje de transmisión**

Según la Universidad Carlos III de Madrid [17], es el elemento cilíndrico de sección circular que transmite un momento de giro y que puede llevar montados distintos elementos mecánicos de transmisión de potencia como engranajes, poleas, volantes, etc. Para el diseño del eje por torsión se utilizan las siguientes fórmulas:

##### **a) Potencia**

$$P = T(\omega)$$

Donde:

P=Potencia

T=Torque

$\omega$  =Velocidad Angular

*Ecuación 10*

##### **b) Tensión de torsión (esfuerzo cortante máximo xy)**

$$\tau_{xy} = \frac{T(\frac{d}{2})}{J}$$

Donde:

$\tau_{xy}$ = Tensión de torsión (esfuerzo tangencial en el plano xy)

T=Momento torsor en la sección crítica

d=Diámetro del eje

J= Momento de inercia polar del eje

*Ecuación 11*

##### **c) Momento polar de inercia para ejes sólidos**

$$J = \frac{\pi}{2}(d^4)$$

Donde:

d=Diámetro del eje

*Ecuación 12*

#### 2.2.6.4. Rodamientos

Los rodamientos proporcionan alta precisión y baja fricción y, por ende, permiten altas velocidades de rotación al tiempo que disminuyen el ruido, el calor, el consumo de energía y el desgaste; siguen estándares de dimensión nacionales o internacionales. [18]

##### 2.2.6.4.1. Tipos de rodamientos básicos

Según SKF [18] existen dos tipos de rodamientos básicos los cuales se describen a continuación

###### 2.2.6.4.1.1. De bolas

Tienen contacto puntual con las pistas de rodadura del anillo. Con una carga creciente que actúa sobre el rodamiento, el punto de contacto se convierte en un área elíptica. El área de contacto pequeña proporciona una baja fricción de rodadura, permitiéndoles adaptarse a altas velocidades. (Ver Figura 6)

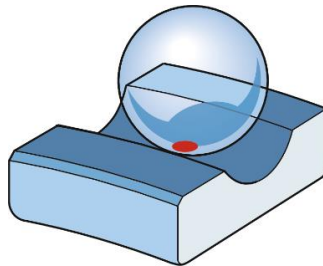


Figura 6. Rodamiento de bolas  
Fuente: SKF [18]

###### 2.2.6.4.1.2. De rodillos

Tienen contacto de línea con las pistas de rodadura del anillo. Con el aumento de la carga que actúa sobre el rodamiento, la línea de contacto adquiere una forma algo rectangular. Un rodamiento de rodillos puede soportar cargas más pesadas, pero velocidades más bajas que un rodamiento de bolas del mismo tamaño (Ver figura 7).

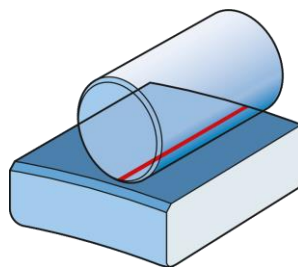


Figura 7. Rodamiento de rodillos  
Fuente: SKF [18]

### 2.2.6.5. Sistema de sujeción a poste

Existen diversas formas de como sujetar una carga pequeña a un poste, tales como abrazaderas, fijadores, etc. Sin embargo, en este proyecto de investigación la carga que va ser sujeta al poste es significativa. Por lo tanto, se planteó que el sistema de sujeción tenga forma de una prensa hidráulica en C, el diseño se hizo para ser operada de forma manual mediante un tornillo. Cabe resaltar que según San Juan Reciclados y Demoliciones [19], una prensa hidráulica de marco C son aquellas que tienen la forma de una letra C.

### 2.2.6.6. Base de máquina cabrestante

Según SEW EURODRIVE [20], La base dónde se montará el motorreductor debe ser plana, torsionalmente rígida y amortiguada contra vibraciones. Para reductores de talla 87 e inferiores la tolerancia de desviación de la base es de 0,01mm (Ver Figura 8).

Para garantizar la planitud de la base es recomendable que la base tenga bloques metálicos en los puntos de asentamiento de las patas donde van colocados los pernos de sujeción, y que estos bloques sean cepillados como trabajo final en la base. Es recomendable que se haga un alivio de tensiones a la base posterior a los trabajos de soldadura, el cepillado se debe realizar después del alivio de tensiones.

No se deben efectuar trabajos de soldadura mayores posteriores al cepillado, ya que el calor puede deformar la base. Se recomienda proveer a la base de pernos de posicionamiento, estos disminuyen considerablemente el tiempo de alineamiento en la instalación.

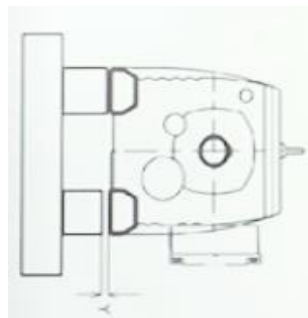


Figura 8. Nivelación de reductor  
Fuente: SEW EURODRIVE [20]

## 2.2.7. Indicadores del proceso

### 2.2.7.1. Actividades improductivas

Se calcula como:

$$\% \text{ Activ. Improd.} = \frac{\text{Activ. improd.}}{\text{Activi. totales}}$$

#### *Ecuación 13*

Donde:

- Actividades improductivas: son aquellas actividades que no generan valor en el proceso, tales como traslados, almacenamientos y demoras
- Actividades totales: Incluyen todas las actividades del proceso, ya sean traslados, almacenamientos, demoras, operaciones, inspecciones, etc.

### 2.2.7.2. Cantidad de conexiones de internet fijo atendidas al mes

Se calcula como:

#### *Ecuación 14*

$$\# \text{Conex/mes} = \frac{\# \text{ de crec.horiz.}}{\text{mes}} \times \frac{\# \text{conex.}}{\text{poste}} \times \frac{\# \text{postes}}{\text{crec.horiz.}}$$

Donde:

- Crecimientos horizontales al mes: son la cantidad de nuevas instalaciones que la empresa realiza
- Conexiones por poste: son las instalaciones que se hacen a casa para brindar internet
- Postes por crecimiento: el total de postes que se utilizó para instalar cables

### 2.2.7.3. Nivel de servicio

Puede definirse como la probabilidad de poder satisfacer la demanda de los clientes sin enfrentarse a pedidos pendientes o a una venta perdida [21]. Se puede hallar mediante la siguiente fórmula:

#### *Ecuación 15*

$$NS = \frac{\text{Demanda no atendida}}{\text{Demanda total}}$$

Donde:

- Demanda no atendida: cantidad de conexiones de internet fijo que no se atienden
- Demanda total: Cantidad de conexiones de internet fijo que se debería atender.

#### 2.2.7.4. Pérdida de dinero al mes

Se puede hallar como:

Pérdida (S/.) =  $DNA \times ingreso\ unidad$

##### ***Ecuación 16***

Donde:

- DNA: demanda no atendida; es la cantidad demandada por parte del mercado que no se logró satisfacer.
- Ingreso por unidad: es el ingreso que se tiene por cada unidad si se le vende realmente al cliente.

#### 2.2.7.5. Productividad de mano de obra

Según R. Carro y D. González [22], es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o producto) y los recursos utilizados para generarlos (entradas o insumos). Para hallar la productividad de mano de obra se utiliza la fórmula:

$$PMO = \frac{P.obtenida}{Tiempo\ de\ fabric.\ x\ \# \operatorname{operarios}}$$

##### ***Ecuación 17***

Donde:

- Producción obtenida; es la cantidad de unidades producidas, metros instalados, etc.
- Tiempo de fabricación: Es el tiempo que se emplea para la obtención del producto final.
- Operarios: Cantidad utilizada para el lograr una producción, en un tiempo determinado.

#### 2.2.8. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es un procedimiento que consiste en la medición del tiempo requerido por un operario calificado que trabaja en cierta actividad con un ritmo normal, haciendo la tarea con un determinado método. [23]

La técnica más utilizada para la medición de tiempos es el cronometraje y consiste en el uso de cronómetro para la toma de los tiempos de cada actividad en un proceso, más adelante se corrige el tiempo que se obtiene de acuerdo al desempeño con el que el operario ha realizado la actividad. Se realizan varias mediciones, los cuales generarán

un tiempo normal. Además, se añadirán tiempos por suplementos de descanso a cada actividad. [23]

Según J. Cruelles [24], el número de observaciones que se harán es muy importante en la aplicación de la técnica por cronometraje. El método que se usa con mayor frecuencia es el estadístico, y consiste en obtener el valor medio representativo para cada operación, en una primera instancia se realizan una cierta cantidad de mediciones y posteriormente con un nivel de confianza de 95,45% y un margen de error de +5 % y -5% se aplica la fórmula:

$$n = \left( \frac{40 \sqrt{(c \sum x^2) - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

***Ecuación 18***

Siendo:

n = número de mediciones que hay que realizar

c = número de mediciones iniciales

$\sum$  = suma de valores

x = valor de las mediciones

Los valores obtenidos en las observaciones si son muy elevados pueden considerarse como datos erráticos de la repetición cíclica de un elemento, y por lo tanto se excluyen de cualquier consideración posterior en el estudio. [25]

Después de haberse calculado el número de mediciones que hay que realizar, se procede a determinar el tiempo normal, el cual según J.Cruelles [24], es el tiempo necesario para la ejecución de una operación trabajando a actividad normal. Se utiliza la expresión matemática:

***Ecuación 19***

$$TN = T_{por\ elemento} \times \frac{Valor\ atribuido}{Valor\ estándar}$$

Uno de los sistemas de valorización que más se ha utilizado es el Westinhouse, el cual considera cuatro factores para evaluar el desempeño del operario: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. Se considera a la habilidad como la destreza para seguir un método dado; el esfuerzo es la demostración de la voluntad para trabajar de manera eficaz; las condiciones que se tomen deben afectar al operario mas no a la operación e

incluyen la temperatura, la ventilación, la luz y el ruido; asimismo, la consistencia se evalúa mientras se está trabajando. [25]

Cuando se termine de designar los valores para los cuatro factores, estos se suman entre sí y se le agrega una unidad al resultado. En la Tabla 1 se muestra los valores asignados a los cuatro factores.

**Tabla 1. Valores para calificar factores según método de Westinhouse**

Habilidad			Esfuerzo		
+0,15	A1	Superior	+0,13	A1	Excesivo
+0,13	A2		+0,12	A2	
+0,11	B1	Excelente	+0,10	B1	Excelente
+0,08	B2		+0,08	B2	
+0,06	C1	Buena	+0,05	C1	Bueno
+0,03	C2		+0,02	C2	
0,00	D	Promedio	0,00	D	Promedio
-0,05	E1	Aceptable	-0,04	E1	Aceptable
-0,10	E2		-0,08	E2	
-0,16	F1	Mala	-0,12	F1	Malo
-0,22	F2		-0,17	F2	
Condiciones			Consistencia		
+0,06	A	Ideal	+0,04	A	Perfecta
+0,04	B	Excelente	+0,03	B	Excelente
+0,02	C	Bueno	+0,01	C	Buena
0,00	D	Promedio	0,00	D	Promedio
-0,03	E	Aceptable	-0,02	E	Aceptable
-0,07	F	Malo	-0,04	F	Mala

Fuente: B. Niebel y A. Freivalds [25]

Teniendo el tiempo normal y los suplementos se puede hallar el tiempo estándar, el cual según C. Janania [26], es el tiempo global a considerar en una operación. Cabe resaltar que los suplementos se añaden por pérdidas de tiempos del operario por fatiga y necesidades fisiológicas.

**Ecuación 20**

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo normal}(1 + \text{suplementos})$$

### 2.2.9. Estudio de movimientos

Es el estudio de los movimientos del cuerpo humano que se utilizan para realizar una actividad, con el fin de mejorarla, suprimiendo los movimientos innecesarios y simplificando los necesarios, estableciendo luego la secuencia de movimientos más favorables para el logro de una eficiencia máxima. [24]

### 2.2.10. Modelos de pronósticos

Según el Departamento de Ciencias de la Computación e I.A.(DECSAI). Los modelos de pronósticos de suavización exponencial son el doble y el triple. [27]

#### 2.2.10.1. Suavización exponencial doble

El suavizado exponencial doble retiene información acerca de la tendencia: la señal suavizada  $s_i$  y la tendencia suavizada  $t_i$ . El parámetro  $\beta$  se utiliza para realizar un suavizado exponencial sobre la tendencia.

#### *Ecuación 21*

$$S_i = \alpha x_i + (1 - \alpha)(S_{i-1} + t_{i-1})$$
$$S_i = \alpha x_i + (1 - \alpha)(S_{i-1} + t_{i-1})$$

#### 2.2.10.2. Suavización exponencial triple

Una tercera cantidad se utiliza para describir la estacionalidad, que puede ser aditiva o multiplicativa según interese;  $p_i$  modela el componente periódico de la señal, donde  $k$  es el período observado.

#### *Ecuación 22*

$$S_i = \alpha \frac{x_i}{p_{i-k}} + (1 - \alpha)(S_{i-1} + t_{i-1})$$
$$t_i = \beta(S_i - S_{i-1}) + (1 - \beta)t_{i-1}$$
$$p_i = \gamma \frac{x_i}{S_i} + (1 - \gamma)p_{i-k}$$
$$X_{i+h} = (S_i - ht_i)p_{i-k} + h$$

### 2.2.11. Diagrama de análisis de operaciones

Describe una actividad única, por lo general un operador con herramientas y equipo enteramente bajo su control. La actividad única se divide en sus elementos y se cronometra. [28]

## 2.2.12. Indicadores económicos

### 2.2.12.1. Valor actual neto (VAN)

Cantidad monetaria, que refleja la diferencia entre el valor actual de los cobros menos el valor actualizado de los pagos; en pocas palabras, es el valor de todos los flujos de caja esperados referido a un mismo momento del tiempo [29]. Para hallarlo se utiliza la fórmula:

*Ecuación 23*

$$VAN(i) = \left[ \frac{F_1}{(1+i)^1} \right] + \left[ \frac{F_2}{(1+i)^2} \right] + \left[ \frac{F_3}{(1+i)^3} \right] + \dots + \left[ \frac{F_n}{(1+i)^n} \right] - f_0$$

VAN > 0: Genera beneficio

VAN = 0: No hay beneficios ni pérdidas

VAN < 0: Hay pérdidas, además de perder el tiempo

### 2.2.12.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Es el tipo de actualización que iguala a 0 el valor actual neto (VAN). En el caso de que los flujos generados por el proyecto sean constantes [29]. Para hallarlo se utiliza la fórmula:

*Ecuación 24*

$$VAN(i = tir) = 0 = \left[ \frac{F_1}{(1+i)^1} \right] + \left[ \frac{F_2}{(1+i)^2} \right] + \left[ \frac{F_3}{(1+i)^3} \right] + \dots + \left[ \frac{F_n}{(1+i)^n} \right]$$

## III. Resultados

### 3.1. Diagnóstico de la situación actual de la empresa

#### 3.1.1. La empresa

P.Q. Servicios Generales EIRL es una empresa que pertenece al rubro de las telecomunicaciones, se dedica a brindar el servicio de instalación de cable coaxial, con el objetivo de llevar internet fijo hacia el consumidor final. Actualmente brinda sus servicios a la empresa COBRA PERÚ S.A.

A continuación, se considera una breve descripción de la empresa donde se realizó el proyecto de investigación:

- **Ubicación:** Calle San Andrés N°.413 Nuevo San Lorenzo del distrito José Leonardo Ortiz de la ciudad de Chiclayo.
- **Actividad económica:** Otras actividades de servicios personales N.C.P(Servicio de instalación de cable coaxial)
- **Inicio de actividades:** 01/09/2017
- **RUC:** 20602466249
- **Representante Legal:** Percy Matías Quevedo Villalta
- **Estructura organizacional:** En la figura 9 se muestra el organigrama de la empresa, el cual está compuesto por el gerente general, secretario, contadora, jefe de cuadrilla y los operarios.

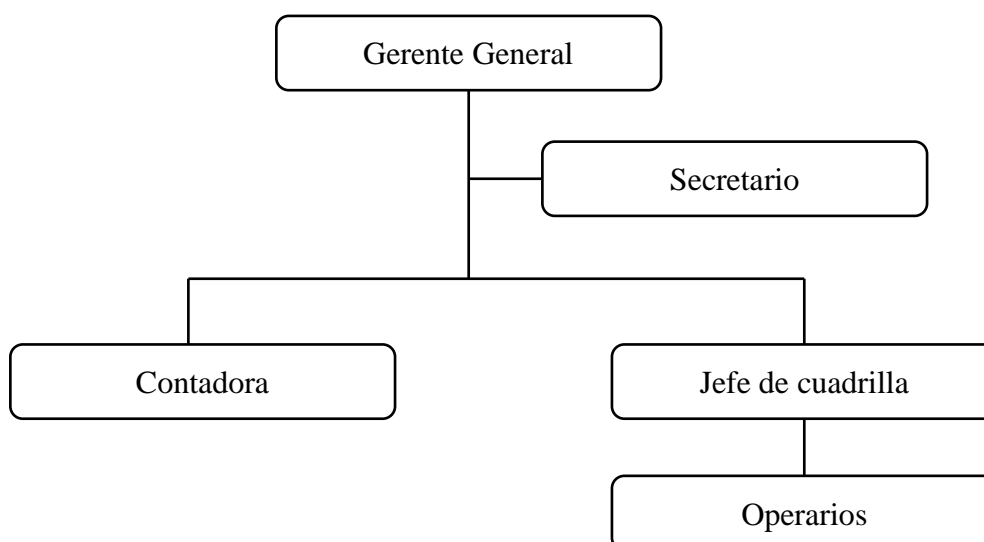


Figura 9.Organigrama de la empresa en estudio

Fuente: P.Q SERVICIOS GENERALES EIRL

### 3.1.2. Descripción del sistema del servicio

#### 3.1.2.1. Servicios

La empresa P.Q. SERVICIOS GENERALES EIRL brinda sus servicios de telecomunicaciones a COBRA PERU S.A, y debido a la buena relación con la misma, decidió darle exclusividad. Cabe resaltar que los servicios de telecomunicaciones son brindados solo en el departamento de Lambayeque.

Al iniciar el año 2019 el servicio brindado por parte de la empresa estudiada es:

#### **a) Instalación de cable coaxial**

Denominado por la empresa como crecimiento horizontal. Se instala vía aérea, el cable es pasado por postes y cada cierto tramo se tensa con ayuda de un fiador de acero conocido por la empresa como templador, este ciclo se repite hasta terminada la instalación.

##### **3.1.2.2. Recursos del proceso**

Para la instalación de cable coaxial se utiliza el cable calibre 540, este lo provee la empresa COBRA PERU S.A por bobinas, cada bobina tiene un peso de 136 kg y contiene 800 metros de cable coaxial. Asimismo, el peso del carrete es de 20 kg. Cabe resaltar que también provee de templadores y cable mensajero.

##### **3.1.2.3. Descripción del proceso**

La empresa sigue una serie de pasos hasta que finalmente procede a la instalación de cable coaxial. Los pasos que se siguen son los siguientes que se detallan a continuación:

#### **- Información del proyecto**

La empresa contratista informa a la subcontrata (PQ. SERVICIOS GENERALES EIRL) sobre el nuevo proyecto de crecimiento horizontal. Le comunica sobre el lugar de ejecución del proyecto.

#### **- Cotización del proyecto por COBRA PERU S.A**

La empresa realiza la cotización de materias primas y de mano de obra. Debido a que la contrata compra los materiales, por cada proyecto aceptado por ambas empresas, la contrata gana el 40% del costo de mano de obra cotizado y la que realiza la instalación en este caso la subcontrata gana el 60%. Terminada la cotización se le envía a la subcontrata.

#### **- Revisión de cotización por parte de P.Q. SERVICIOS GENERALES EIRL**

La subcontrata revisa la cotización, si el cree conveniente que se debe hacer un reajuste de los costos de materias primas o mano de obra se lo comunica a la contrata y esta procederá reajustarlos.

- **Pacto de posible fecha de entrega**

Ambas empresas acuerdan una posible fecha de entrega, debido a que no hay una estandarización del tiempo que tomaría terminar el proyecto.

- **Envío de materiales por parte de COBRA PERU S.A**

La contrata envía los materiales los cuales son recibidos y almacenados para dar inicio a la ejecución del proyecto.

- **Inicio de instalación**

Ya contándose con los materiales, se procede al inicio de instalación de cable coaxial. Para la instalación de cable coaxial por tramos, se siguen los siguientes pasos:

**a) Estacionamiento de carro**

Los operarios ingresan a diario a las 8 a.m., cargan los materiales a utilizar dentro del carro y se disponen a ir al área de trabajo, llegando a esta área se estacionan lo más cerca posible; cabe resaltar que acuden 4 operarios para realizar el trabajo de instalación de cables.

**b) Bajar escalera 1 de carro**

Al llegar al área de trabajo lo primero que hacen es bajar la escalera 1 del carro, y se procede a trasladarla al primer poste, considerado como poste de inicio de la instalación del proyecto de crecimiento horizontal.

**c) Posicionar escalera a poste**

Cuando se llega al primer poste donde se comenzará la instalación, el operario posiciona en forma diagonal la escalera asegurándose que tenga el ángulo adecuado para que el trabajador suba sin tener problemas.

**d) Señalización**

Los operarios llevan los conos que se encuentran en la camioneta y los colocan en forma circular alrededor del poste donde se iniciará con el tendido de cables.

**e) Bajar bobina con mensajero y malacate**

Dos operarios bajan de la camioneta la bobina que contiene el cable mensajero y lo colocan en tierra firme, un tercer operario baja de la camioneta el malacate. Una vez puestos en tierra firme la bobina y el malacate son trasladados hacia el área de trabajo.

**f) Instalar mensajero a malacate**

Se instala el cable mensajero en un malacate para su mejor extracción a la hora de elevarlo sobre los postes.

**g) Jalar cable mensajero para subirlo a poste**

Ya instalado el cable mensajero en el malacate, se jalan 150 metros para posteriormente ser subidos al poste.

**h) Bajar bobina de cable coaxial**

Los mismos operarios que bajaron de la camioneta la bobina que contiene el cable mensajero regresan y bajan la bobina de cable coaxial, lo colocan en tierra firme. Una vez puestos en tierra firme la bobina es trasladada hacia el área de trabajo

**i) Jalar cable coaxial para subirlo a poste**

Al igual que el cable mensajero, el coaxial también es jalado de la bobina que lo contiene, hasta una cantidad de 150 metros esto se hace, porque ambos cables son subidos a los postes al mismo tiempo más adelante en el proceso de instalación.

**j) Bajar caja de alambre de devanar**

Un operario se encarga de bajar la caja de alambres de devanar que se encuentra en el carro y lo traslada hacia donde se encuentran los materiales que serán utilizados para dar inicio a la instalación.

**k) Devanado**

Se devanan en forma helicoidal el cable mensajero y el cable coaxial. Cabe resaltar que el devanado se hace en tierra, es decir cuando el cable mensajero y el coaxial aún no se han subido al poste.

**l) Bajar caja de fijadores, pasadores y escalera 2**

Dos operarios bajan del carro los fijadores, pasadores y escalera 2 a tierra firme y posteriormente se procede a trasladarlos hacia el área de trabajo.

**m) Instalar 1 fijador con cables devanados en poste 1**

Una vez que se hayan devanados los cables tanto coaxial como mensajero un operario sube al poste con ayuda de la escalera 2, otro operario que se encuentra en tierra firme alcanza los cables devanados al operario que se encuentra en la parte superior del poste y éste con la ayuda de un fijador adhiere los cables devanados al poste.



Figura 10. Instalación de fijador en poste de inicio de instalación

Fuente: P.Q SERVICIOS GENERALES EIRL

**n) Instalar 1 pasador en poste 2**

Los operarios que instalaron el fijador anteriormente se dirigen hacia el siguiente poste llevando la escalera 2 y los pasadores. Llegando al poste con la ayuda de la escalera sube a la parte superior del mismo e instala un pasador.

**o) Subir cables devanados a poste 2**

El operario que se encuentra en tierra firme le alcanza los cables devanados y éste los coloca sobre el pasador del poste 2.

**p) Instalar 1 pasador en poste 3**

Los operarios que instalaron el fijador anteriormente se dirigen hacia el poste 3 llevando la escalera 2 y los pasadores. Llegando al poste 3 con la ayuda de la escalera sube a la parte superior del mismo e instala un pasador.

**q) Subir cables devanados a poste 3**

El operario que se encuentra en tierra firme le alcanza los cables devanados y éste los coloca sobre el pasador del poste 3.

**r) Instalar 1 pasador en poste 4**

Los operarios que instalaron el fijador anteriormente se dirigen hacia el poste 4 llevando la escalera 2 y los pasadores. Llegando al poste 4 con la ayuda de la escalera sube a la parte superior del mismo e instala un pasador.

**s) Subir cables devanados a poste 4**

El operario que se encuentra en tierra firme le alcanza los cables devanados y éste los coloca sobre el pasador del poste 4.

**t) Tensar los cables en el poste 4**

Cuando se hayan instalado todos los pasadores en 3 tramos, tres operarios proceden a tensar los cables empleando mucha fuerza, ya que estarían jalando aproximadamente 150 metros de cables mensajero y coaxial devanados.



Figura 11. Tensado de cables (coaxial y mensajero) devanados

Fuente: P.Q SERVCIOS GENERALES EIRL

**u) Instalar 1 fijador a poste 2**

Un operario traslada los fijadores y escalera 1 hacia el poste 2, el operario sube al poste con ayuda de la escalera 1, y éste con la ayuda de un fijador adhiere los cables devanados al poste. Cabe resaltar que antes de fijar se debe verificar que los cables devanados estén completamente tensados a lo largo del tramo, siendo así se procede a instalar el fijador y posteriormente continuar con la instalación de los siguientes fijadores.

**v) Instalar 1 fijador a poste 3**

Un operario traslada los fijadores y escalera 1 hacia el poste 3, el operario sube al poste con ayuda de la escalera 1, y éste con la ayuda de un fijador adhiere los cables devanados al poste. Cabe resaltar que antes de fijar se debe verificar que los cables devanados estén completamente tensados a lo largo del tramo, siendo así se procede a instalar el fijador y posteriormente continuar con la instalación de los fijadores que quedan por instalar.

### w) Instalar 1 fijador a poste 4

Un operario traslada los fijadores y escalera 1 hacia el poste 4, el operario sube al poste con ayuda de la escalera 1, y éste con la ayuda de un fijador adhiere los cables devanados el poste. Cabe resaltar que antes de fijar se debe verificar que los cables devanados estén completamente tensados a lo largo del tramo, siendo así se procede a instalar el fijador y posteriormente continuar con la instalación de los fijadores que quedan por instalar.

### 3.1.3. Análisis del proceso de instalación

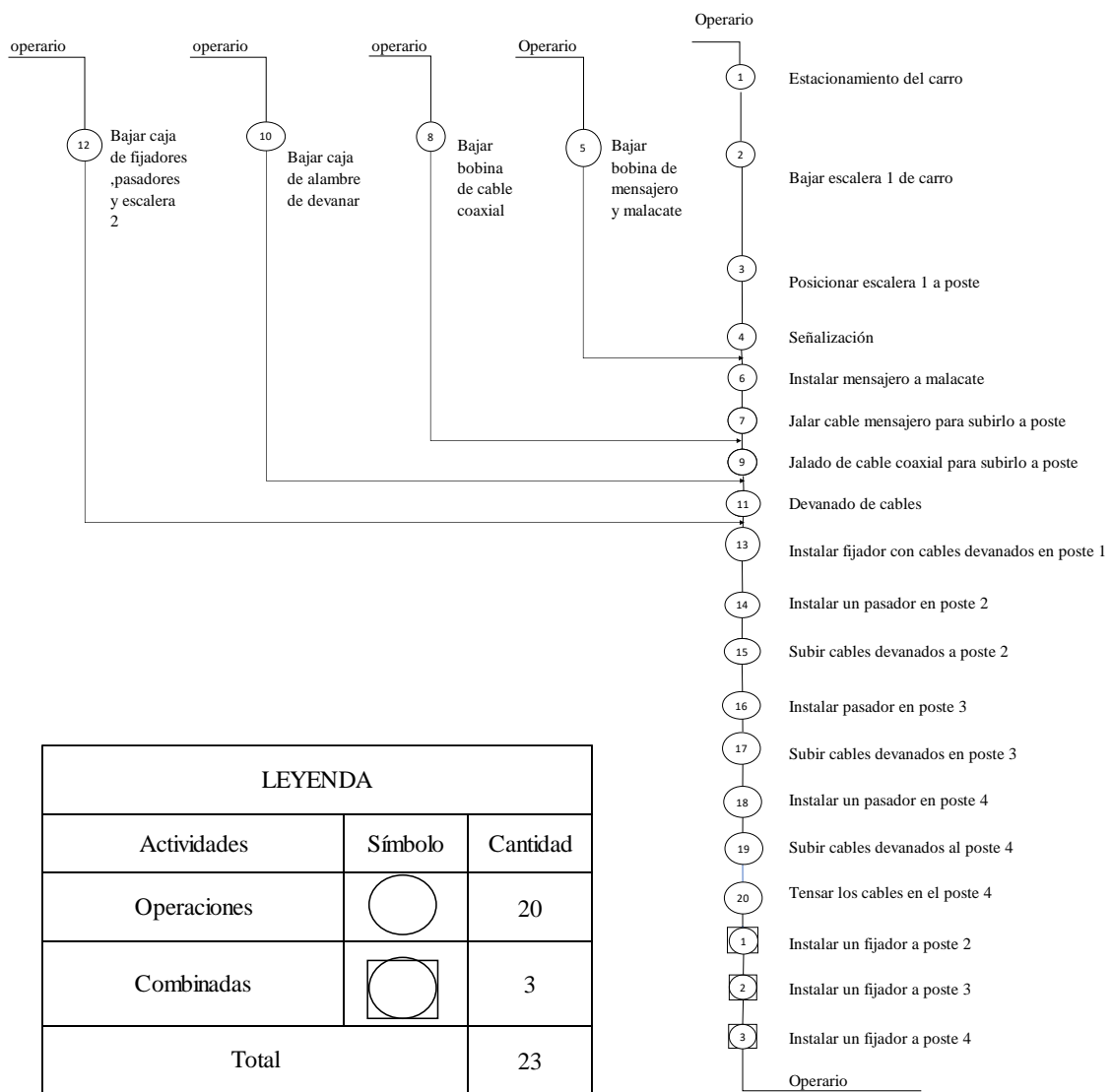


Figura 12. Diagrama de operaciones del proceso de tendido de cable coaxial para crecimiento

Fuente: P.Q. SERVICIOS GENERALES EIRL

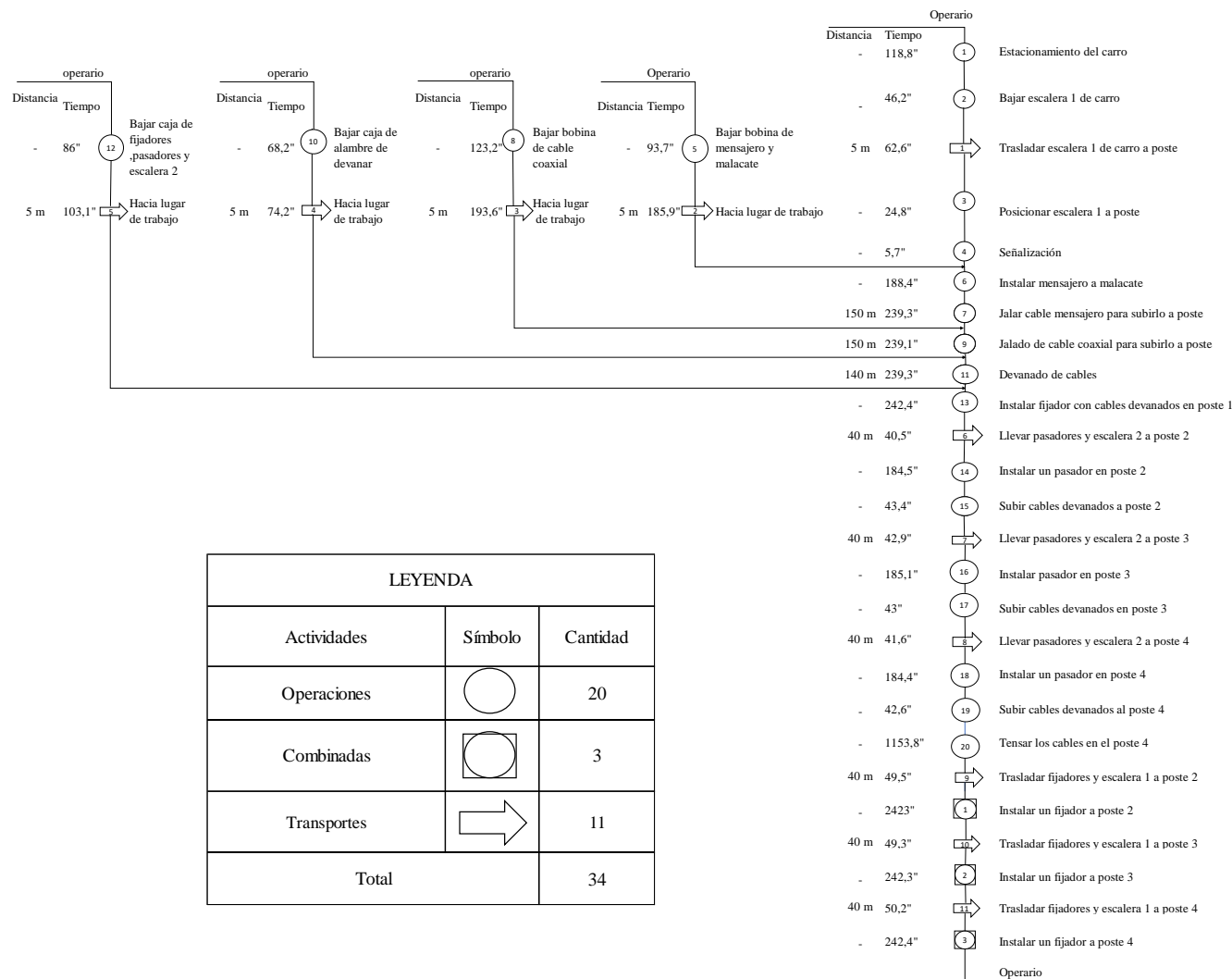


Figura 13. Diagrama de análisis del proceso de tendido de cable coaxial para crecimiento

Fuente: P.Q. SERVICIOS GENERALES EIRL

Proceso	Instalación de cable coaxial	Resumen							
		Actividad	Simb.	Cant.	Tiempo(s)	Distancia (m)			
Método	Actual	Operación	●	20	3551,9	580			
Lugar	P.Q. Servicios Generales E.I.R.L	Inspección	■	-	-	-			
Diagramado por	Frank Edilberto Monja Mío	Transporte	➔	11	893,4	265			
		Demora	▢	-	-	-			
Máquinas	0	Combinada	■	3	727				
Operarios	4	Almacén	▼	-	-	-			
		Total		34	5172,3	845			
DESCRIPCIÓN	DISTANCI A(metros)	TIEMPO (Segundos)	SÍMBOLOS						
			●	■	➔	▢	■	▼	
Estacionamiento de carro	-	118,8	●						
Bajar escalera de carro	-	46,2	●						
Trasladar escalera de carro a poste	5m	62,6	●						
Posicionar escalera a poste	-	24,8	●						
señalización	-	5,7	●						
Bajar bobina de mensajero,y malacate de carro	-	93,7	●						
Trasladar bobina de mensajero y malacate hacia lugar de trabajo	5m	185,9	●						
Instalar mensajero a malacate	-	188,4	●						
Jalar mensajero para subirlo a poste	150m	239,3	●						
Bajar bobina de cable coaxial de carro	-	123,2	●						
Trasladar bobina de cable coaxial hacia lugar de trabajo	5m	193,6	●						
Jalado de cable coaxial para subirlo a poste	150m	239,1	●						
Bajar caja de alambre de devanar de carro	-	68,2	●						
Trasladar caja de alambre de devanar hacia lugar de trabajo	5m	74,2	●						
Devanado de cables	120	239,3	●						
Bajar fijadores, pasadores y escalera 2	-	86	●						
Trasladar fijadores, pasadores y escalera 2 hacia lugar de trabajo	5m	103,1	●						
Instalar fijador con cables devaanados en poste 1	-	242,4	●						
Llevar pasadores y escalera 2 a poste 2	40m	40,5	●						
Instalar un pasador en poste 2	-	184,5	●						
Subir cables devanados a poste 2	-	43,4	●						
Llevar pasadores y escalera 2 a poste 3	40m	42,9	●						
Instalar pasador a poste 3	-	185,1	●						
Subir cables devanados a poste 3	-	43	●						
Llevar pasadores y escalera 2 a poste 4	40m	41,6	●						
Instalar un pasador en poste 4	-	184,4	●						
Subir cables devanados al poste 4	-	42,6	●						
Tensar los cables en el poste 4	-	1153,8	●						
Trasladar fijadores y escalera 1 a poste 2	40m	49,5	●						
Instalar un fijador a poste 2	-	242,3	●						
Trasladar fijadores y escalera 1 a poste 3	40m	49,3	●						
Instalar un fijador a poste 3	-	242,3	●						
Trasladar fijadores y escalera 1 a poste 4	40m	50,2	●						
Instalar un fijador a poste 4	-	242,4	●						

Figura 14.Cursograma analítico del proceso de tendido de cable coaxial para crecimiento

Fuente: P.Q. SERVICIOS GENERALES EIRL

### 3.1.4. Indicadores actuales de la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL

#### 3.1.4.1. Actividades improductivas

En el proceso existen 20 operaciones, 3 combinadas y 11 transportes que no agregan valor (Ver figura 14). Con ello se calculó el porcentaje de las actividades improductivas; que está dado por la división de las actividades que no agregan valor sobre el total de actividades. El porcentaje de actividades improductivas con este método es del 17,27%.

$$\% \text{ Actividades productivas} = \frac{3\,551,9 \text{ segundos} + 727 \text{ segundos}}{5\,172,3 \text{ segundos}} \times 100$$

$$\% \text{ Actividades productivas} = 82,73\%$$

$$\% \text{ Actividades improductivas} = \frac{893,4 \text{ segundos}}{5\,172,3 \text{ segundos}}$$

$$\% \text{ Actividades improductivas} = 17,27\%$$

#### 3.1.4.2. Cantidad de instalaciones atendidas al mes

Como ya se mencionó la empresa P.Q. SERVICIOS GENERALES EIRL es contratada por COBRA PERU S.A, quien a la vez es contratada por la multinacional TELEFÓNICA DEL PERU S.A.A, siendo esta última la que mayor demanda tiene de conexiones de banda ancha fija a nivel nacional, con respecto a las demás empresas. Tal como se muestra en la Tabla 2, la demanda promedio anual de la empresa Telefónica del Perú S.A.A es de 1 664 980 conexiones. En el 2 014 las conexiones fueron menores, pero en el año 2 018 aumentaron considerablemente.

**Tabla 2. Suscriptores con conexiones al servicio de internet fijo a nivel nacional**

Empresas	Año 2 014	Año 2 015	Año 2 016	Año 2 017	Año 2 018	Promedio
Telefónica del Perú S.A.A.	1 443 494	1 595 228	1 630 610	1 721 568	1 934 001	1 664 980

Fuente: INEI [30]

La tabla 3, nos muestra que la demanda promedio de la empresa Telefónica del Perú S.A. A en la región Lambayeque es de 54 867 conexiones anuales. Asimismo, podemos identificar claramente que la demanda de conexionado aumentó en casi todos los años.

**Tabla 3. Suscriptores con conexiones al servicio de internet fijo en la región Lambayeque**

Empresas	Año 2 014	Año 2 015	Año 2 016	Año 2 017	Año 2 018/p	Promedio
Telefónica del Perú S.A.A.	54 013	54 116	53 872	55 469	56 863	54 867

Fuente: INEI [31]

Las conexiones de internet fijo en la región Lambayeque son efectuadas por la empresa COBRA PERU S.A, esta empresa contrata a otras más pequeñas especializadas en tendido de cable coaxial, las empresas que son contratadas son 12(Ver tabla 4).

**Tabla 4. Conexiones demandadas a las Subcontratas por parte de la empresa COBRA PERU S.A en el año 2017**

Empresas	Conexiones demandadas
Emtel	4 843
Elfava	4 678
Elitec EIRL	4 627
Jhony y Edu Ingenieros	4 973
JyCh telecomunicaciones	3 998
Telespub	4 532
Lucarbal	4 557
Jackpolux	4 545
Expertoss Perú S.A.C	4 564
P.Q Servicios Generales EIRL	4 550
Inventa	4 760
Telnor Peru	4 842
<b>12</b>	<b>55 469</b>

Fuente: P.Q. Servicios Generales EIRL

La demanda total de conexiones que tuvo la empresa en estudio en el año 2 017 es de 4 550; es decir, tuvo en promedio 371 conexiones mensuales.

#### - Cantidad de conexiones mensuales a casa mediante cable coaxial

La empresa P.Q. Servicios Generales EIRL tiene en promedio 16 crecimientos horizontales por mes, haciendo un tendido promedio de 9 tramos por crecimiento (Ver Tabla 5), según la empresa al inicio se hace 1 conexión a casa por poste. Por consiguiente, el número de conexiones por mes en la empresa P.Q. Servicios generales EIRL está dado por:

$$\#de\ conexiones\ por\ mes = \frac{\#de\ crec.horiz.}{mes} \times \frac{\#conexiones}{poste} \times \frac{\#postes}{crec.horiz.}$$

**Tabla 5. Cantidad de conexiones realizadas por la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL entre los meses junio-diciembre del año 2018**

Meses	Crecimientos horizontales	Tramo por crecimiento	Postes por tramo	Conexiones realizadas
Enero	16	9	10	160
Febrero	15	10	11	165
Marzo	15	8	9	135
Abril	16	9	10	160
Mayo	16	10	11	176
Junio	16	9	10	160
Julio	17	9	10	170
Agosto	16	9	10	160
Septiembre	17	10	11	187
Octubre	17	8	9	153
Noviembre	16	8	9	144
Diciembre	17	9	10	170
<b>PROMEDIO</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>161</b>

Fuente: P.Q. Servicios Generales EIRL

El cálculo es sencillo, por ejemplo, para aplicar la fórmula para el mes de enero se hace lo siguiente:

$$\#de\ conexiones\ por\ mes = 16 \frac{cresc.horiz.}{mes} \times 1 \frac{conexion}{poste} \times 10 \frac{postes}{cresc.horiz.} = 160\ conexiones$$

Es así que se calculó el número de conexiones realizadas por mes por parte de la empresa, obteniéndose que en promedio se realizan 161 conexiones por mes.

#### 3.1.4.1. Nivel de servicio

El nivel de servicio se obtiene dividiendo la cantidad de conexiones promedio de internet fijo instaladas por mes, las cuales son 161, sobre la cantidad de conexiones promedio que debería hacer cada subcontrata siendo estas 381 al mes.

$$Nivel\ de\ servicio = \frac{161 \frac{conexiones\ por\ P.Q.Servicios\ Generales\ E.I.R.L.}{mes}}{371 \frac{conexiones\ promedio\ por\ subcontrata}{mes}}$$

$$Nivel\ de\ servicio = 43,396\%$$

#### 3.1.4.2. Pérdida de dinero al mes

Para poder determinar los ingresos no percibidos por mes, primero se halla las conexiones no atendidas restando la demanda promedio por subcontrata, la cual es de 371, con la cantidad de instalaciones que realmente se hacen por mes:

$$\#conexiones\ sin\ atender = \frac{\#conexiones\ por\ subcontrata}{mes} - \frac{\#conexiones\ de\ la\ subcontrata}{mes}$$

Seguidamente se encuentra el ingreso al realizar una conexión a casa. Cabe resaltar que la empresa por cada crecimiento horizontal tiene un ingreso promedio de 400,00 soles (Ver anexo 3).

$$\#ingreso\ por\ conexión = \frac{\# de\ crec.horz.}{mes} \times \frac{ingresos}{crec.horz.} \times \frac{mes}{conexiones}$$

$$\#ingreso\ por\ conexión = 16 \frac{crec.horz.}{mes} \times 400 \frac{soles}{crec.horz.} \times \frac{mes}{161\ conexiones}$$

$$\#ingreso\ por\ conexión = 39,75 \frac{soles}{conexión}$$

**Tabla 6. Cantidad de conexiones realizadas por la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL entre los meses junio-diciembre del año 2018**

Meses	Ingresos mensuales(S/.)	Conexiones realizadas	Conexione sin atender	Ingresos no percibidos(S/.)
Enero	6 360,25	160	211	8 387,58
Febrero	6 559,01	165	206	8 188,82
Marzo	5 366,46	135	236	9 381,37
Abril	6 360,25	160	211	8 387,58
Mayo	6 996,27	176	195	7 751,55
Junio	6 360,25	160	211	8 387,58
Julio	6 757,76	170	201	7 990,06
Agosto	6 360,25	160	211	8 387,58
Septiembre	7 433,54	187	184	7 314,29
Octubre	6 081,99	153	218	8 665,84
Noviembre	5 724,22	144	227	9 023,60
Diciembre	6 757,76	170	201	7 990,06
<b>PROMEDIO</b>	<b>6427</b>	<b>162</b>	<b>209</b>	<b>8 321</b>

Fuente: P.Q. SERVICIOS GENERALES EIRL

Teniendo el ingreso por conexión, lo que tan solo se hace es multiplicarlo por las conexiones no atendidas, obteniéndose así los ingresos no percibidos por mes. Tal como se aprecia en la Tabla 6 hay un ingreso no percibido mensual en promedio de S/8 321.

### 3.1.4.3. Productividad de mano de obra

El tiempo promedio en la situación actual es de 5 172,3 segundos, es decir un total de 1,4368 horas. Cada tramo consta de un tendido de 120 metros de cables (conformado por 4 postes), para ello se utilizan 4 operarios.

$$Productividad\ de\ MO = \frac{Producción\ obtenida}{Tiempo\ de\ fabricación\ x\ \# operarios}$$

$$Productividad\ de\ MO = \frac{120\ metros}{1,4368\ h\ x\ 4\ operarios}$$

$$Productividad\ de\ MO = 20,88\ \frac{metros}{h\ x\ operario}$$

### 3.1.5. Resumen de Indicadores actuales

**Tabla 7. Resumen de indicadores actuales en la empresa P.Q. SERVICIOS GENERALES EIRL**

<b>Indicador</b>	<b>Cantidad</b>
Tiempo promedio	1,4368 horas /3 tramos
Actividades productivas	82,73%
Actividades improductivas	17,27%
Cantidad de conexiones por mes	161 conexiones
Nivel de servicio	43,396%
Ingresos no percibidos al mes	S/8 321
Productividad de mano de obra	20,88 metros/h*operario

Fuente: P.Q. Servicios Generales EIRL

### 3.1.6. Identificación del problema en el proceso de instalación y sus causas

#### 3.1.6.1. Análisis y evaluación de la información del proceso

De acuerdo al diagnóstico realizado, actualmente el problema principal de la empresa son los ingresos no percibidos, siendo estos de S/13 120,514 mensuales (Ver tabla 6).

Las causas del problema son:

#### a) Procesos

Tiempos prolongados

La actividad que mayor tiempo emplea es la de tensar cables con un tiempo de 1153,8 segundos; es decir para esta actividad se emplean 19,23 minutos.

#### - Actividades improductivas

El proceso para la instalación de cables tiene 20 operaciones, 11 transportes y 3 combinadas. El porcentaje de actividades que no agregan valor al proceso, en nuestro caso son los traslados los cuales tienen un porcentaje del 17,27% (Ver pág. 42)

#### b) Demanda

La empresa P.Q. Servicios Generales debería atender una demanda de 371 conexiones mensuales de internet fijo (Ver pág. 44), sin embargo, tan solo atiende a 161 conexiones mensuales (Ver pág. 44); es decir su nivel de servicio es del 43,396%(Ver pág. 42).

### c) Costos

Como ya se mencionó anteriormente el promedio mensual de los ingresos no percibidos de la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL es de S/8 321 mensuales (Ver tabla 7).

### d) Personal

El indicador de asistencia y puntualidad es muy importante para la instalación de cable coaxial, puesto que se logrará trabajar las ocho horas reglamentarias de manera completa, caso contrario no se logrará avanzar en la instalación. Además, las tardanzas acumulativas significan pérdidas de dinero, puesto que ese tiempo se hubiese empleado para hacer una nueva instalación a casa. La empresa cuenta con nueve miembros, y del mes de junio a diciembre del año 2 018; 2 operarios en promedio siempre llegaban tarde a la empresa, mientras que siete operarios en promedio siempre llegaban puntuales, asimismo la cantidad de inasistencias mensuales es muy insignificante; tal como se muestra en la (Ver tabla 8).

**Tabla 8. Control de asistencia por operario en la empresa P.Q. Servicios Generales**

Fecha	Tardanza	Puntualidad	Inasistencias
Junio	2	7	0
Julio	3	6	0
Agosto	1	8	0
Septiembre	1	8	0
Octubre	0	9	0
Noviembre	2	6	1
Diciembre	3	6	0
Promedio	1,71	7,14	

**Fuente: P.Q. Servicios Generales EIRL**

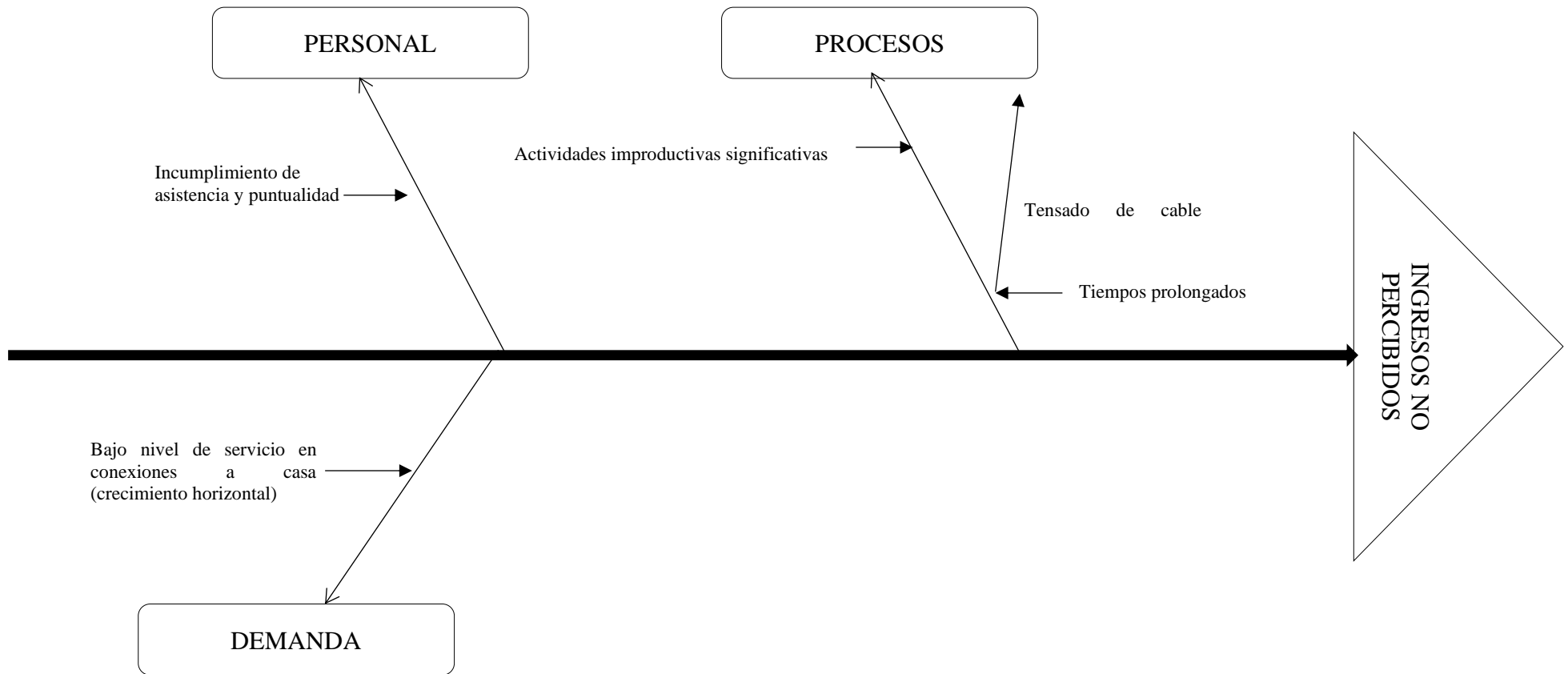


Figura 15. Diagrama de Ishikawa de las causas de los ingresos no percibidos

Fuente: P.Q. Servicios Generales EIRL

### 3.1.6.2. Instrumento de orientación de Enfoque de Investigación

**Tabla 9. Instrumento de orientación de enfoque de investigación**

PROBLEMA/ OPORTUNIDAD	CAUSAS	METODOLOGÍAS	TÉCNICAS/ HERRAMIENTAS	LOGROS	INDICADORES
Ingresos no percibidos	Elevadas Actividades improductivas	Ingeniería de métodos	Estudio de movimientos	Disminuir las actividades improductivas	<p><b>% Actividades improductivas</b>=Total de actividades improductivas/Total de actividades</p> <p><b>ΔDisminución de Act.Improd.</b> = [(Act. Improd.2-Act.Improd.1/Act.Improd.1) *100]</p>
	Tiempos prolongados		Estudio de tiempos	Estandarización de tiempos	<p><b>Tiempo estándar</b>=Tiempo normal*(1+suplementos)</p> <p><b>T.normal</b>= [T. promedio por elemento*(factor de ritmo de trabajo/factor estándar)]</p> <p><b>T.promedio por elemento</b>=<math>\sum</math>de lecturas/# de lecturas</p> <p><b>ΔTiempo</b> = [(Tiempo.2-Tiempo.1/Tiempo.1) *100]</p>
	Bajo nivel de servicio		Análisis de la demanda	Aumentar el nivel de servicio	<p><b>N. de servicio de crec. Horiz.</b> =conexiones por mes/conexiones por subcontrata</p> <p><b>ΔNivel de servicio.</b> = [(Nservicio.2-N.de servicio 1/N. de servicio 1) *100]</p>

Fuente: Elaboración propia

### **3.1.6.3. Propuesta de mejora mediante la metodología 5W+H**

✓ **¿Qué se quiere mejorar?**

Se quiere disminuir los ingresos no percibidos

✓ **¿Por qué se quiere mejorar?**

Porque de las 371 conexiones que debería hacer cada subcontrata (Ver pág. 44), la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL realiza 161 conexiones (Ver pág. 44). En términos monetarios la empresa deja de percibir S/8 321 soles por mes por las 209 conexiones no atendidas (Ver pág. 45). El nivel de servicio en conexiones nuevo a casa (crecimiento horizontal) que actualmente brinda la empresa es tan solo del 42,396% (Ver pág. 44), por lo que se puede deducir que se deja de atender a más de la mitad de la demanda, además, gran parte de las actividades realizadas en los procesos ya antes descritos son improductivas, las cuales no generan valor. Las actividades que mayor tiempo emplea en el proceso de instalación de cables, es el tensado, requiriéndose gran esfuerzo físico por parte de los técnicos encargados. Finalmente, otra de las causas por las que no se logra atender a la demanda es el incumplimiento de asistencia y puntualidad por parte de todos los miembros de la empresa (Ver pág.48), debido a que a cuán más tarde vayan a campo, menor va a ser su producción diaria.

✓ **¿Cuándo se quiere mejorar?**

A la menor brevedad posible, debido a que la empresa quiere saber la mejor forma de poder atender la mayor parte de la demanda insatisfecha.

✓ **¿Dónde se va a mejorar?**

En el proceso, se atacará las actividades que demandan de mucho tiempo en todo el proceso, buscando la mejor forma de reducirlos, y por consiguiente hacer el servicio más rápido.

✓ **¿Quién lo va a mejorar?**

El autor de la presente investigación, mediante la propuesta de una solución a la causa principal, el tensado de cables.

✓ **¿Cómo se va a mejorar?**

Se va a diseñar una máquina cabrestante, con el fin de reducir los tiempos de tensado de cable, a lo más mínimo posible, con ello también se reducirán las actividades improductivas, y por ende disminuirán los ingresos no percibidos

## **3.2. Diseño de máquina cabrestante**

### **3.2.1. Procedimiento de diseño**

Se seguirá la metodología propuesta por R. Norton [32], la cual se desarrolla a continuación.

#### **3.2.1.1. Identificación de la necesidad**

La empresa P.Q. Servicios Generales EIRL está dejando de percibir ingresos, siendo una de las principales causas del problema planteado, el demasiado tiempo que emplea la actividad de tensado de cables con un tiempo estándar de 1 153,8 segundos (19,23 minutos), lo que también significa que los operarios encargados de dicha actividad hagan mucho esfuerzo físico.

Cabe resaltar que antes que se haga el tendido de cables(coaxial, mensajero y devanado), ya se ha instalado previamente la fuente de alimentación, como también los amplificadores. Esta instalación de dispositivos algunas veces es efectuada también por la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL y en otras ocasiones no. Cuando se terminan de instalar los cables, se procede a instalar los Taps para proveer de internet o cable a las casas demandantes.

Tal como se aprecia en la Figura 16, de la fuente de alimentación sale un cable el cual se conecta al amplificador( este tiene tres salidas), de una de las salidas del amplificador se empalma el cable coaxial el cual transmitirá señal hacia el tap o también llamado derivador coaxial. Terminando de instalar el tap ya se puede dar el servicio de internet a las casas que lo requieran. Si ya instalado el Tap hay más casas demandantes en la misma secuencia que se está instalando los cables, del tap se puede transmitir señal hacia otro tap, para ello se utiliza un dispositivo llamado acoplador direccional.

El tendido de cables se tensa en promedio cada cuatro tramos( a esta distancia se instala el tap) cada tramo consta de 40 metros, por lo que la distancia total para tensar es de 160 metros.

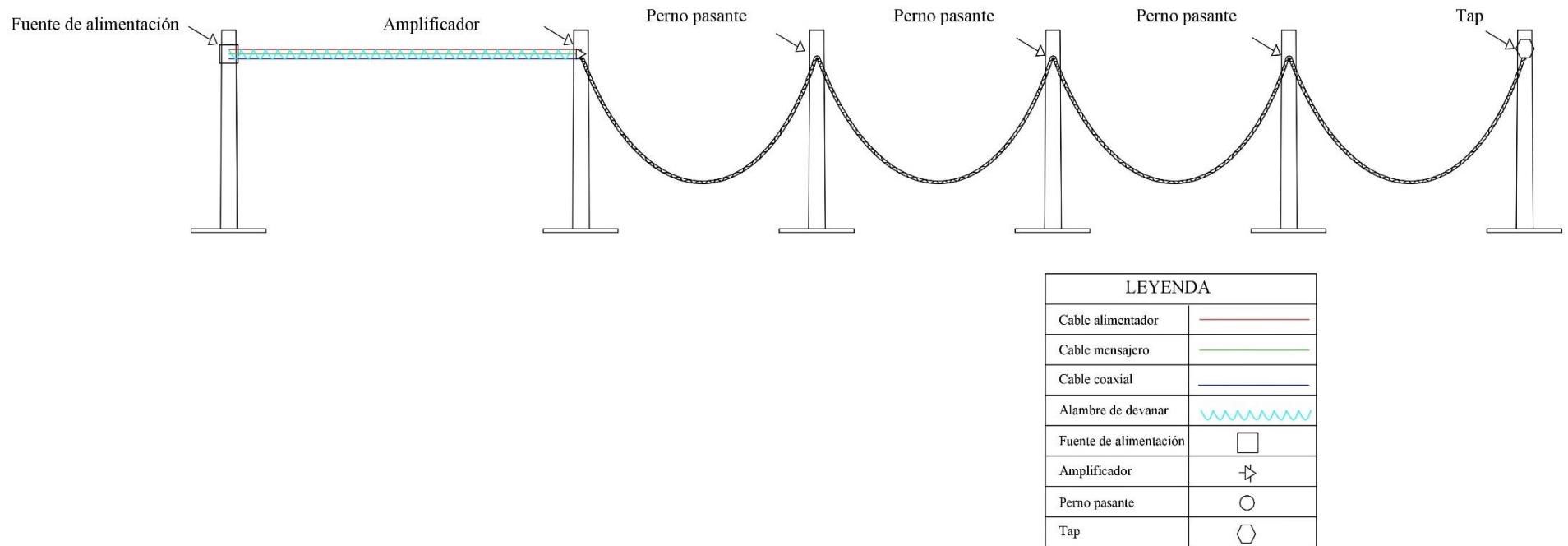


Figura 16. Tendido de cable mensajero y coaxial previamente devanados

Fuente. P.Q. Servicios Generales EIRL

### **3.2.1.2. Investigación preliminar**

Se han diseñado máquinas cabrestantes en diferentes lugares, los cuales se han destinado para tracción sobre todo en los carros todo terreno, sin embargo, en Perú las pequeñas empresas de telecomunicaciones no están utilizando máquinas que ayuden a optimizar sus procesos, tan solo en el tendido de cables eléctricos se han utilizado cabrestantes, pero para actividades que requieren demasiado esfuerzo físico.

### **3.2.1.3. Planteamiento de la meta**

Diseñar una máquina cabrestante para tensar cables

### **3.2.1.4. Requerimientos**

#### **3.2.1.4.1. Requerimientos funcionales**

- La capacidad de almacenaje del tambor debe ser de 25 metros
- La máquina cabrestante debe ejercer una velocidad máxima de 20 metros por minuto
- La velocidad de giro del tambor será de 30 rpm
- El cable de acero a utilizar para tensar el cable debe resistir la carga máxima de arrastre.
- La máquina cabrestante tiene que ser capaz de tensar el cable mensajero en un tramo de 160m, compuesto por 4 vanos de 40 metros cada uno. En total son 5 postes en el cual debe ser tensado el cable.
- La máquina debe tener un sistema de sujeción a poste adecuado en forma y en medida, teniendo en cuenta las dimensiones del poste donde se tensará el cable.
- El peso máximo de la máquina no debe exceder los 50kg
- El material a utilizar debe de ser de preferencia los recomendados por los estándares estadounidenses, según la ISO para evitar la corrosión, entre otros factores que a la larga o de manera inmediata pudieran afectar el buen funcionamiento del sistema.

#### **3.2.1.4.2. Requerimientos de seguridad**

- El tambor debe poseer discos de sujeción para evitar que el cable de acero almacenado salga del mismo.
- El tipo de motor y reductor seleccionado deben generar la menor cantidad de contaminación ambiental posible, descartar el funcionamiento por combustión.
- El reductor debe tener un sistema de frenado manual, de tal manera que se pueda detener la máquina cuando fuera conveniente.

### 3.2.1.4.3. Requerimientos de diseño

- Considerar el posible uso de la energía eléctrica y solar.
- Que el ensamble de las partes de la máquina sea lo más fácil posible, de tal manera que sea fácil de implementarse.
- Tener en cuenta la facilidad del mantenimiento.
- El costo de la adquisición y/o fabricación de las partes de las máquinas no sea muy elevados. Tratar en lo posible de reducir los costos de los materiales.

### 3.2.1.5. Ideas e invención

#### - Propuesta 1

Se plantea el diseño de la máquina cabrestante con un motor hidráulico. El sistema completo estaría formado por un tambor (eje, rodamientos, discos de sujeción, virola, recubrimiento de caucho, manguito de fijación, arandela y tuerca), motor hidráulico (pistones hidráulicos de doble efecto, sistema de freno, etc.), reductor (caja de engranajes, eje hueco, etc.), base principal (pernos y tuercas) y el sistema de sujeción (fajas, sobre base en forma de U, pernos y tuercas)

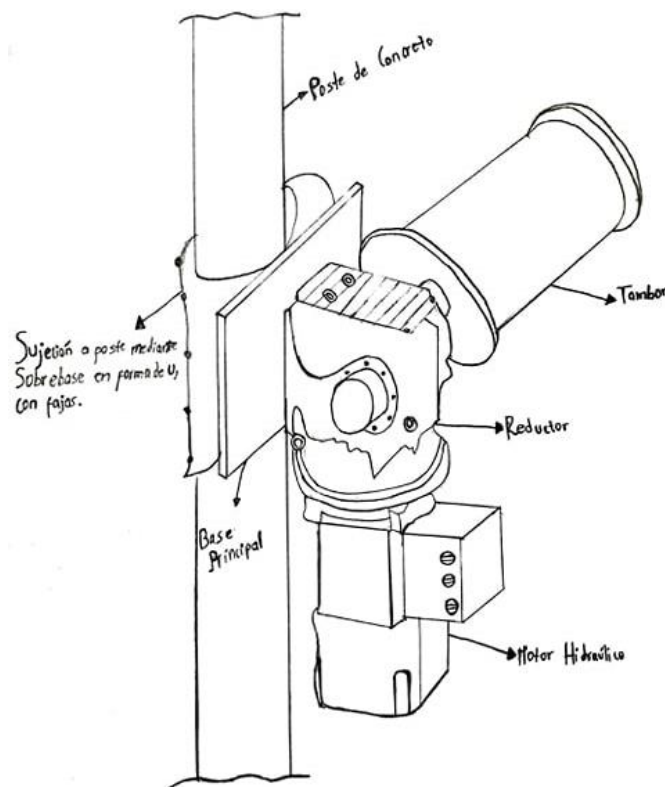


Figura 17. Bosquejo de propuesta de diseño 1

Fuente: Elaboración propia

- **Propuesta 2**

Se plantea el diseño de la máquina cabrestante con un motor eléctrico, el diseño tiene similitud con el anterior sim embargo cambian algunas de las partes. El sistema completo estaría formado por un tambor (eje, rodamientos, discos de sujeción, virola, recubrimiento de caucho, manguito de fijación, arandela y tuerca), motor eléctrico (caja de bornas, eje de salida etc.), reductor (caja de engranajes, eje hueco, etc.), base principal (pernos y tuercas) y el sistema de sujeción a poste (base, manivela, perillas, tornillo central, remaches estriados, rácor soldable, placas deslizantes y tapones)

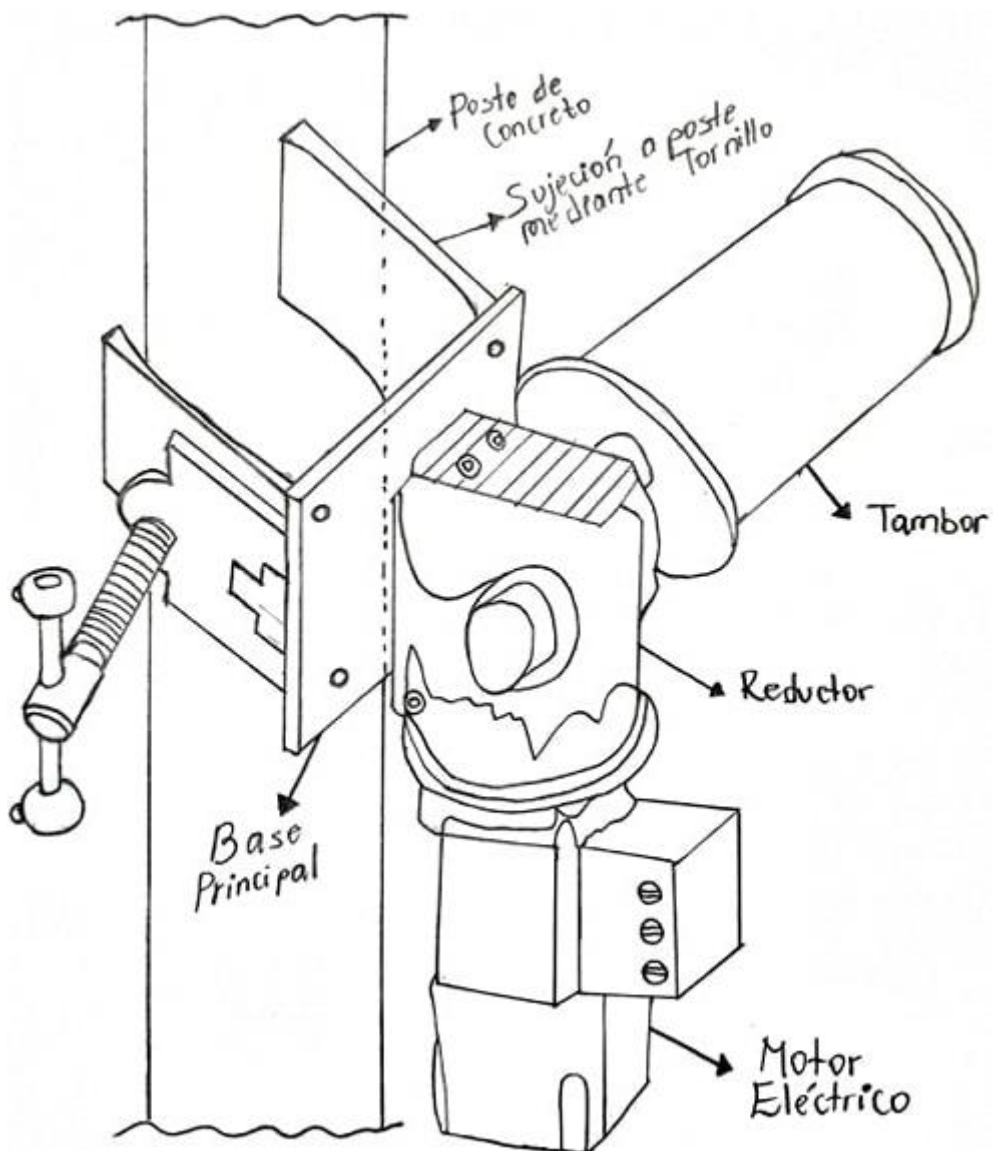


Figura 18. Bosquejo de propuesta de diseño 2

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.1.6. Análisis

**Tabla 10. Factores analizados para la elección de elemento principal para la máquina cabrestante**

FACTORES	CON MOTOR HIDRAÚLICO	CON MOTOR ELÉCTRICO
<b>Seguridad Laboral</b>	Peligro de incendio, el aceite usado en este tipo de sistemas es inflamable por lo que si se expone al fuego o calor extremo podría causar daños graves al operario que lo manipule, hasta personas externas podrían verse afectadas.	Dependiendo de su diseño, peligro de descarga eléctrica
<b>Contaminación ambiental</b>	El nivel de contaminación de este sistema es muy bajo, puesto que utiliza la fuerza hidráulica, sin embargo, si se pusiera en contacto el aceite lubricante de los pistones se generaría un incendio que contaminaría el medio ambiente	Su nivel de contaminación es bajo, sin embargo, cuando hay descargas eléctricas por el quemado de algunos componentes de la máquina, el nivel de contaminación aumentará.
<b>Costo</b>	Diseñar un sistema hidráulico es muy costoso puesto que requiere de una significativa exactitud, su ensamblaje es más difícil en comparación con un sistema movido por un motor eléctrico, además el número de sus componentes es mucho mayor.	Su diseño y fabricación es económico, puesto que el sistema tiene menos complejidad que el hidráulico.
<b>Fuerza</b>	Son muy potentes, pueden jalar cargas muy pesadas tanto de manera vertical como horizontal.	Suelen jalar cargas pesadas, pero su capacidad es mucho menor al de un hidráulico
<b>Facilidad de implementarse</b>	Su instalación es difícil por la complejidad de sus componentes, por lo que es más costoso que un eléctrico.	La instalación es más sencilla y menos costosa que un hidráulico
<b>Facilidad de mantenimiento</b>	Por su gran cantidad de componentes el mantenimiento es más tedioso, y suele hacerse muy seguido.	El mantenimiento es mucho más fácil, y se puede hacer en intervalos de tiempo de hasta tres meses, de acuerdo a los fabricantes

Fuente: MAXGROUPS [33]

Para poder determinar los pesos de los factores antes mencionados, se hará uso de una matriz de enfrentamiento, donde se dará el valor de 1 al factor más importante respecto al factor que se le compare, y de cero al menos importante. Si los dos factores comparados fueren muy importantes ambos tendrán el valor de 1, tal como se muestra en la Tabla 11.

### 3.2.1.1. Selección

**Tabla 11. Pesos de los factores para la selección de motor para la máquina cabrestante**

FACTORES	Seguridad Laboral	Contaminación Ambiental	Costo	Fuerza	Facilidad de implementarse	Facilidad de mantenimiento	Punt.	Pond.
Seguridad Laboral		1	1	1	1	1	5	23,81%
Contaminación Ambiental	0		0	1	1	1	3	14,29%
Costo	1	1		1	1	1	5	23,81%
Fuerza	0	1	0		1	0	2	9,52%
Facilidad de implementarse	1	1	0	1		0	3	14,29%
Facilidad de mantenimiento	1	1	1	0	0		3	14,29%
<b>TOTAL</b>							<b>21</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se establece una escala de valorización para los factores, los cuales van desde 2 como malo, hasta 10 como excelente, ver Tabla 12.

**Tabla 12. Escala de valorización de factores para la elección del motor de la máquina**

ESCALA	CALIFICACIÓN
Excelente	10
Muy Bueno	8
Bueno	6
Regular	4
Malo	2

Fuente. Elaboración propia

Finalmente, mediante una matriz de ranking de factores (Tabla 13) se elige el motor a usar, en este caso el puntaje más alto es 6,095 correspondiente al motor eléctrico, por lo que será el usado para el diseño de la máquina cabrestante.

Además de los factores analizados en la matriz de selección, otro de los motivos por el cual se decidió por el motor eléctrico es que fácilmente se puede conectar a los conductores de energía eléctrica, ya que los postes de estos se encuentran cerca a los postes utilizados en las telecomunicaciones. En una primera instancia se pensó en el uso de la energía solar mediante pequeños paneles solares, sin embargo, había mucha

incertidumbre si es que estos generarían la energía suficiente para mover la máquina, además del escaso conocimiento en fotovoltaica, por lo que se optó por el uso de motor con conexión eléctrica. Como ya se mencionó anteriormente el cable coaxial tiene recubrimientos, por lo que el operario no está en contacto directo con los conductores, asimismo el voltaje transmitido en el cable coaxial es muy bajo. Cabe resaltar también que el proceso de instalación de cable coaxial se realiza sin conectar los cables a los amplificadores ni a la fuente de alimentación.

**Tabla 13. Matriz ranking de factores para selección del motor de la máquina**

FACTORES	Pond.	MOTOR		MOTOR	
		HIDRAÚLICO		ELÉCTRICO	
		Calif	Punt	Calif	Punt
<b>Seguridad Laboral</b>	23,81%	4	0,952	4	0,952
<b>Contaminación Ambiental</b>	14,29%	6	0,857	4	0,571
<b>Costo</b>	23,81%	4	0,952	8	1,905
<b>Fuerza</b>	9,52%	6	0,571	4	0,381
<b>Facilidad de implementarse</b>	14,29%	4	0,571	8	1,143
<b>Facilidad de mantenimiento</b>	14,29%	6	0,857	8	1,143
<b>TOTAL</b>			<b>4,762</b>		<b>6,095</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.1.2. Diseño detallado

En este apartado se detallan todas las partes que conforman la máquina cabrestante, y los cálculos para el buen funcionamiento de la misma. Para que el lector se familiarice con el proyecto, a continuación, se presenta las vistas generales y el despiece de la máquina, basado en la propuesta II, la cual fue seleccionada como la más adecuada.

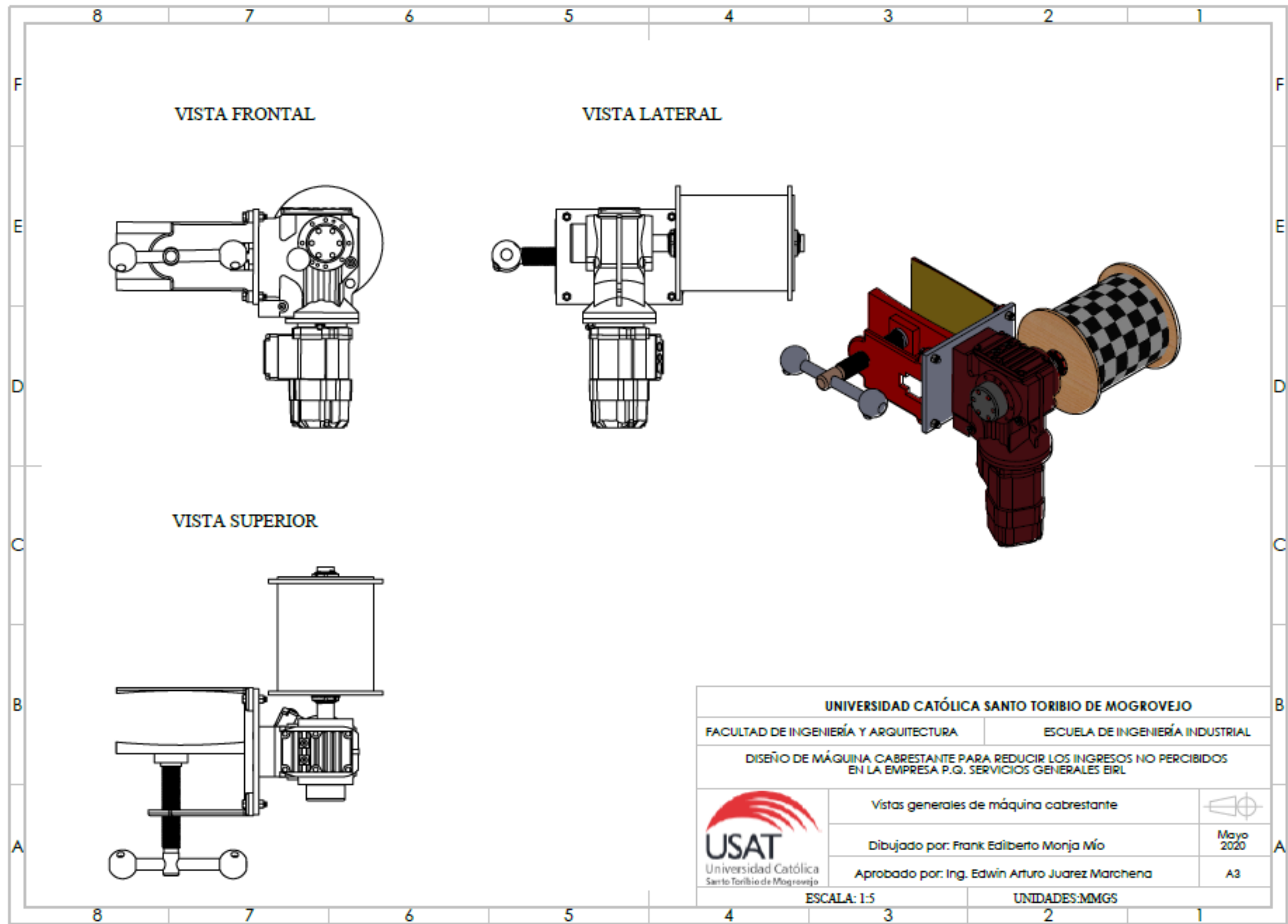


Figura 19. Vistas generales de máquina cabrestante

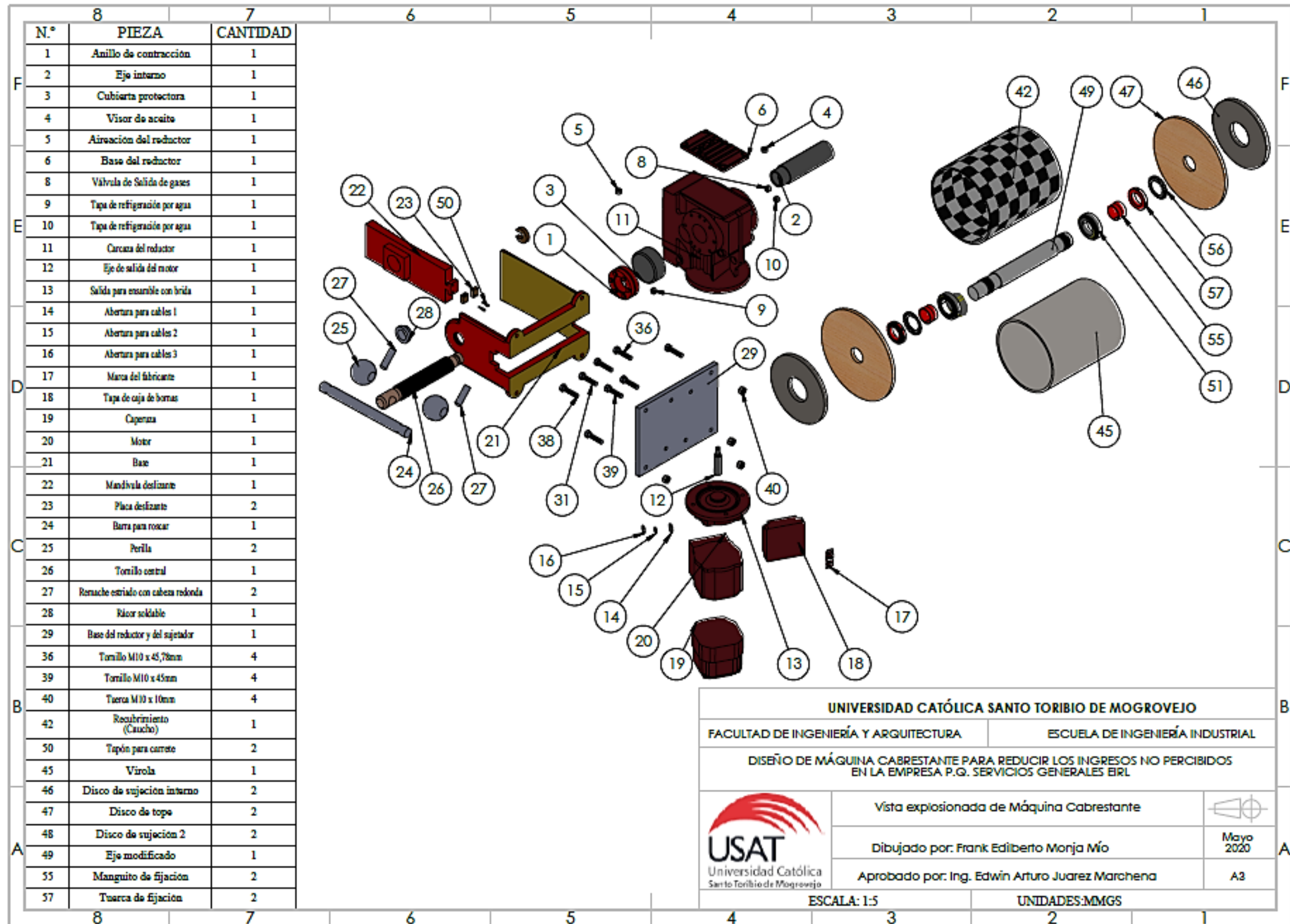


Figura 20.Despiece de la máquina

### 3.2.1.2.1. Cálculo de la carga máxima de arrastre

Es necesario hallar la carga máxima de arrastre, para que el sistema diseñado funcione en las mejores condiciones sin poner en riesgo la vida de los operarios. Para determinar la carga máxima es de vital importancia conocer las características del cable coaxial, mensajero y del alambre de devanar, sobre todo el peso unitario de cada cable, ya que con ello se podrá hallar el peso total que verdaderamente hay por cada tramo.

#### a) Características principales de los cables utilizados

El cable que se tensa es el cable mensajero de acero galvanizado, y debido a los esfuerzos que será sometido durante la instalación es de vital importancia conocer sus características mecánicas tal como se muestra en la Tabla 14.

**Tabla 14. Características mecánicas del cable mensajero 3/16"**

Descripción	Valor	Unidades
Diámetro nominal	0,00476	m
Carga a ruptura	1 294	kg
Peso unitario	0,108	kg/m

Fuente: SYSCOM [34]

El cable coaxial no será sometido a tensado, sin embargo, su peso influenciará en el peso total al tensar el cable mensajero, por ello se mencionan algunas de sus características en la Tabla 15.

**Tabla 15. Características principales del cable coaxial QR 540**

Descripción	Valor	Unidades
Diameter Over Jacket, nominal	15.494	mm
Espesor de la chaqueta, nominal	0,8890	mm
Tirando de tensión, máximo	41	kg
Peso unitario	0,145	kg/m

Fuente: COMMSCOPE [35]

Asimismo, el alambre desnudo (alambre de devanar) no será sometido a tensado, sin embargo, su peso influenciará en el peso total al tensar el cable mensajero, por ello se mencionan algunas de sus características en la Tabla 16.

**Tabla 16. Características principales del alambre desnudo calibre AWG 16**

Descripción	Valor	Unidades
Sección	1,310	mm
Diámetro	0,488	mm
Resistencia eléctrica	14,3	20°C ohm/km
Peso unitario	0,0119	kg/m

Fuente: COVISA [36]

**b) Análisis de tramo o vano de 160 metros**

Con la máquina cabrestante se tensará los cables cada 160 metros, se subirá el cable al poste final y al poste inicial del tramo. La altura de cada poste es de 7 metros y la distancia de la panza de la catenaria hasta la altura máxima de tensado es de 4 metros (también es conocida como flecha). La distancia de la panza de la catenaria hasta el punto más bajo del poste es de 3 metros, para mayor comprensión Ver Figura 21.

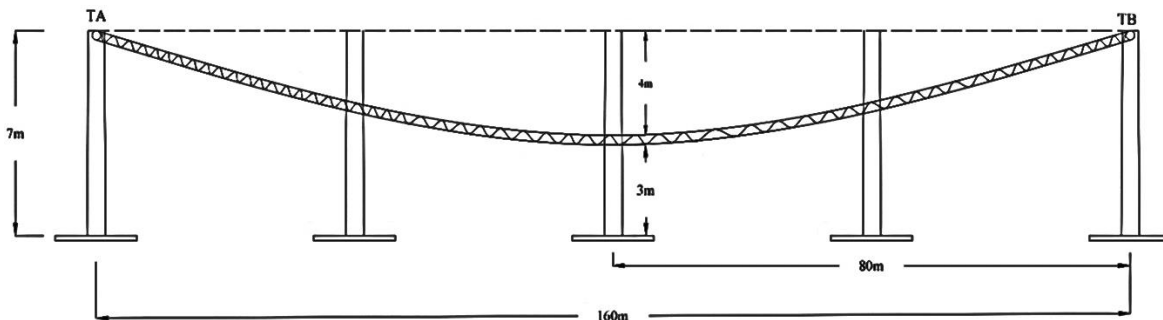


Figura 21. Tramo de 160 metros para realizar el tensado de cables

Fuente: Elaboración propia

Teniendo claro los datos con los que se cuenta, se procede a la elaboración de un diagrama de cuerpo libre. Cabe resaltar  $T_A = T_B = H$  puesto que en ambos puntos de amarre se soportará la misma tensión.

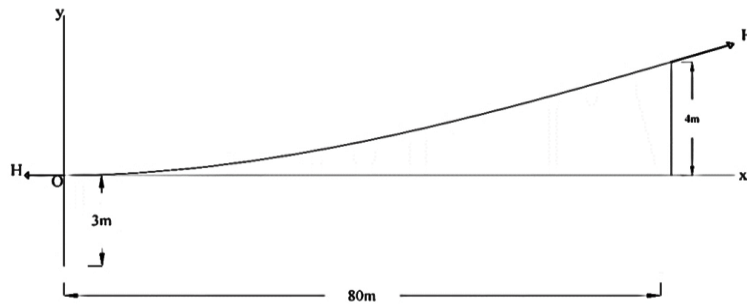


Figura 22. Diagrama de cuerpo libre

Fuente. Elaboración propia

### **-Hallando H, según Ecuación 1**

El peso unitario(w) del cable coaxial es de 0,145 kg/m, del cable mensajero es de 0,108 kg/m y del alambre desnudo es de 0,0119 kg/m. El peso unitario total al momento de tensar el mensajero es de 0,2649 kg/m, ya que los tres cables forman uno solo al estar devanados.

$$y(x) = \frac{w * x^2}{2H}$$
$$4m = \frac{0,2649 \text{ kg/m} * (80m)^2}{2H}$$
$$H = 211,92 \text{ kg}$$

### **-Hallando tensión en apoyos, según Ecuación 2**

a: Es la distancia total del vano, en este caso de estudio se está analizando un vano de 160 metros.

$$TA = TB = H + \frac{w^2 * a^2}{8H}$$
$$TA = 211,92 \text{ kg} + \frac{(0,2649 \frac{\text{kg}}{\text{m}})^2 * (160 \text{ m})^2}{8(211,92 \text{ kg})}$$
$$TA = 212,98 \text{ kg}$$

### **-Hallando longitud real del cable, según Ecuación 3**

$$L = a + \frac{w^2 * a^3}{24H^2}$$
$$L = 160 \text{ m} + \frac{(0,2649 \frac{\text{kg}}{\text{m}})^2 * (160 \text{ m})^3}{24(211,92 \text{ kg})^2}$$
$$L = 160,27 \text{ m}$$

Se determina que la carga máxima de arrastre es de 212,98 kg, sin embargo, se trabajará con un factor de seguridad del 1,5 por lo que la carga máxima de arrastre es de 319,47 kg (3 134,0007 N). La carga de ruptura del cable mensajero es de 1 294 kg,

por lo que la tensión máxima de operación considerada es el 20%, es decir 258,8 kg (2538,828 N)

### 3.2.1.2.2. Elección del cable del tambor

Se decide utilizar el cable con diámetro 3/8, ya que su resistencia a la ruptura es mayor que la de la carga máxima de arrastre, ya anteriormente hallada. Cabe resaltar que el diámetro 9,52 mm (10 mm) nos facilita los cálculos además de que asegura la resistencia a ruptura del cable. A continuación, se presenta una lista de cables:

**Tabla 17. Cables de acero 6x36 y 6x37**

SERIE 6 X 36		SERIE 6 X 37							
Diámetro		Alma de Acero (IWRC)			Alma de Fibra (FC)				
mm.	pulg.	Peso Kg/mts.	Resistencia Ruptura en toneladas		Peso Kg/mts.	Resistencia Ruptura en toneladas			
			IPS *	EIPS *			IPS *		
6.35	1/4	0.17	2.67	3.08	0.16	2.49			
7.93	5/16	0.27	4.16	4.78	0.24	3.86			
9.52	3/8	0.39	5.95	6.85	0.35	5.53			
11.11	7/16	0.52	8.07	9.25	0.48	7.50			
12.70	1/2	0.68	10.40	12.10	0.63	9.71			
14.28	9/16	0.88	13.20	15.20	0.79	12.20			
15.87	5/8	1.07	16.20	18.70	0.98	15.10			
19.05	3/4	1.55	23.20	26.70	1.41	21.60			
22.22	7/8	2.11	31.40	36.10	1.92	29.20			
25.40	1	2.75	40.70	46.90	2.50	37.90			
28.57	1-1/8	3.48	51.30	59.00	3.17	47.70			
31.75	1-1/4	4.30	63.00	72.50	3.91	58.60			
34.92	1-3/8	5.21	75.70	87.10	4.73	70.50			
38.10	1-1/2	6.19	89.70	103.00	5.63	83.50			
41.27	1-5/8	7.26	104.00	120.00	6.61	97.10			
44.45	1-3/4	8.44	121.00	139.00	7.66	112.00			
47.62	1-7/8	9.67	138.00	158.00	8.80	128.00			
50.80	2	11.00	156.00	180.00	10.00	145.00			

Fuente: CSBEAVER [37]

### 3.2.1.2.3. Cálculo del tambor

Para dimensionar el tambor se debe conocer cuál es la carga máxima de arrastre que soportará el tambor y el diámetro del cable utilizado en el tambor. Asimismo, se debe establecer la velocidad de giro del tambor. La carga máxima de arrastre es de 319,47 kg. En una primera instancia se considerará una velocidad de giro del tambor de 30 rpm.

### a) Hallando el diámetro del tambor

Para determinar el diámetro del tambor se relacionará su diámetro con el diámetro de cable a utilizar.

$$\text{Diámetro tambor} = \text{diámetro de cable} \times \text{relación recomendada o mínima}$$

El cable a utilizar tiene una fabricación 6x36 con diámetro de 10 mm por lo que la relación recomendada es de 31 y la mínima aceptable de 21, tal como se puede observar en la Tabla 18.

**Tabla 18. Relación diámetro de polea o tambor con el diámetro del cable utilizado**

Construcción de cable	D (diámetro de poleas/ tambores)	
	R (recomendado)	A (mínimo aceptable)
6x7	72 x d	42 x d
6x17 Seale	56 x d	37 x d
6x19 Seale	51 x d	34 x d
6x21(6x16 Filler)	45 x d	30 x d
6x26 Warrington Seale	42 x d	28 x d
6x25(6x19 Filler)	41 x d	27 x d
6x31 Warrington Seale	38 x d	25 x d
6x36 Warrington Seale	31 x d	21 x d
6x41 Warrington Seale	28 x d	19 x d
6x43 Filler Seale	31 x d	21 x d
6x49 Filler Seale	28 x d	19 x d
8x19 Seale	36 x d	24 x d
8x25 (8x19 Filler)	29 x d	19 x d
18x7 Resistente a la Rotación	51 x d	36 x d

Fuente: PROAR [38]

Se utilizará la mínima aceptable, por lo tanto:

$$\text{Diámetro tambor} = 10 \text{ mm} \times 21$$

$$\text{Diámetro tambor} = 210 \text{ mm}$$

### b) Hallando la velocidad de giro del cable

Del diámetro del tambor obtenido, se determina que el radio del mismo es de 105 mm. Cabe resaltar que la velocidad de giro del tambor se estableció en 30 rpm.

$$V = \omega * r$$

$$V = \frac{30 \text{ rev}}{\text{min}} \left( \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right) (105 \text{ mm}) \left( \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \right)$$

$$V = 19,79 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

**c) Potencia para tirado de cable**

Primero calculamos el momento torsor que provoca el tambor, para ello se multiplicará la carga máxima de arrastre (319,47 kg) con el radio del tambor (105mm)

$$M = 319,47 \text{ kg} (9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) (105 \text{ mm}) \left( \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \right)$$

$$M = 329,07 \text{ Nm}$$

La potencia que se necesitará para tirar del cable y que más adelante nos servirá para los cálculos de las partes de la máquina, se puede hallar como:

$$P = M * \omega$$

$$P = 329,07 \text{ Nm} * \frac{20 \text{ rev}}{\text{min}} \left( \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right) \left( \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \right)$$

$$P = 1033,80 \text{ W} = 1,034 \text{ KW}$$

**d) Longitud del tambor**

Para determinar la longitud del tambor, es necesario saber el metraje de cable que será enrollado por el tambor. Debido a la distancia entre tierra firme donde estará la máquina y el cable, se ha creído conveniente trabajar con una longitud de cable de 25 metros. La longitud de una espira, por lo tanto, será:

$$L_{\text{espira}} = \pi * D$$

$$L_{\text{espira}} = \pi * 210 \text{ mm} = 659,73 \text{ mm}$$

Se dejará dos espiras muertas cuando se envuelva el cable en el tambor. Asimismo, dos capas serán suficientes para albergar todo el cable, se establece que para cada capa se enrollará 12,5 metros.

$$N^{\circ} \text{ espiras} = \frac{\text{longitud del cable}}{\text{longitud de espira}} + \text{número de espiras muertas}$$

$$N^{\circ} \text{ espiras} = \frac{12500 \text{ mm}}{659,73 \text{ mm}} + 2$$

$$N^{\circ} \text{ espiras} = 20 \text{ espiras}$$

Finalmente se halla la longitud del tambor, la cual está dada por el número de espiras multiplicadas por el paso del enrollamiento. Según A. Miravate et al [39], para un cable de 10mm le corresponde un paso de enrollamiento de 12mm (Ver Anexo 4)

$$\text{Longitud del tambor} = \text{número de espiras} * s$$

$$\text{Longitud del tambor} = 20 \text{ espiras} * 12 \text{ mm}$$

$$\text{Longitud del tambor} = 240 \text{ mm}$$

Se decide que la longitud del tambor sea de 250 mm, debido a que no es muy común la dimensión hallada anteriormente.

En la Figura 23 se muestran las vistas principales del tambor, en la figura 24 la vista explosionada. Desde la figura 24 hasta la figura 34 se encuentran los planos con las dimensiones de cada una de las piezas que conforman el tambor. En la Tabla 19 se listan los materiales que se utilizarán para su fabricación.

**Tabla 19. Lista de materiales para el tambor**

Ítem	Descripción
1	Arandela de fijación 40mm de diámetro
2	Recubrimiento de caucho 5mm espesor x 250 mm de ancho
3	Rodamiento 40mm diámetro interno
4	Tuerca fijación diámetro interno de 37 mm
5	Virola y disco de sujeción interno (Plancha de acero laminado en caliente comercial 12x1200x2400)
6	Manguito de fijación diámetro interno 37mm
7	Madera de tornillo (1 pinta o Pt)
8	Eje (barra redonda calibrada 1 3/4" SAE 1045 de un metro de largo)

Fuente: Elaboración propia

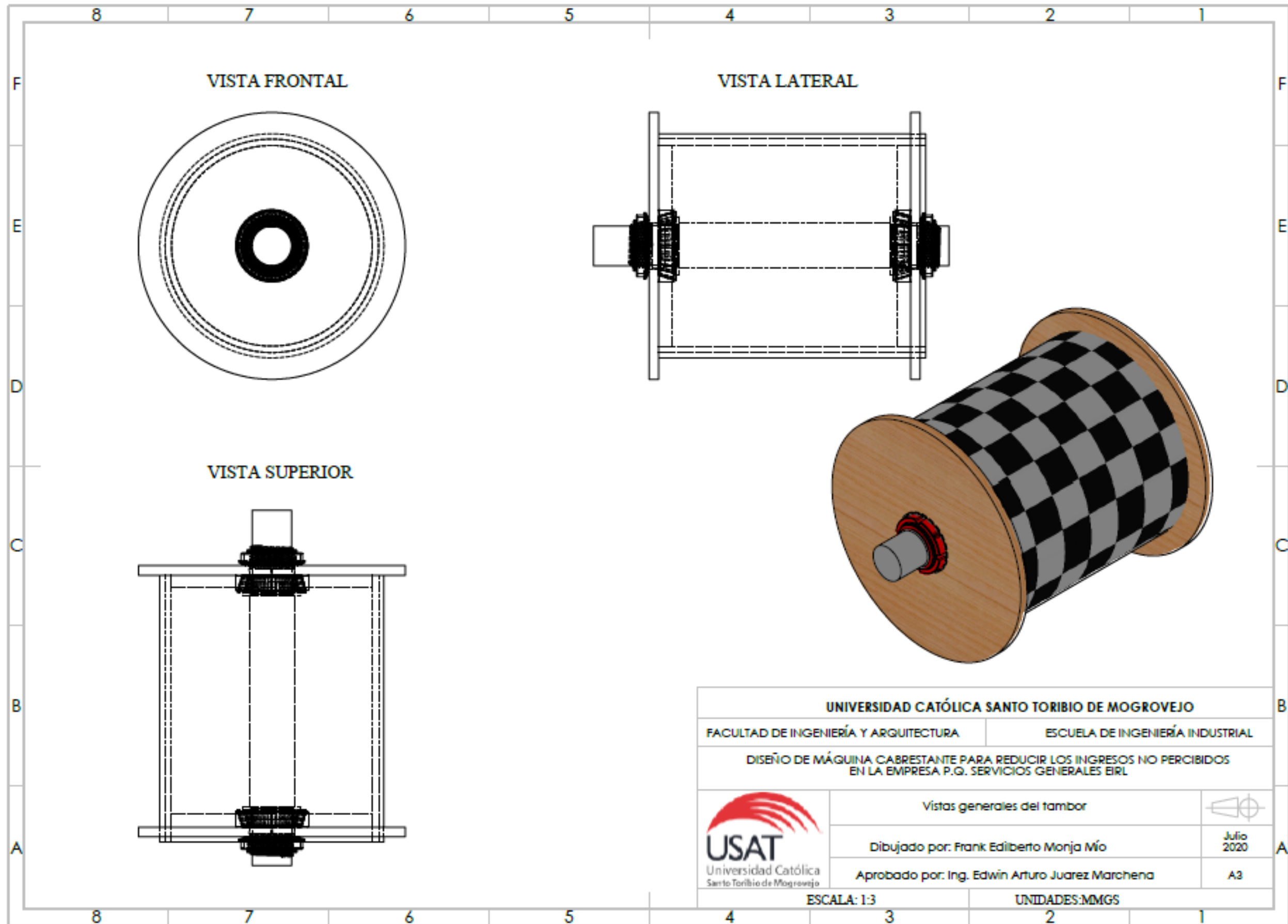


Figura 23. Vistas generales del tambor

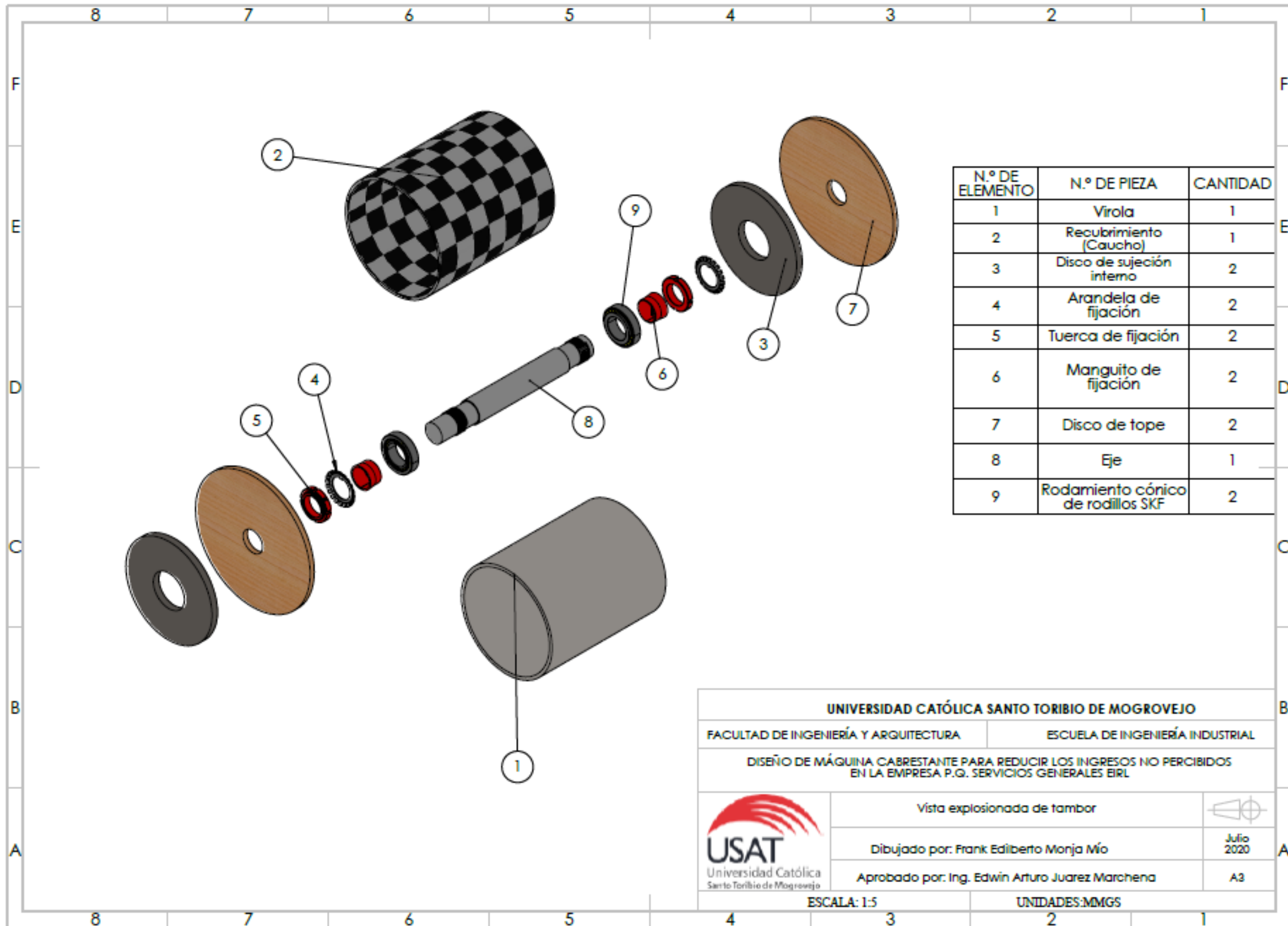


Figura 24. Vista explosionada del tambor

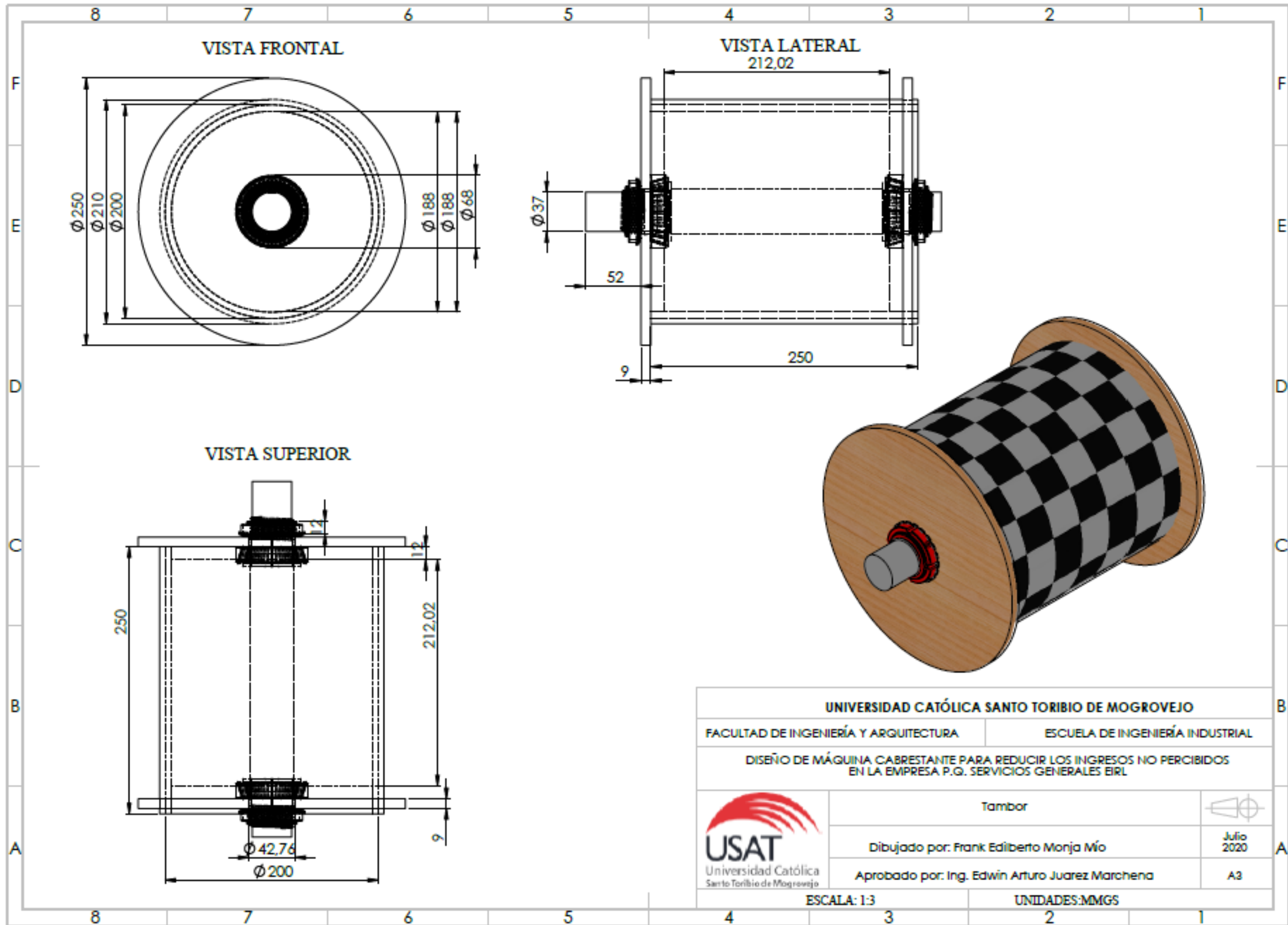


Figura 25. Cotas generales del tambor

Además de los materiales nombrados en la tabla 19, para el ensamble completo del tambor son necesarios accesorios y herramientas como cinta métrica, pegamento industrial, prensa, punzonadora, equipos de protección personal, los cuales serán asumidos por la empresa que elaborará el tambor, por ello no se consideran en el costo total del equipo.

En la Figura 24 se muestra la vista explosionada del tambor, está compuesta por elementos que se unen entre sí a través de presión, y en el caso del recubrimiento de caucho está unida a la virola por pegamento industrial.

Para la construcción del tambor específicamente para los discos de sujeción y la virola, se realizarán las siguientes etapas de manufactura:

- **Corte:** La plancha de acero estructural deberá ser cortada a las medidas especificadas en los planos presentados para realizar los discos de sujeción.
- **Pulido:** Los discos serán pulidos para un mejor acople a las estructuras.
- **Taladrado:** En base a los planos especificados, se deberá taladrar los agujeros que permitirán el pase del eje para el ensamble con el mismo.
- **Ensamble:** El ensamble del disco de sujeción como de los demás componentes del tambor se logrará con el uso de una tuerca, una arandela, y rodamientos.
- **Pintado:** El fabricante del tambor utilizará en los discos de sujeción anticorrosivo y esmalte a color de preferencia.
- **Inspección final:** Corroborar que se han seguido todos los pasos, y si todo ha estado dentro de las especificaciones no debe ocurrir ningún error en el tambor.

Para la construcción del eje del tambor, se deben seguir los siguientes procesos de manufactura:

- **Estirado o trefilado:** Este proceso se hará debido a que el diámetro que se requiere es de 42 mm y el del material es de 44,45mm; e procederá hacer un estirado hasta lograr ese diámetro. La máquina a utilizar puede ser una trefiladora.
- **Corte troquelado:** Se hace con el objetivo de obtener la cantidad de material necesaria para fabricar un producto. Cabe resaltar que la máquina que se puede utilizar es una prensa neumática, hidráulica y excéntrica.
- **Laminado de cuerdas:** Con este proceso se logra hacer los hilos en el producto, cabe resaltar que se utilizan dos dados en los cuales se coloca la parte que se quiere hacer hilos y se someten a fuerzas de compresión.

Teniendo las piezas se procede a realizar el ensamble, se debe tener mucho cuidado y asegurarse de que las piezas encajen en el lugar correcto. Finalmente se hace una inspección final para corroborar que se han seguido todos los pasos, y que todo esté dentro de las especificaciones.

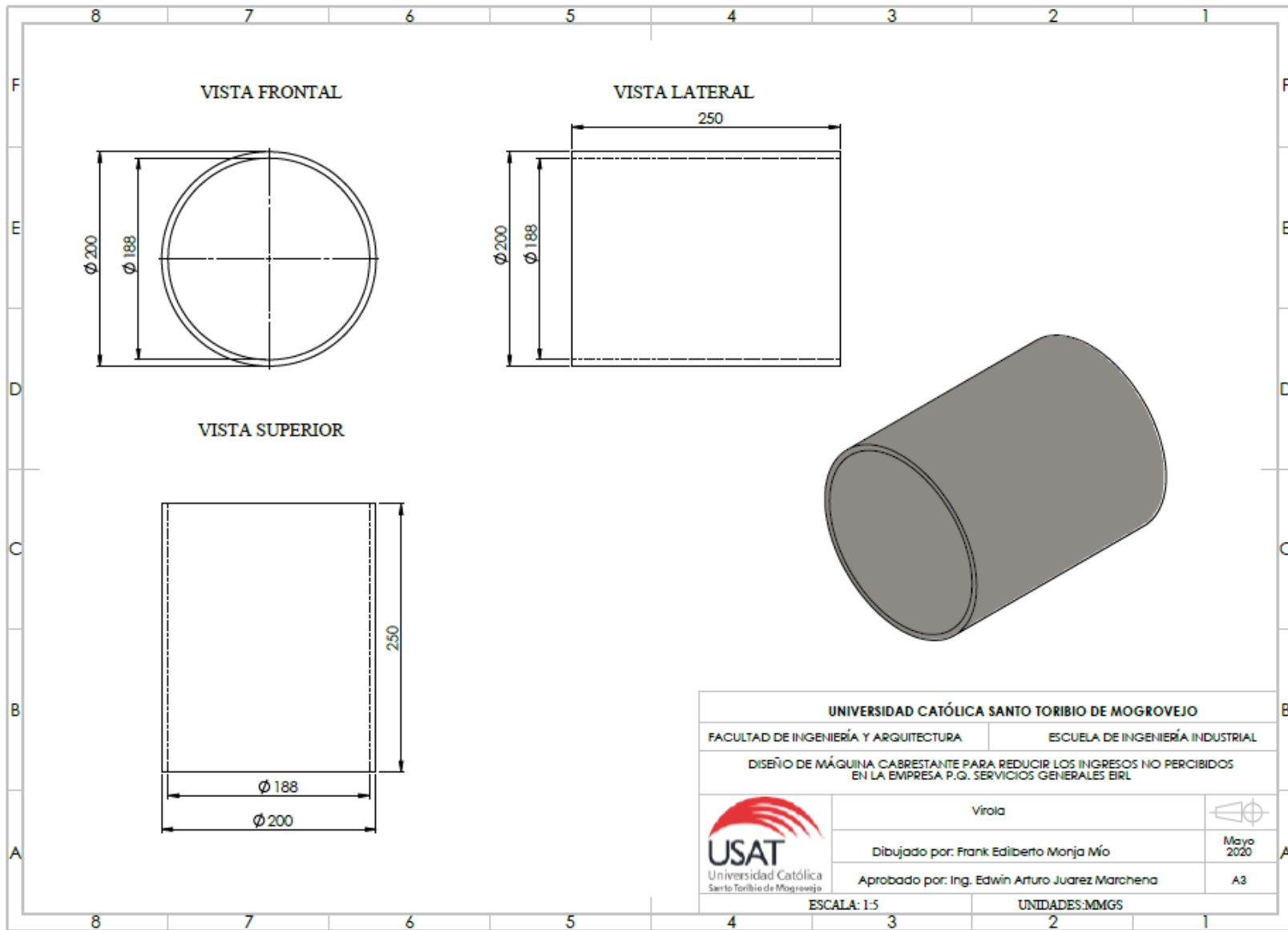


Figura 26. Plano de la Virola

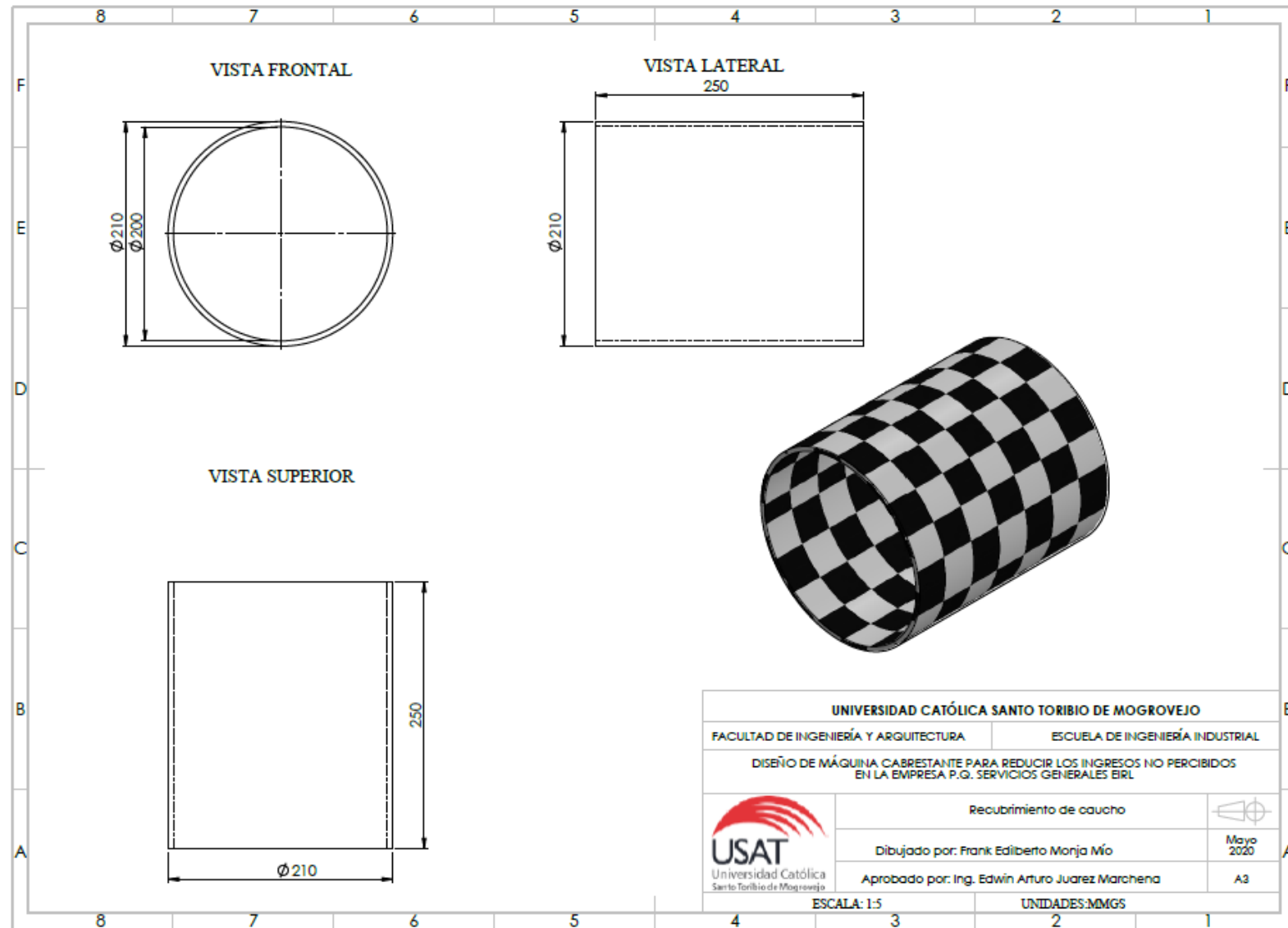


Figura 27. Plano del recubrimiento(caucho)

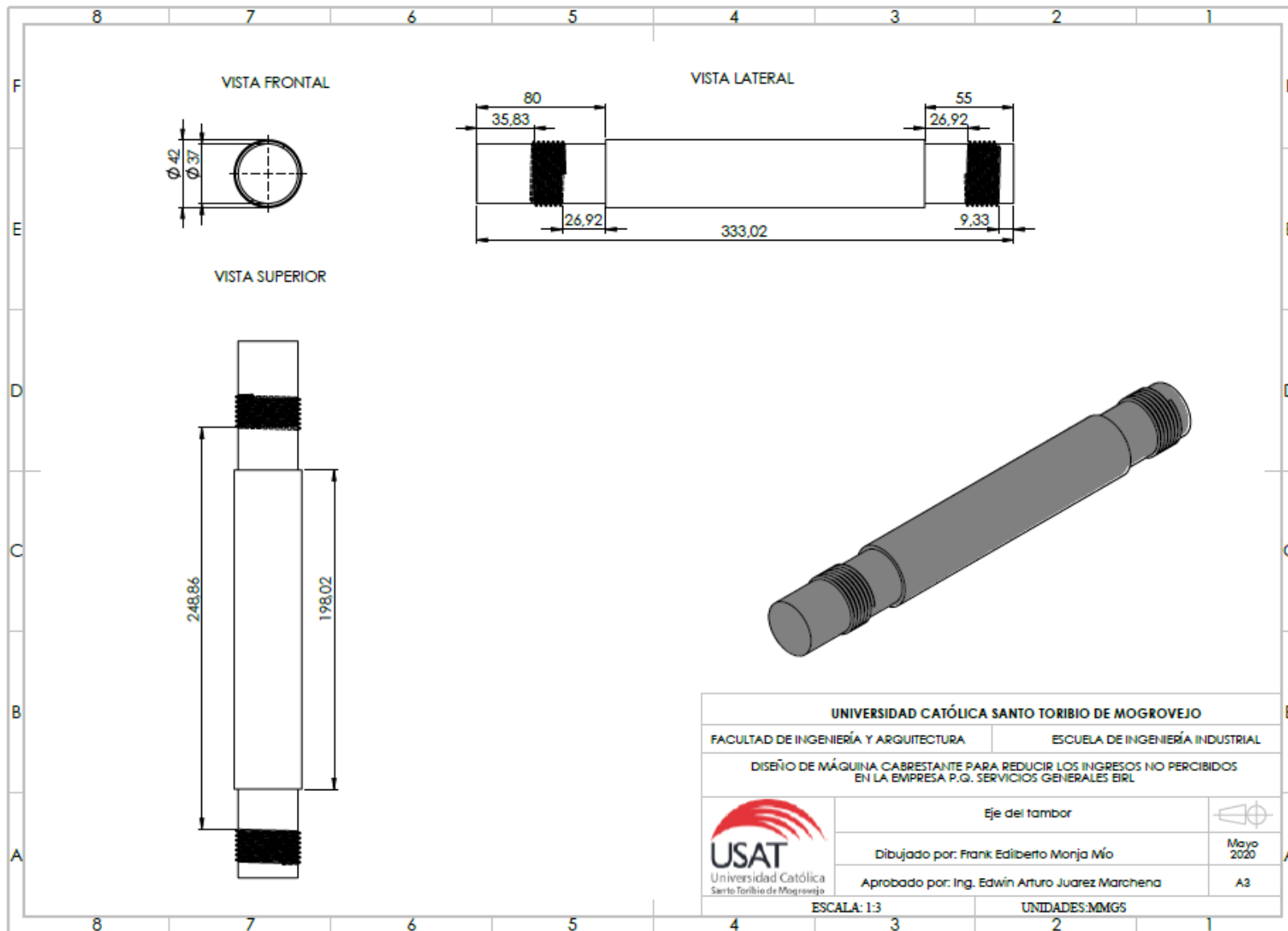


Figura 28. Plano de eje del tambor

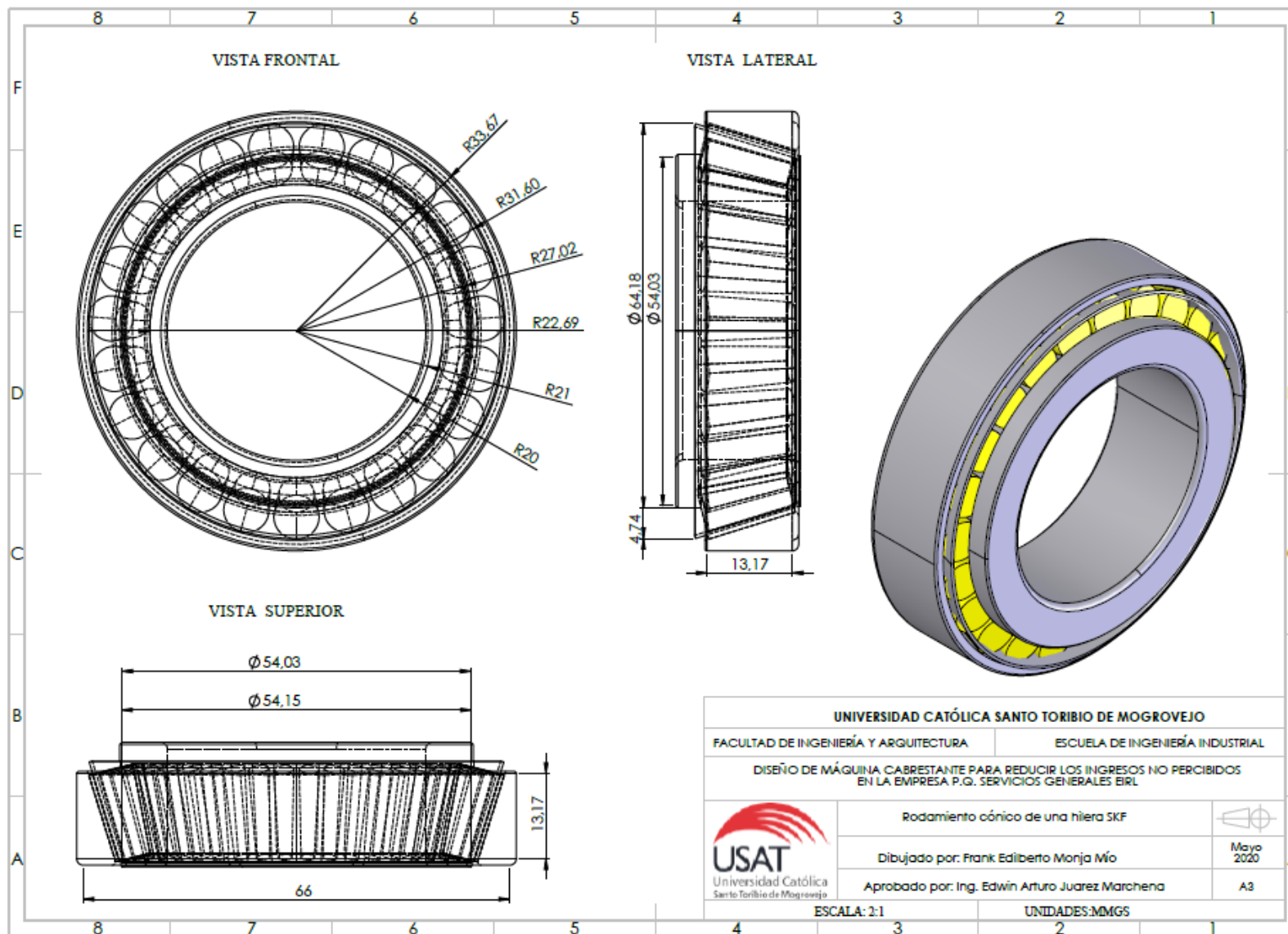


Figura 29. Plano de rodamiento cónico de una hilera SKF

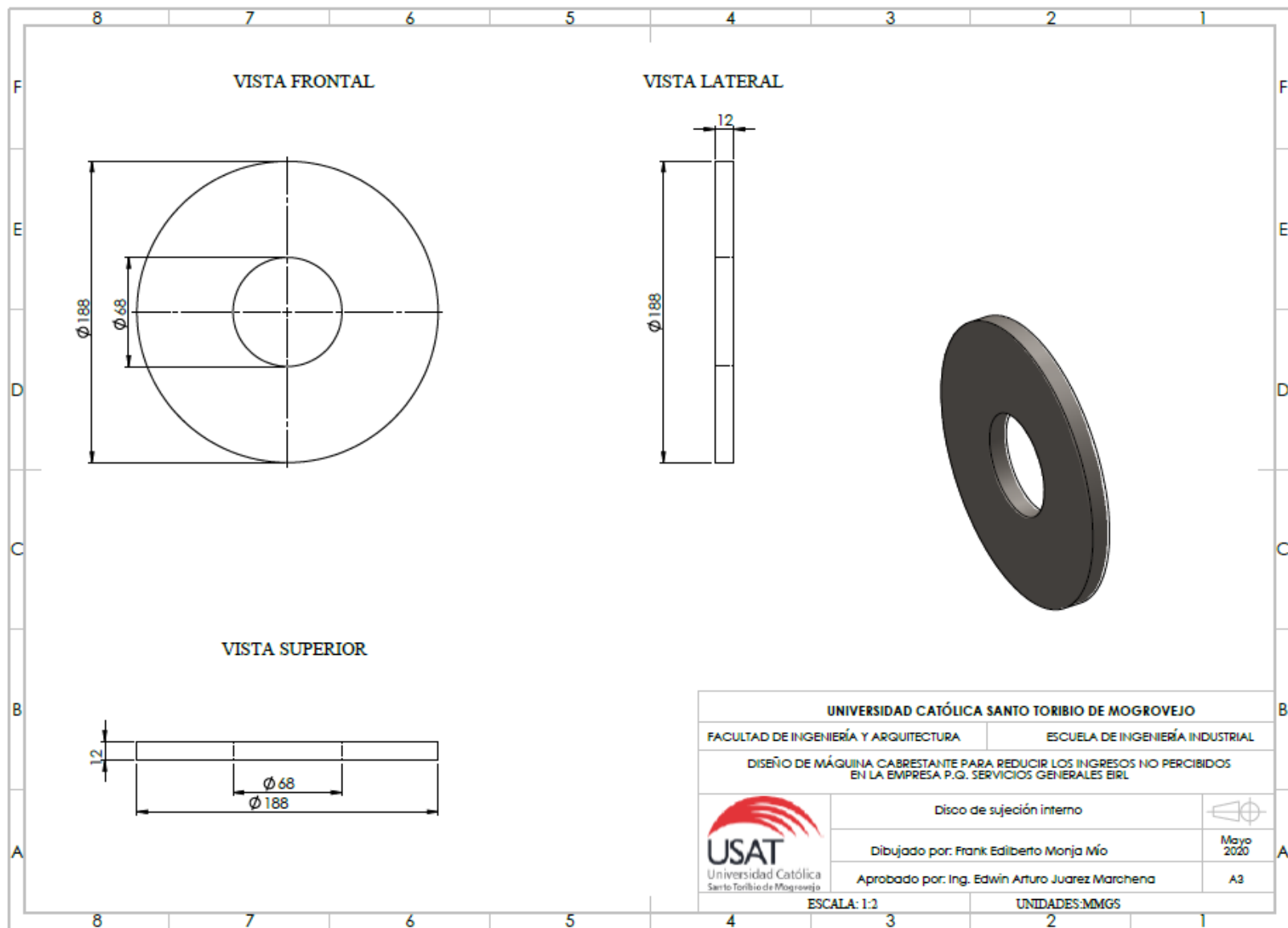


Figura 30. Plano de disco de sujeción interno

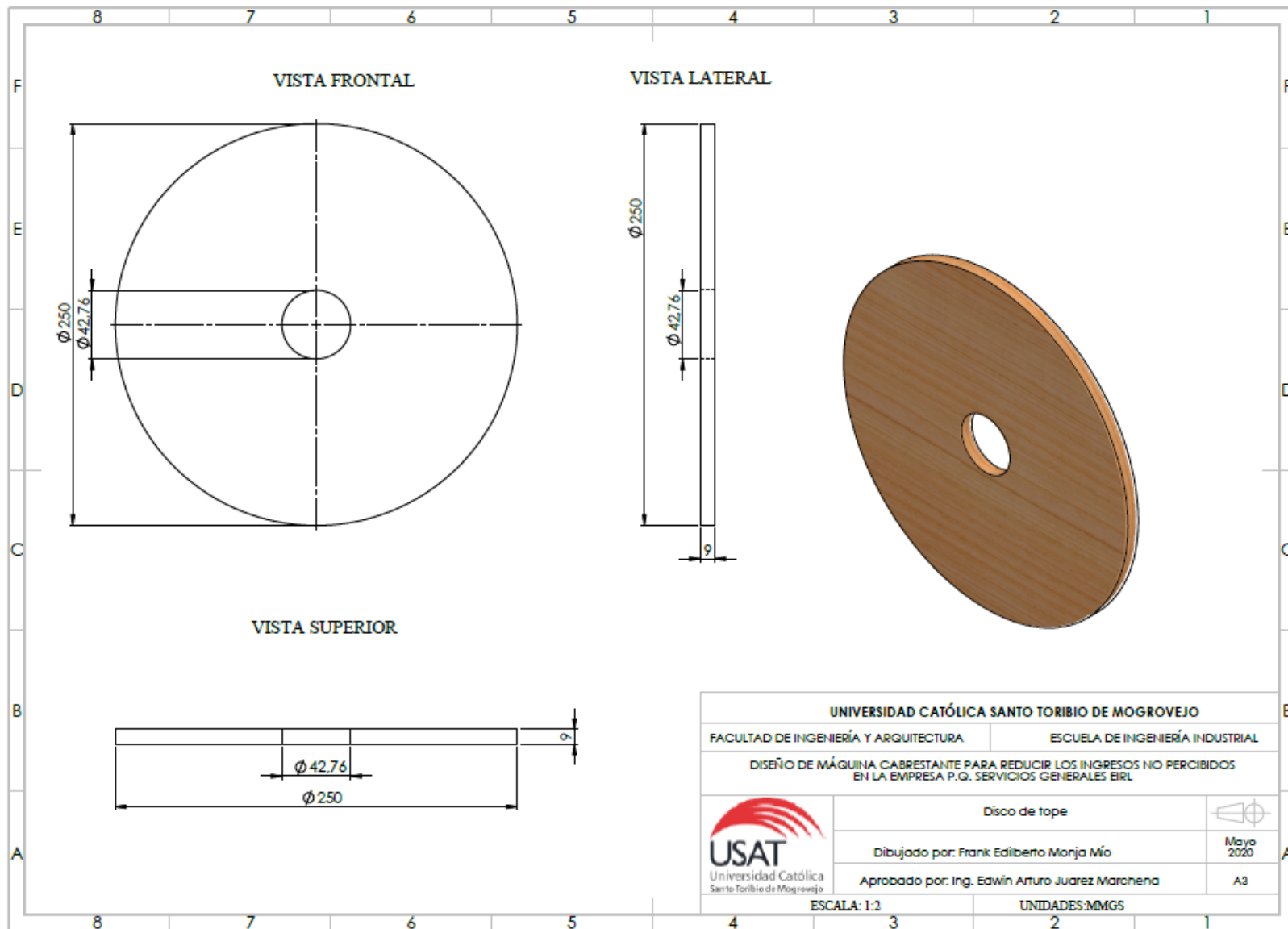


Figura 31. Plano de disco de tope

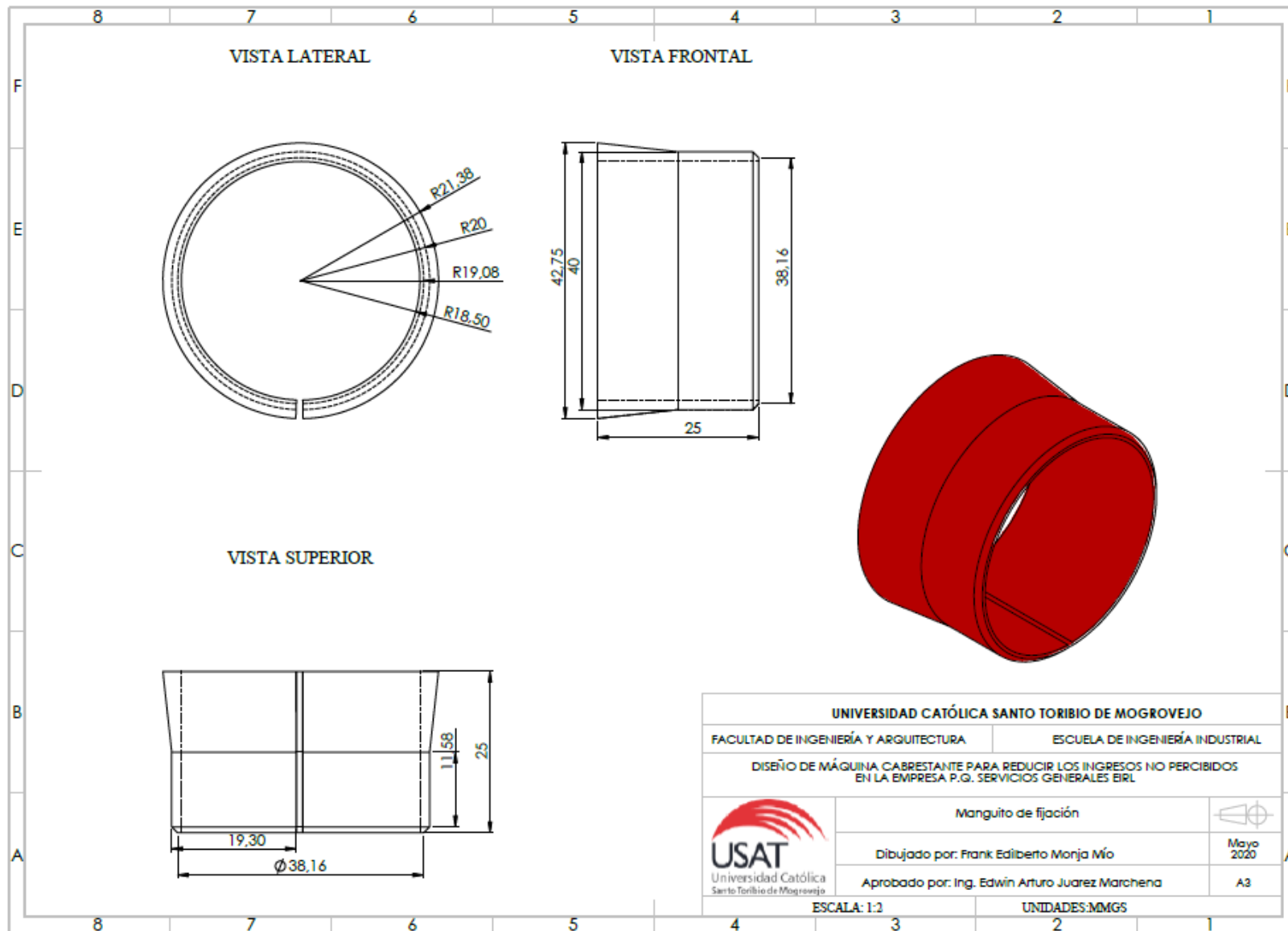


Figura 32. Plano manguito de fijación

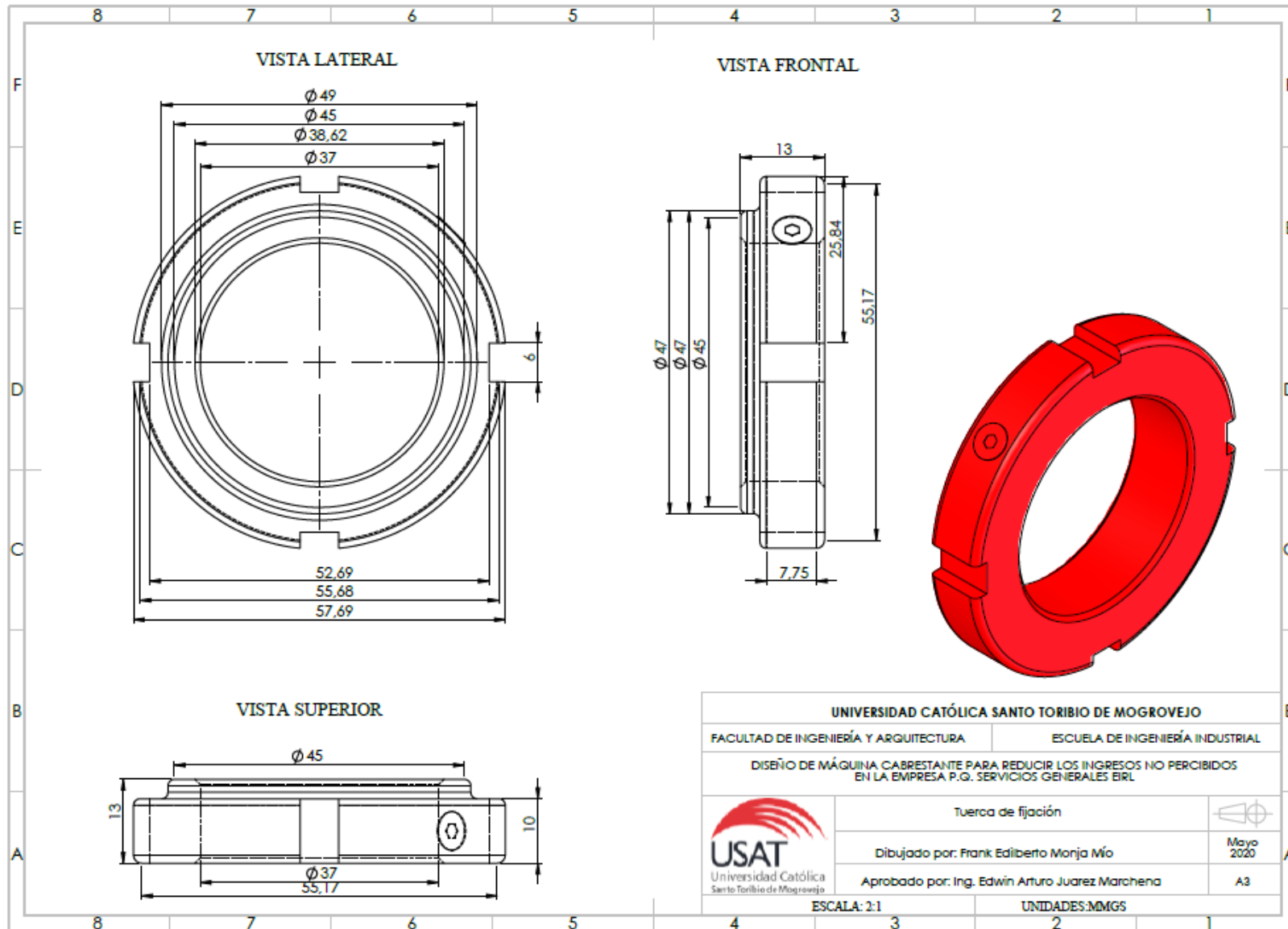


Figura 33. Plano de tuerca de fijación

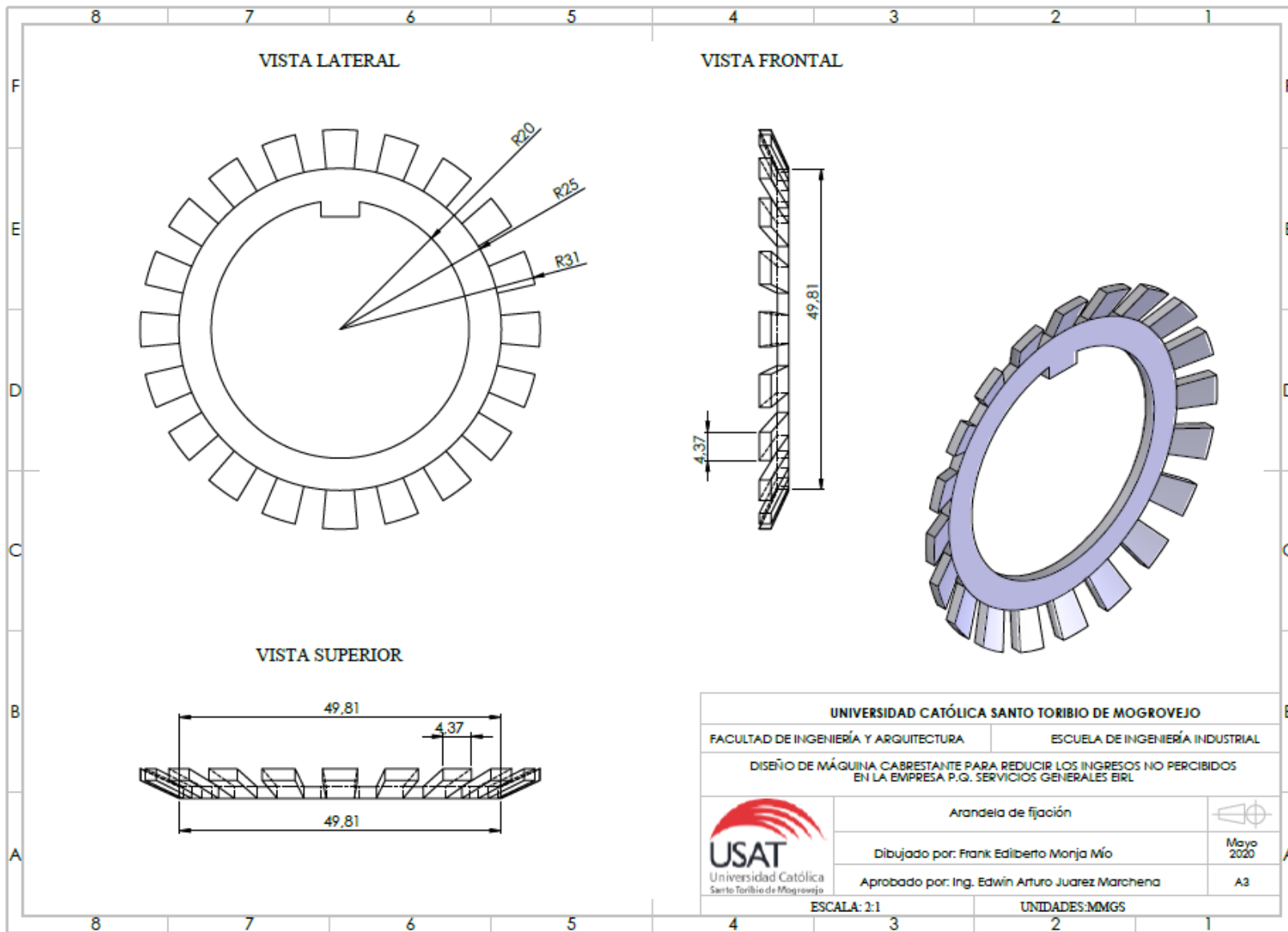


Figura 34. Plano de arandela de fijación

### 3.2.1.2.4. Cálculo de eje de transmisión del tambor

Para determinar la longitud del eje se tuvo en cuenta todos los elementos que lo componen, determinándose una longitud de 333,02mm. Se estableció el diámetro del eje en 42 mm, para corroborar que el dimensionamiento es el correcto se acude a la comprobación mediante la fórmula de torsión, puesto que el eje está sometido a un momento torsor de 329,07 Nm.

$$\text{Esfuerzo cortante máximo}(\tau \text{ máximo}) = \frac{T(C)}{J}$$

$$J = \frac{\pi}{2}(c^4)$$

El torque ha sido hallado anteriormente; el radio (c) es la mitad del diámetro 0,030m; el momento de Inercia(J) es igual:

$$J = \frac{\pi}{2}(0,021)^4$$

$$\text{Esfuerzo cortante máximo}(\tau \text{ máximo}) = \frac{329,07 \text{ Nm} (0,021)}{\frac{\pi}{2} (0.021 \text{ m})^4}$$

$$\text{Esfuerzo cortante máximo}(\tau \text{ máximo}) = 22\,620\,933,86 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Se hizo el análisis del eje en SolidWorks, el análisis fue estático debido a que la máquina será fijada en el poste. Asimismo, el eje del tambor trabajará a tan solo 30 rpm.

#### a) Simulación con acero SAE 1045

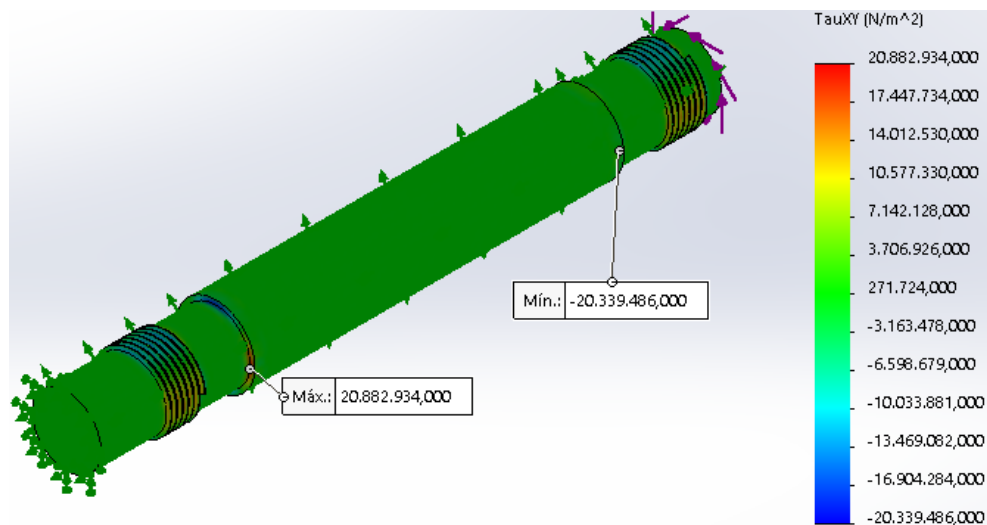


Figura 35. Esfuerzo tangencial máximo en XY

Fuente: Elaboración propia

El esfuerzo máximo cortante en XY no debe superar los  $22\,620\,933,6 \frac{N}{m^2}$ . En la Figura 35, se logra observar que el eje con acero 1045 no supera el esfuerzo cortante máximo, con un valor de  $20\,882\,934 \text{ N/m}^2$ ; por lo que puede ser el material adecuado para el diseño del eje.

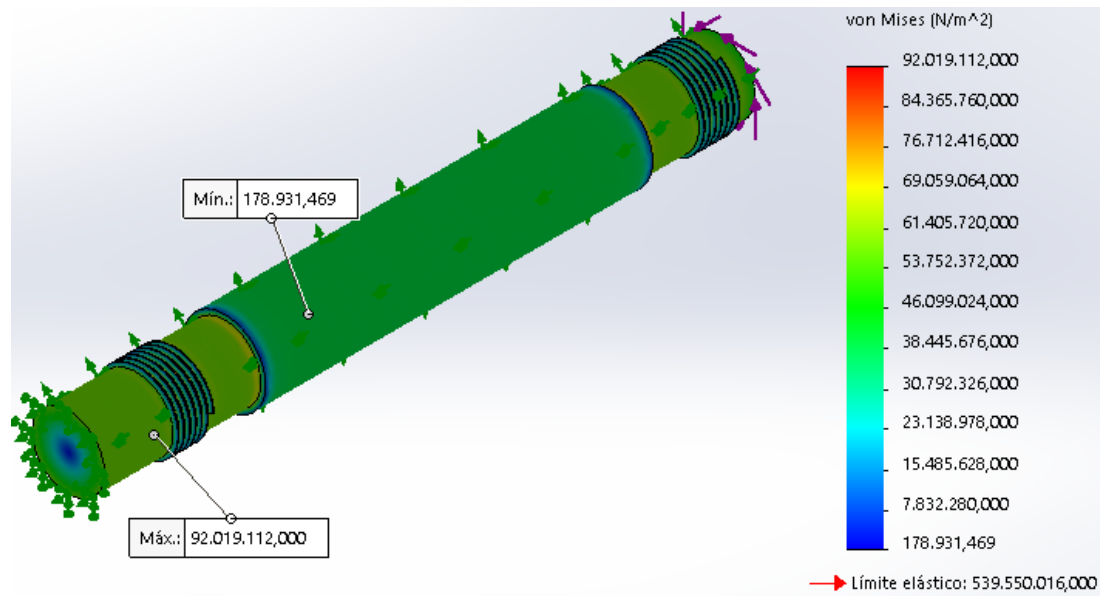


Figura 36. Tensiones mediante Von Mises

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 36 se observa el análisis general de tensiones mediante Von Mises, en donde se puede evidenciar que el eje principal no supera el límite elástico del material SAE 1045. El máximo valor tensional al cual se encuentra sometido el eje del tambor es de  $92\,019\,112 \text{ N/m}^2$ ; mientras que el límite elástico del material es de  $539\,550\,016 \text{ N/m}^2$ .

En la Figura 37 se puede apreciar el factor de seguridad mínimo, siendo este de 5,863. El factor de seguridad mínimo es muy aceptable debido a que está por encima del valor 1, sin embargo, esto no garantiza que el material no fallará, debiéndose analizar más factores involucrados en el diseño, si es que el material está sometido a cargas axiales y/o cortantes.

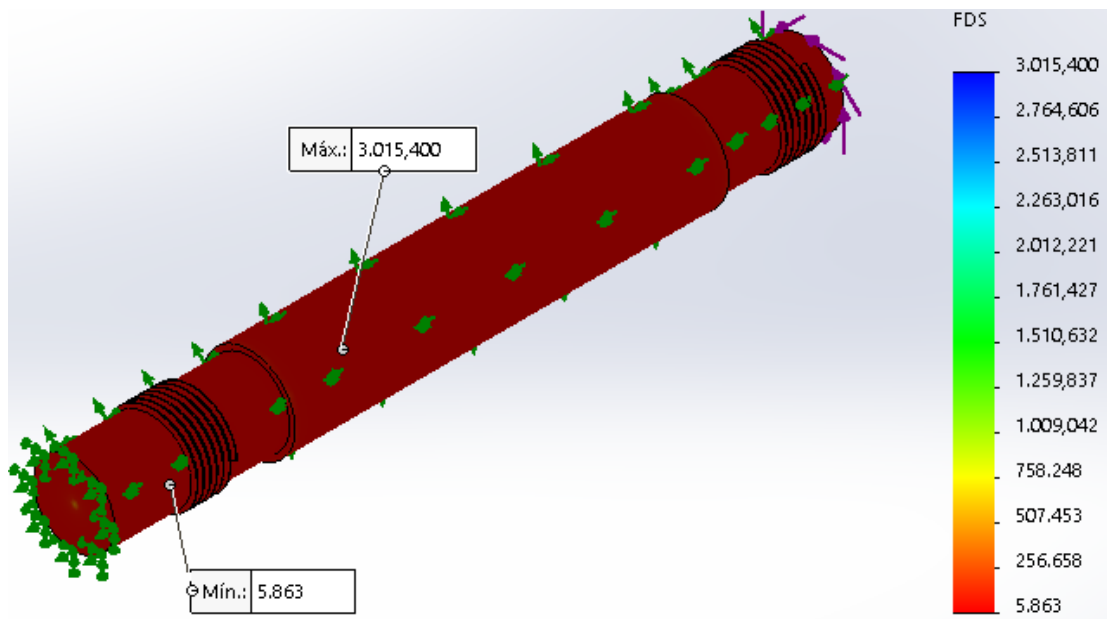


Figura 37. Factor de seguridad mínimo para acero SAE 1045

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 38 también se muestra los desplazamientos del eje cuando es sometido a la fuerza de torsión, siendo el desplazamiento máximo 0,11077 mm en la parte final del eje.

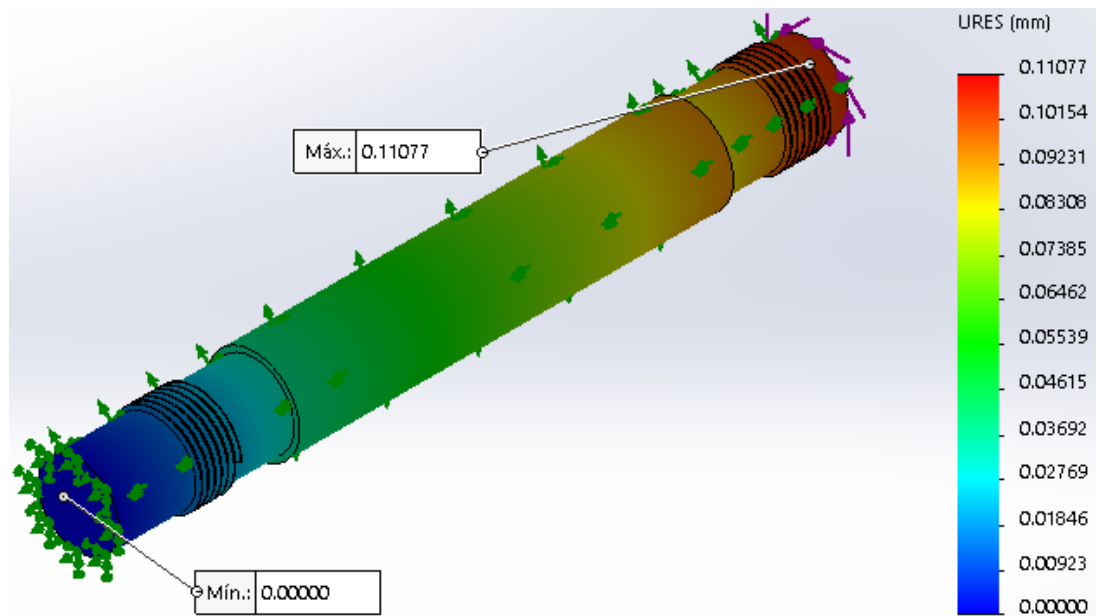


Figura 38. Desplazamientos con acero SAE 1045

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 39 se aprecian las deformaciones unitarias mínimas y máximas del eje cuando es sometido al momento torsor con el acero SAE 1045. Las deformaciones son muy pequeñas por lo que se podrían considerar depreciables.

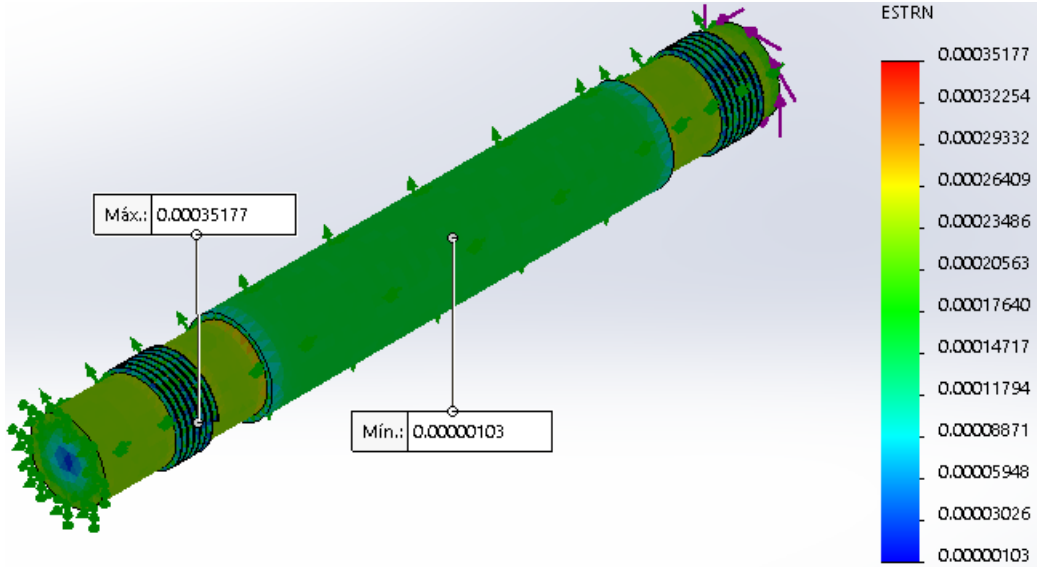


Figura 39. Deformaciones unitarias con acero SAE 1045

Fuente: Elaboración propia

**b) Simulación con material AISI 4 340 acero normalizado**

El esfuerzo máximo cortante en el YX no debe superar los  $22\,620\,933,86 \frac{N}{m^2}$ , dicho cálculo se demuestra en la Figura 40, en dónde se logra observar que no se supera el esfuerzo cortante máximo.

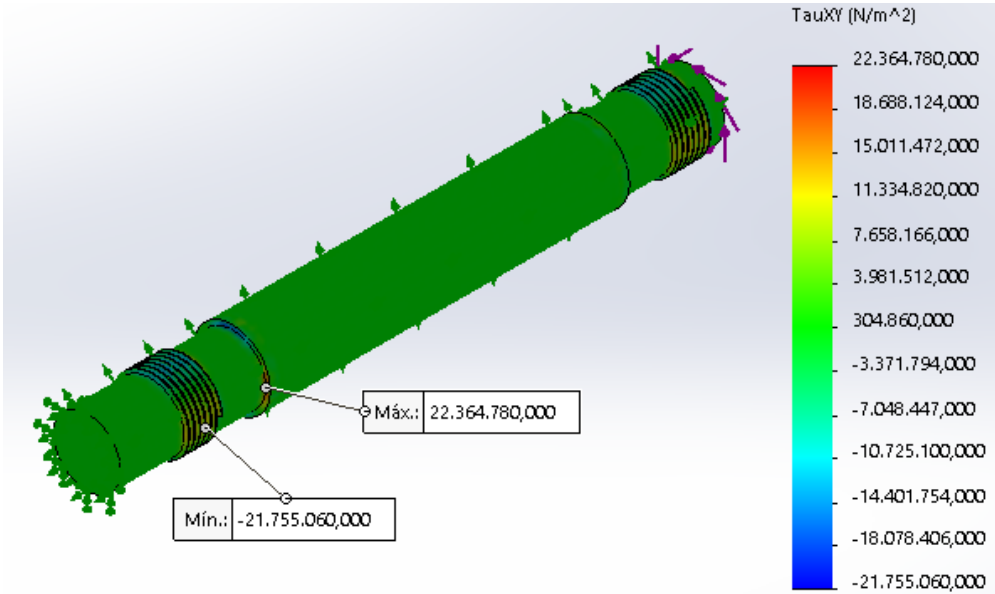


Figura 40. Esfuerzo cortante máximo en plano YZ

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 41 se observa el análisis de tensiones mediante Von Mises, en donde se puede evidenciar que el eje principal no supera el límite elástico del material AISI 4340 acero normalizado. El máximo valor tensional al cual se encuentra sometido el eje del tambor es de 93 848 808 N/m<sup>2</sup>; mientras que el límite elástico del material es de 710 000 000 N/m<sup>2</sup>.

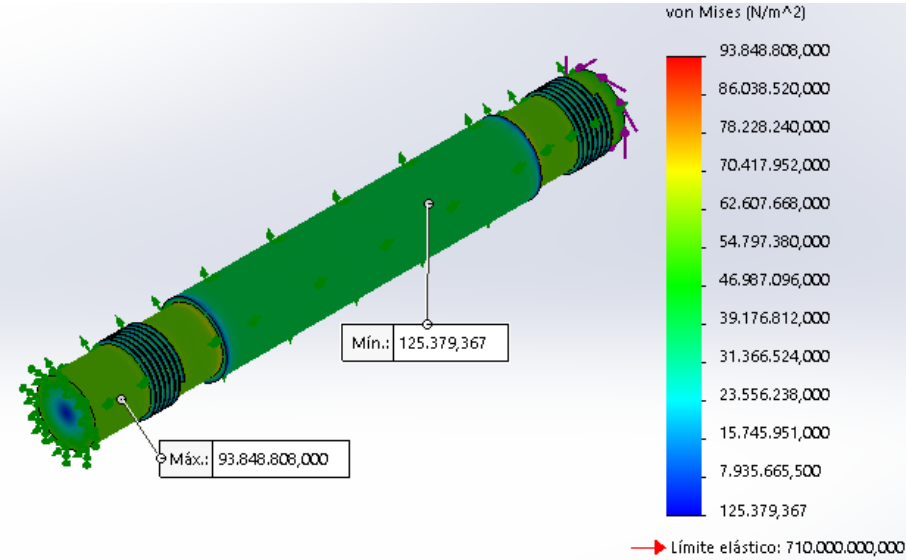


Figura 41. Tensiones mediante Von Mises

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 42 se puede apreciar el factor de seguridad mínimo, siendo este de 7,6. El factor de seguridad mínimo es muy aceptable puesto que está por encima del valor 1, por lo que se garantiza que el material no fallará cuando sea sometido a la fuerza de torsión.

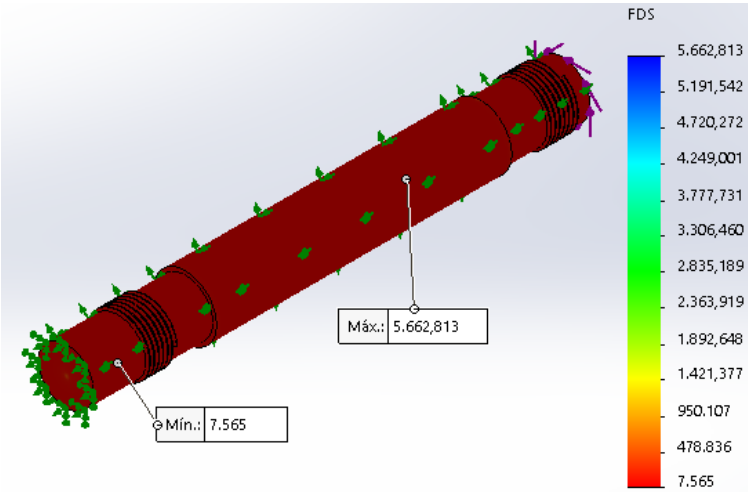


Figura 42. Factor de seguridad mínimo

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 43 también se muestra los desplazamientos del material cuando es sometido a la fuerza de torsión, siendo el desplazamiento máximo 0,11339 mm en la parte final del eje.

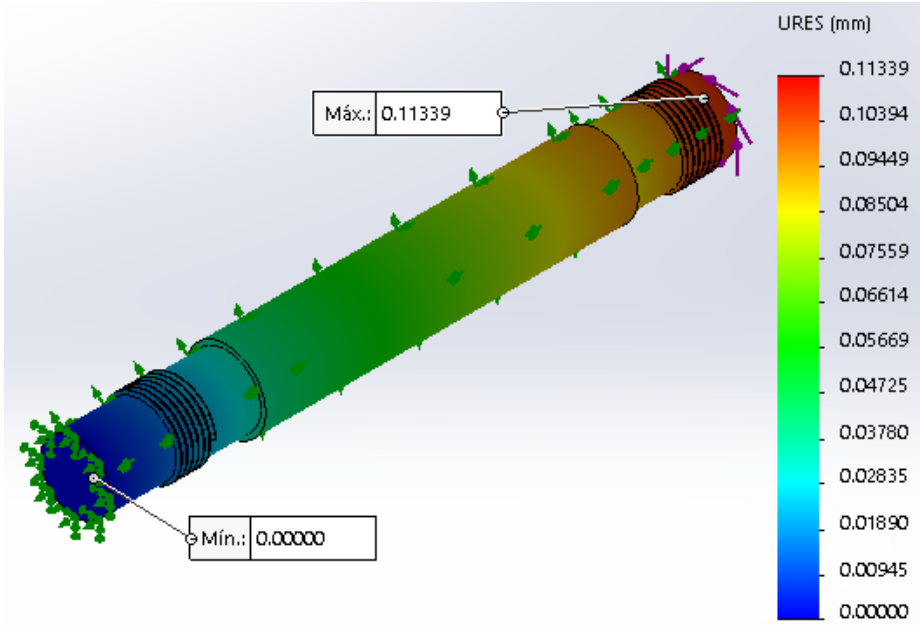


Figura 43. Desplazamientos en mm

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 44 se aprecian las deformaciones unitarias mínimas y máximas del eje cuando es sometido al momento torsor. Las deformaciones son muy pequeñas por lo que el material no se ve afectado en ningún momento.

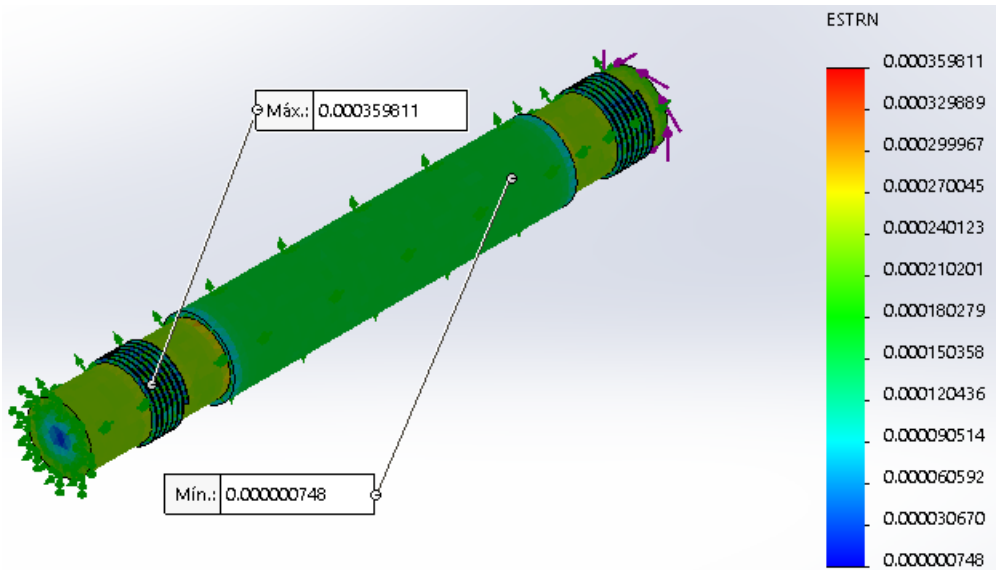


Figura 44. Deformaciones unitarias en escala 1

Fuente: Elaboración propia

### c) Comparación de materiales

**Tabla 20. Cuadro comparativo de resultados de simulación con materiales acero SAE 45 y normalizado 4 340**

ELEMENTOS	ACERO SAE	ACERO
	1 045/ACEROS AREQUIPA	NORMALIZADO AISI 4 340/FERMET
Esfuerzo tangencial máximo en XY	20 882 934 N/m <sup>2</sup>	22 364 780 N/m <sup>2</sup>
Tensiones generales Von Mises(máximo)	92 019 112 N/m <sup>2</sup>	93 848 808 N/m <sup>2</sup>
Factor de seguridad mínimo	5,863	7,565
Desplazamiento máximo	0,11077 mm	0,11339 mm
Deformación unitaria mínima	0,00000103	0,000000748
Deformación unitaria máxima	0,00035177	0,000359811
Límite elástico	539 550 016 N/m <sup>2</sup>	710 000 000 N/m <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción	804,42 N/mm <sup>2</sup>	1110 N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico	205000 N/mm <sup>2</sup>	205000 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0,29 N/D	0,32 N/D
Modulo cortante	80000 N/mm <sup>2</sup>	80000 N/mm <sup>2</sup>
Densidad de masa	7850 kg/m <sup>3</sup>	7850 kg/m <sup>3</sup>
Costo del material	S/4,5 por kg	S/6 por kg

Fuente: ACEROS AREQUIPA/FERMET

Al realizar la elección del material lo que se debe tener en cuenta en una primera instancia es el esfuerzo cortante máximo el cual es de 22 620 933,86 N/m<sup>2</sup>, tal como se aprecia en la Tabla 20 ambos están por debajo del valor cortante máximo, cuando se sometieron a análisis estático en la herramienta SolidWorks.

El segundo elemento en ser evaluado es el factor de seguridad mínimo, ambos materiales tienen un valor superior a la unidad, sin embargo, si se eligiera el acero normalizado 4340 se estaría sobredimensionado el eje aún más de lo requerido. Finalmente, el otro elemento importante en la elección del material es el costo del mismo, el cual es mucho menor para el acero SAE 1045. Por todo lo mencionado se decide elegir el material SAE 45 para la elaboración del eje de transmisión de la máquina cabrestante.

### 3.2.1.2.5. Selección de rodamientos

Una vez definido el eje del tambor, conociendo sus dimensiones, se procede a la selección de los rodamientos.

Se ha elegido rodamientos de rodillos cónicos, ya que esta disposición les permite soportar grandes cargas radiales y axiales en ambos sentidos si se montan en contraposición; por su baja fricción gracias al diseño optimizado del rodillo y el acabado de la superficie en la brida; y por tener una larga vida útil [40]








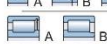










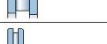




**Tabla 21. Ficha técnica del rodamiento cónico de una hilera HM 911245\_210**

Ítem	Descripción
Diámetro interno del rodamiento	40 mm
Ancho del rodamiento	14,797 mm
Capacidad de carga dinámica básica	64,7 kN
Capacidad de carga estática básica	71 kN
Carga límite de fatiga	7,65 kN
Velocidad de referencia	7500 rpm
Velocidad límite	9500 rpm
Factor de cálculo (e)	0,37
Factor de cálculo(y)	1,6
Factor de cálculo(y <sub>0</sub> )	0,9
Masa	0,28 kg

Fuente: SKF [40]

Tal como se aprecia en la Tabla 22 los rodamientos cónicos de una hilera tienen una excelente capacidad de carga radial y buena capacidad para carga axial. Es adecuado para una buena velocidad, excelente para bajo agotamiento y tiene una buena rigidez.

**Tabla 22. Idoneidad de los rodamientos para aplicaciones industriales**

Symbols	Load carrying capability	Misalignment		Arrangement				Suitable for					Design features						
		Radial load	Axial load	Moment load	Static misalignment	Dynamic misalignment (few tenths of a degree)	Locating	Non-locating	Adjusted	Floating	Long grease life	High speed	Low run-out	High stiffness	Low friction	Integral sealing	Separable ring mounting	Tapered bore	Standard housings and accessories available
+++ excellent ++ good + fair - poor -- unsuitable ↔ double direction ← single direction □ non-locating displacement on the seat ■ non-locating displacement within the bearing ✓ yes ✗ no																			
<b>Bearing type</b> Deep groove ball bearings 	+	+ ↔	A-, B+	-	--	↔	□	✗	✓	A+++ B++	A+++ B+	A+++ B++	+	+++	A ✓	✗	✗	✗	✗
Insert bearings 	+	+ ↔	--	++	--	↔	↔	✗	✗	+++	++	A, B+ C++	+	++	✓	✗	✗	✓	✓
<b>Angular contact ball bearings, single row</b> matched single row 	+1)	++ ←	--	-	--	✗	✗	✓	✗	++	++	+++	++	++	✓	✗	✗	✗	✗
double row 	++	++ ↔	++	--	--	↔	□	✗	✗	++	++	+++	++	++	A ✓	B ✓	✗	✗	✗
four-point contact 	+1)	++ ↔	--	--	--	↔1)	--	--	--	+	+++	++	++	++	✗	✓	✗	✗	✗
<b>Self-aligning ball bearings</b> 	+	-	--	+++	+2)	↔	□	✗	✓	+++	++	+++	+	+++	✓	✗	✓	✓	✓
<b>Cylindrical roller bearings, with cage</b> 	++	--	--	-	--	✗	■	✗	✗	++	+++	+++	++	+++	✗	✓	✗	✗	✗
full complement, single row 	++	A, B ← C, D ↔	--	-	--	A, B ← C, D ↔	A, B ■ C, D ✗	✗	✓	++3)	+++	++	++	+++	✗	✓	✗	✗	✗
full complement, double row 	+++	A ←, B+ C ↔	--	-	--	B ← C, D ↔	A ■ ↔ B ■ ←	✗	✗	-	+	+	+++	-	D ✓	✗	✗	✗	✗
<b>Needle roller bearings, with steel ring</b> 	++	--	--	A, B - C ++	--	✗	■ ↔	✗	✗	++	++	+	++	+	A ✓	✓	✗	✗	✗
assemblies / drawn cups 	++	A, B - C -	--	-	--	A, B ✗ C -	A, B ■ C ■	✗	✗	++	++	+	++	+	B, C ✓	✓	✗	✗	✗
combined bearings 	++	A-, B+ C++	--	--	--	←	✗	✓	✗	+	+	+	++	+	✗	✓	✗	✗	✗
<b>Tapered roller bearings, single row</b> 	+++1)	++ ←	--	-	--	←	✗	✓	✗	+	++	+++	++	+	✗	✓	✗	✗	✗
matched single row 	A, B+++ C+++1)	A, B+++ C+++	A+, B++ C--	A- B, C--	--	A, B ↔ C -	A, B □ C ✗	A, B ✗ C ✓	✗	+	+	++	+++	+	✗	✓	✗	✗	✗
double row 	+++	++ ↔	A+ B-	A- B--	--	↔	□	✗	✗	+	+	++	+++	+	✓	✓	✗	B ✓	✗
<b>Spherical roller bearings</b> 	+++	+ ↔	--	+++	+2)	↔	□	✗	✓	+	++	+++	++	+	✓	✗	✓	✓	✓
<b>CARB toroidal roller bearings, with cage</b> 	+++	--	-	++	-	✗	■	✗	✗	+	++	+++	++	+	✗	✗	✓	✓	✓
full complement 	+++	--	-	++	-	✗	■	✗	✗	-	+	+++	++	-	✓	✗	✓	✓	✓
<b>Thrust ball bearings</b> 	--	A ← B ↔	--	--	--	A ← B ↔	✗	✗	✗	+	-	++	+	+	✗	✓	✗	✗	✗
with sphered housing washer 	--	A ← B ↔	--	++	--	A ← B ↔	✗	✗	✗	+	-	+	+	+	✗	✓	✗	✗	✗
<b>Cylindrical roller thrust bearings</b> 	--	++ ←	--	--	--	←	✗	✗	✗	-	-	+	+++	+	✗	✓	✗	✗	✗
<b>Needle roller thrust bearings</b> 	--	++ ←	--	--	--	←	✗	✗	✗	-	-	+	+++	+	✗	✓	✗	✗	✗
<b>Spherical roller thrust bearings</b> 	+1)	+++ ←	--	+++	+2)	←	✗	✓	✗	-	+	+	+++	+	✗	✓	✗	✗	✗

Fuente: SKF [41]

### 3.2.1.2.6. Selección del reductor

El reductor tiene que generar un par de salida mayor al momento torsor que provoca el tambor, el cual fue calculado anteriormente y es de 329,07 Nm. Se consultó en la página de SEW EURODRIVE eligiéndose un reductor cónico tipo KH47 el cual genera un par de salida máximo de 350 Nm.

En la Tabla 23 se muestran los datos generales del reductor SEW EURODRIVE. En la Figura 45 se muestran las vistas del reductor de manera general, en la 46 se observa la vista explosionada y en la 47 se detalla el despiece interno del reductor según SEW EURODRIVE. Desde la figura 48 hasta la 54 se detallan los planos del reductor.

**Tabla 23. Ficha técnica del reductor**

Ítem	Descripción
Tipo de reductor	Cónico grupo K(KH47/R/A)
Índice de reducción total	24
Par de salida Mamax	350Nm
Posición de montaje	M2B
Pintura imprimación/Capa Final	3003 Ruby (53130030)
Eje hueco	36mm
Salida permitida con carga radial n=1400	0
Cantidad de lubricante	1,3 litros
Agujero piñón	18mm
Momentos de inercia de masa en referencia al lado de entrada	$2,32 \times 10^{-4} \text{kgm}^2$
Peso	10kg
Visor de aceite	1
Válvula de salida de gases	Acero inoxidable
Unión aseguramiento	Adhesivo ensamble II
Lubricante	SEW GearOil CLP PG 150(-30/+70°C)
Retenes	2
Forma	Holgura reducida

Fuente: SEW EURODRIVE

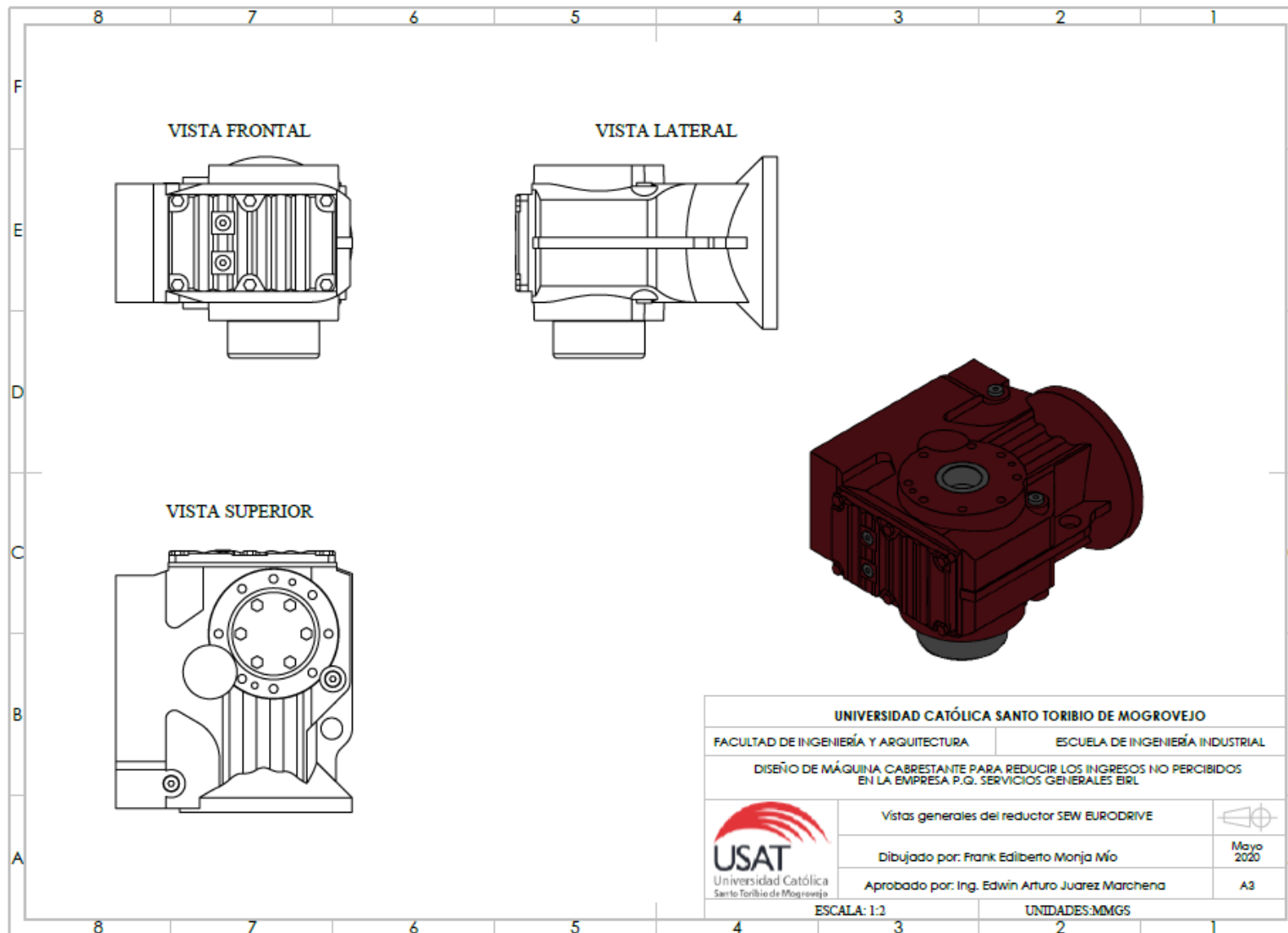


Figura 45. Vistas generales de partes principales del reductor

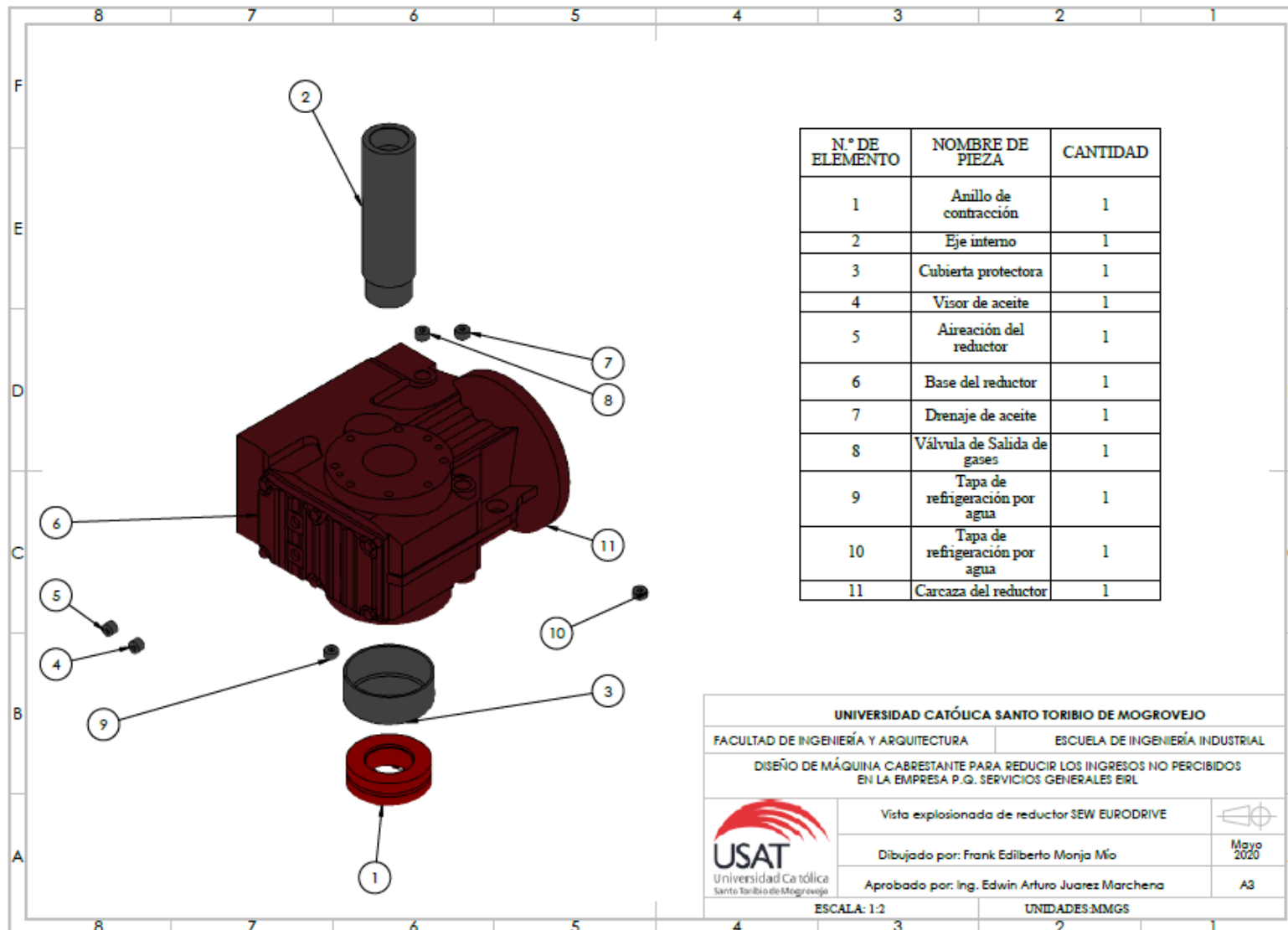
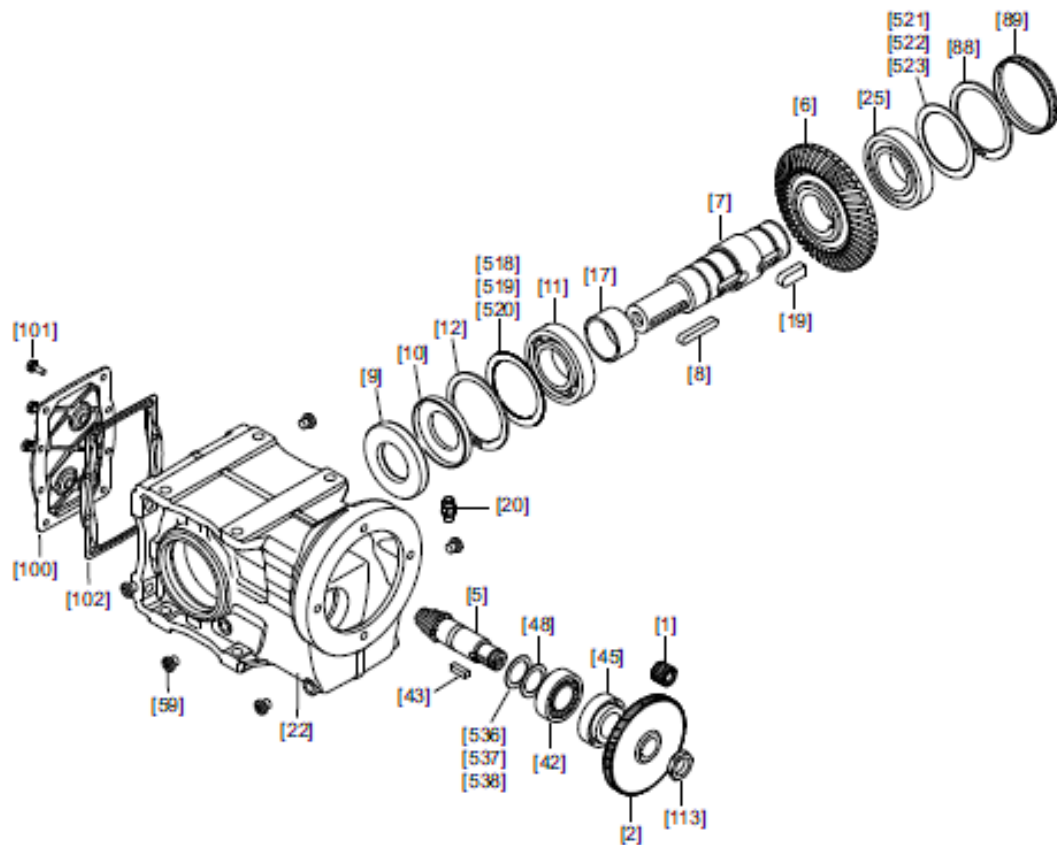


Figura 46. Vista explosionada de partes principales del reductor



14457456395

[1] Piñón	[12] Circlip	[48] Arandela de apoyo	[518] Arandela de ajuste
[2] Rueda	[17] Tubo separador	[50] Juego de piñones cónicos	[519] Arandela de ajuste
[5] Eje piñón	[19] Chaveta	[59] Tomillo de cierre	[520] Arandela de ajuste
[6] Rueda	[20] Válvula de salida de gases	[88] Circlip	[521] Arandela de ajuste
[7] Eje hueco	[22] Cubierta de inspección	[89] Capuchón	[522] Arandela de ajuste
[8] Chaveta	[25] Rodamiento de bolas acanalado	[100] Cubierta de inspección	[523] Arandela de ajuste
[9] Retén	[42] Rodamiento de rodillos cónicos	[101] Tomillo de cabeza hexagonal	[536] Arandela de ajuste
[10] Retén	[43] Chaveta	[102] Junta	[537] Arandela de ajuste
[11] Rodamiento de bolas acanalado	[45] Rodamiento de rodillos cónicos	[113] Tuerca estriada	[538] Arandela de ajuste

Figura 47. Despiece de todas las partes internas del reductor

Fuente: SEW EURODRIVE

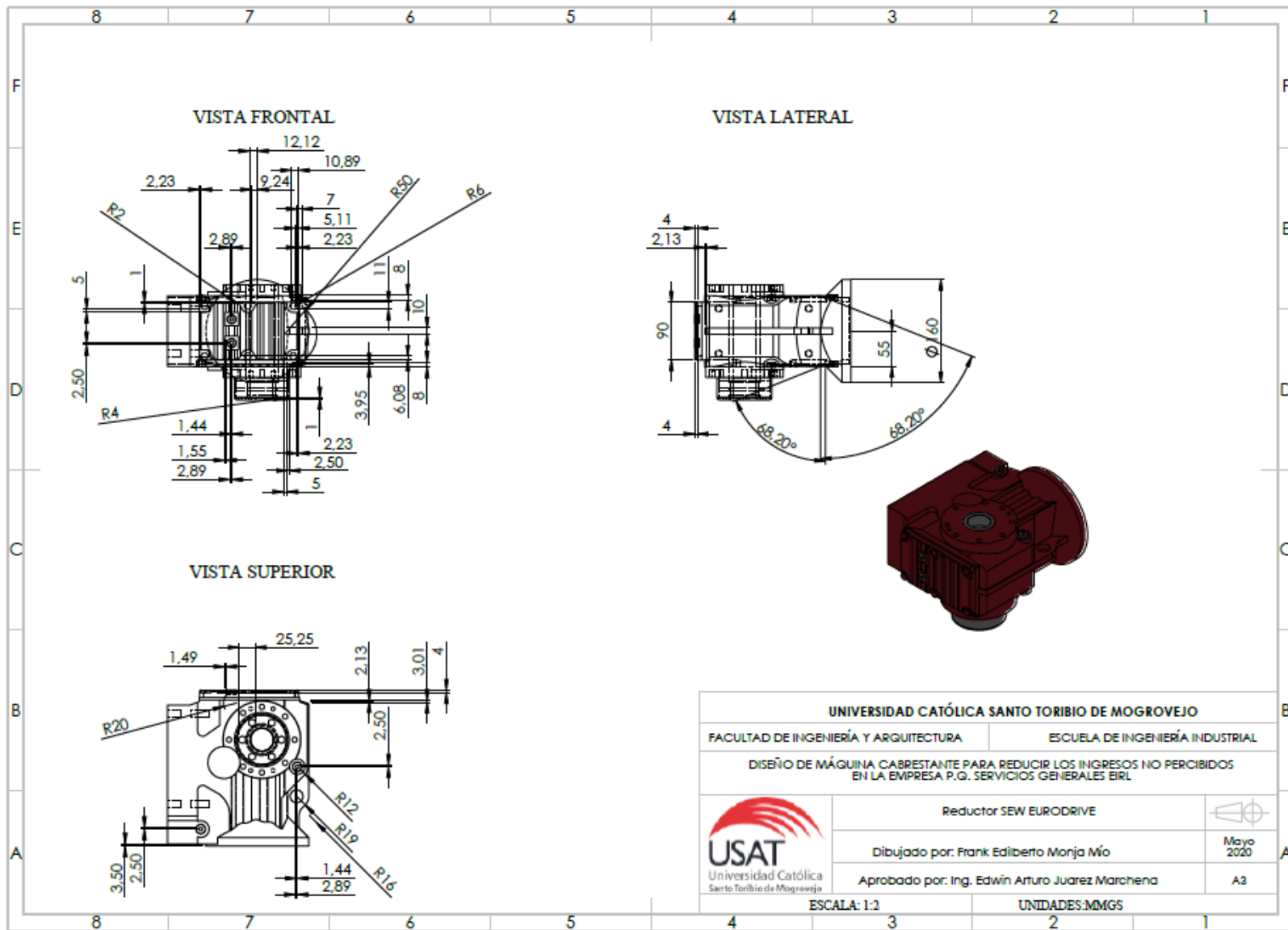


Figura 48. Plano del reductor

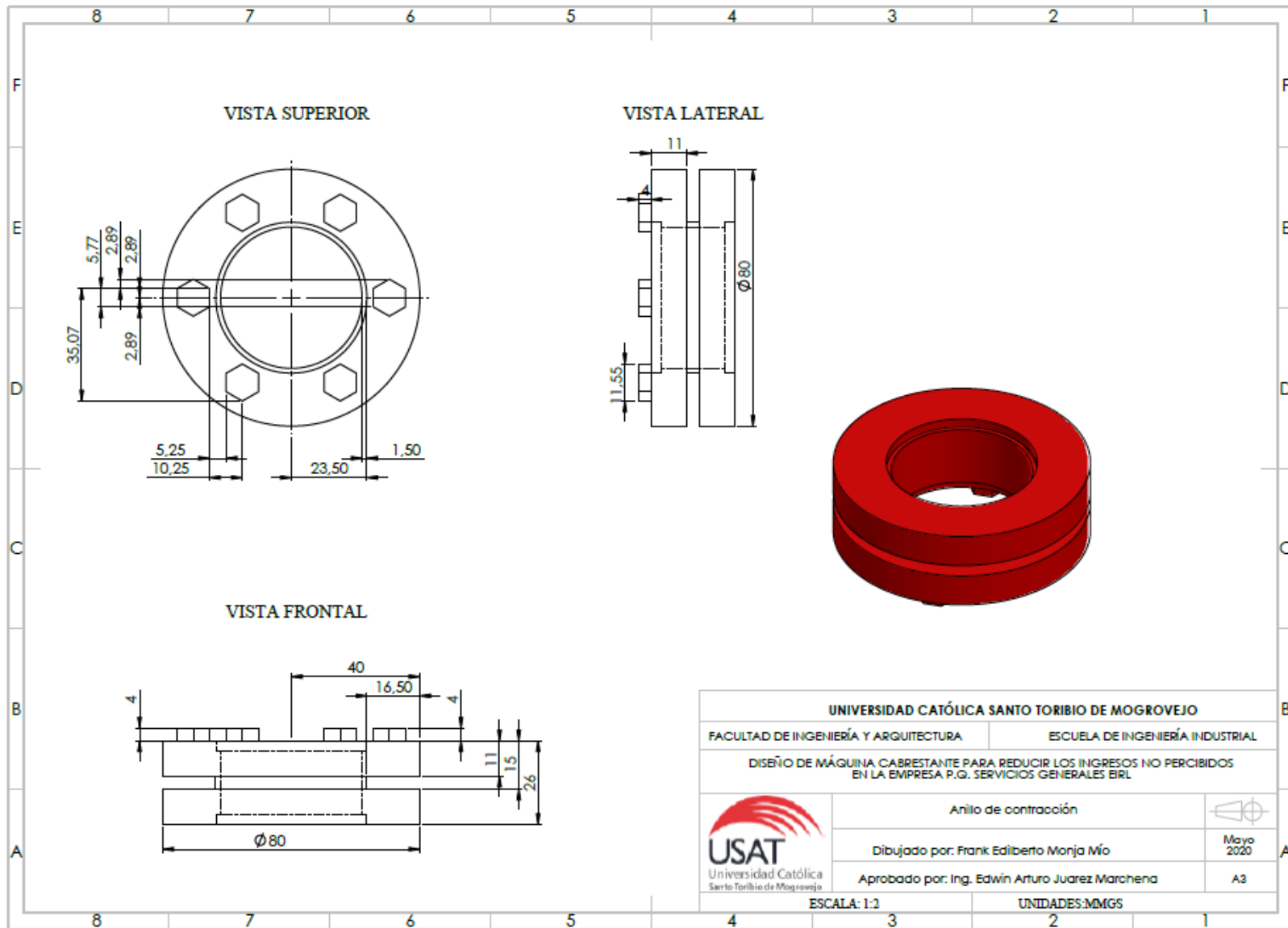


Figura 49. Plano del anillo de contracción

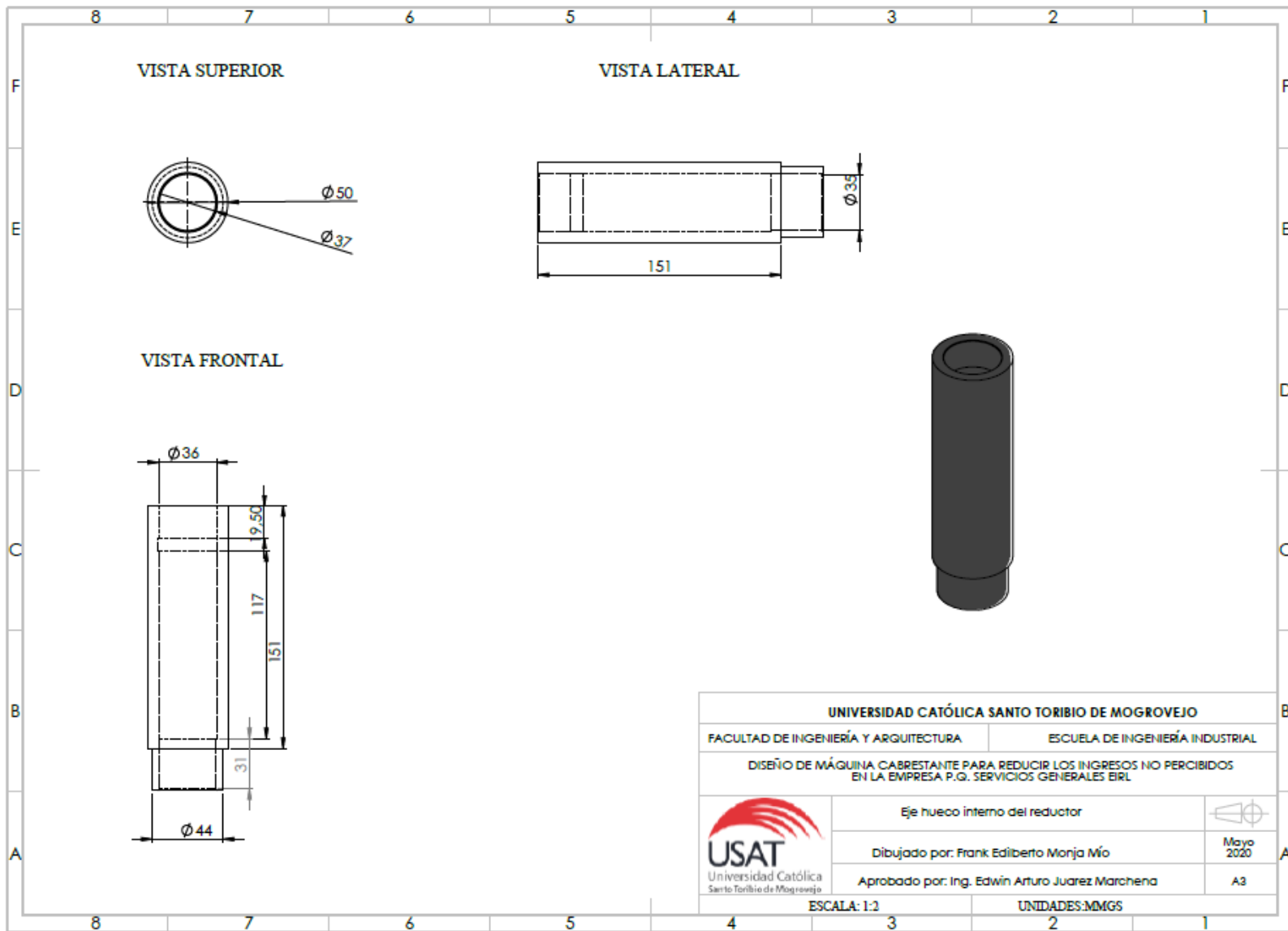


Figura 50. Plano del eje interno del reductor

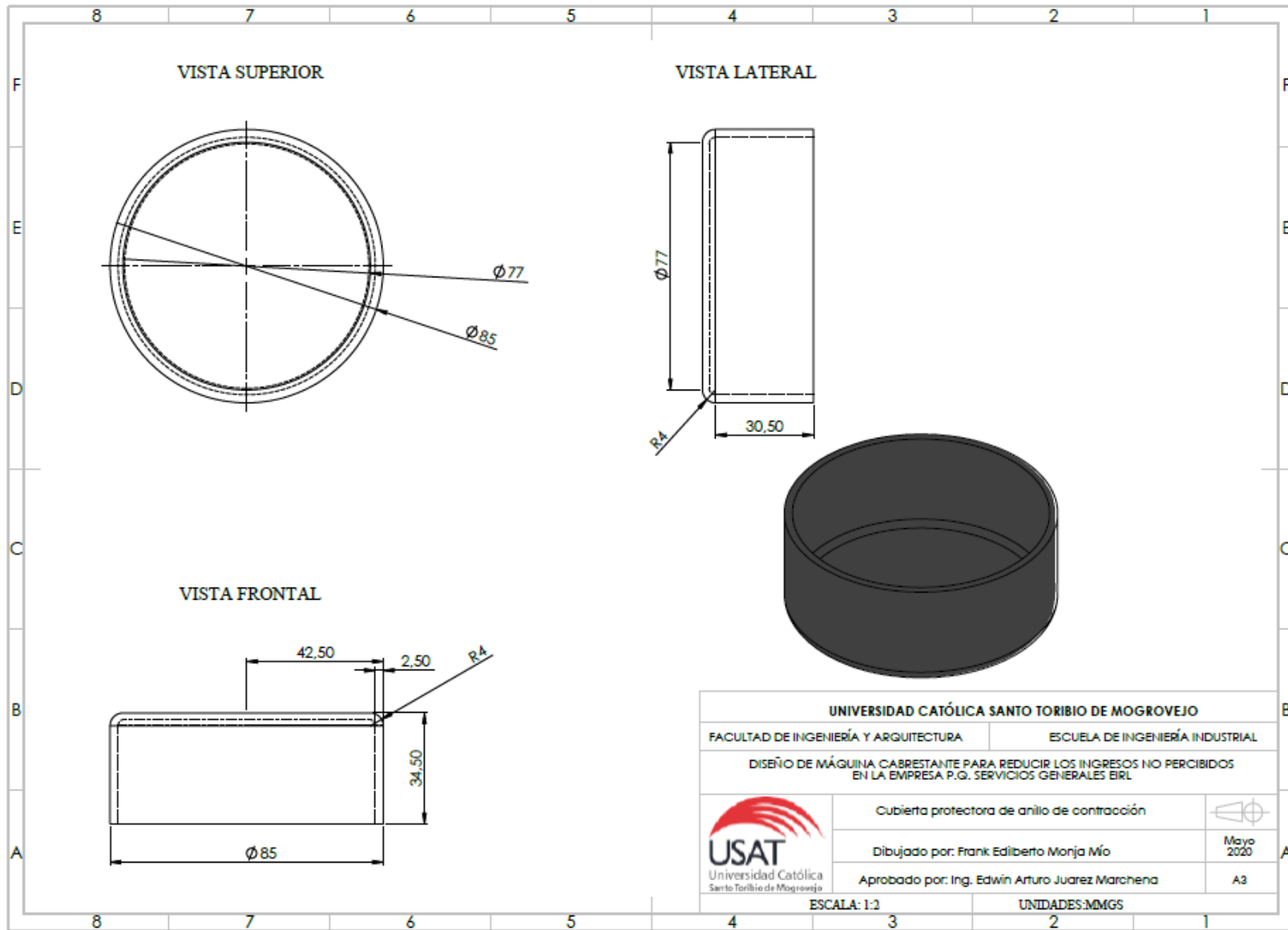


Figura 51. Plano de cubierta protectora del anillo de contracción

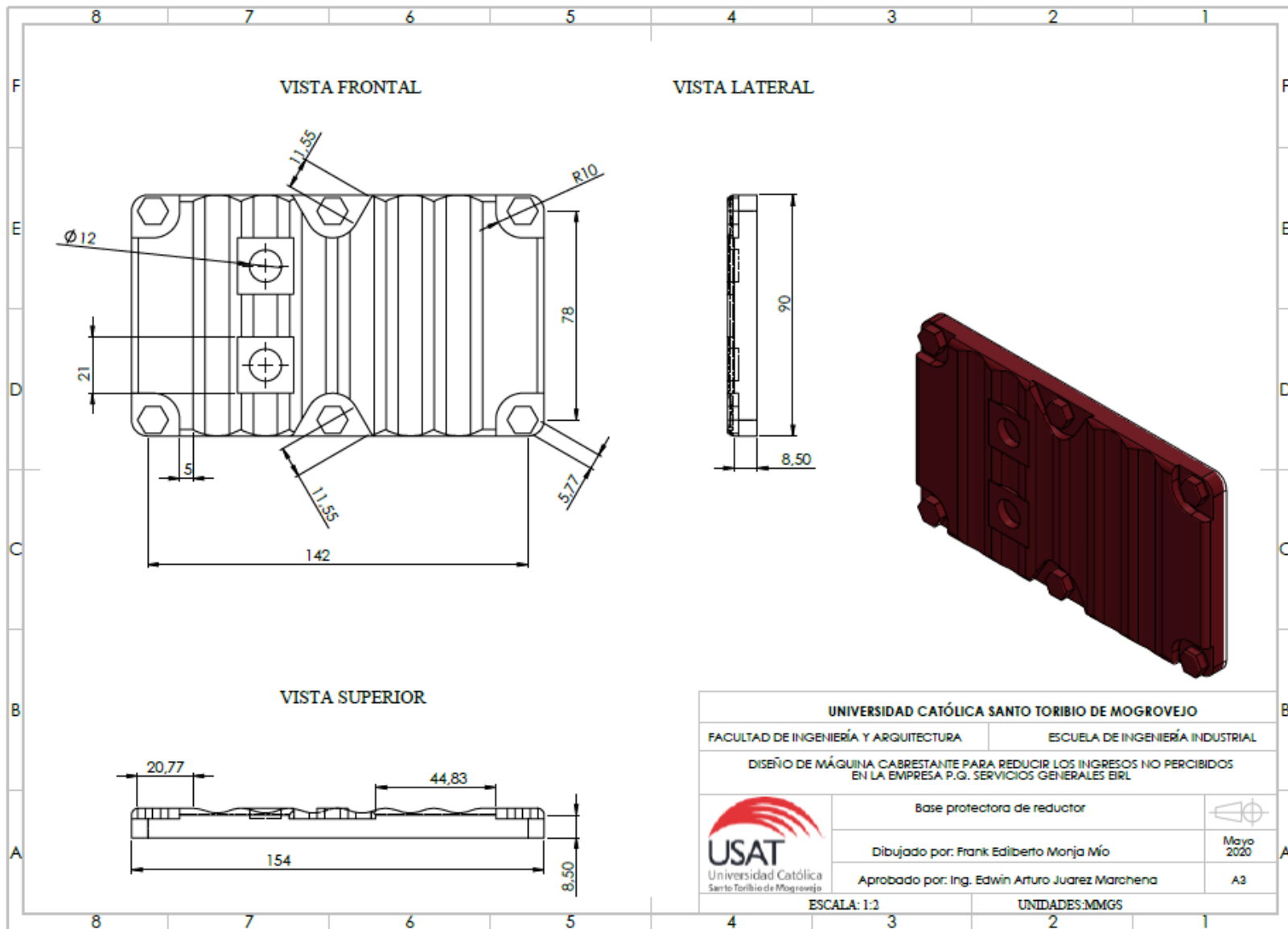


Figura 52. Plano de base protectora de carcasa

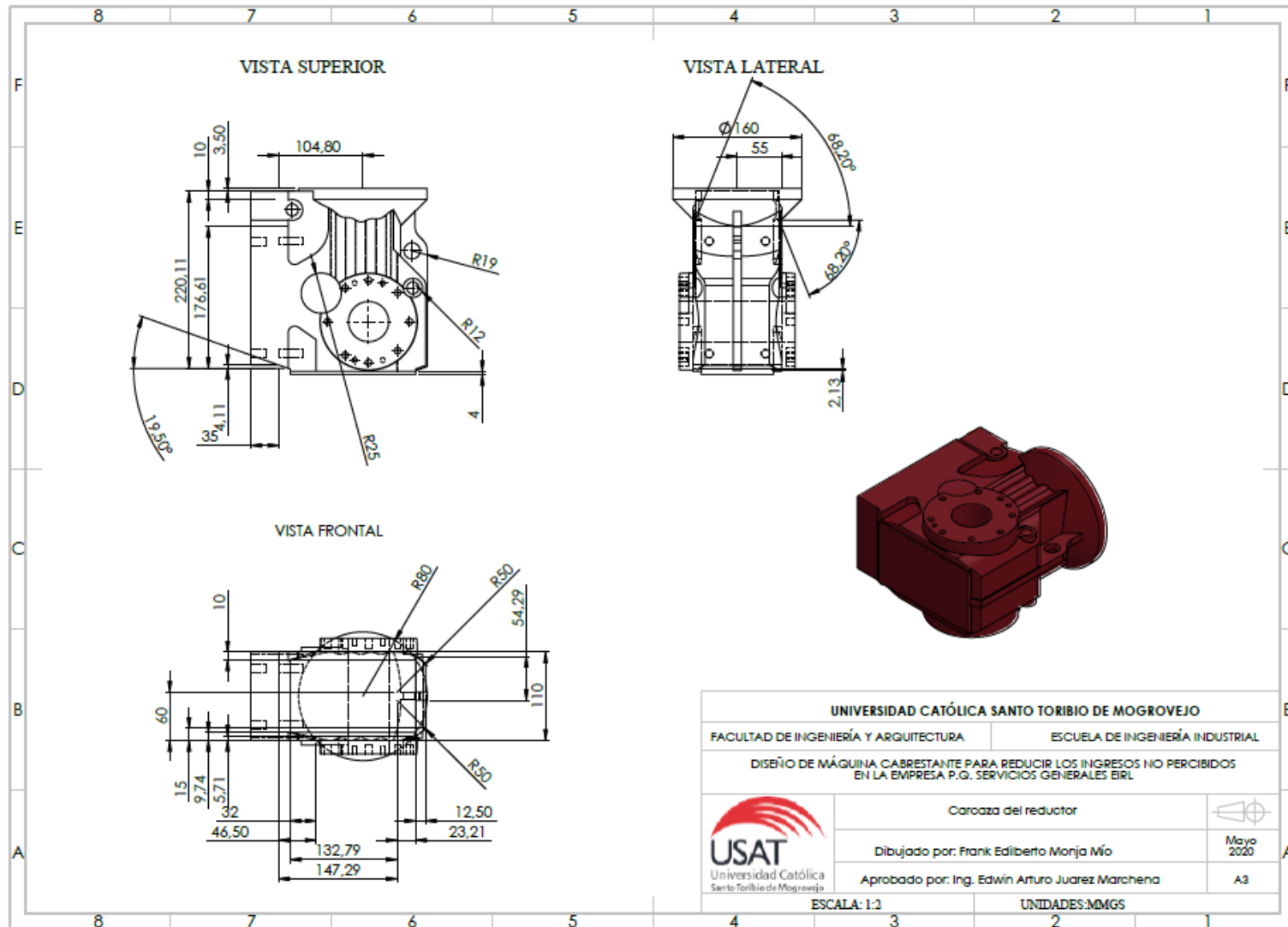


Figura 53. Plano de carcasa total del reductor

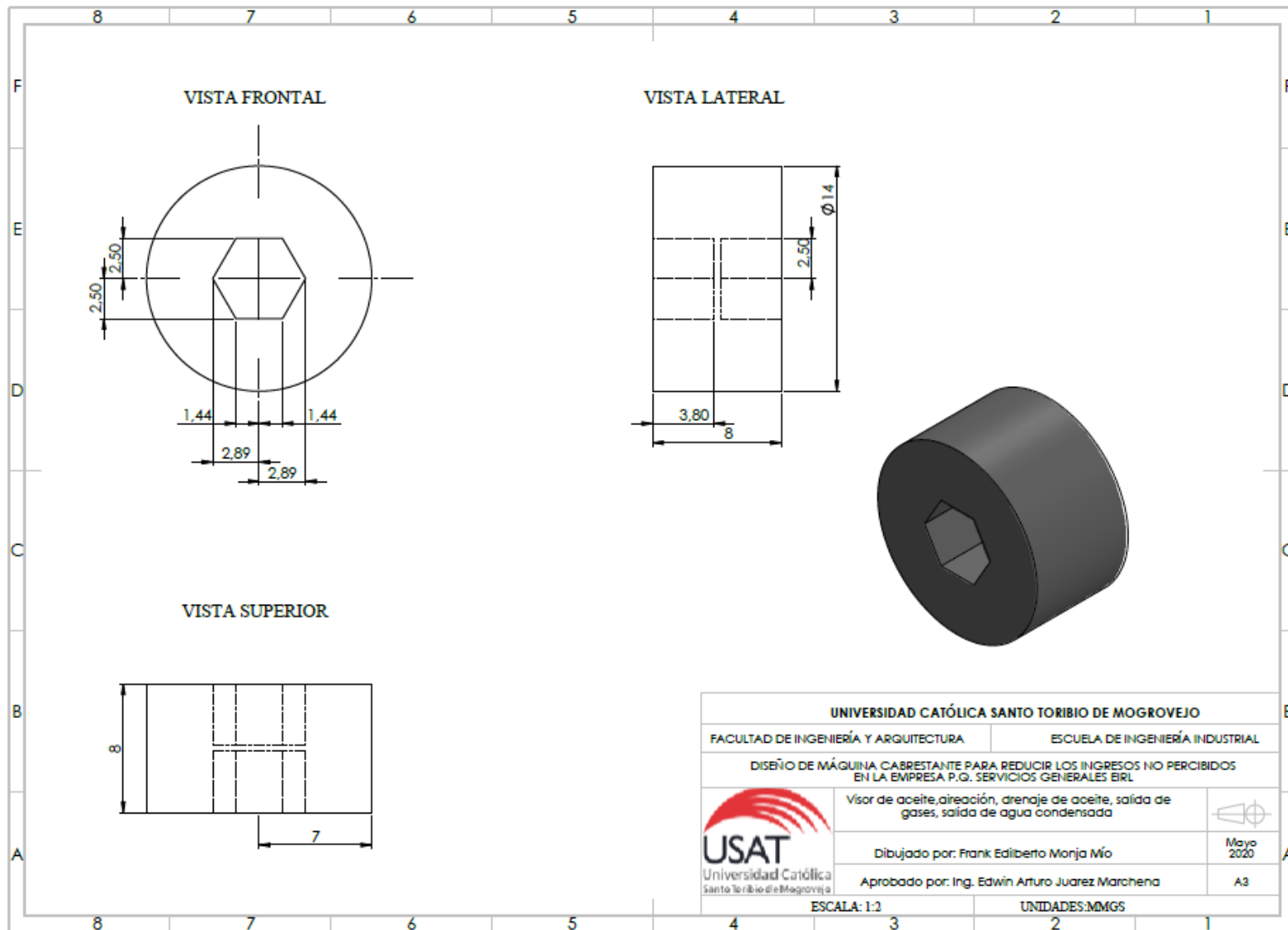


Figura 54. Plano de orificios (visor de aceite, para drenaje de aceite, salida de gases y agua condensada)

### 3.2.1.2.7. Selección del motor

Se consideró la potencia necesaria para tirar del cable hallada anteriormente la cual es de 1,034 kW. Teniendo en cuenta un factor de seguridad de 1,5 se determina que se necesita un motor de 1,551 kW. Cabe resaltar, que en una primera instancia se estableció una velocidad del tambor de 30 rpm. La relación de transmisión con respecto al reductor es de 49; por lo cual:

$$30 \text{ rpm} \times 49 = 1470 \text{ rpm}$$

Se decide elegir un motor en SEW EURODRIVE modelo DRN63MS4/BE03/HR/FM/ASE1/TH/DH de 3HP, lo cual es la potencia suficiente para mover la carga en estudio. Además, tiene una velocidad de 1500 rpm, siendo este valor cercano al que se necesita, para ajustar la velocidad a lo requerido se puede utilizar un variador de velocidad.

En la Tabla 24 se muestran los datos generales del reductor SEW EURODRIVE. En la Figura 55 se muestran las vistas del motor de manera general, en la 56 se observa la vista explosionada y en la 57 se detalla el despiece interno del motor según SEW EURODRIVE. Desde la figura 58 hasta la 64 se detallan los planos del motor.

**Tabla 24. Ficha técnica del motor**

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>
Velocidad nominal del motor	1500 rpm
Posición de montaje	M2
Pintura imprimación/Capa final	3003 Ruby (53130030)
Posición de conexión/caja de bornas	270°
Entrada de cable/ Posición del conector	X
Eje de salida	Pin del piñón 10 mm
Diámetro de la brida	FG130D160
Potencia del motor	3HP
Factor de duración	S1-100%
Clase eficiente	IE3
Eficiencia(50/75/100%Pn)	57,73%/63,7%/66%
Marcado CE	Si
Tensión del motor	230V
Esquema de conexionado	R13
Frecuencia	60 HZ
Corriente nominal	0,74A/0,43A
Cos Phi	0,58
Clase de aislamiento	155(F)
Tipo de protección del motor	IP55
Requisito de diseño	IEC
Momento de inercia de masa del motor	$3,64 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$
Peso	5kg
Par de frenado	2,1Nm
Voltaje del freno	230V
Control de freno	BG (rectificador simple, Freno BE03-Freno de disco

Fuente: SEW EURODRIVE

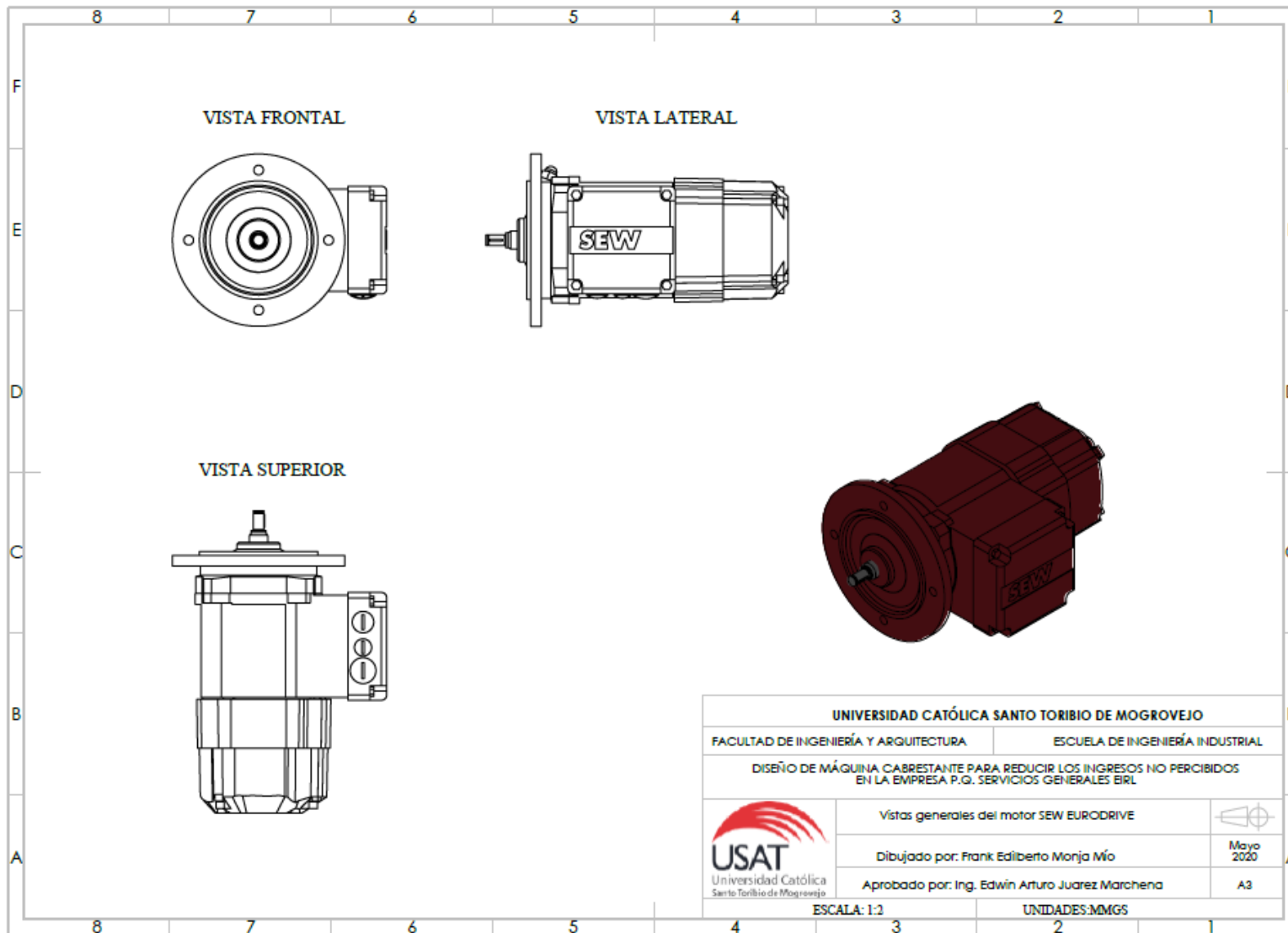


Figura 55. Vistas generales de partes principales del motor

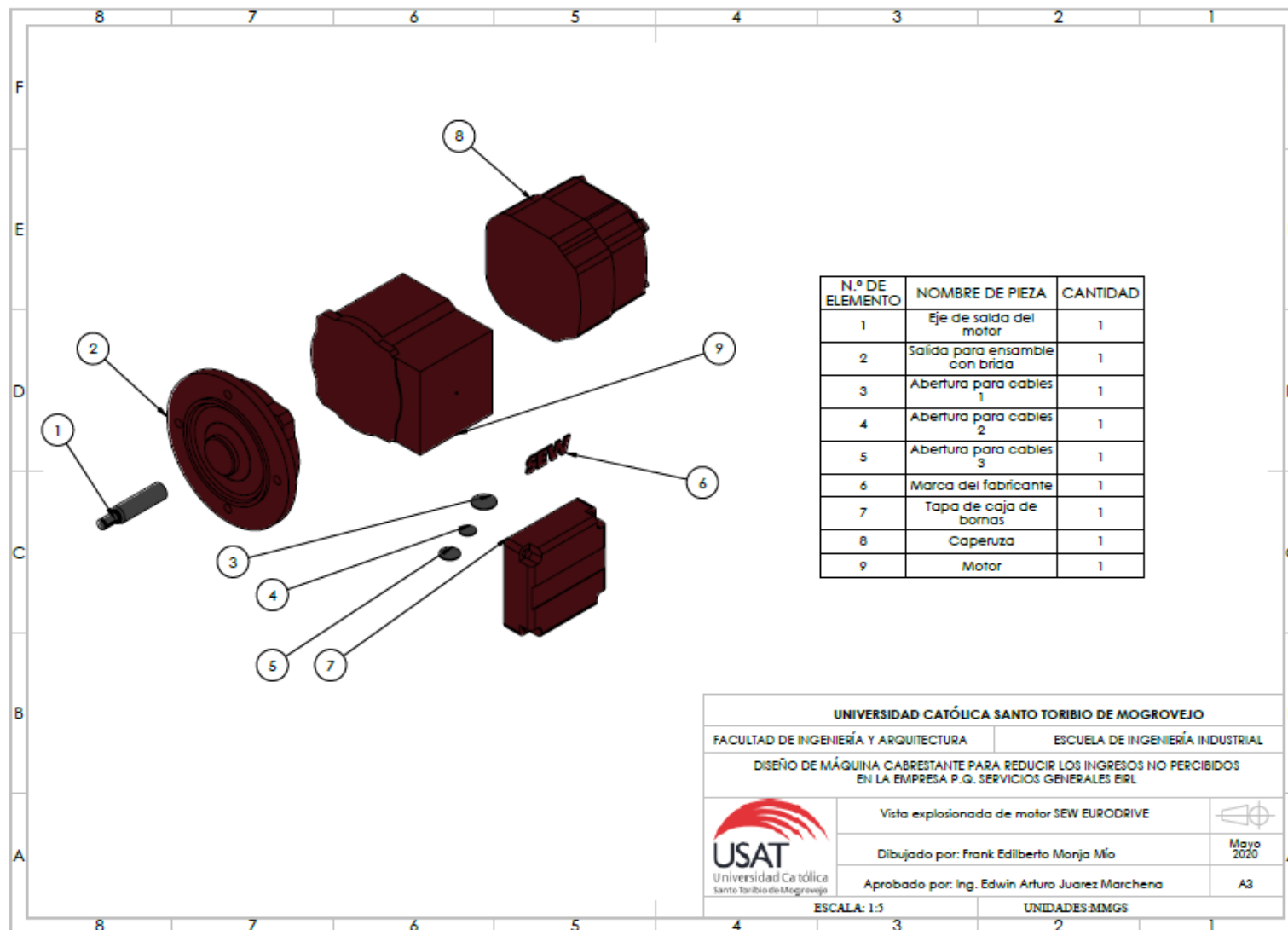
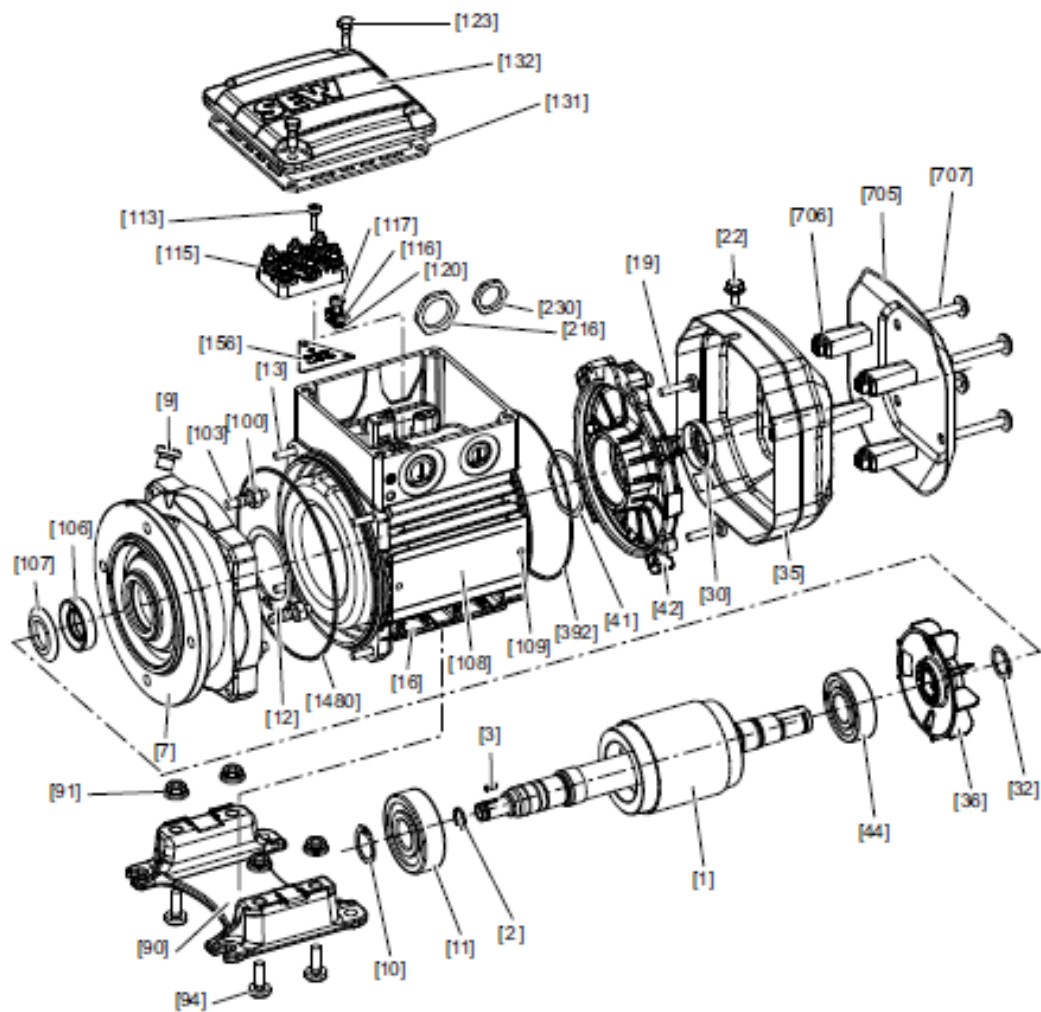


Figura 56. Vista explosionada de partes principales del motor



22297409803

[1]	Rotor	[22]	Tomillo de cabeza hexagonal	[100]	Tuerca hexagonal	[123]	Tornillo de cabeza hexagonal
[2]	Circloip	[30]	Retén	[103]	Espárrago	[131]	Junta para la tapa
[3]	Chaveta	[32]	Circloip	[106]	Retén	[132]	Tapa de la caja de bornas
[7]	Placa de cojinete abridada	[35]	Caperuza del ventilador	[107]	Deflector de aceite	[156]	Etiqueta de Información
[9]	Tomillo de cierre	[36]	Ventilador	[108]	Placa de características	[216]	Tuerca hexagonal
[10]	Circloip	[41]	Arandela de ajuste	[109]	Remache estriado	[230]	Tuerca hexagonal
[11]	Rodamiento de bolas acanalado	[42]	Brida lado B	[113]	Tomillo de cabeza cilíndrica	[392]	Junta tórica
[12]	Circloip	[44]	Rodamiento de bolas acanalado	[115]	Cuadro de bornas	[705]	Tapa protectora
[13]	Tomillo de cabeza cilíndrica	[90]	Placa base	[116]	Estribo de sujeción	[706]	Espaciador
[16]	Estator	[91]	Tuerca hexagonal	[117]	Tomillo de cabeza plana	[707]	Tornillo de cabeza hexagonal
[19]	Tomillo alomado	[94]	Tomillo de cabeza plana	[120]	Placa de soporte	[1480]	Junta tórica

Figura 57. Despiece interno de motor

Fuente: SEW EURODRIVE

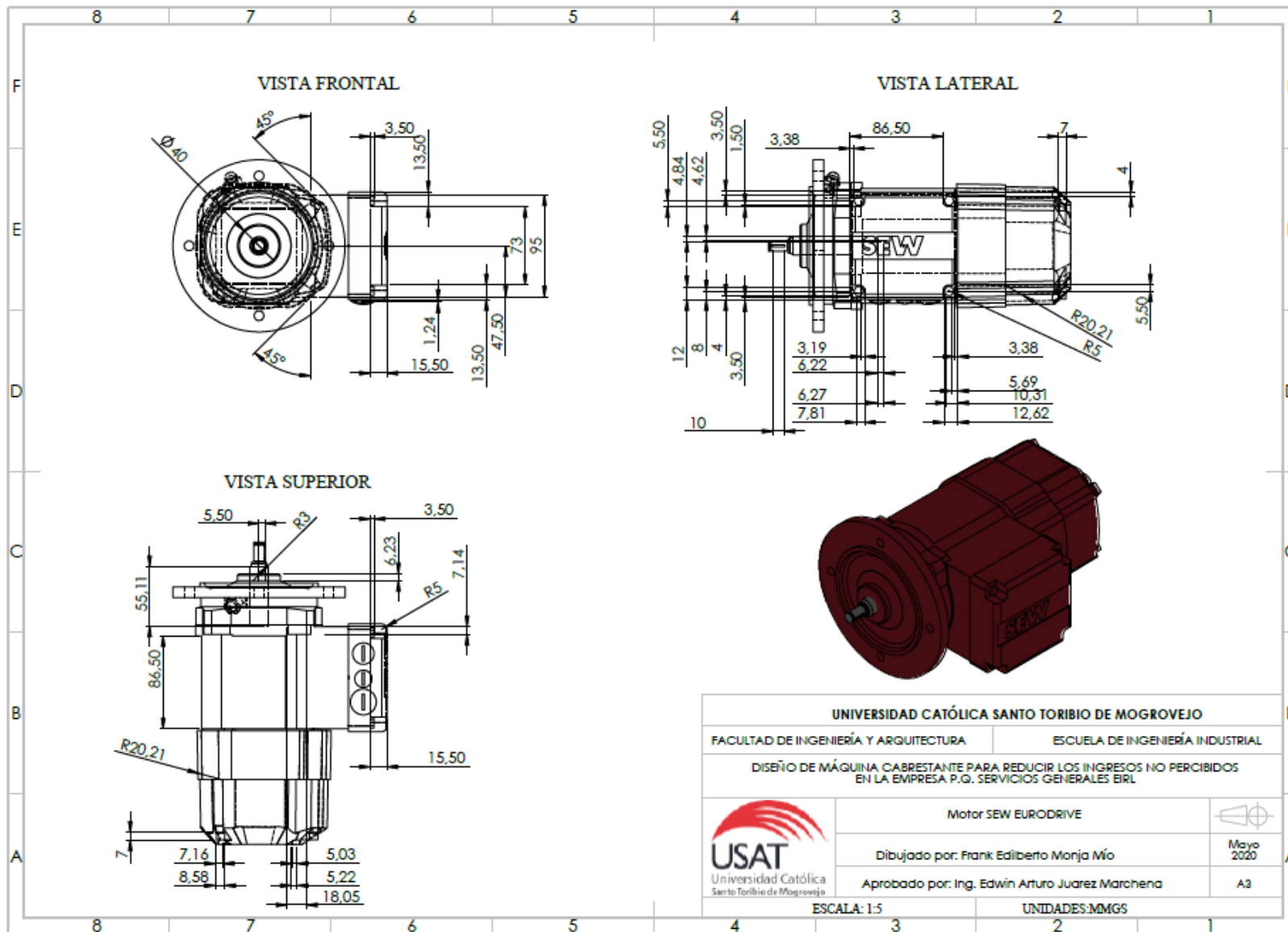


Figura 58. Despiece interno de motor

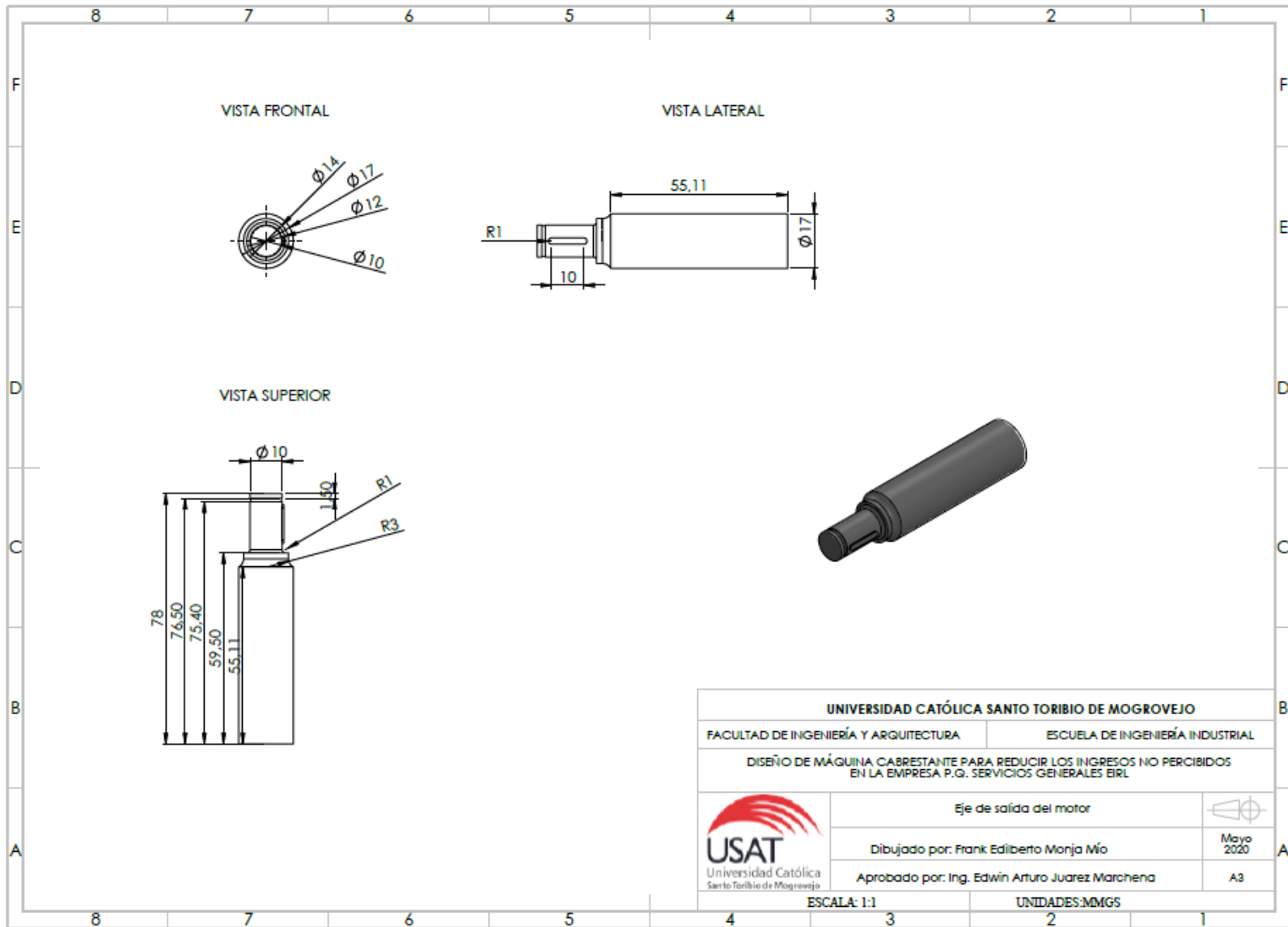


Figura 59. Plano del eje de salida del motor

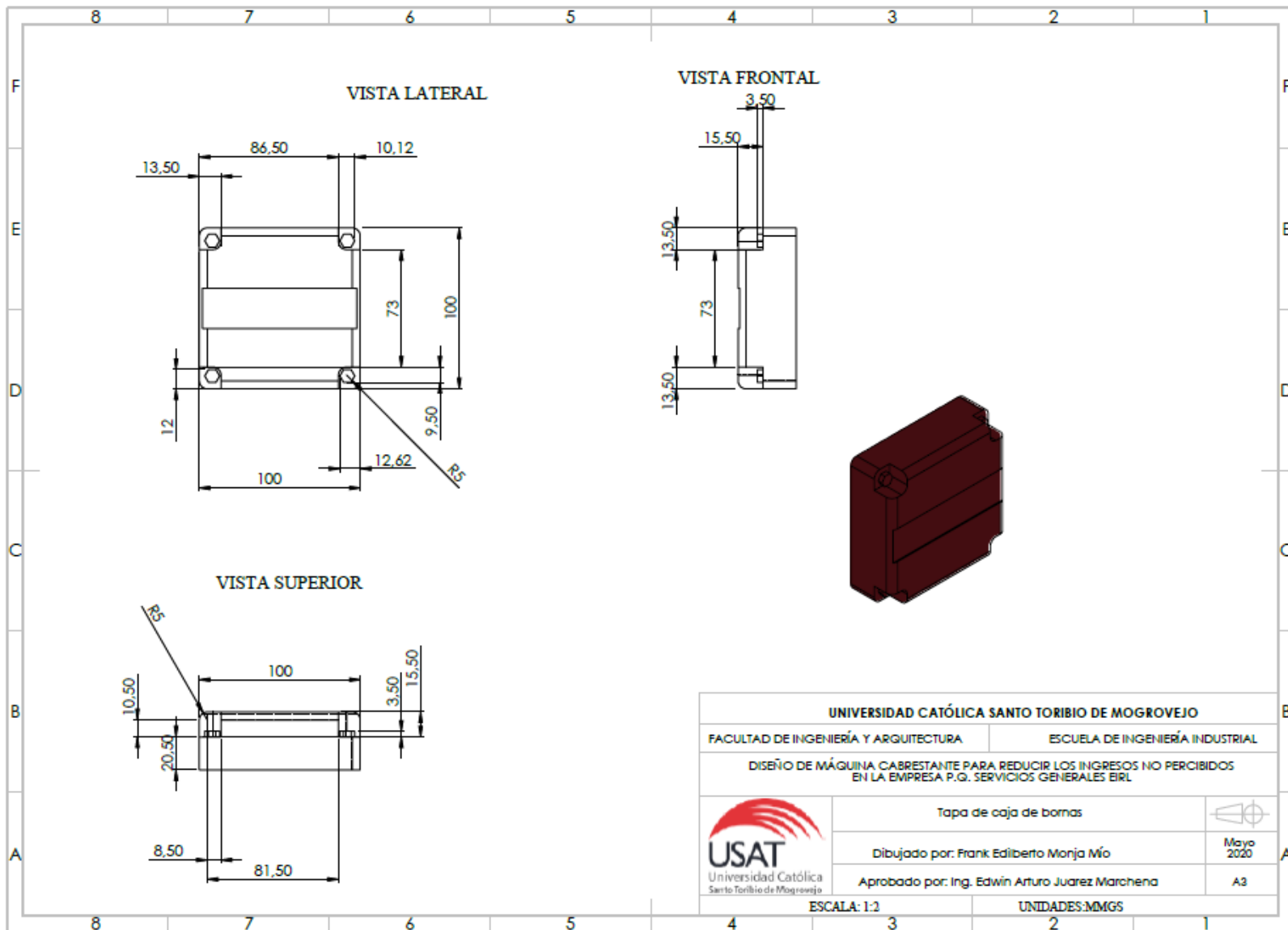


Figura 60. Plano de Tapa de caja bombas

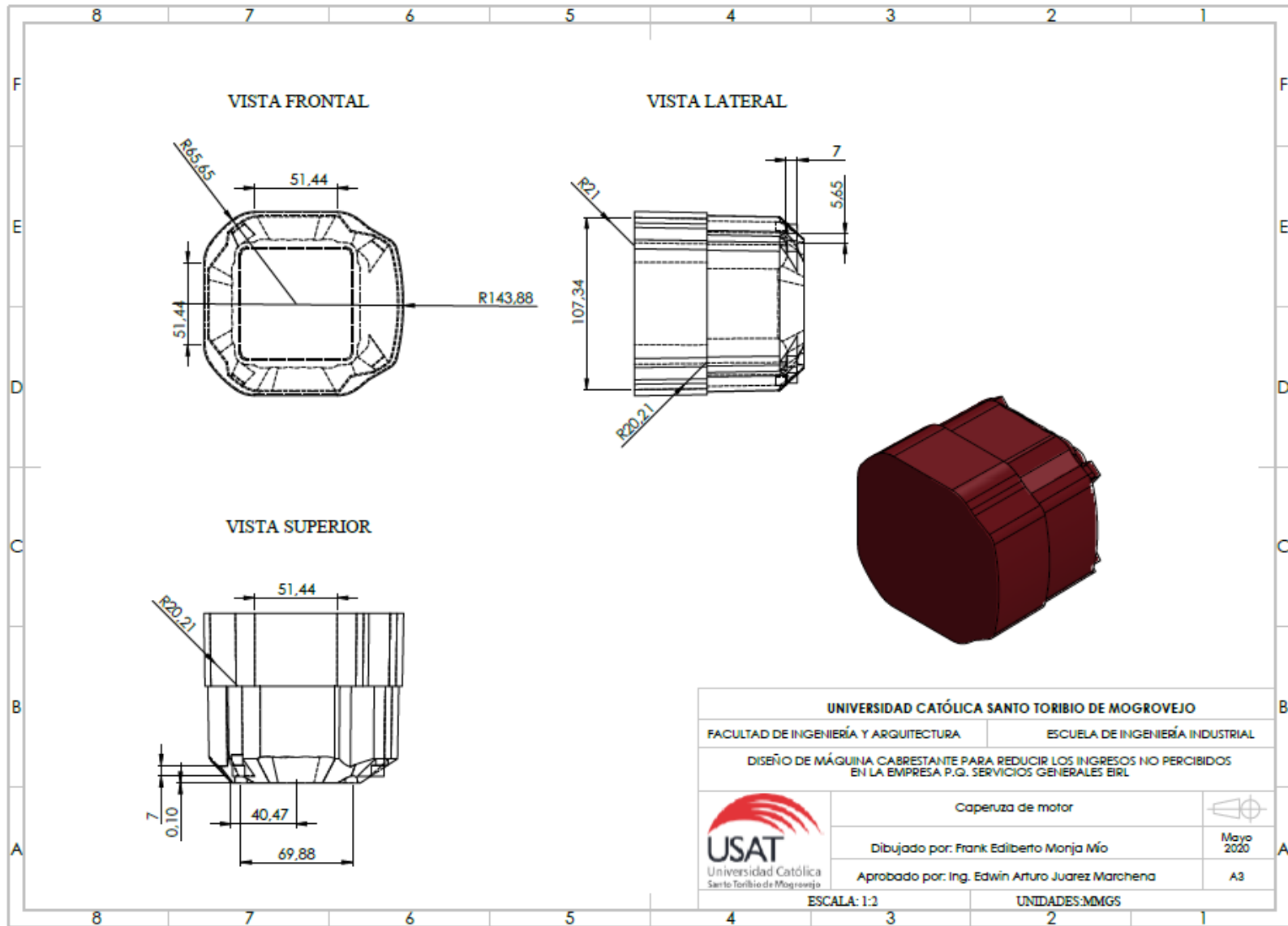


Figura 61. Plano de la caperuza

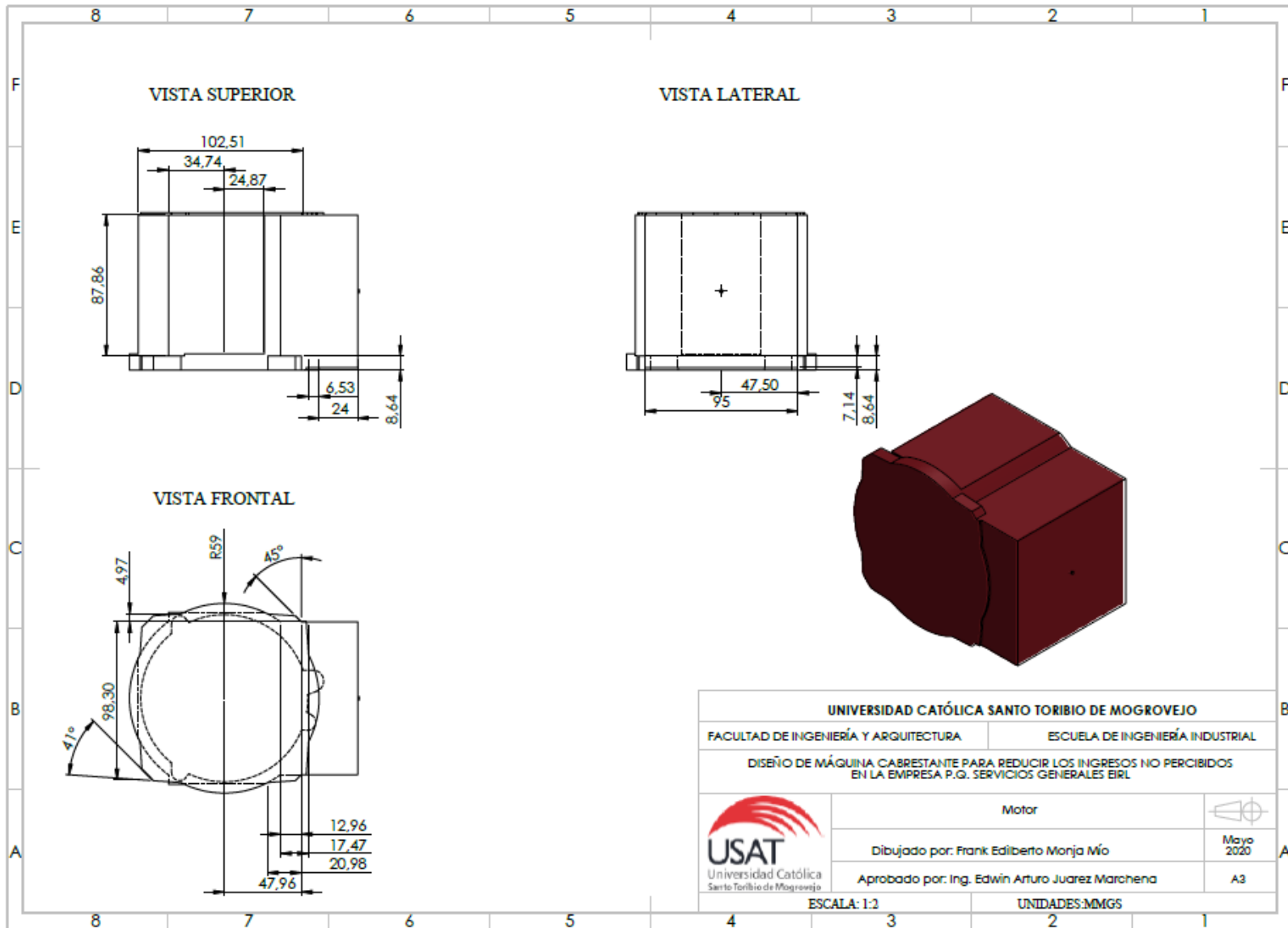


Figura 62. Plano del motor

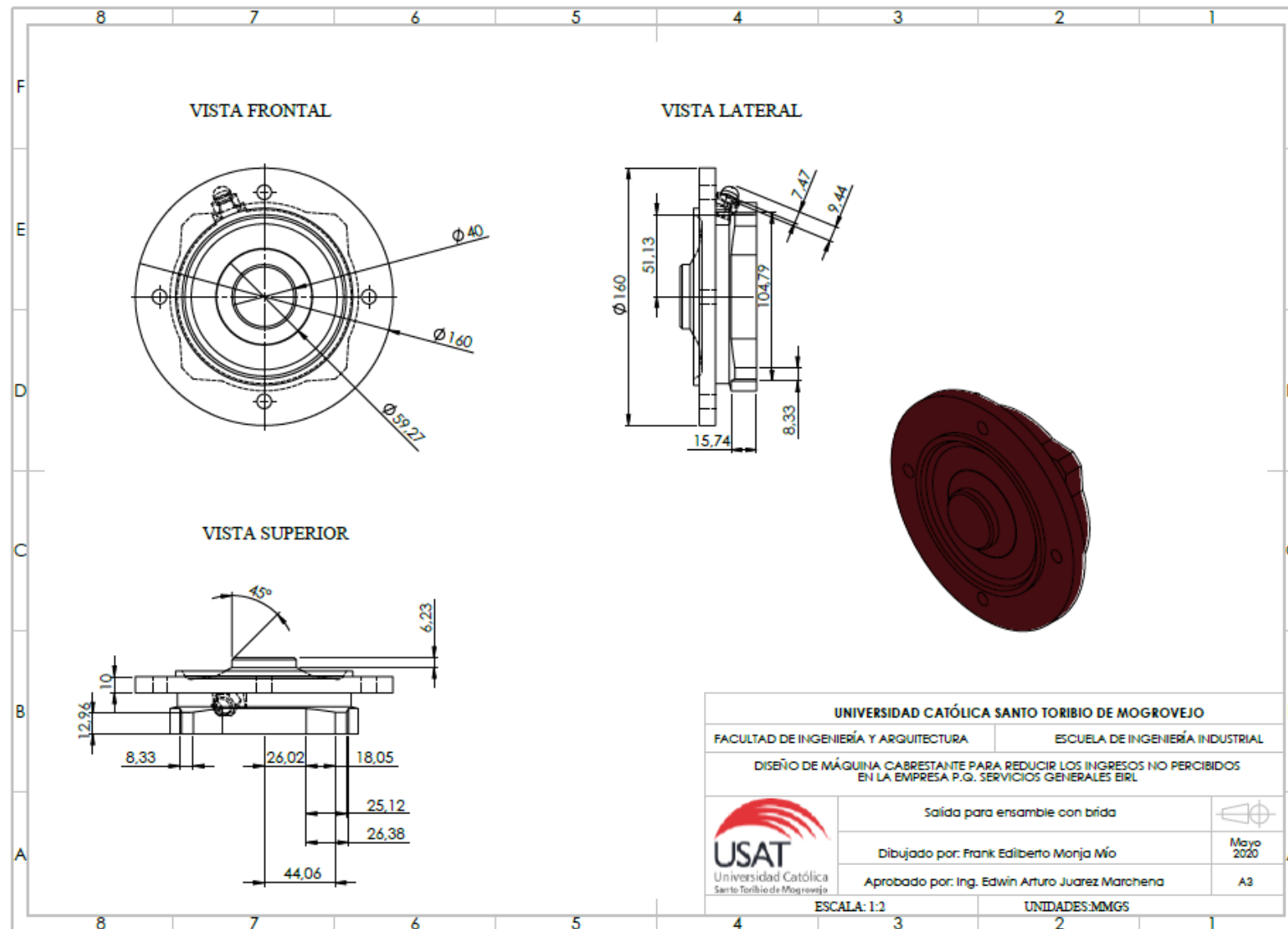


Figura 63. Plano de salida para ensamble con brida

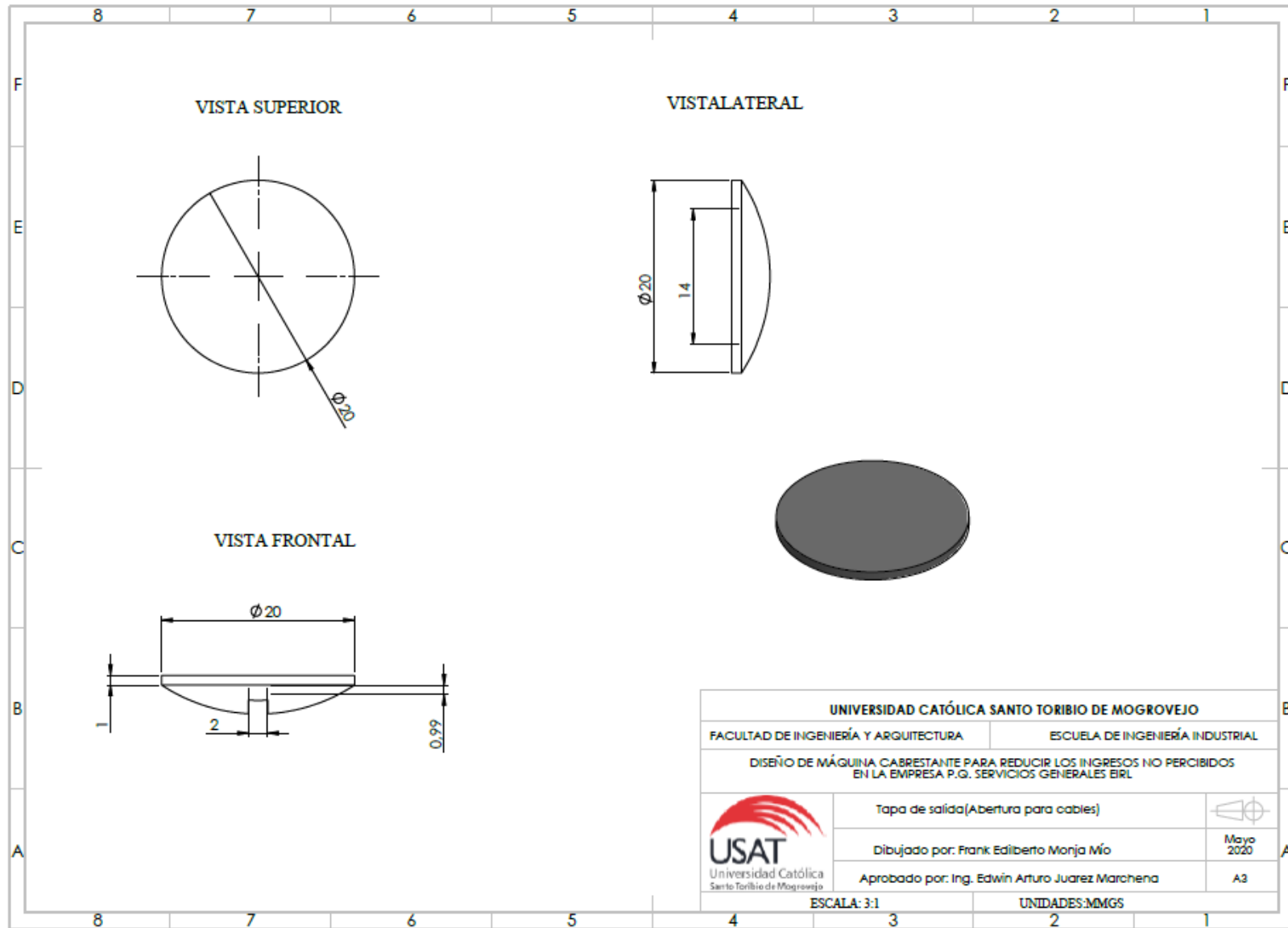


Figura 64. Plano de abertura para cables (tapa sellada)

### 3.2.1.2.8. Dimensionamiento de sistema de sujeción

#### a) Consideraciones generales

La máquina cabrestante deberá ser instalada de manera constante en el poste cada vez que se realice la instalación del cable coaxial, en la Tabla 25 se muestran las dimensiones del poste.

**Tabla 25. Datos técnicos de poste eléctrico**

Descripción	Unidad	Valor requerido	Valor garantizado
Fabricante			TPCH
Proceso de fabricación		NTP 330.027	NTP 330.027
Longitud Total	m	7	7
Carga de trabajo	daN	200	200
Diámetro de la punta	mm	120	120
Diámetro de la base	mm	225	225
Conicidad	mm/m	15	15
Tipo de cemento		MS o Tipo II	MS
Relación agua-cemento		$\leq 0,45$	$\leq 0,45$
Curado		$> 8$ días	$> 8$ días
Varillas		Según NTP 330.027	Según NTP 330.027

Fuente: Tubos y Postes Chiclayo S.R.L

El poste tiene forma cilíndrica en casi toda su longitud, por lo que para poder fijar la máquina se necesita que el sistema de sujeción tenga forma cilíndrica, partiendo de ese razonamiento se diseña el sistema de sujeción compuesto por: tornillo deslizable, mandíbula deslizando, base, barra para roscar, remache estriado con cabeza redonda, perilla, plancha deslizando, rácor soldable, anillo de seguridad, tornillo de cabeza hexagonal M10 y tuerca hexagonal M10.

En la Figura 65 se muestran las vistas del sistema de sujeción a poste de manera general, en la 66 se observa la vista explosionada. Desde la figura 79 hasta la 88 se detallan los planos del sistema.

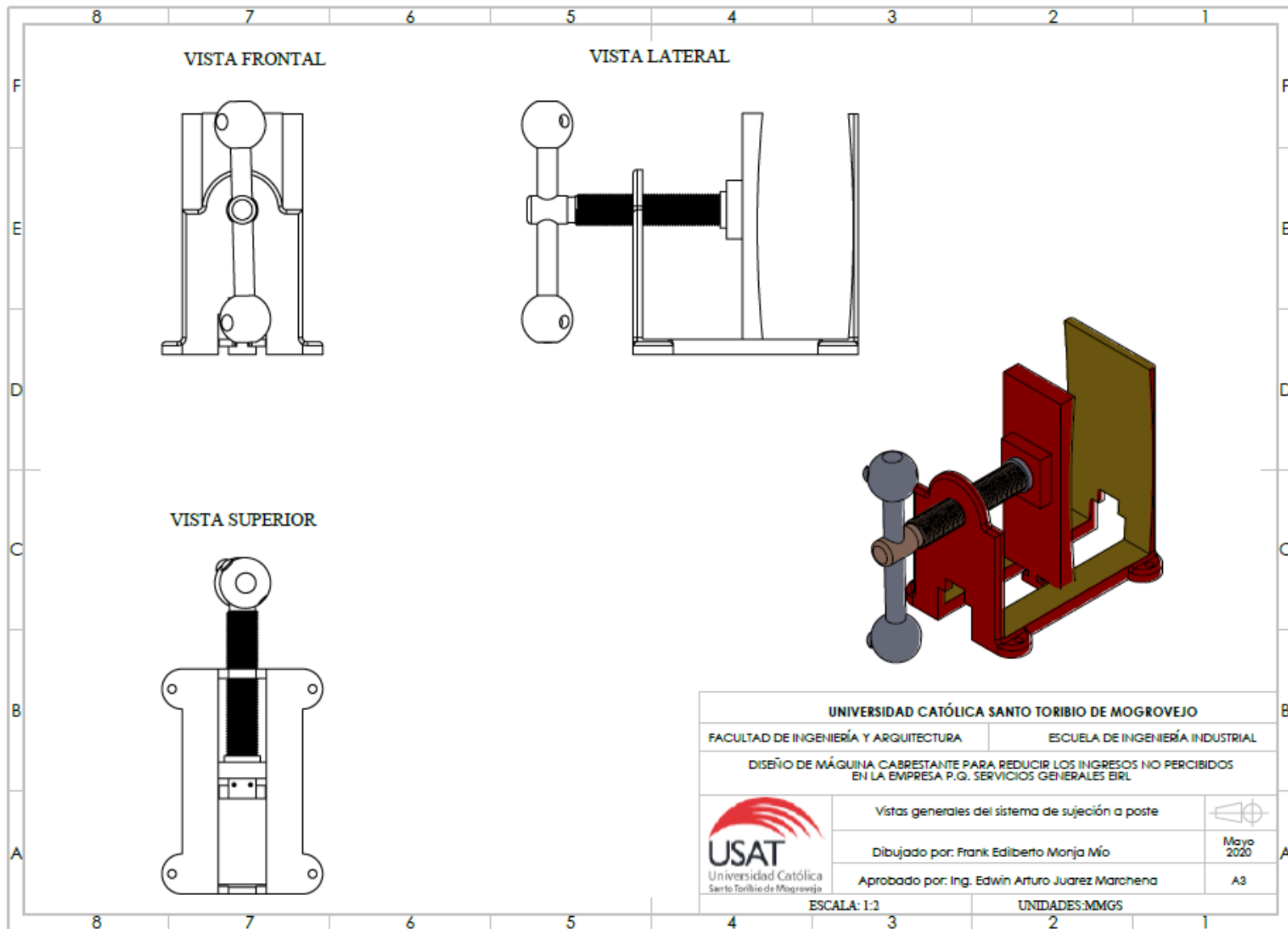


Figura 65. Vistas principales del sistema de sujeción

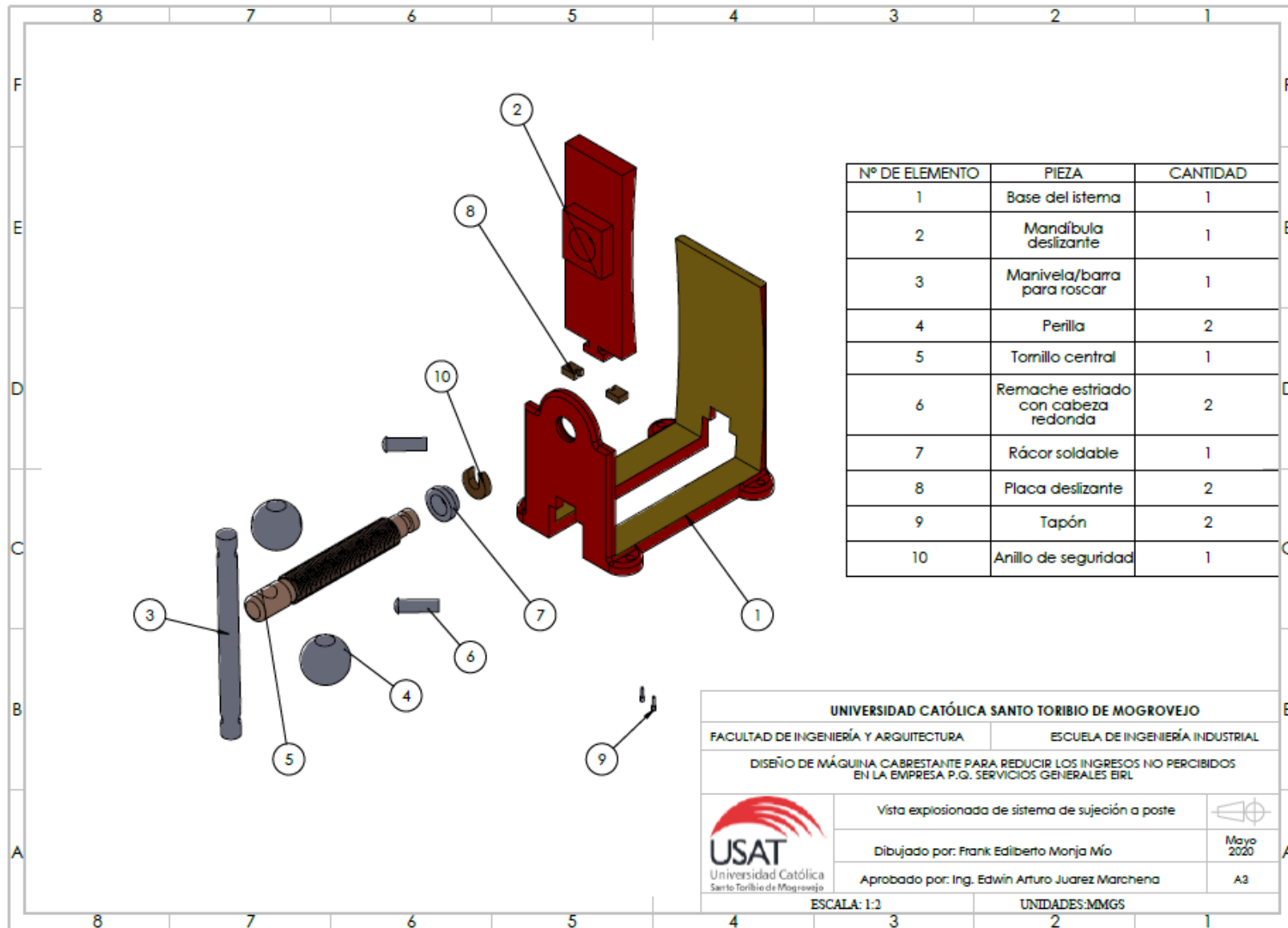


Figura 66. Vista explosionada del sistema de sujeción a poste

**Tabla 26. Lista de materiales para el sistema de sujeción**

Ítem	Descripción
1	Plancha de acero estructural 9mmx1200mmx2400mm calidad ASTM A36
2	Plancha de acero estructural 12mmx1200mmx2400mm calidad ASTM A36
3	Plancha de acero estructural 16mmx1200mmx2400mm calidad ASTM A36
4	Plancha de acero estructural 20mmx1200mmx2400mm calidad ASTM A36
5	Plancha de acero estructural 25mmx1200mmx2400mm calidad ASTM A36
6	Barra redonda calibrada de 1 3/8" SAE 1045 de 1 metro de largo
7	Barra redonda calibrada de acero de 1" calidad 1022 de un metro de largo
8	Barra redonda calibrada de acero de 2 1/2" calidad 1022 de un metro de largo
9	Remache estriado con cabeza redonda 8mm
10	Rácor soldable 45mm diámetro
11	Tornillo de cabeza hexagonal M10
12	Tuerca hexagonal M10.
13	Tapón

Fuente: Elaboración propia

Además de los materiales nombrados en la Tabla 26, el uso de accesorios y herramientas serán asumidos por la empresa que elaborará el sistema de sujeción, por ello no se consideran en el costo total de la máquina.

Para la construcción de la base, la mandíbula deslizante, placa deslizante se deben seguir los siguientes procesos de manufactura

- **Corte:** Las planchas de acero estructural deberán ser cortadas a las medidas especificadas en los planos presentados para realizar las piezas de este sistema en el Anexo 4.2
- **Pulido:** El material cortado debe ser pulido para un mejor acople a las estructuras.

- **Taladrado:** En base a los planos especificados en el Anexo 4.2, se deberá taladrar los agujeros que permitirán el pase del tornillo principal, así como de la base para empotrarlo a la base del reductor.
- **Pintado:** El fabricante utilizará anticorrosivo y esmalte color rojo para las piezas.

Para la construcción del tornillo principal que servirá para ejercer presión sobre el poste, se deben seguir los siguientes procesos de manufactura:

- **Estirado o trefilado:** Este proceso se hará debido a que el diámetro que se requiere es de 50,5mm y el del material es de 50,8mm se procederá hacer un estirado hasta lograr ese diámetro. La máquina a utilizar puede ser una trefiladora.
- **Corte troquelado:** Se hace con el objetivo de obtener la cantidad de material necesaria para fabricar un producto. Cabe resaltar que la máquina que se puede utilizar es una prensa neumática, hidráulica y excéntrica.
- **Laminado de cuerdas:** Con este proceso se logra hacer los hilos en el producto, cabe resaltar que se utilizan dos dados en los cuales se coloca la parte que se quiere hacer hilos y se someten a fuerzas de compresión.
- **Centrado:** Es una guía para el posterior taladrado el diámetro dependerá del fabricante. La máquina a utilizar puede ser una fresadora, trae consigo la función taladrar.
- **Taladrado:** El fabricante puede utilizar una fresadora. Al igual que el centrado, la diferencia está en que el diámetro de la broca del centrado es más pequeño que la del taladrado definitivo.

Teniendo las piezas se procede a realizar el ensamble, se debe tener mucho cuidado y asegurarse de que las piezas encajen en el lugar correcto. Finalmente se hace una inspección final para corroborar que se han seguido todos los pasos, y que todo esté dentro de las especificaciones.

## a) Análisis estático de piezas críticas

### - Tornillo

Para determinar la longitud del tornillo se consideró el diámetro del poste utilizado en la instalación de cable coaxial el cual es de 225 mm en la base. Sabiendo el diámetro máximo del poste se establece la longitud total del tornillo en 278 mm debido a que tendrá un conector, la mandíbula deslizante y el anillo de seguridad.

Esta parte de la máquina será uno de los más perjudicados por el peso de la misma y del torque que causará el tambor cuando esté en movimiento, por lo que es necesario verificar que soportará estas cargas. El peso del motor es de 5 kg, el del reductor es de 10 kg, el del tambor es de 15kg y el de la base es de 13,8 kg. El peso total que debe soportar es de 38,8 kg.

Se utilizó el material acero 1045 y se sometió a cargas de 50 kg, 80 kg y 120 kg.

#### • Aplicando carga de 50 kg

Con la carga de 50 kg el esfuerzo máximo al cuál es sometido el material es de 169 686 416 N/m<sup>2</sup>, siendo este valor muy inferior al valor del límite elástico por lo que no habrá fallas (Ver Figura 67).

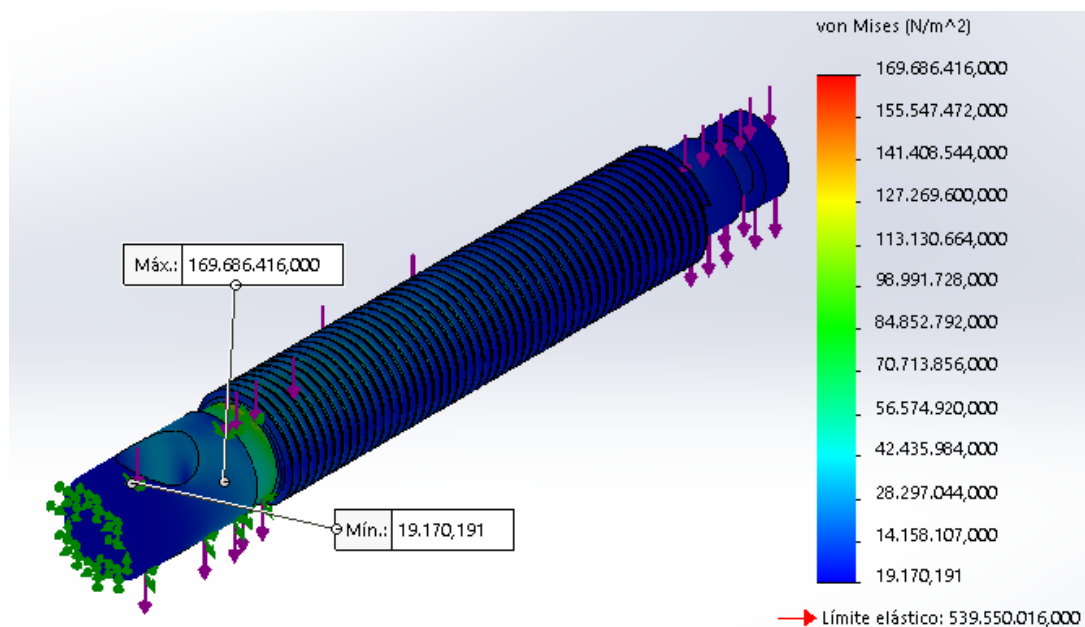


Figura 67. Tensiones por Von Mises aplicando una carga de 50 kg

Fuente: Elaboración propia

El factor de seguridad mínimo es de 3,180; un valor muy aceptable en el diseño debido a que es superior a la unidad, por lo que se puede asegurar que no tendrá ningún inconveniente en soportar dicha carga. (Ver figura 68)

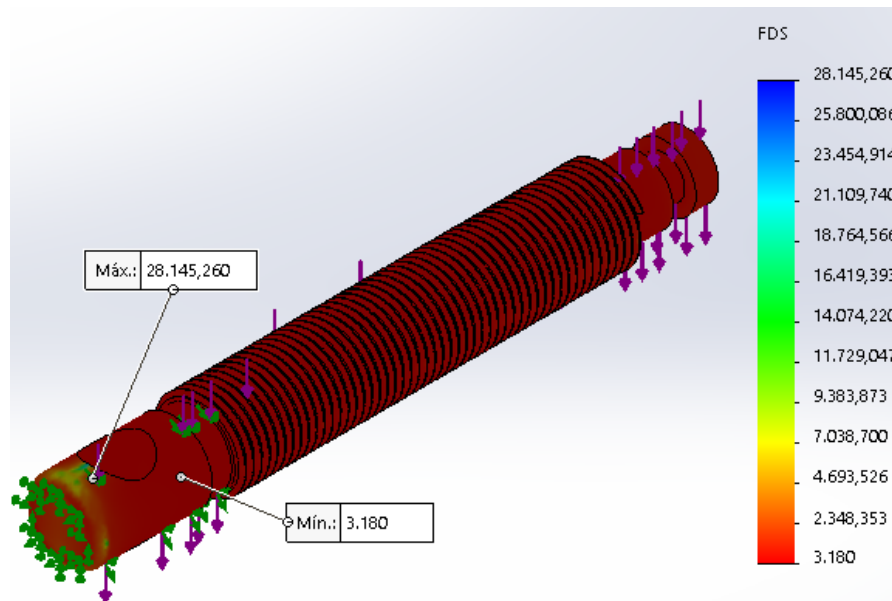


Figura 68. Factor de seguridad para una carga de 50 kg

Fuente: Elaboración propia

•Aplicando carga de 80 kg

El esfuerzo máximo al que está sometido es de 271 649 248 N/m<sup>2</sup>, este valor es inferior al límite elástico el cual supera los 539 millones de N/m<sup>2</sup>, por lo que el material sigue sin tener problemas en soportar la fuerza aplicada. (Ver figura 69)

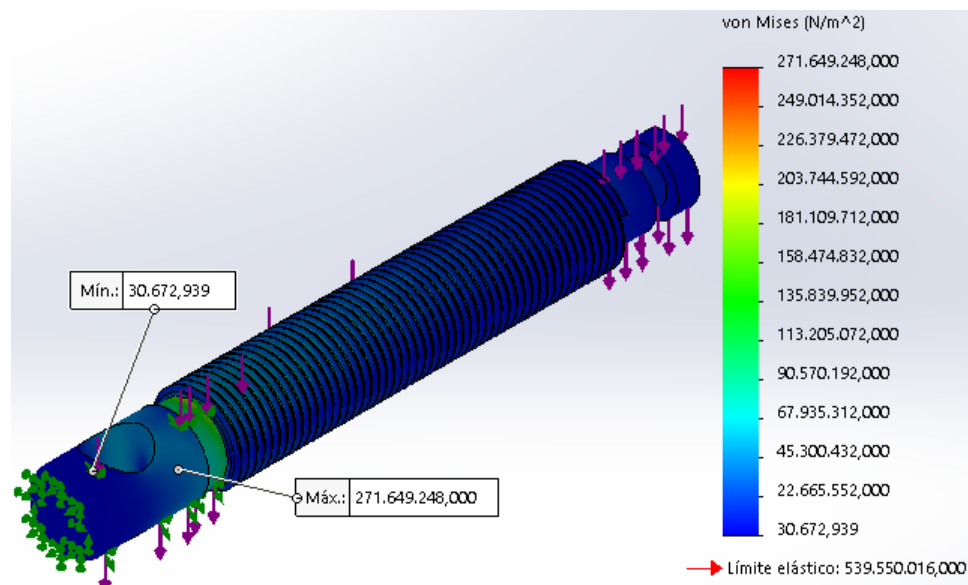


Figura 69. Tensiones por Von Mises aplicando una carga de 80 kg

Fuente: Elaboración propia

El factor de seguridad mínimo es de 2; este valor es superior a la unidad, por lo que podemos decir que el diseño es correcto para soportar una carga de 80 kg. (Ver figura 70)

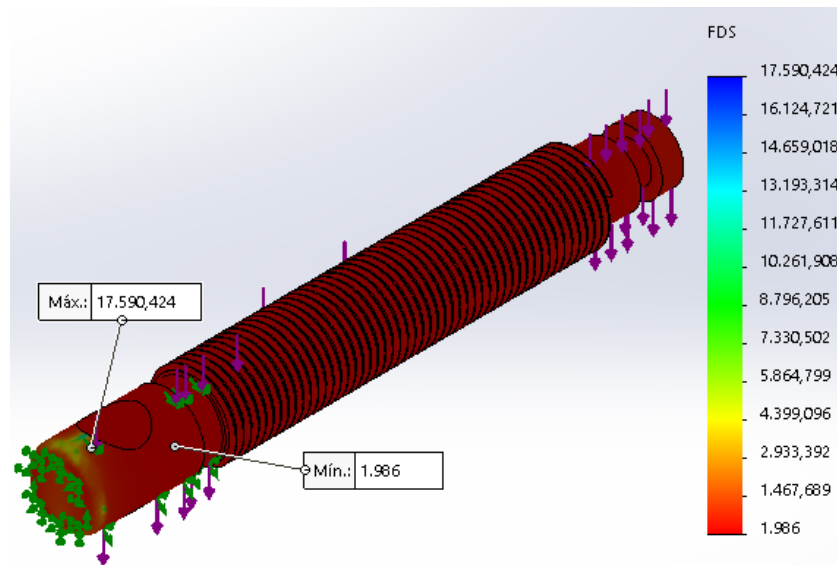


Figura 70. Factor de seguridad aplicando una carga de 80 kg

Fuente: Elaboración propia

• **Aplicando carga de 120 kg**

El esfuerzo máximo alcanzado por el perno es de 253 116 496 N/m<sup>2</sup>, este valor sigue siendo inferior al límite elástico por lo que podemos reafirmar que el diseño del tornillo soportará sin problemas las cargas impuestas por la máquina cabrestante cuando sea sujeta al poste. Es más, puede soportar cargas mayores a 120 kg (Ver figura 71).

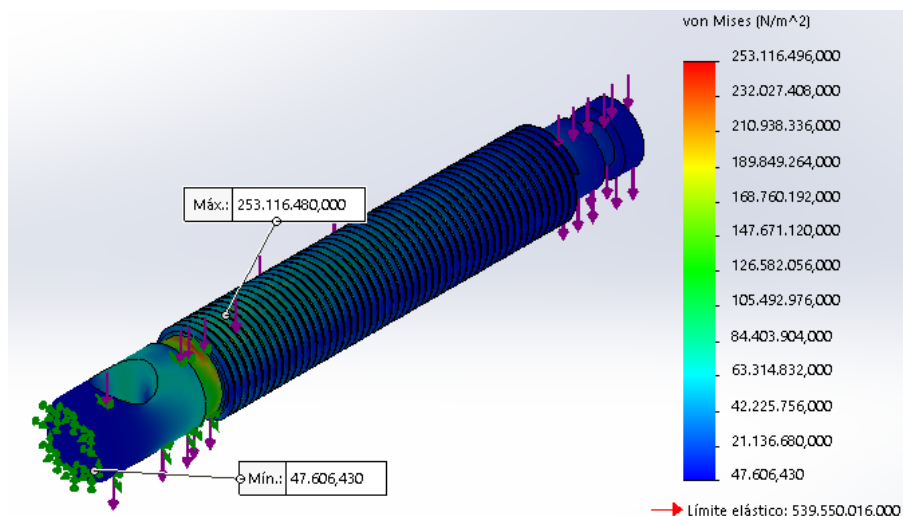


Figura 71. Tensiones por Von Mises aplicando una carga de 120 kg

Fuente: Elaboración propia

El factor de seguridad cuando se aplica la carga de 120 kg es de 2,1; es un valor que aún se encuentra por encima de la unidad por lo que el tornillo no tendrá ningún inconveniente en soportar las cargas anteriormente mencionadas (Ver figura 72)

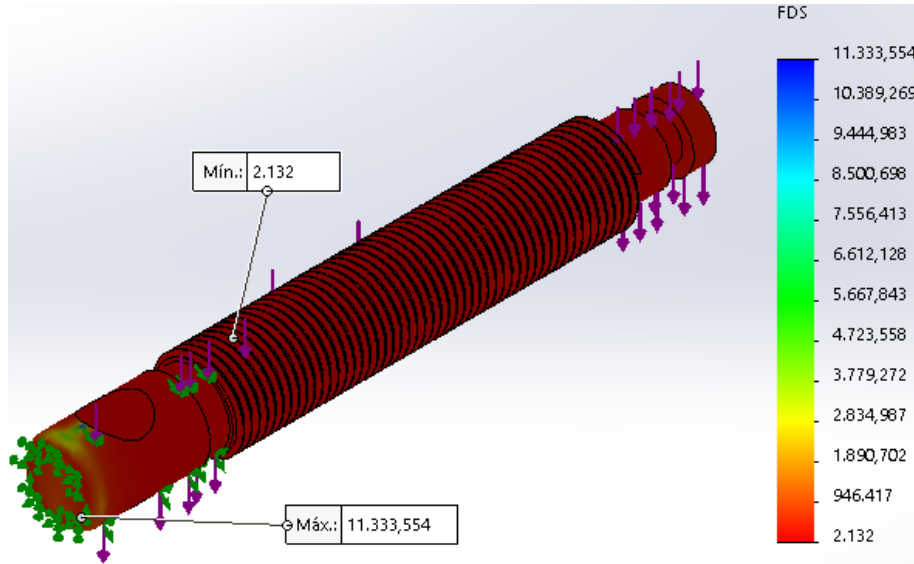


Figura 72. Factor de seguridad aplicando una carga de 120 kg

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.1.2.9. Dimensionamiento de base del sistema de sujeción y de base principal

#### a) Diseño inicial

Para el dimensionamiento de la base del sistema de sujeción se tuvo en cuenta las medidas del poste (Ver Tabla 25). Para el dimensionamiento de la base principal se tuvo en cuenta la distancia de los pernos que vienen por defecto en el reductor puesto que este será empalmado con la base en una de sus caras. La distancia de los pernos del reductor entre ellos es de 140 mm de alto y 70 mm de ancho. Como se tiene que empalmar la otra cara de la base con el sistema de sujeción se dimensionó la base con 276 mm de ancho y 208 mm de alto.

La base estará sometida a fuerzas que se concentrarán en los orificios de los pernos, distribuyéndose las cargas entre ellos. Como se ha detallado anteriormente el peso de la máquina cabrestante no sobrepasa los 50 kg. Para asegurarse que la base soportará el peso de la máquina o si se le sometiera a más torque de lo establecido, se ha determinado un análisis de la base con una carga de 120 kg, que van a estar

distribuidas en cada uno de los orificios de los pernos, siendo de 30 kg de manera unitaria. El material utilizado es ASTM A36 acero estructural.

El esfuerzo máximo al que está sometido es de 189 999 488, 5000 N/m<sup>2</sup>, este valor es inferior al límite elástico el cual es de 250 millones de N/m<sup>2</sup>, por lo que el material no debe tener problemas en soportar la fuerza aplicada. (Ver figura 73)

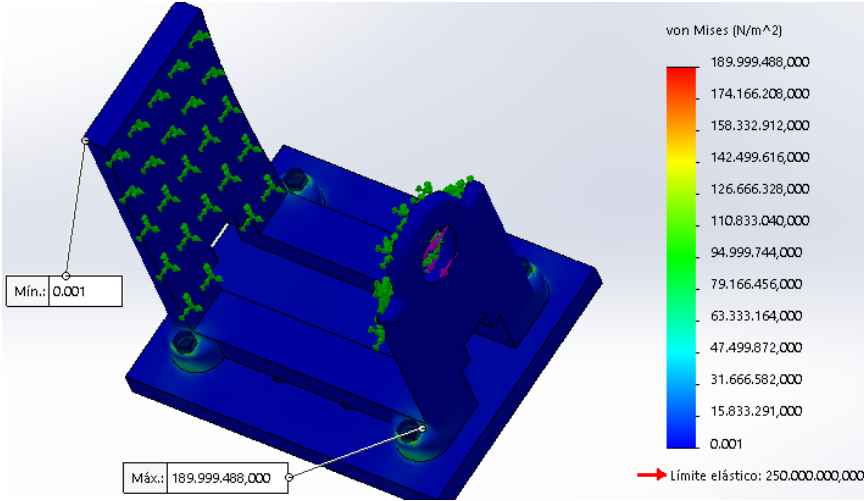


Figura 73. Tensiones por Von mises

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 74 también se muestra los desplazamientos de la plancha estructural cuando es sometido a la fuerza, siendo el desplazamiento máximo de 0,00766 mm

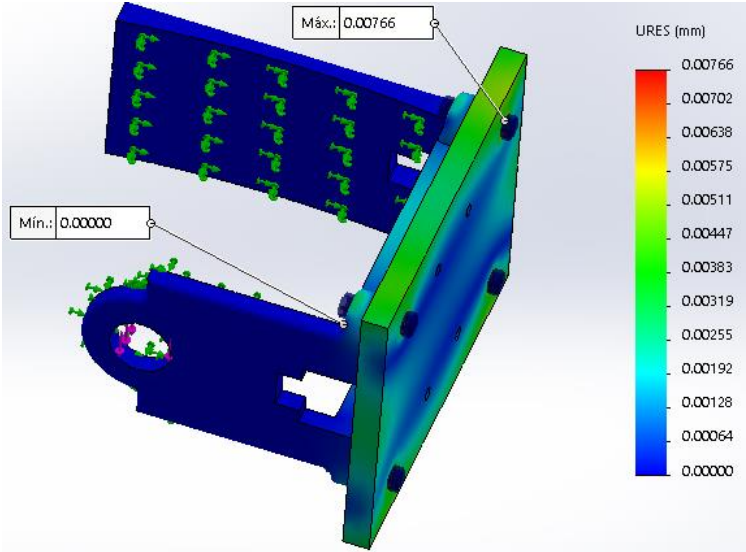


Figura 74. Desplazamientos

Fuente: Elaboración propia

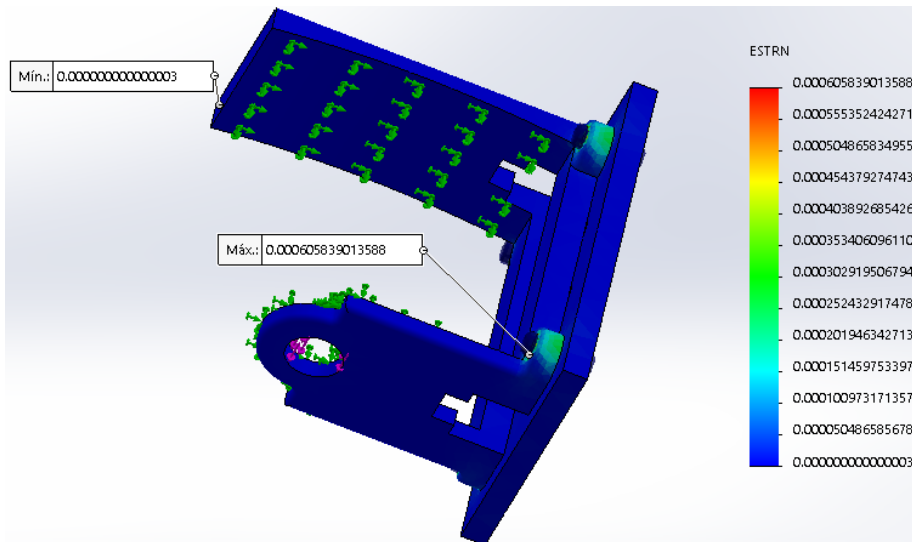


Figura 75. Deformaciones unitarias

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 75 se observan las deformaciones unitarias mínimas y máximas cuando la plancha de acero estructural es sometida a una carga de 120 kg. Las deformaciones son muy pequeñas por lo que se podrían considerar depreciables.

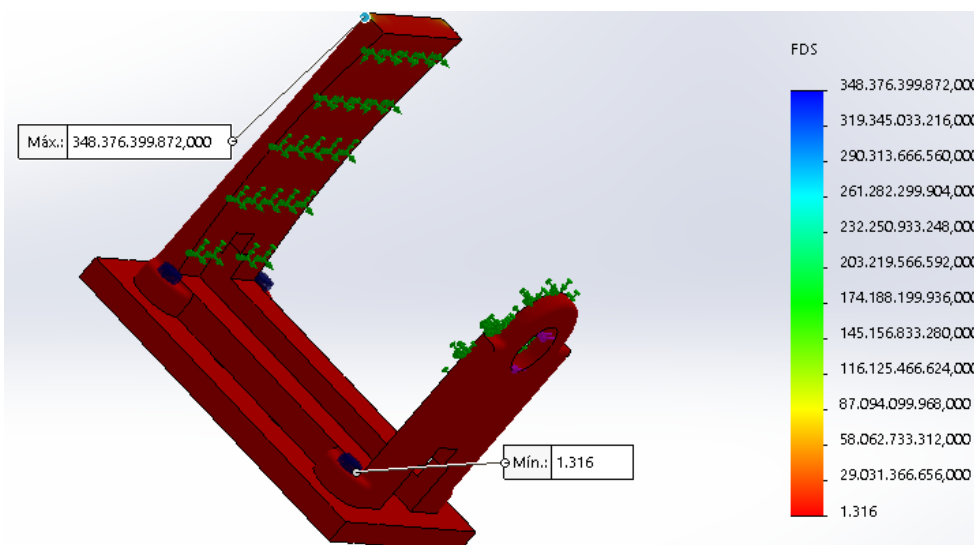


Figura 76. Factor de seguridad para base

Fuente: Elaboración propia

El factor de seguridad mínimo cuando se aplica la carga de 120 kg es de 1,3 valor que aún se encuentra por encima de la unidad por lo que la base podrá soportar la carga anteriormente mencionada (Ver figura 76)

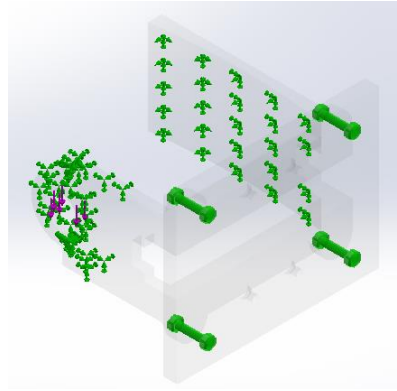


Figura 77. Comprobación de pernos

Fuente: Elaboración propia

Se sometió a simulación a los pernos considerando las especificaciones técnicas del fabricante, cabe resaltar que los pernos son de Grado 8,8 y diámetro M10. La resistencia a la tracción es de 120 000psi (8436,83 kg/cm<sup>2</sup>). La comprobación de pernos es aceptable con un factor de seguridad de 1,5.

#### b) Minimizando el peso de la base principal y de la base del sistema de sujeción

Tal como se muestra en la Tabla 27 se analizó el espesor de la base principal, el espesor analizado en este primer estudio de diseño estuvo entre 12mm y 19mm. El espesor óptimo se encuentra en el primer escenario con un valor de 12mm. La tensión con el espesor óptimo es de 26935 psi, valor que se encuentra por debajo del límite elástico del material ASTM A36(36259,5 psi o 250 000 000 N/m<sup>2</sup>). La masa se redujo a 21645,4g.

Tabla 27. Cambio de espesor de la base principal

Base principal	Unidades	Actual	Inicial	Óptimo	Escenario1	Escenario2	Escenario3
Espesor	mm	12	22	12	12	15	18
Tensión1	psi	26935	27557	26935	26935	27113	27253
Masa1	g	21645,4	27871	21645,4	21645,4	23513,1	25380,8

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 28 se muestra los cambios del espesor de la base del sistema de sujeción, el espesor analizado en este estudio de diseño estuvo entre 12mm y 25mm. El espesor óptimo se encuentra en el primer escenario con un valor de 12mm. La tensión con el espesor óptimo es de 25 295 psi, valor que se encuentra por debajo del límite elástico del material ASTM A36(36 259,5 psi). La masa se redujo a 16 178,9g.

**Tabla 28. Cambio de espesor de la base del sistema de sujeción**

Nombre del componente	Unidades	Actual	Inicial	Óptimo	Escenario1	Escenario2	Escenario3
Análisis de base	mm	12	12	12	12	22	25
Tensión I	psi	25295	25295	25295	25295	25276	25278
Masa I	g	16178,9	16178,9	16178,9	16178,9	17643,1	18081,4

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 78 se puede apreciar la nueva tensión máxima por Von Mises al realizarse el cambio de las medidas iniciales de la base principal y de la base del sistema de sujeción. A pesar de los cambios no se sobrepasa el límite elástico de ambos materiales.

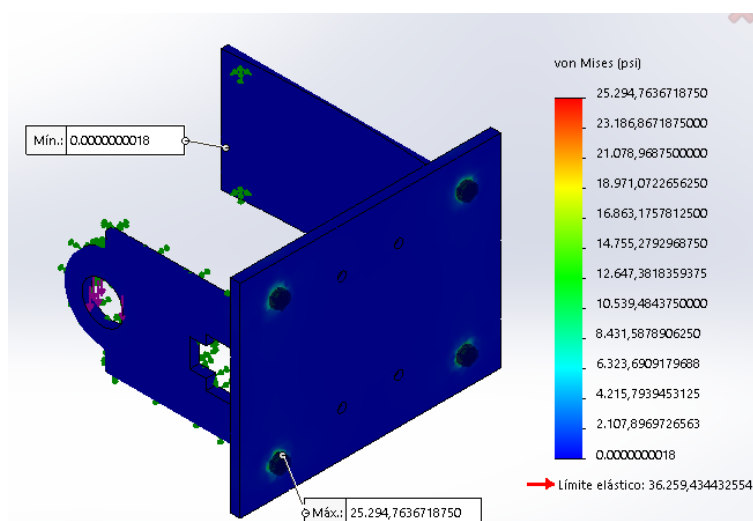


Figura 78. Tensiones por Von Mises con cambios en las medidas de las piezas

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 29, se muestran los nuevos valores de análisis estáticos de la base principal y la base del sistema de sujeción a poste al realizarle la modificación inicial de las dimensiones.

Tabla 29. Nuevo análisis estático con cambios de las medidas mencionadas

Descripción	Unidad	Valor mínimo	Valor Máximo
Tensión	psi	0,0000000018	25 294,76
Desplazamientos	mm	0,00000	0,00637
Deformaciones unitarias	ESTRN	0,000000	0,000604
Factor de seguridad	FDS	1,433	-

Fuente: Elaboración propia

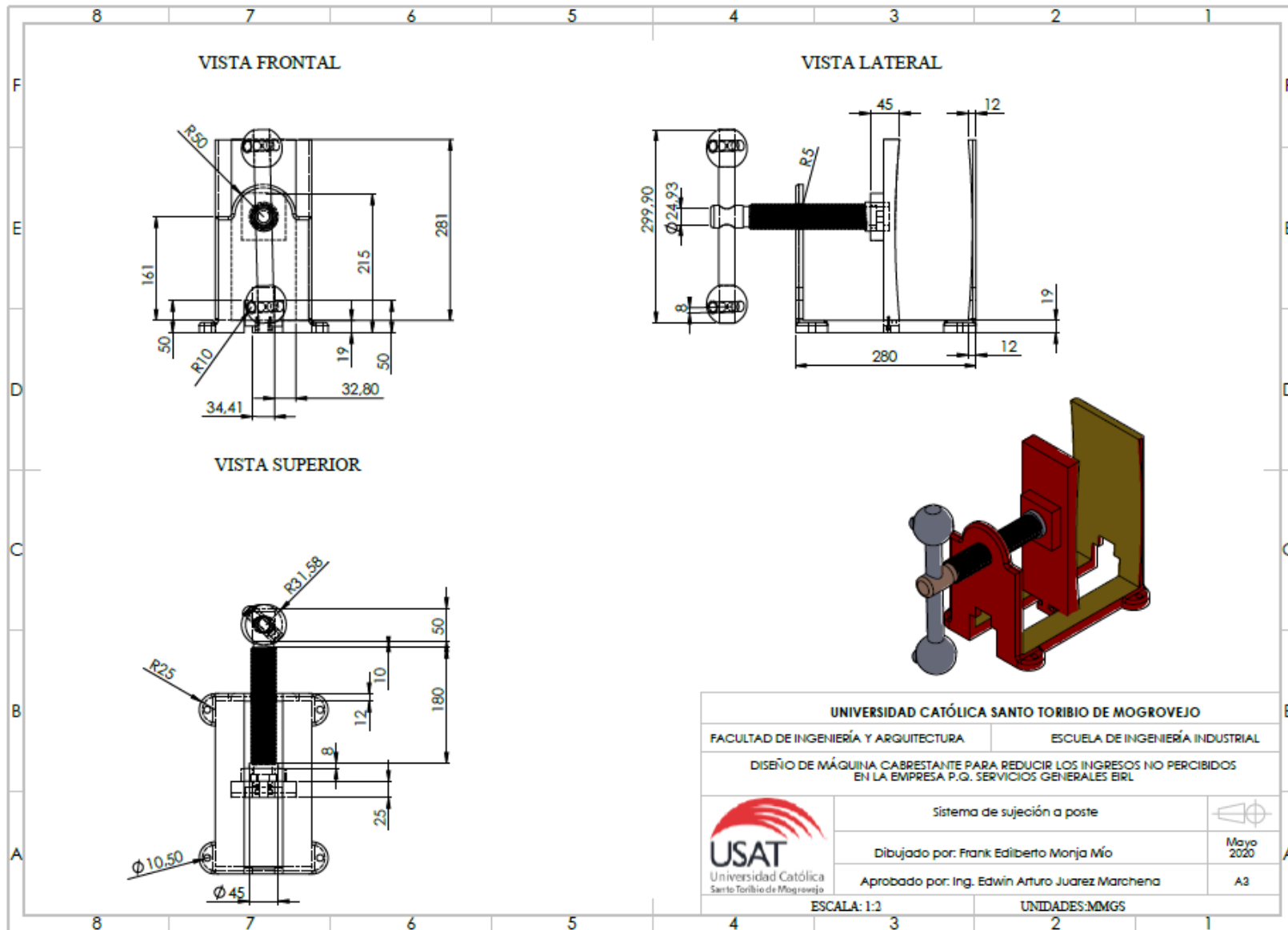


Figura 79. Plano del sistema de sujeción a poste

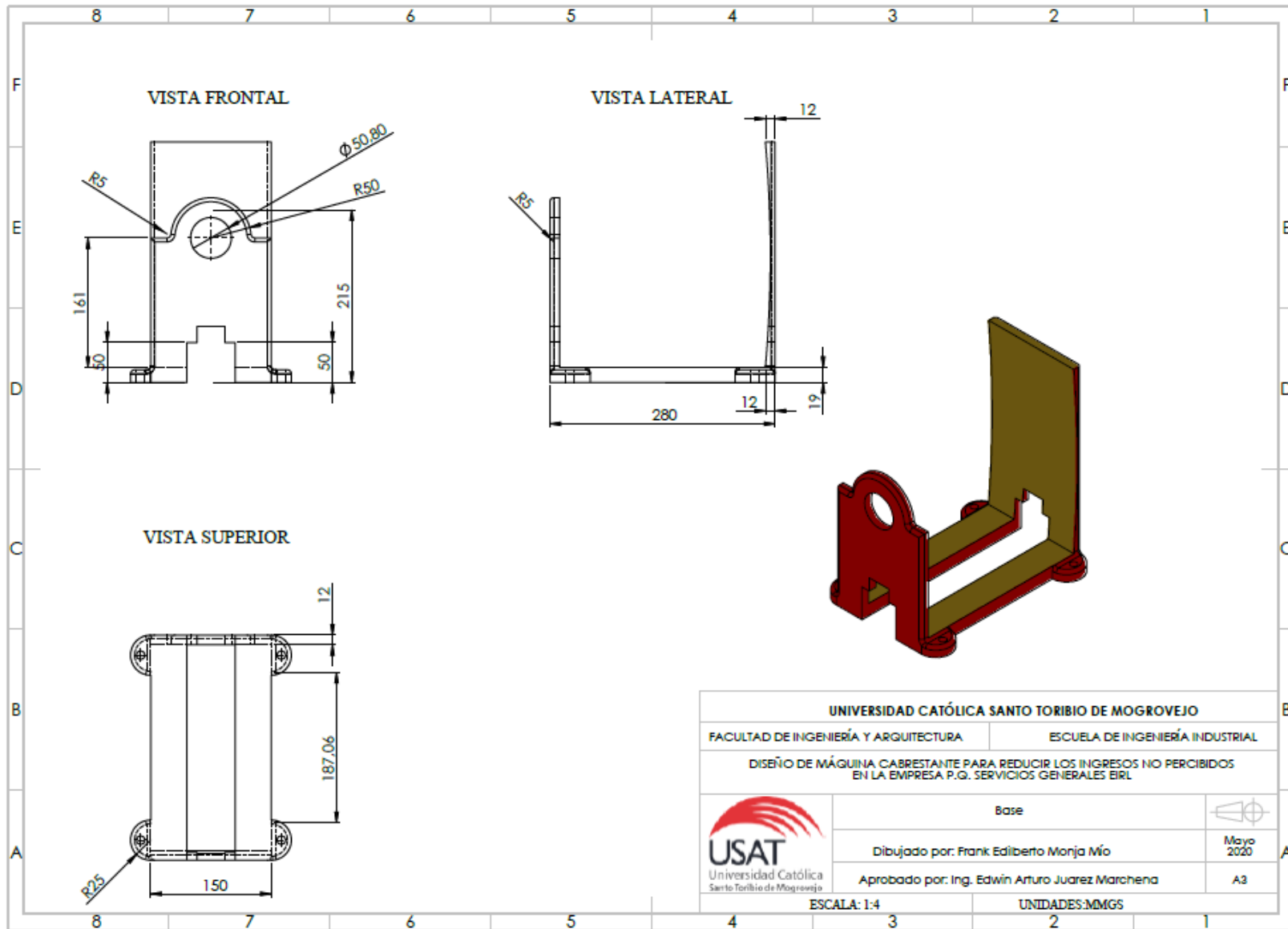


Figura 80. Plano de base del sistema de sujeción

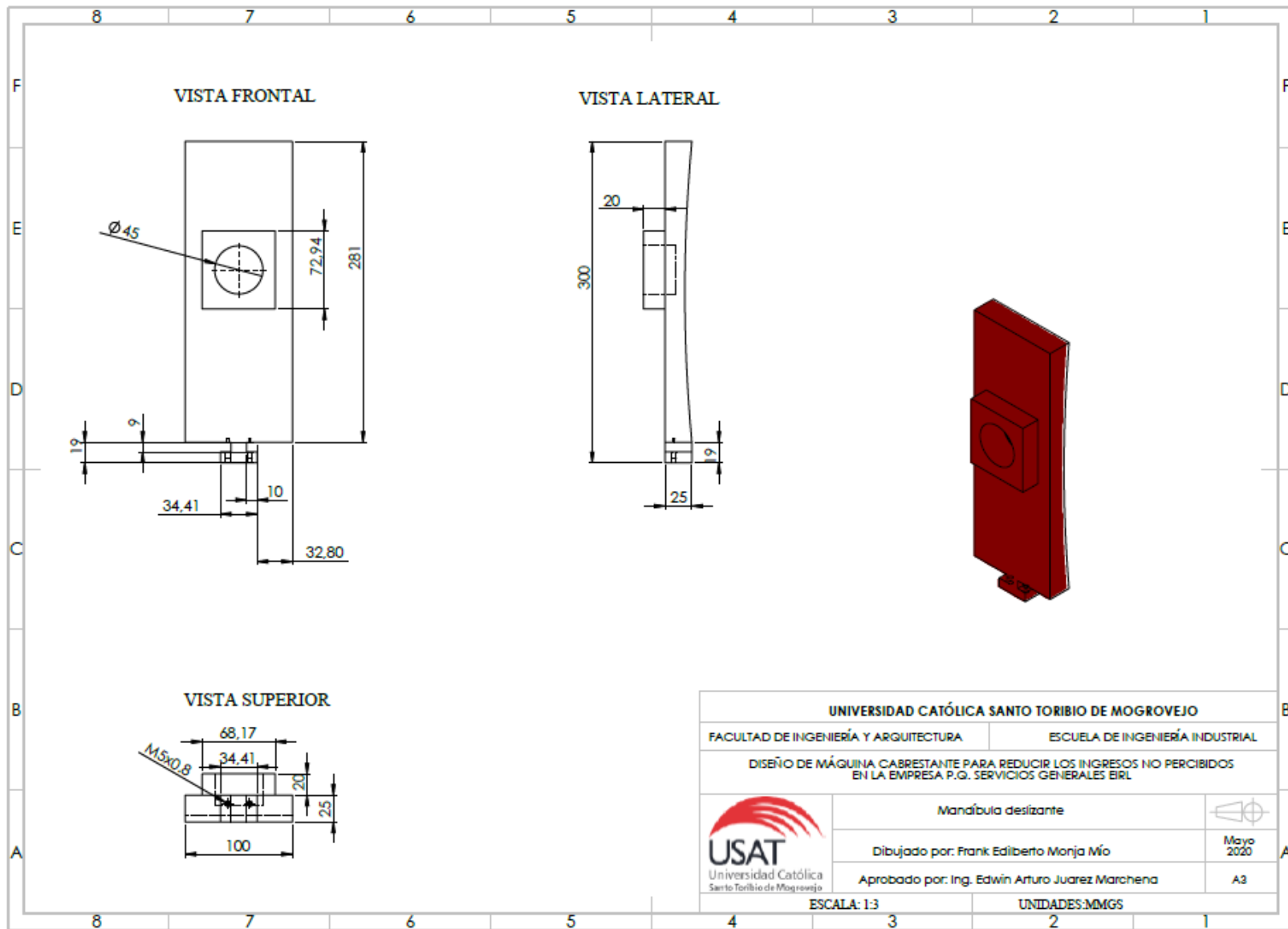


Figura 81. Plano de mandíbula deslizante

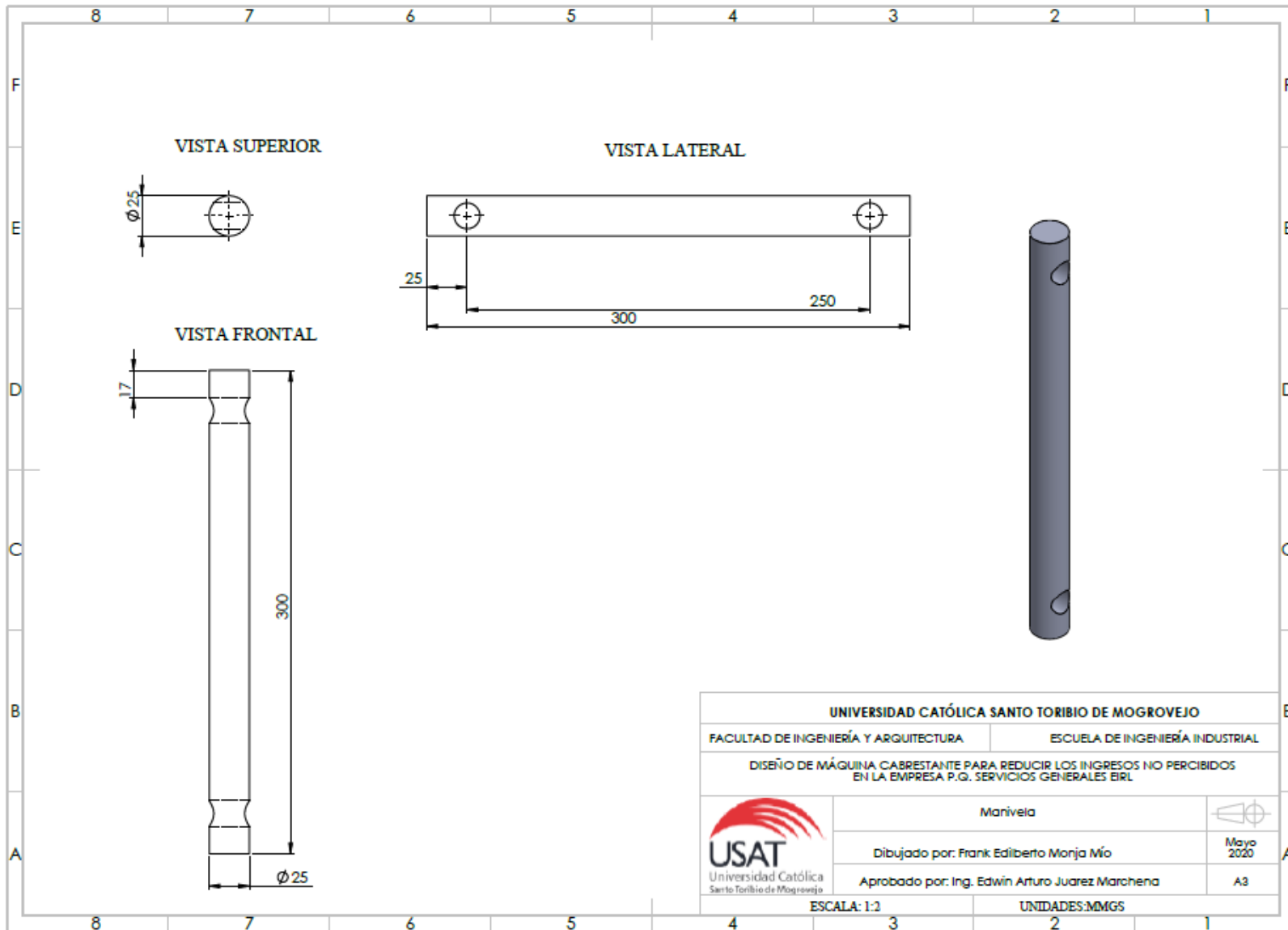


Figura 82. Plano de manivela/barra para roscar

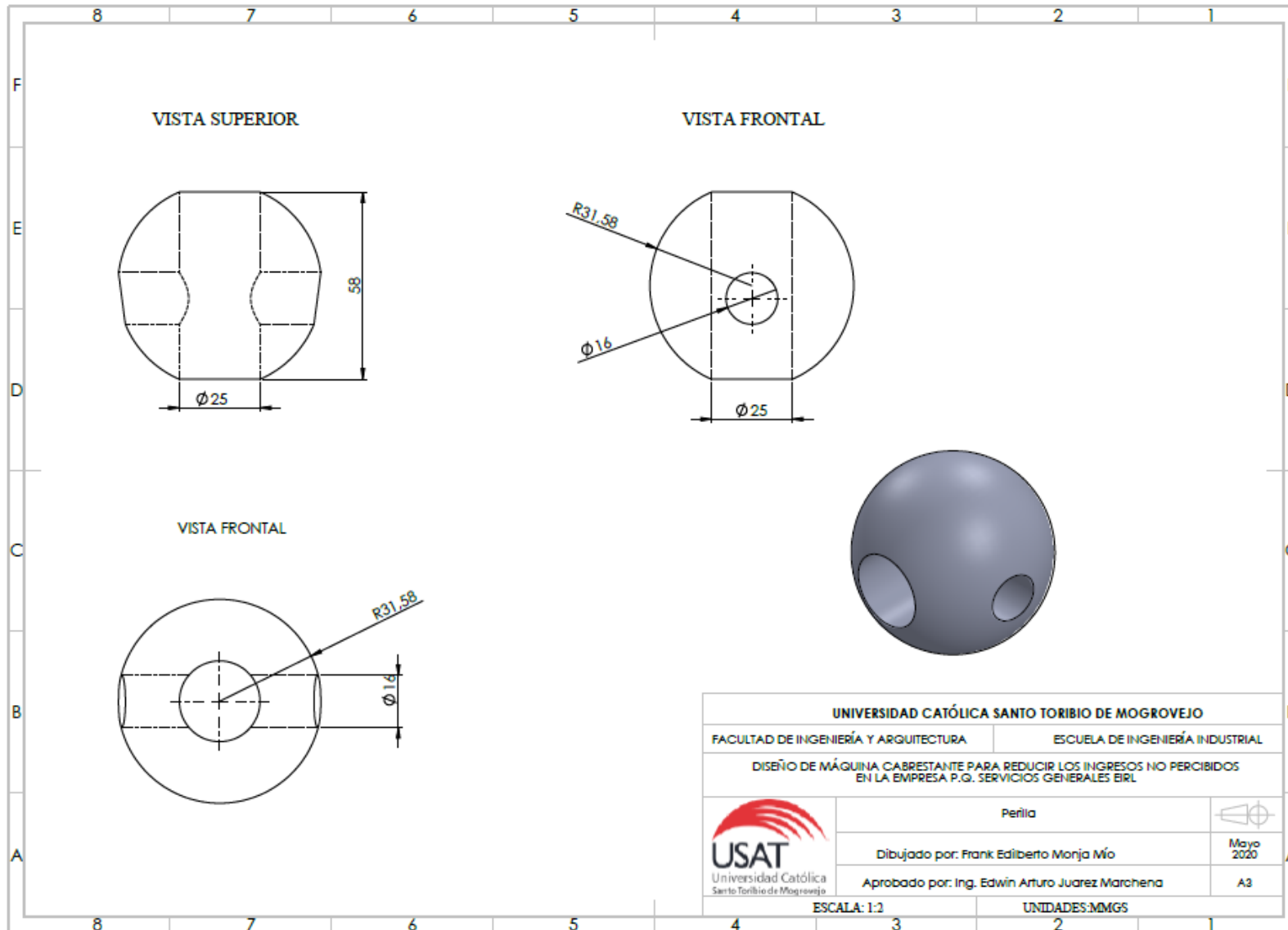


Figura 83. Plano de la perilla

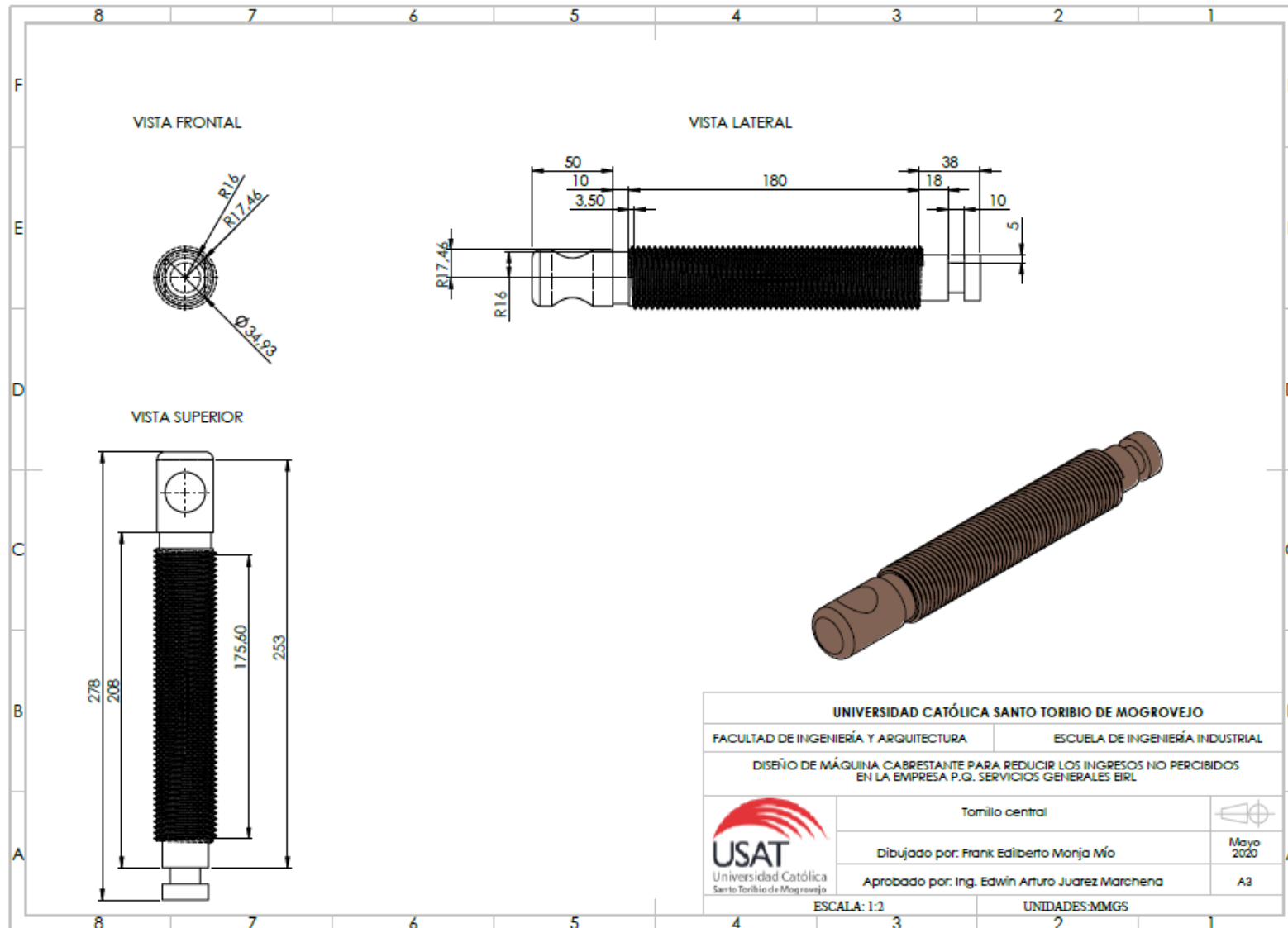


Figura 84. Plano de tornillo central

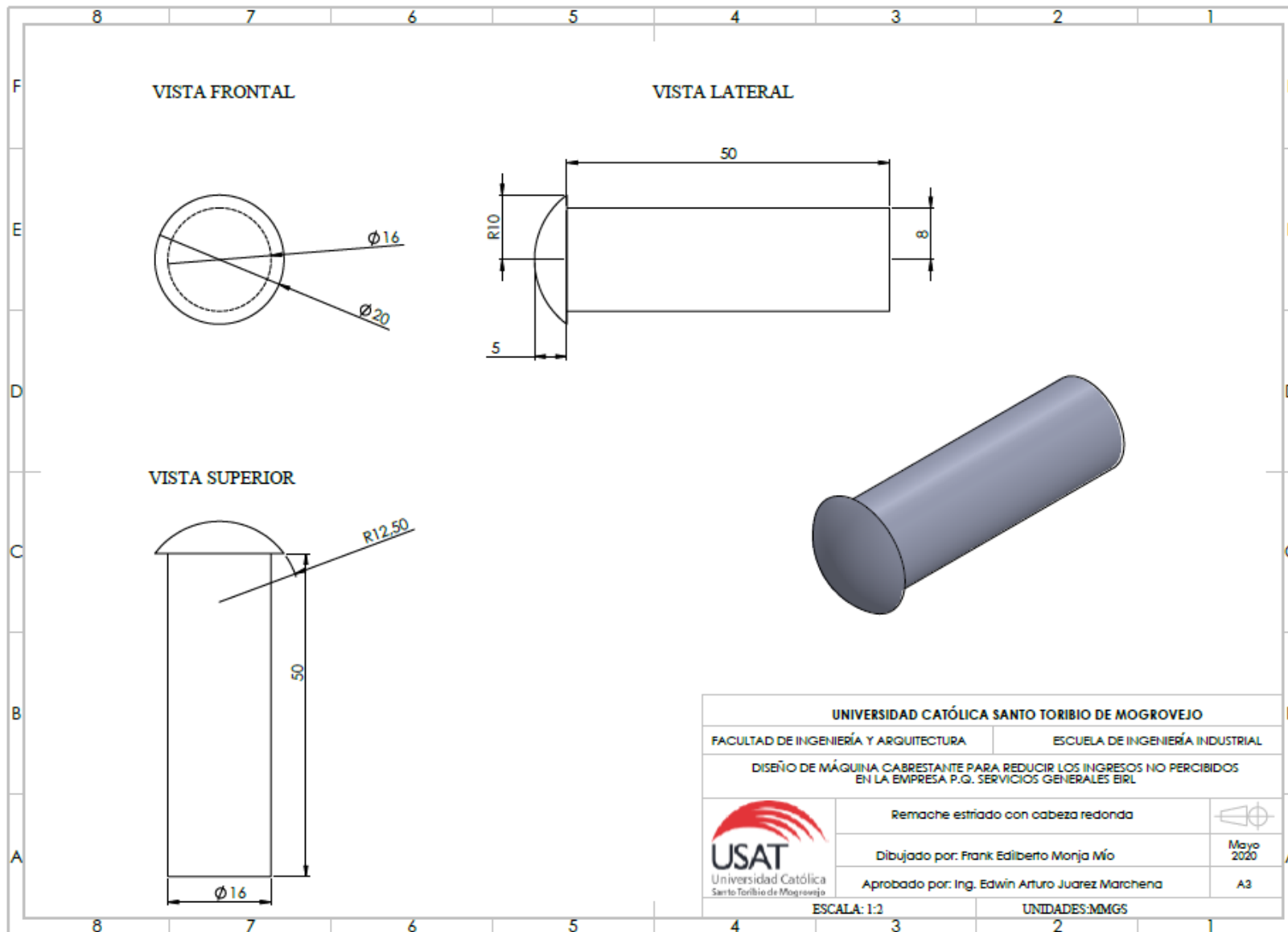


Figura 85. Plano de remache estriado con cabeza redonda

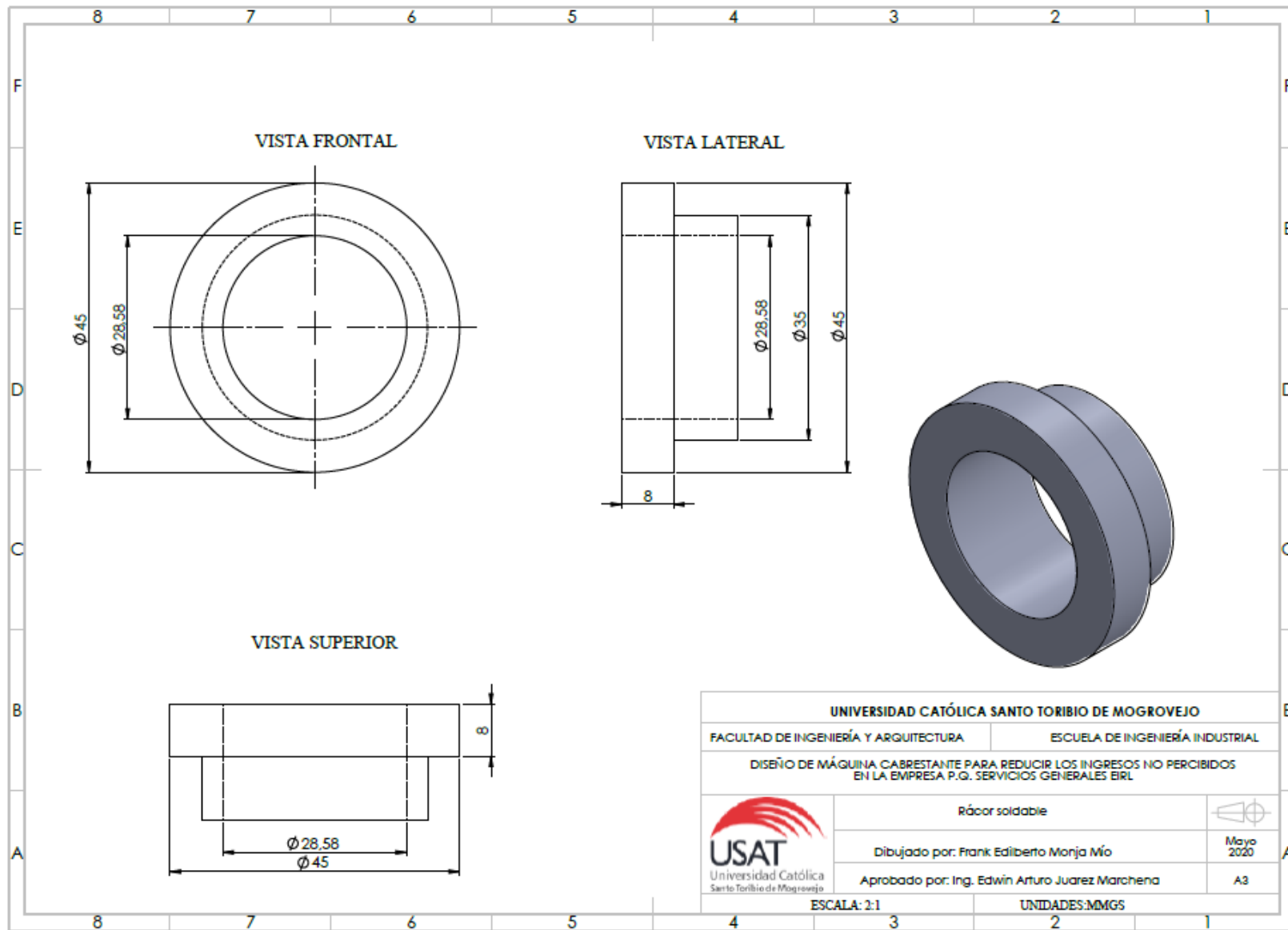


Figura 86. Plano de rácor soldable

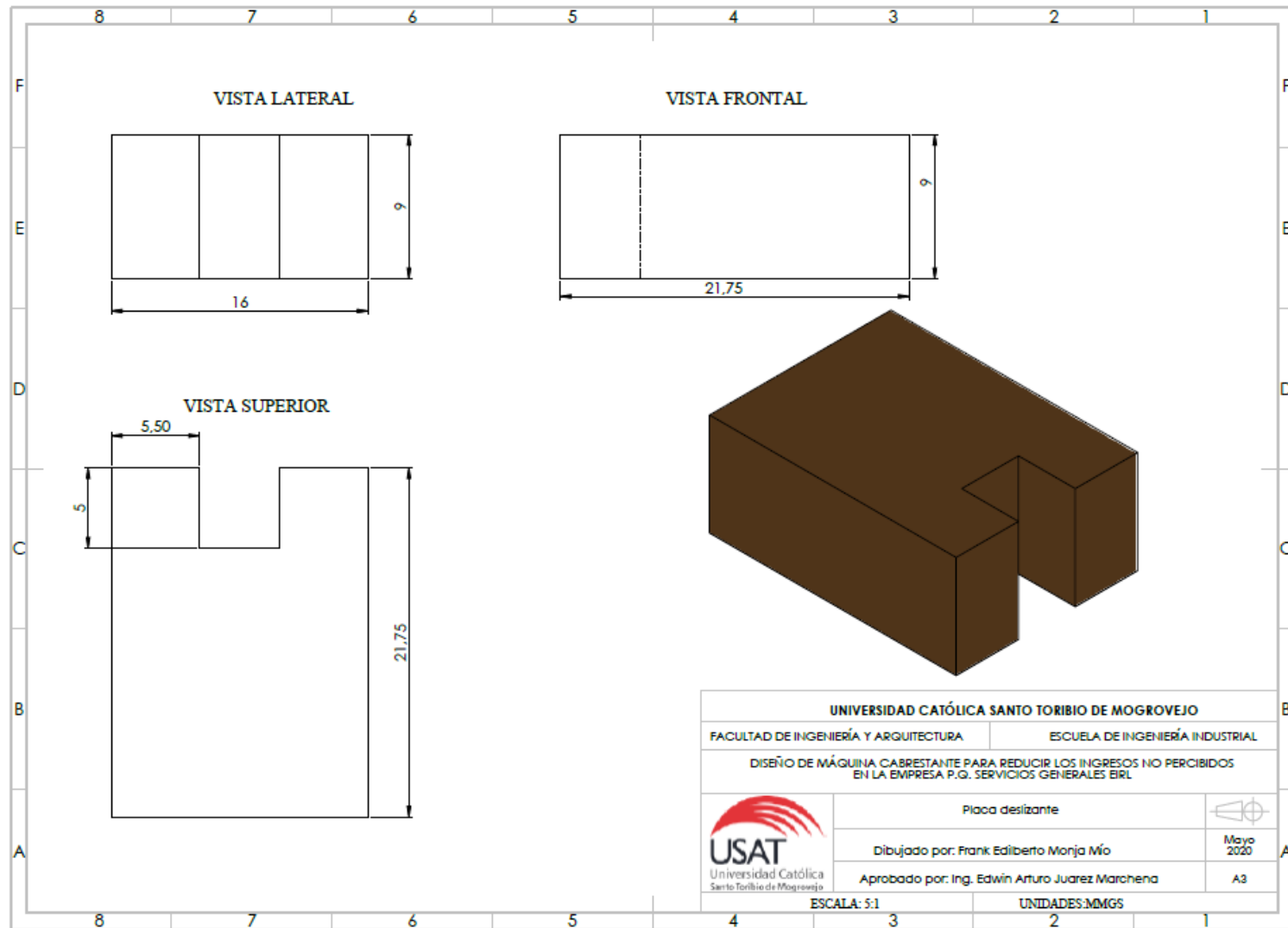


Figura 87. Plano de placa deslizante

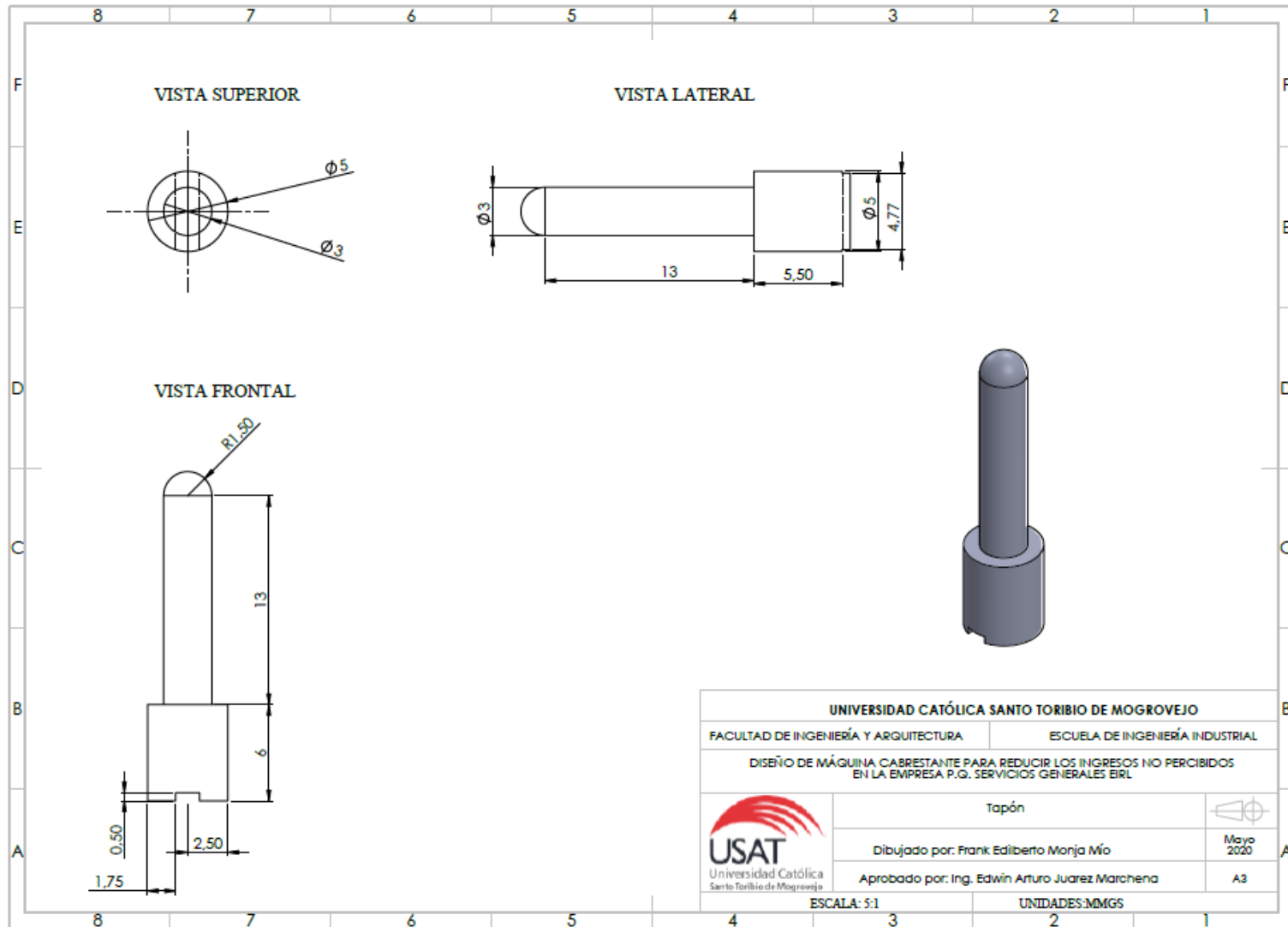


Figura 88. Plano de tapón

### 3.3. Nuevo análisis del proceso de instalación de cable coaxial

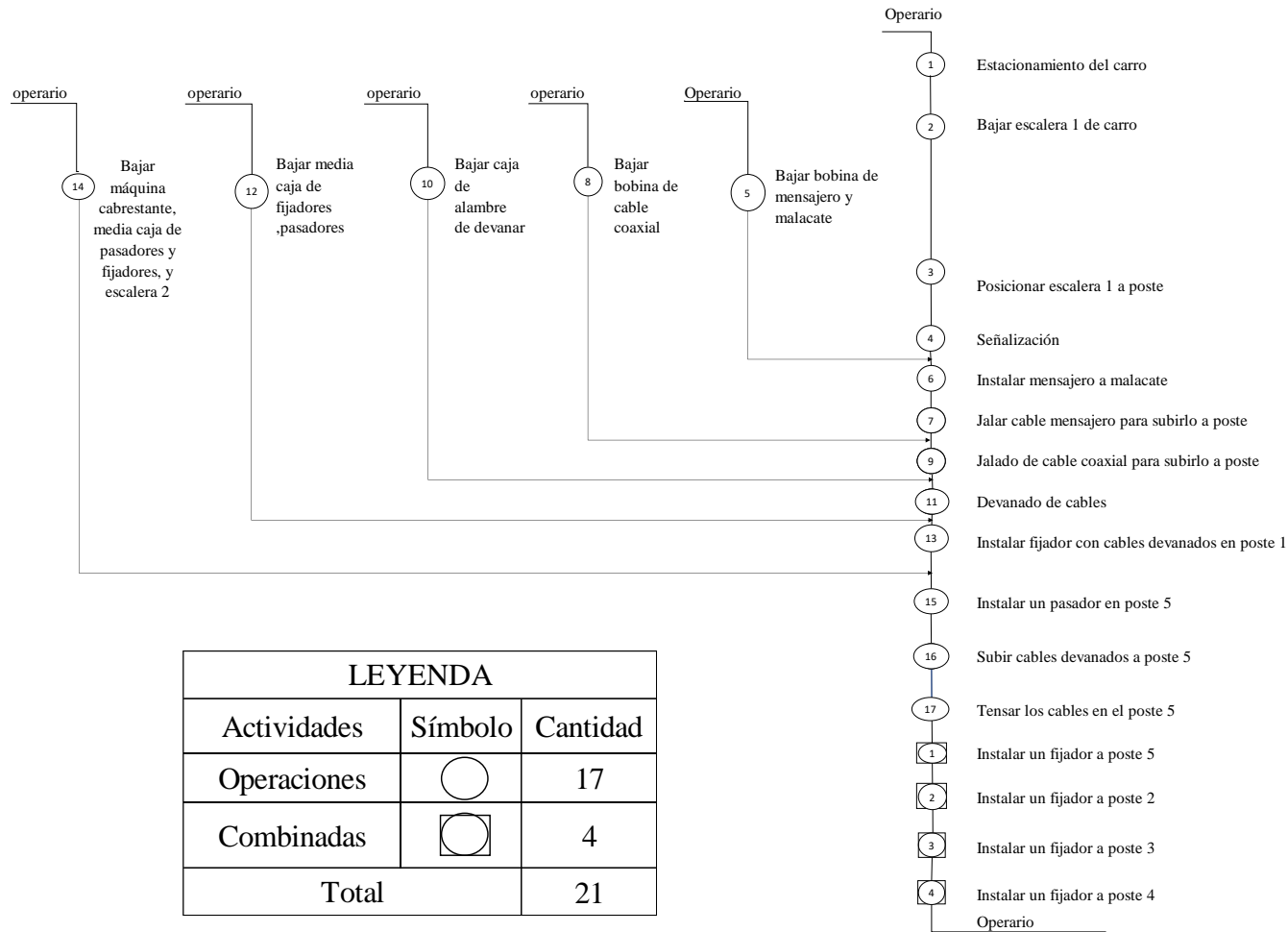


Figura 89. Nuevo Diagrama de operaciones del proceso de tendido de cable coaxial para crecimiento

Fuente: P.Q. SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

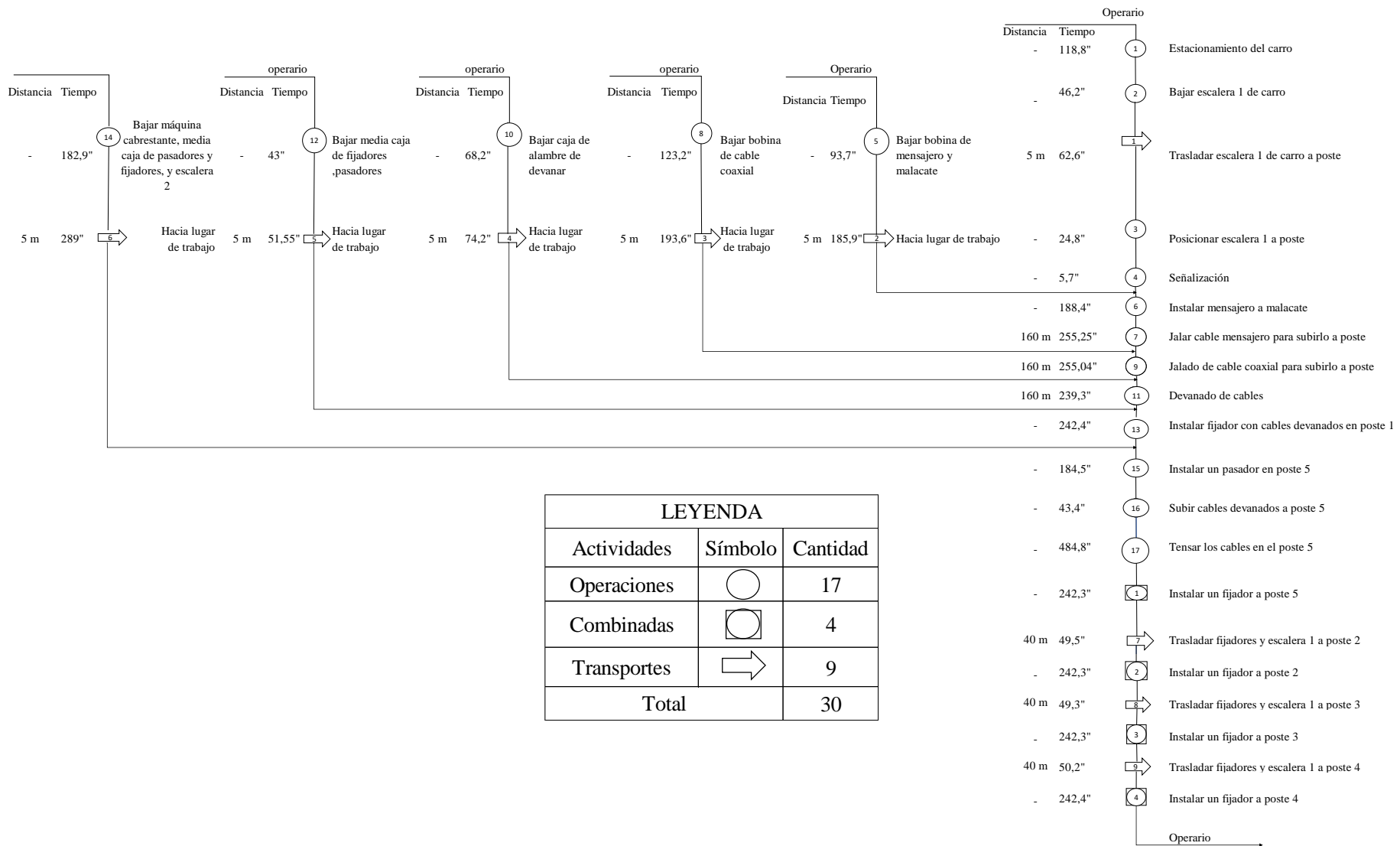


Figura 90. Nuevo Diagrama de análisis del proceso de tendido de cable coaxial para crecimiento

Fuente: P.Q. SERVICIOS GENERALES E.I.R. L

Proceso	Instalación de cable coaxial con mejoras		Resumen						
			Actividad	Simb.	Cant.	Tiempo(s)	Distancia (m)		
Método	Mejorado		Operación	●	17	2599,59	580		
Lugar	P.Q. Servicios Generales EIRL		Inspección	■	-	-	-		
Diagramado por	Frank Edilberto Monja Mío		Transporte	➔	9	1005,85	42		
Máquinas	1		Demora	●	-	-	-		
Operarios	3		Combinada	■	4	969,3			
			Almacén	▼	-	-	-		
			Total		30	4574,74	622		
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA (metros)	TIEMPO (segundos)	SÍMBOLOS						
			●	■	➔	●	■	▼	
Estacionamiento de carro	-	118,8	●						
Bajar escalera 1 de carro	-	46,2	●						
Trasladar escalera 1 de carro a poste	5m	62,6	●						
Posicionar escalera 1 a poste	-	24,8	●						
Señalización	-	5,7	●						
Bajar bobina de mensajero,y malacate de carro	-	93,7	●						
Trasladar bobina de mensajero y malacate hacia lugar de trabajo	5m	185,9	●						
Instalar mensajero a malacate	-	188,4	●						
Jalar cable mensajero para subirlo a poste	160m	255,25	●						
Bajar bobina de cable coaxial de carro	-	123,2	●						
Trasladar bobina de cable coaxial hacia lugar de trabajo	5m	193,6	●						
Jalado de cable coaxial para subirlo a poste	160m	255,04	●						
Bajar caja de alambre de devanar de carro	-	68,2	●						
Trasladar caja de alambre de devanar hacia lugar de trabajo	5m	74,2	●						
Devanado	160m	239,3	●						
Bajar media caja de fijadores y pasadores	-	43	●						
Trasladar media caja de fijadores y pasadores hacia lugar de trabajo	5m	51,55	●						
Instalar fijador con cables devaanados en poste 1	-	242,4	●						
Bajar máquina cabrestante, media caja de pasadores y fijadores, y escalera 2	-	182,9	●						
Trasladar máquina cabrestante, media caja de fijadores y pasadores, y escalera 2	5m	289	●						
Instalar un pasador en poste 5	-	184,5	●						
Subir cables devanados al poste 5	-	43,4	●						
Tensar los cables en el poste 5	-	484,8	●						
Instalar un fijador a poste 5	-	242,3	●						
Trasladar fijadores y escalera 1 a poste 2	40 m	49,5	●						
Instalar un fijador a poste 2	-	242,3	●						
Trasladar fijadores y escalera 1 a poste 3	40 m	49,3	●						
Instalar un fijador a poste 3	-	242,3	●						
Trasladar fijadores y escalera 1 a poste 4	40 m	50,2	●						
Instalar un fijador a poste 4	-	242,4	●						

Figura 91. Cursograma analítico del proceso de tendido de cable coaxial para crecimiento  
Fuente: P.Q. SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

### 3.4. Nuevos indicadores

#### 3.4.1. Actividades improproductivas

Si la empresa utiliza la máquina cabrestante en el proceso de instalación de cable coaxial, los tiempos de algunas actividades será reducido significativamente, e incluso algunas actividades pueden ser suprimidas.

En la Figura 91 se puede apreciar el total de actividades productivas e improproductivas considerando la aplicación de la máquina en la instalación de cable coaxial.

$$\% \text{ Actividades Productivas} = \frac{2\,599,59 + 969,3 \text{ segundos}}{4\,574,74 \text{ segundos}} \times 100$$

$$\% \text{ Actividades Productivas} = 78,01 \%$$

$$\% \text{ Actividades Improproductivas} = \frac{1\,005,85 \text{ segundos}}{4\,183,34 \text{ segundos}} \times 100$$

$$\% \text{ Actividades improproductivas} = 24,04 \%$$

La actividad que mayor tiempo tomaba era el tensar los cables con un tiempo de 1 153,8 segundos (19,23 minutos) para tres tramos de 40 metros (120 metros). Con la máquina se puede instalar 160 metros de cable coaxial en 8,08 minutos. Se eliminaron actividades como subir cables al poste para colocar pasador, debido a que se coloca un fijador al extremo final del poste y los operarios solo regresan fijando los cables.

#### 3.4.2. Nuevas instalaciones con mejora

La empresa P.Q. Servicios Generales E.I.R.L tiene en promedio 16 crecimientos horizontales por mes, es decir 9 tramos por crecimiento (Ver Tabla 5). Según el diagnóstico inicial, el tiempo utilizado actualmente para instalación de 3 tramos(120m) es de 5 172,3 segundos (1,437 horas), por tramo se emplean 0,4789 horas/tramo). Cabe resaltar que solo se analizó el proceso de tendido de cable coaxial. La empresa también se dedica a dar mantenimiento de amplificadores, tags, fuentes de alimentación, e instalación de ferretería después del tendido de cable coaxial, por lo que solo destina en promedio 16 días al mes a los crecimientos horizontales. Por lo tanto, el tiempo promedio que emplea para realizar el tendido de cable coaxial es:

$$\text{Días por crecimiento horizontal} = \frac{16 \text{ crecimientos horizontales}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{16 \text{ días}}$$

$$\text{Días por crecimiento horizontal} = 1 \frac{\text{crecimiento horizontal}}{\text{día}}$$

$$\text{Horas al día} = 1 \frac{\text{crecimiento horizontal}}{\text{día}} \times \frac{9 \text{ tramos}}{\text{crecimiento}} \times \frac{1,437 \text{ horas}}{3 \text{ tramos}}$$

$$\text{Horas al día} = 4,311 \text{ horas/día}$$

Teniendo en cuenta el tiempo que actualmente la empresa destina para la instalación de cable coaxial se realiza las nuevas conexiones a casa que la empresa podría realizar implementando la máquina cabrestante.

#### a) Tiempo sin usarse al aplicar la mejora

**Tabla 30. Tiempo sin usarse al aplicar la mejora**

Meses	Crecimientos horizontales	Tramo por crecimiento	Tiempo en horas sin mejora	Tiempo con mejora en horas	Tiempo sin utilizarse en horas
Enero	16	9	68,962	45,747	23,214
Febrero	15	10	71,835	47,654	24,181
Marzo	15	8	57,468	38,123	19,345
Abril	16	9	68,962	45,747	23,214
Mayo	16	10	76,624	50,830	25,794
Junio	16	9	68,962	45,747	23,214
Julio	17	9	73,272	48,607	24,665
Agosto	16	9	68,962	45,747	23,214
Septiembre	17	10	81,413	54,007	27,406
Octubre	17	8	65,130	43,206	21,925
Noviembre	16	8	61,299	40,664	20,635
Diciembre	17	9	73,272	48,607	24,665
<b>PROMEDIO</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>70</b>	<b>46</b>	<b>23</b>

Fuente: Elaboración propia

El tiempo que toma la realización de los crecimientos horizontales en la actualidad sin aplicar la mejora, es fácil hallarlo, a continuación, se toma como ejemplo el mes de enero.

$$\text{Tiempo sin mejora enero} = 16 \frac{\text{crecimiento horizontal}}{\text{mes}} \times \frac{9 \text{ tramos}}{\text{crecimiento}} \times \frac{1,437 \text{ horas}}{3 \text{ tramos}}$$

$$\text{Tiempo sin mejora enero} = 68,9 \text{ horas/mes}$$

El tiempo que toma realizar los crecimientos horizontales aplicando la mejora, se halla fácilmente, pero debemos saber el nuevo tiempo, tal como se muestra en la Figura 91, el nuevo tiempo es de 4574,74 para 4 tramos (0,3177 horas/tramo). Con este dato ya se puede realizar los cálculos, a continuación, se toma como ejemplo el mes de enero.

$$\text{Tiempo con mejora enero} = 16 \frac{\text{crecimiento horizontal}}{\text{mes}} \times \frac{9 \text{ tramos}}{\text{crecimiento}} \times 0,3177 \frac{\text{horas}}{\text{tramo}}$$

$$\text{Tiempo con mejora enero} = 45,74 \text{ horas/mes}$$

Se denomina tiempo sin usar a la diferencia del tiempo sin mejora con el tiempo con mejora.

#### b) Nuevos crecimientos horizontales

**Tabla 31. Nuevos crecimientos horizontales**

Meses	Tiempo sin utilizarse(horas/mes)	Nuevos crecimientos horizontales con mejora
Enero	23,214	8,9
Febrero	24,181	9,2
Marzo	19,345	7,4
Abril	23,214	8,9
Mayo	25,794	9,9
Junio	23,214	8,9
Julio	24,665	9,4
Agosto	23,214	8,9
Septiembre	27,406	10,5
Octubre	21,925	8,4
Noviembre	20,635	7,9
Diciembre	24,665	9,4
<b>PROMEDIO</b>	<b>23</b>	<b>9</b>

Fuente: Elaboración propia

Los nuevos crecimientos horizontales que se pueden hacer teniendo en cuenta el tiempo el tiempo sin utilizarse, se halla sabiendo el tiempo promedio con mejora que se emplearía por crecimiento horizontal, el cual es:

$$\text{Tiempo promedio por CH} = \frac{9 \text{ tramos}}{\text{crecimiento}} \times 0,2905 \frac{\text{horas}}{\text{tramo}}$$

$$\text{Tiempo promedio por CH} = 2,6145 \frac{\text{horas}}{\text{crecimiento horizontal}}$$

Los nuevos crecimientos serían:

$$\text{Nuevos crecimientos horizontales} = \frac{\text{horas sin utilizar}}{\text{Tiempo promedio por CH}}$$

### c) Cantidad de conexiones a casa con la mejora

**Tabla 32. Cantidad de conexiones a casa con la mejora**

Meses	Crecimientos horizontales sin mejora	Nuevos crecimientos con mejora	Crecimientos totales	Postes por crecimiento	Conexiones totales a casa
Enero	16	8,9	24,9	10,0	249
Febrero	15	9,2	24,2	11,0	267
Marzo	15	7,4	22,4	9,0	202
Abril	16	8,9	24,9	10,0	249
Mayo	16	9,9	25,9	11,0	285
Junio	16	8,9	24,9	10,0	249
Julio	17	9,4	26,4	10,0	264
Agosto	16	8,9	24,9	10,0	249
Septiembre	17	10,5	27,5	11,0	302
Octubre	17	8,4	25,4	9,0	228
Noviembre	16	7,9	23,9	9,0	215
Diciembre	17	9,4	26,4	10,0	264
<b>PROMEDIO</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>23</b>	<b>10</b>	<b>252</b>

Fuente: Elaboración propia

El cálculo es sencillo, por ejemplo, para aplicar la fórmula para el mes de enero se hace lo siguiente:

$$\# \text{de conexiones en enero} = 24,9 \frac{\text{crec.horiz.}}{\text{mes}} \times 1 \frac{\text{conexion}}{\text{poste}} \times 10 \frac{\text{postes}}{\text{crec.horiz.}} = 249 \text{ conexiones}$$

Ahora con la mejora, se podrán realizar en promedio 23 crecimientos horizontales, atendiendo una demanda de 252 conexiones por mes.

#### 3.4.3. Nuevo nivel de servicio

El nivel de servicio se obtuvo dividiendo el promedio de conexiones nuevas a casa al mes, las cuales son 252, sobre la cantidad de conexiones promedio que debería hacer cada subcontrata siendo estas 371 al mes. Es así que se obtiene un nuevo nivel de servicio de 67,925%.

$$\text{Nivel de servicio} = \frac{252 \frac{\text{conexiones por P.Q. Servicios Generales EIRL}}{\text{mes}}}{371 \frac{\text{conexiones promedio por subcontrata}}{\text{mes}}}$$

$$\text{Nivel de servicio} = 67,925\%$$

#### 3.4.4. Ingresos no percibidos

**Tabla 33. Nuevos ingresos considerando el uso de la máquina diseñada**

Meses	Ingresos mensuales(S/.)	Conexiones atendidas	Conexione sin atender	Ingresos no percibidos(S/.)
Enero	9 889,80	249	122	4 858,03
Febrero	10 603,28	267	104	4 144,55
Marzo	8 013,62	202	169	6 734,20
Abril	9 889,80	249	122	4 858,03
Mayo	11 310,17	285	86	3 437,66
Junio	98 89,80	249	122	4 858,03
Julio	10 507,91	264	107	4 239,92
Agosto	9 889,80	249	122	4 858,03
Septiembre	12 017,05	302	69	2 730,77
Octubre	9 082,10	228	143	5 665,72
Noviembre	8 547,86	215	156	6 199,96
Diciembre	10 507,91	264	107	4 239,92
<b>PROMEDIO</b>	<b>10 012</b>	<b>252</b>	<b>119</b>	<b>4 735</b>

Fuente: Elaboración propia

Las conexiones no atendidas se hallan:

$$\# \text{conexiones sin atender} = \frac{\# \text{conexiones por subcontrata}}{\text{mes}} - \frac{\# \text{conexiones de la subcontrata}}{\text{mes}}$$

La empresa tiene en promedio un ingreso por conexión de 39,75 soles. Teniendo el ingreso por conexión, lo que tan solo se hace es multiplicarlo por las conexiones no atendidas, obteniéndose así los ingresos no percibidos, obteniéndose como ingreso promedio no percibido mensual el monto de S/4 735.

#### 3.4.5. Nueva Productividad de la mano de obra

El tiempo promedio para la instalación de cable coaxial cada cuatro tramos es de 4574,74 segundos (1,271 horas.) Los cuatro tramos hacen un total de 160 metros de cables, para ello ahora se utilizan tan solo 3 operarios.

$$\text{Productividad de MO} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Tiempo de fabricación} \times \# \text{ operarios}}$$

$$\text{Productividad de MO} = \frac{160 \text{ metros}}{1,271 \text{ h} \times 3 \text{ operarios}}$$

$$\text{Productividad de MO} = 41,962 \frac{\text{metros}}{\text{h} \times \text{operario}}$$

### 3.4.6. Cuadro comparativo de indicadores

**Tabla 34. Cuadro comparativo de indicadores actuales vs la mejora**

<b>Indicador</b>	<b>Indicador actual</b>	<b>Indicador aplicando la mejora</b>
Tiempo promedio	1,4368 horas /3 tramos	1,271 horas/4 tramos
Actividades productivas	82,73%	78,01%
Actividades improductivas	17,27%	20,48%
Cantidad de conexiones por mes	161 conexiones	252 conexiones
Nivel de servicio	43,396%	67,925%
Ingresos no percibidos al mes	S/8 321	S/4 735
% de ingresos no percibidos	56,42%	32,11%
Productividad de mano de obra	20,88 metros/h*operario	41,962 metros/h*operario

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.7. Estandarización de tiempos

Se determinó el factor de calificación o ritmo de trabajo. Según Vásquez [42], una persona saludable y con una actitud mental correcta puede sin dificultad mantener un ritmo de 100%, además se ha demostrado que no es cómodo trabajar a una razón muy superior o muy inferior al 100%. Se utilizará por lo tanto un factor de calificación del 100% tal como se presenta en el Anexo 5. [43]

Para hallar el tiempo estándar es necesario determinar los suplementos debido a pérdidas de tiempos del operario por fatiga y necesidades fisiológicas, ver Anexo 6. [43] El porcentaje de suplementos considerados suman el valor del 18% (Ver Tabla 35), con ello se halló el tiempo estándar, el cual es:

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo normal}(1 + \text{suplementos})$$

Tal como se muestra en la Tabla 36, se halló el tiempo normal por actividad. Siendo la actividad que mayor tiempo emplea, tensar cables con un tiempo normal de 484,8 segundos.

**Tabla 35. Suplementos**

<b>SUPLEMENTOS</b>	<b>PONDERACIÓN</b>
<b>SUPLEMENTOS CONSTANTES</b>	
Suplementos por necesidades personales	5%
Suplementos por fatiga	4%
<b>SUPLEMENTOS VARIABLES</b>	
<b>PONDERACIÓN</b>	
Suplementos por trabajador de pie	2%
Postura por postura anormal	2%
Uso de fuerza/energía muscular	1%
Mala iluminación	0%
Condiciones atmosféricas	0%
Concentración intensa	2%
Ruido	2%
Tensión mental	0%
Monotonía	0%
Tedio	0%
<b>PONDERACIÓN TOTAL</b>	<b>18%</b>

Fuente: Organización Internacional del Trabajo [43]

**Tabla 36.Obtención del tiempo normal de la instalación de cable coaxial**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>Tp (segundos )</b>	<b>Factor de calificación</b>	<b>Tn(segundos)</b>
Estacionamiento de carro	118,8	1	118,8
Bajar escalera 1 de carro	46,2	1	46,2
Trasladar escalera 1 de carro a poste	62,6	1	62,6
Posicionar escalera 1 a poste	24,8	1	24,8
Señalización	5,7	1	5,7
Bajar bobina de mensajero, y malacate de carro	93,7	1	93,7
Trasladar bobina de mensajero y malacate hacia lugar de trabajo	185,9	1	185,9
Instalar mensajero a malacate	188,4	1	188,4
Jalar cable mensajero para subirlo a poste	255,25	1	255,25
Bajar bobina de cable coaxial de carro	123,2	1	123,2
Trasladar bobina de cable coaxial hacia lugar de trabajo	193,6	1	193,6
Jalado de cable coaxial para subirlo a poste	255,04	1	255,04
Bajar caja de alambre de devanar de carro	68,2	1	68,2
Trasladar caja de alambre de devanar hacia lugar de trabajo	74,2	1	74,2
Devanado	239,3	1	239,3
Bajar media caja de fijadores y pasadores	43	1	43
Trasladar media caja de fijadores y pasadores hacia lugar de trabajo	51,55	1	51,55
Instalar fijador con cables devanados en poste 1	242,4	1	242,4
Bajar máquina cabrestante, media caja de pasadores y fijadores, y escalera 2	182,9	1	182,9
Trasladar máquina cabrestante, media caja de fijadores y pasadores, y escalera 2	289	1	289
Instalar un pasador en poste 5	184,5	1	184,5
Subir cables devanados al poste 5	43,4	1	43,4
Tensar los cables en el poste 5	484,8	1	484,8
Instalar un fijador a poste 5	242,3	1	242,4
Trasladar fijadores y escalera 1 a poste 2	49,5	1	49,5
Instalar un fijador a poste 2	242,3	1	242,3
Trasladar fijadores y escalera 1 a poste 3	49,3	1	49,3
Instalar un fijador a poste 3	242,3	1	242,3
Trasladar fijadores y escalera 1 a poste 4	50,2	1	50,2
Instalar un fijador a poste 4	242,4	1	242,4
<b>Segundos</b>	<b>4574,74</b>		<b>4574,74</b>
<b>Minutos</b>	<b>76,25</b>		<b>76,25</b>
<b>Horas</b>	<b>1,27</b>		<b>1,27</b>

Fuente: P.Q. Servicios Generales EIRL

**Tabla 37. Obtención del tiempo estándar**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>Tn</b>	<b>S</b>	<b>Tiempo estándar</b>
Estacionamiento de carro	118,8	0,18	140,184
Bajar escalera 1 de carro	46,2	0,18	54,516
Trasladar escalera 1 de carro a poste	62,6	0,18	73,868
Posicionar escalera 1 a poste	24,8	0,18	29,264
Señalización	5,7	0,18	6,726
Bajar bobina de mensajero, y malacate de carro	93,7	0,18	110,566
Trasladar bobina de mensajero y malacate hacia lugar de trabajo	185,9	0,18	219,362
Instalar mensajero a malacate	188,4	0,18	222,312
Jalar cable mensajero para subirlo a poste	255,25	0,18	301,195
Bajar bobina de cable coaxial de carro	123,2	0,18	145,376
Trasladar bobina de cable coaxial hacia lugar de trabajo	193,6	0,18	228,448
Jalado de cable coaxial para subirlo a poste	255,04	0,18	300,9472
Bajar caja de alambre de devanar de carro	68,2	0,18	80,476
Trasladar caja de alambre de devanar hacia lugar de trabajo	74,2	0,18	87,556
Devanado	239,3	0,18	282,374
Bajar media caja de fijadores y pasadores	43	0,18	50,74
Trasladar media caja de fijadores y pasadores hacia lugar de trabajo	51,55	0,18	60,829
Instalar fijador con cables devanados en poste 1	242,4	0,18	286,032
Bajar máquina cabrestante, media caja de pasadores y fijadores, y escalera 2	182,9	0,18	215,822
Trasladar máquina cabrestante, media caja de fijadores y pasadores, y escalera 2	289	0,18	341,02
Instalar un pasador en poste 5	184,5	0,18	217,71
Subir cables devanados al poste 5	43,4	0,18	51,212
Tensar los cables en el poste 5	484,8	0,18	572,064
Instalar un fijador a poste 5	242,3	0,18	285,914
Trasladar fijadores y escalera 1 a poste 2	49,5	0,18	58,41
Instalar un fijador a poste 2	242,3	0,18	285,914
Trasladar fijadores y escalera 1 a poste 3	49,3	0,18	58,174
Instalar un fijador a poste 3	242,3	0,18	285,914
Trasladar fijadores y escalera 1 a poste 4	50,2	0,18	59,236
Instalar un fijador a poste 4	242,4	0,18	286,032
<b>Segundos</b>	<b>4574,74</b>		<b>5398,19</b>
<b>Minutos</b>	<b>76,25</b>		<b>89,97</b>
<b>Horas</b>	<b>1,27</b>		<b>1,499</b>

Fuente: P.Q. SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

Tal como se muestra en la Tabla 37, se halló el tiempo estándar por actividad. Siendo la actividad con mayor tiempo estándar el tensar cables con 4848 segundos. El tiempo estándar total para la instalación de 4 tramos (160 metros) es de 1,49 horas.

### 3.5. Análisis costo beneficio

Para el desarrollo de esta parte muy importante del proyecto es necesario conocer los costos que conlleva la construcción de la máquina cabrestante por parte de la empresa, así como los beneficios que tendrá, evaluados de manera económica.

#### 3.5.1. Costos

##### a) Costo de materiales para la construcción de la máquina

La cotización se realizó a empresas peruanas. Los materiales a utilizar para la construcción de la máquina cabrestante fueron cotizados en empresas como ACRIMSA (para la adquisición de arandelas, tuercas y pernos); en TUBISA SAC (planchas de acero estructural); SEDISA (para rodamientos); CAUCHOS Y POLÍMEROS SRL (para recubrimiento de caucho); SEW EURODRIVE (para motor y reductor); TRADISA (Para barras de acero; SODIMAC (para remaches estriados y rácor soldable); entre otras empresas consultadas. También se consultó la Revista Peruana Costos (Perú Construye) [44].



Figura 92.Revista Perú construye

Fuente. Benavides et al [44]

**Tabla 38. Cotización de materiales para la construcción de la máquina**

Descripción	Costo por unidad(S/.)	Cantidad	Total
Cable alma de acero 6x36 de 3/8(30 metros)	336	1	336
Arandela de fijación 40mm de diámetro-ISO 2982-2	5	2	10
Recubrimiento de caucho 5mm espesor x 250 mm de ancho	68	1	68
Rodamientos de rodillos cónicos de una hilera 40mm	150	2	300
Tuerca de fijación diámetro interno de 37 mm	4,5	2	9
Virola y disco de sujeción interno (Plancha de acero laminado en caliente comercial 12x1200x2400)	780	1	780
Manguito de fijación diámetro interno 37mm	6	2	12
Madera tornillo (1 pinta o Pt)	320	1	320
Barra de acero 1 metro 2 1/4" SAE 1045(S/4,5 por kg)	80	1	80
Reductor Sew 350 Nm	3000	1	3000
Motor Sew 2HP			
Plancha de acero comercial 9mmx1200mmx2400mm calidad ASTM 1011	1547	1	1547
Plancha de acero estructural 12mmx1200mmx2400mm calidad ASTM A36	697	1	697
Plancha de acero estructural 16mmx1200mmx2400mm calidad ASTM A36	1600	1	1600
Plancha de acero estructural 20mmx1200mmx2400mm calidad ASTM A36	2500	1	2500
Plancha de acero estructural 25mmx1200mmx2400mm calidad ASTM A36	2520	1	2520
Barra redonda calibrada de 1 3/8" SAE 1045 de 1 metro de largo	50	1	50
Barra redonda calibrada de acero de 1" calidad 1022 de un metro de largo	67,5	1	67,5
Barra redonda calibrada de acero de 2 1/2" calidad 1022 de un metro de largo	80	1	80
Remache estriado con cabeza redonda 8mm	14,9	2	29,8
Rácor soldable 45mm diámetro	18	1	18
Tornillo de cabeza hexagonal M10 x70	1,5	4	6
Tornillo de cabeza hexagonal M10 x50	1	4	4
Tuerca hexagonal M10x70	2	4	8
Primario anticorrosivo(galón)	60	1	60
Esmalte color preferido(galón)	46	1	46
<b>TOTAL</b>	<b>13954,4</b>	<b>39</b>	<b>14148,3</b>

Fuente: Elaboración propia

### b) Costo de mano de obra para construcción de la máquina

El sistema de sujeción se cotizó en la empresa H+S Hidráulica SAC, con costo promedio de 1 100 soles. La construcción del tambor se cotizó en 900 nuevos soles.

### c) Costo por mantenimiento programado

Según SEW EURODRIVE el cambio de aceite se debe hacer o efectuar entre 500 y 800 horas de operación. Cada 3 000 horas o a lo más cada 6 meses se debe hacer una inspección de aceite. Cada 4 meses se debe rellenar de grasa los retenes con 30 gramos, el rellenado de grasa se debe efectuar con el reductor en movimiento. Por lo mencionado anteriormente y considerando la lubricación de los rodamientos del tambor, se decide que el mantenimiento se realice cada 4 meses. El costo por mantenimiento es de 400 soles, por lo que el costo anual de mantenimiento sería de 1 200 soles.

### 3.5.2. Beneficios

Para saber el beneficio de la empresa al implementar el diseño de la máquina cabrestante es necesario proyectar la demanda actual. Para ello se utilizó el método de Winters, debido a que los datos históricos varían significativamente en cada mes, y sobre todo porque arroja un error porcentual medio de tan solo 0,0230%(MAPE); mientras que el método de suavización exponencial doble arroja un MAPE de 8,214% (Ver Tabla 39). Asimismo, con el método Winters la desviación absoluta media es de 0,0368 y la desviación cuadrática media de 0,0022.

**Tabla 39. Comparación de resultados de métodos de proyección para conexiones a casa sin mejora**

Medidas de exactitud	Método	
	Suavización exponencial doble	Winters o suavización exponencial triple
MAPE	8,214	0,023
MAD	13,137	0,0368
MSD	235,336	0,0022
Precisión de pronóstico=100%-MAPE	91,786	99,977

Fuente: Elaboración propia

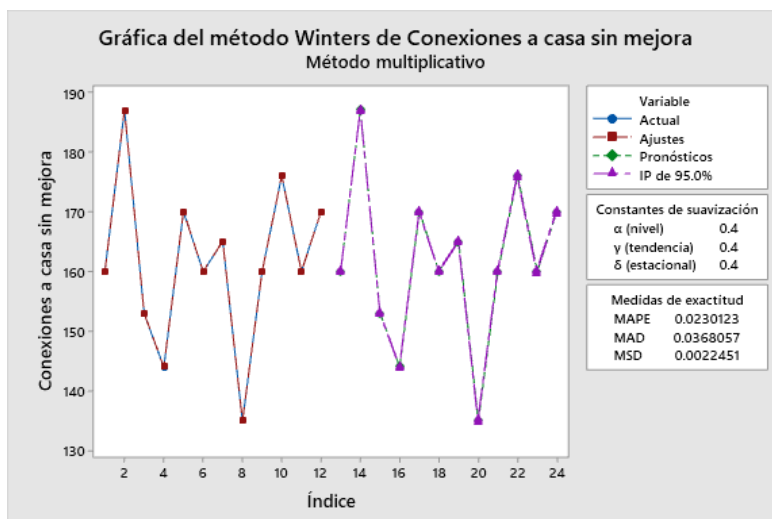


Figura 93. Método de Winter para conexiones a casa sin mejora

Fuente: P.Q. SERVICIOS GENERALES EIRL

**Tabla 40. Conexiones proyectadas sin mejora con método Winters**

Meses	Conexiones proyectadas sin mejora
Enero	160
Febrero	187
Marzo	153
Abril	144
Mayo	170
Junio	160
Julio	165
Agosto	135
Septiembre	160
Octubre	176
Noviembre	160
Diciembre	170
<b>Total</b>	<b>1 940</b>

Fuente: Elaboración propia

Luego se procedió a efectuar la proyección de la demanda que atendería la empresa P.Q Servicios Generales EIRL, si esta decide utilizar la máquina cabrestante en su proceso de instalación de cable coaxial. Se utilizó también el método de Winter, debido a que los datos históricos varían significativamente en cada mes, y sobre todo porque arroja un error porcentual medio de tan solo 0,1668%(MAPE); mientras que el método de suavización exponencial doble arroja un MAPE de 11,0190% (Ver Tabla 41). Asimismo, con el método Winter la desviación absoluta media es de 0,4144 y la desviación cuadrática media de 0,2854.

**Tabla 41. Comparación de resultados de métodos de proyección para conexiones a casa sin mejora**

Medidas de exactitud	Método	
	Suavización exponencial doble	Winters o suavización exponencial triple
MAPE	11,0190	0,1668
MAD	27,2820	0,4144
MSD	972,4860	0,2854
Precisión de pronóstico=100%-MAPE	88,9810	99,8332

Fuente: Elaboración propia

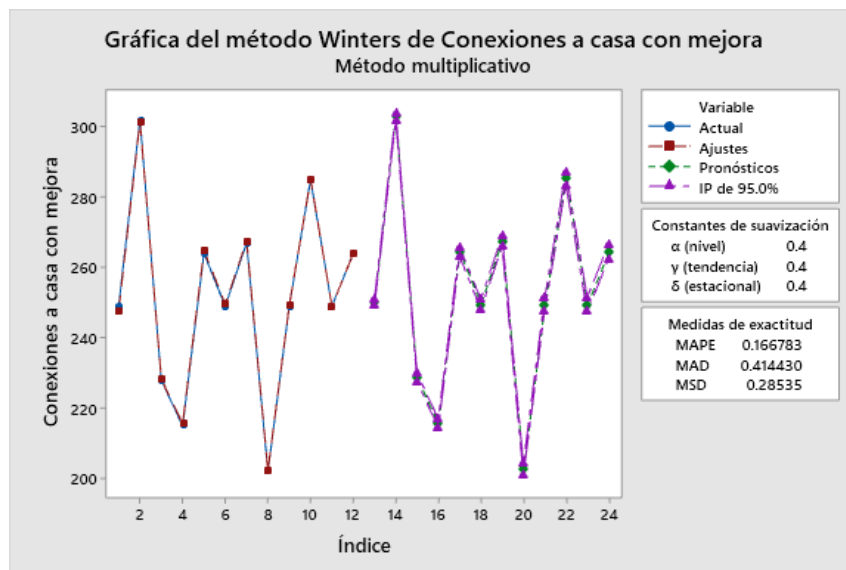


Figura 94. Método de Winter para conexiones a casa con mejora

Fuente: P.Q. SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

**Tabla 42. Demanda de conexiones con la mejora de acuerdo al año 2018**

Meses	Conexiones a casa con mejora
Enero	249
Febrero	302
Marzo	228
Abril	215
Mayo	264
Junio	249
Julio	267
Agosto	202
Septiembre	249
Octubre	285
Noviembre	249
Diciembre	264
<b>Total</b>	<b>3023</b>

Fuente: P.Q. SERVICIOS GENERALES EIRL

**Tabla 43. Conexiones proyectadas con la mejora utilizando el método Winters**

<b>Período</b>	<b>Conexiones proyectadas con mejora</b>
Enero	250
Febrero	303
Marzo	229
Abril	216
Mayo	265
Junio	250
Julio	268
Agosto	202
Septiembre	249
Octubre	286
Noviembre	249
Diciembre	264
<b>Total</b>	<b>3031</b>

Fuente: Elaboración propia

Teniendo la proyección de conexiones con la demanda actual atendida y la demanda que se podría atender con la mejora, se procede a calcular el beneficio que trae la aplicación de la mejora. En la Tabla 43 se observa que incrementan las conexiones de internet a casa. Las utilidades por nuevas conexiones a casa se hallaron considerando el ingreso promedio por conexión se encuentra que tiene actualmente la empresa, el cual es de 39,75 soles (Tabla 44).

**Tabla 44. Beneficio del diseño de la máquina cabrestante**

<b>Meses</b>	<b>Conexiones actuales proyectadas sin mejora</b>	<b>Conexiones proyectadas con mejora</b>	<b>Incremento de conexiones a casa</b>	<b>Utilidades por nuevas conexiones a casa(S/.)</b>
Enero	160	250	90	3577,640
Febrero	187	303	116	4611,180
Marzo	153	229	76	3021,118
Abril	144	216	72	2862,112
Mayo	170	265	95	3776,398
Junio	160	250	90	3577,640
Julio	165	268	103	4094,410
Agosto	135	202	67	2663,354
Septiembre	160	249	89	3537,888
Octubre	176	286	110	4372,671
Noviembre	160	249	89	3537,888
Diciembre	170	264	94	3736,646
<b>Total</b>	<b>1940</b>	<b>3031</b>	<b>1091</b>	<b>43368,944</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 45. Flujo de caja de la propuesta**

COMPONENTES	Unidad	AÑOS					
		0	1	2	3	4	5
<b>BENEFICIOS</b>		S/.					
Incremento en utilidades por nuevas conexiones			S/43.368,94	S/43.368,94	S/43.368,94	S/43.368,94	S/43.368,94
<b>Beneficios totales</b>			S/43.368,94	S/43.368,94	S/43.368,94	S/43.368,94	S/43.368,94
<b>COSTOS</b>							
Capacitación a operarios para uso de máquina			S/500,00				
Costo de materiales para construcción de máquina		S/14.148,30					
Costo de mano de obra para construir máquina		S/2.000,00					
Mantenimiento programado para la máquina			S/1.200,00	S/1.200,00	S/1.200,00	S/1.200,00	S/1.200,00
Imprevistos (5 %)		S/807,42					
<b>Costos totales</b>		<b>S/16.148,30</b>	<b>S/1.700,00</b>	<b>S/1.200,00</b>	<b>S/1.200,00</b>	<b>S/1.200,00</b>	<b>S/1.200,00</b>
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		<b>-S/16.148,30</b>	<b>S/41.668,94</b>	<b>S/42.168,94</b>	<b>S/42.168,94</b>	<b>S/42.168,94</b>	<b>S/42.168,94</b>
Depreciación (5%)			-S/807,42	-S/807,42	-S/807,42	-S/807,42	-S/807,42
Utilidad antes de impuestos			S/40.861,53	S/41.361,53	S/41.361,53	S/41.361,53	S/41.361,53
Impuestos			S/12.054,15	S/12.201,65	S/12.201,65	S/12.201,65	S/12.201,65
Depreciación			S/807,42	S/807,42	S/807,42	S/807,42	S/807,42
<b>FLUJO DE CAJA ECONÓMICO</b>		<b>-S/16.148,30</b>	<b>S/29.614,79</b>	<b>S/29.967,29</b>	<b>S/29.967,29</b>	<b>S/29.967,29</b>	<b>S/29.967,29</b>
<b>VNA (*)</b>	S/103.176,01						
<b>TIR (%)</b>	183%						
<b>BENEFICIO COSTO</b>	S/9,57						
<b>TASA EFECTIVA ANUAL(REFERENCIAL)</b>	12%						

Fuente: Elaboración propia

Tal como se muestra en la Tabla 45, por cada sol invertido se obtiene una ganancia de S/9,57 soles. Asimismo, se tiene un TIR del 183%, que comparado al 12% de la tasa de descuento económica, es muy superior, y por consiguiente hace rentable el diseño de la máquina cabrestante para reducir los ingresos no percibidos en la empresa P.Q Servicios Generales EIRL. Por otro lado, el valor neto actual es de S/103 176,01; cantidad que representa las ganancias de los cinco años proyectados en el año cero.

Se necesita saber de forma detallada el tiempo de recuperación de la inversión realizada. En la Tabla 46 se muestra el tiempo de recuperación en años, meses y días.

**Tabla 46. Periodo de recuperación de la inversión**

AÑOS	0	1	2	3	4	5
Ingreso		S/29.614,79	S/29.967,29	S/29.967,29	S/29.967,29	S/29.967,29
Inversión	-S/16.148,30					
Saldo por recuperar		S/13.466,49	S/43.433,78	S/73.401,07	S/103.368,36	S/133.335,65

Fuente: Elaboración propia

Se aplica una regla de tres simple:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ año} \longrightarrow 29\ 614,79 \\ x \longrightarrow 16\ 148,30 \end{array}$$

La inversión inicial es de S/16 148,30, y el saldo por recuperar es positivo en el primer año, la recuperación de la inversión será en 0,5620 años. Por lo tanto:

$$0,5453 \text{ años} \left( 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} \right) \left( 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \right) = 196,3 \text{ días}$$

La recuperación de la inversión se dará en 196,3 días (es decir 6 meses con 16,3 días)

#### **IV. Evaluación de impacto de la propuesta**

- **Económico**

El impacto de la propuesta en el ámbito económico es positivo, debido a que la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL obtendrá un beneficio de S/9,57 por cada sol invertido, si es que decide implementar la máquina en su proceso de instalación de cable coaxial, y para sus posibles contratos en proyectos de fibra óptica.

- **Ambiental**

Para evitar en lo más mínimo posible la contaminación al ambiente se optó por el uso de la energía eléctrica, dejándose de lado en una primera instancia el uso de motores por combustión interna. En la Tabla 10 se muestra un matriz de enfrentamiento entre la opción de elegir un motor con funcionamiento hidráulico o un motor con funcionamiento eléctrico. Cabe resaltar que la valorización en el ámbito ambiental fue uno de los factores determinantes para la elección del tipo de motor.

- **Seguridad**

En el ámbito de la seguridad, el personal encargado de la instalación de cable coaxial, no tendrá que tensar el cable de manera manual, por lo que se evitarán riesgos de tipo físico en los operarios (riesgos disergonómicos).

- **Personal**

El personal obtendrá nuevos conocimientos que le servirán en el transcurso de su vida, pues aprenderá a manipular una máquina que le ayudará a reducir su carga de trabajo y aumentar su productividad. Con la implementación del diseño de la máquina propuesta en el proceso de la empresa, el nivel de productividad de mano de obra aumenta a 41,962 metros/hora x operario.

- **Social**

Muchas personas serán beneficiadas si se implementare la máquina diseñada, puesto que la empresa podrá abastecer la demanda de instalación de cable coaxial en un 67,925%.

## V. Conclusiones

- Se identificó la situación problemática de la empresa, encontrándose que se dejan de percibir ingresos debido a la no atención de una demanda significativa de conexiones de internet fijo (209 conexiones), generando un bajo nivel de servicio de 43,396%. Además, se hallaron los tiempos de las actividades de cada uno de los procesos que se utilizan en la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL, encontrándose actividades con tiempos muy prolongados, siendo el más elevado el tensado de cables con un tiempo de 1 153,8 segundos. Todo lo mencionado genera un ingreso no percibido de S/.8 321 mensuales.
- Se diseñó la máquina cabrestante para reducir los ingresos no percibidos, al ser usada en el proceso de instalación de cable coaxial. El dimensionamiento de las partes de la máquina se sustentó con cálculos de ingeniería, asimismo se comprobó las piezas más críticas mediante análisis estáticos por Von Mises en el software SolidWorks, demostrándose que la máquina resistirá las cargas y torques a los que estará expuesta; todas las dimensiones de las piezas se presentaron en planos realizados con el mismo software. Considerando el uso de la máquina en el proceso de instalación de cable coaxial, se logra una mejora muy significativa de los indicadores; el tiempo de tensado se reduce a 484,8 segundos; la productividad de mano de obra aumenta a 41,962 metros/h x operario; se reducen los ingresos no percibidos mensuales a S/ 4 735.
- Se realizó el costo beneficio del proyecto, en el cual se tiene como resultado que por cada sol invertido se obtiene S/9,57. La inversión en el proyecto tendrá un total de S/16 148,30; con una tasa interna de retorno del 183%; un VNA de S/103 176,01 en un plazo de 5 años; y un periodo de recuperación de tan solo 196,3 días.

## **VI. Recomendaciones**

- Se recomienda a la empresa considerar el posible uso de la máquina para tensado de fibra óptica, determinar la nueva carga máxima que debería soportar la máquina y someterlo a análisis en SolidWorks u otro programa que sea de preferencia.
- Se recomienda que para diseñar la máquina para el rubro de la fibra óptica es necesario se haga una nueva toma de tiempos. Para la estandarización de tiempos tener en cuenta que hay actividades con tiempos muy variables, por lo que se debe considerar varias observaciones.
- Se recomienda que para el estudio de análisis de proceso se debe recurrir a la ayuda de la tecnología, como cámaras, debido a que es muy complejo. Asimismo, se deben utilizar equipo de protección personal en el trabajo en campo, puesto que los trabajos realizados en la empresa son en altura.

## VII. Referencias

- [1] OSIPTEL, «Informe de análisis y recomendaciones sobre la situación comercial de la Red Dorsal Nacional de Fibra óptica(RDNFO),» 5 Febrero 2018. [En línea]. Available: <http://www.osiptel.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/1/bol/boldic214/files/Inf045-GPRC-2018.pdf>. [Último acceso: 1 Abril 2019].
- [2] ANDINA, «Más del 50% de hogares de Lambayeque cuenta con equipamiento tecnológico,» 20 Diciembre 2015. [En línea]. Available: <https://andina.pe/agencia/noticia-mas-del-50-hogares-lambayeque-cuenta-equipamiento-tecnologico-590438.aspx>. [Último acceso: 1 Abril 2019].
- [3] T. Mushiri, M. Jirivengwa y C. Mbohwa, «Design of a Hoisting System for a Small Scale Mine,» *Procedia*, pp. 738-745, 2017.
- [4] J. Sanz, C. Oliveros, C. Ramírez y M. Londoño, «Sistema de malacate y vagón para transporte de café en cereza en condiciones de alta pendiente,» *CENICAFÉ*, pp. 100-110, 2011.
- [5] J. Rojas y J. Delgado, «Diseño Paramétrico tridimensional y análisis estático del primer malacate español utilizado para drenar agua de las minas,» *DYNA*, vol. 82, n° 190, pp. 237-245, 2015.
- [6] O. Araque y J. Gómez, «Diseño de un sistema de transporte de material de arrastre triturado de río,» *Scientia et Technica*, n° 40, pp. 1-6, 2008.
- [7] J. Rojas y J. Martínez, «Modelado tridimensional y análisis funcional de una invención histórica española del siglo XIX para la extracción del mineral: La Máquina Emilina,» *DYNA*, pp. 13-21, 2015.
- [8] Unión Internacional de Telecomunicaciones, «Medio de expresión: términos y referencias,» 1993. [En línea]. Available: <https://www.itu.int/es/pages/default.aspx>. [Último acceso: 30 Septiembre 2018].
- [9] J. Espinoza, O. López y S. García, Técnico en Telecomunicaciones, Madrid: Cultural, 2002.
- [10] Corporación Nacional de Telecomunicaciones, «Normas de diseño y Construcción de redes de Telecomunicaciones con Fibra Óptica,» Febrero 2012. [En línea]. Available: [https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe?Archivo=82hGsId48DVFwdM\\_QO0Xekkqa9d1D5n\\_2aLkN-jG1KM](https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe?Archivo=82hGsId48DVFwdM_QO0Xekkqa9d1D5n_2aLkN-jG1KM). [Último acceso: 11 Abril 2019].

- [11] WARN INDUSTRIAL, «Información necesaria para el uso del winch,» [En línea]. Available: <https://international.warn.com/shop-winch>. [Último acceso: 14 Abril 2019].
- [12] CEIS, «Herramientas y equipos operativos:Manual de equipos operativos y herramientas de intervención,» 10 Mayo 2015. [En línea]. Available: [http://ceis.antiun.net/docus/pdfonline/m6/M6\\_EOV\\_v4\\_07\\_equipos\\_arrastreElevacion/M6-EOV-v4-07-equipos-arrastreElevacion.pdf](http://ceis.antiun.net/docus/pdfonline/m6/M6_EOV_v4_07_equipos_arrastreElevacion/M6-EOV-v4-07-equipos-arrastreElevacion.pdf). [Último acceso: 14 Abril 2019].
- [13] F.Manitas, «¿Cómo elegir un cabrestante?,» [En línea]. Available: <https://consejos.manomano.es/como-elegir-un-cabrestante-1760>. [Último acceso: 14 Abril 2019].
- [14] Instituto Costarricense de Electricidad, «Procedimientos Técnicos para el Tendido y Tensado de Líneas de Transmisión de Alto Voltaje,» Setiembre 2009. [En línea]. Available: <https://appcenter.grupoice.com/PEL/docsAdq/LPU20140005ANE-26.pdf>. [Último acceso: 10 Junio 2019].
- [15] SEW EURODRIVE, «MOTORREDUCTOR,» [En línea]. Available: <https://www.sew-eurodrive.es/productos/motorreductores/getriebemotoren.html>. [Último acceso: 19 Diciembre 2019].
- [16] Compañía Levantina de Reductores, «Motorreductores: cómo elegir el mejor para cada proyecto,» [En línea]. Available: <https://www.sumindustria.es/content/catalog/noticias/pdf/sumindustriaCLR-como%20elegir-motorreductor.pdf>. [Último acceso: 19 Diciembre 2019].
- [17] Universidad Carlos III de madrid, «Ejes de transmisión,» Madrid, 2018.
- [18] SKF, «Rodamientos básicos,» [En línea]. Available: <https://www.skf.com/group/products/rolling-bearings/principles-of-rolling-bearing-selection/general-bearing-knowledge/bearing-basics>. [Último acceso: 11 Mayo 2020].
- [19] San Juan : Reciclados y Demoliciones, «Prensa hidráulica,» [En línea]. Available: <https://www.rdsanjuan.com/prensa-hidraulica-todo-lo-que-desconoces/>. [Último acceso: 11 Mayo 2020].
- [20] SEW EURODRIVE, «Motorreductores SEW:Principios, tipos, aplicaciones y mantenimiento,» de *Ciclo de conferencias de actualización tecnológica 2016*, Lima, 2016.

- [21] LOKAD, «Definición de nivel de servicio,» Marzo 2014. [En línea]. Available: <https://www.lokad.com/es/definicion-nivel-de-servicio>. [Último acceso: 02 Mayo 2019].
- [22] R.Carro y D.González, «Administración de las operaciones: productividad y competitividad,» [En línea]. Available: [http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02\\_productividad\\_competitividad.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf). [Último acceso: 2 Mayo 2019].
- [23] H. Maynard, Manual de ingeniería y organización industrial, Terceraa edición ed., Barcelona: Reverté, 2014, pp. 199-212.
- [24] J. Cruelles, Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua, Barcelona: Alfaomega Grupo Editor , 2012, pp. 489-508.
- [25] B.Nieel y A. Freivalds, Ingeniería Industrial: Métodos estándares y diseño del trabajo, Duodécima ed., Monterrey: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA, 2009, p. 344.
- [26] C. Janania, Manual de tiempos y movimientos: ingeniería de métodos, LIMUSA, 2008.
- [27] DECSAI, «Análisis de series temporales,» 2010. [En línea]. Available: <http://prod77ms.itesm.mx/podcast/EDTM/P007.pdf>. [Último acceso: 19 Noviembre 2020].
- [28] F. Meyers, Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil, Segunda ed., Pearson educación, 2000.
- [29] A.García, R.Acero y J.Perea, «Libro virtual de economía y gestión: Análisis de inversiones ganaderas y veterinarias,» 2007. [En línea]. Available: [http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/12\\_13\\_32\\_capitulov.pdf](http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/12_13_32_capitulov.pdf). [Último acceso: 2 Mayo 2019].
- [30] INEI, «Telecomunicaciones: Suscriptores con conexión al servicio de internet fijo, según empresa y por departamento del 2010-2016,» [En línea]. Available: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1635/cap21/ind21.htm](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1635/cap21/ind21.htm). [Último acceso: 08 Octubre 2018].
- [31] INEI, «Suscriptores con conexiones al servicio de internet fijo desagregado por departamento y empresa,» [En línea]. Available: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1635/cap21/ind21.htm](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1635/cap21/ind21.htm). [Último acceso: 28 Abril 2019].
- [32] R. Norton, Diseño de maquinaria, 2da ed., México: McGraw-Hill, 2000.

- [33] MAXGROUPS, «¿Por qué elegir un cabrestante hidráulico sobre uno eléctrico,» [En línea]. Available: <https://max-groups.com/es/choose-hydraulic-winch-electrical-one/>. [Último acceso: 26 Junio 2019].
- [34] SYSCOM, «Accesorios para Torres Arriostradas,» [En línea]. Available: <https://www.syscom.mx/producto/S-RET-474-SYSCOM-31079.html>. [Último acceso: 11 Junio 2019].
- [35] COMMSCOPE, «Cables coaxiales de línea dura,» [En línea]. Available: [https://es.commscope.com/catalog/cables/product\\_details.aspx?id=47079](https://es.commscope.com/catalog/cables/product_details.aspx?id=47079). [Último acceso: 11 Junio 2019].
- [36] COVISA, «Alambres y cables desnudos,» [En línea]. Available: [https://www.rhona.pe/uploads/archivos/20141217171338\\_dat-294246-294256desnudos.pdf](https://www.rhona.pe/uploads/archivos/20141217171338_dat-294246-294256desnudos.pdf). [Último acceso: 11 Junio 2019].
- [37] CSBEAVER, «Cables de acero,» [En línea]. Available: <https://csbeaver.com/categoria-de-producto/cables-acero/>. [Último acceso: 23 Junio 2019].
- [38] PROAR, «Relación diámetro polea/diámetro de cable,» [En línea]. Available: [http://www.acerosproar.com.ar/docs/9\\_relacion\\_diametro\\_polea\\_diametro\\_cable.pdf](http://www.acerosproar.com.ar/docs/9_relacion_diametro_polea_diametro_cable.pdf). [Último acceso: 18 Junio 2019].
- [39] A. Miravete, E. Larrodé, L. Castegón y J. Cuartero, Los Transportes en la Ingeniería Industrial, 1 ed., Barcelona: REVERTÉ, 1998.
- [40] SKF, «Rodamientos de una hilera de rodillos cónicos,» [En línea]. Available: <https://www.skf.com/pe/products/rolling-bearings/roller-bearings/tapered-roller-bearings/single-row-tapered-roller-bearings/productid-32008%20X>. [Último acceso: 11 Mayo 2020].
- [41] SKF, «Suitability of rolling bearings for industrial applications,» [En línea]. Available: [https://www.skf.com/binaries/pub12/Images/0901d196805fd45c-1708-0021-EN---17000-w\\_tcm\\_12-291479.pdf](https://www.skf.com/binaries/pub12/Images/0901d196805fd45c-1708-0021-EN---17000-w_tcm_12-291479.pdf). [Último acceso: 11 Mayo 2020].
- [42] O. Vásquez, «Ingeniería de Métodos: Apuntes de estudio,» [En línea]. Available: [https://issuu.com/oscarvgevvasi/docs/ingenier\\_a\\_de\\_m\\_todos](https://issuu.com/oscarvgevvasi/docs/ingenier_a_de_m_todos). [Último acceso: 25 Abril 2019].
- [43] Organización Internacional del Trabajo, «Introducción al Estudio del Trabajo,» 1996. [En línea]. Available: <https://teacherke.files.wordpress.com/2010/09/introduccion-al-estudio-del-trabajo-oit.pdf>. [Último acceso: 12 7 2020].

- [44] J. Benavides, M. Del Pilar y M. León , «Efectica Solución Subterránea Túnel Benavides: El más moderno del Perú,» *Perú Construye*, n° 14, p. 180, 2016.
- [45] J.Huidobro, *Redes y Servicios de Telecomunicaciones*, 4 ta ed., España: Paraninfo, 2006.
- [46] C.Gerónimo, «Manual de Comunicaciones por Fibras ópticas,» [En línea]. Available: [https://issuu.com/cesargeronimo2/docs/libro\\_de\\_comunicaciones\\_opticas?fbclid=IwAR08HCZzf7CVv9bSm-KLgHbOERHqiQvCqb72MDy0-w9wnbbwP7ZSZ3Zugjo](https://issuu.com/cesargeronimo2/docs/libro_de_comunicaciones_opticas?fbclid=IwAR08HCZzf7CVv9bSm-KLgHbOERHqiQvCqb72MDy0-w9wnbbwP7ZSZ3Zugjo). [Último acceso: 11 Abril 2019].
- [47] MAMUT, «Cables de acero,» [En línea]. Available: [https://www.fijaciones.com/mr/accesorios/Cable\\_acero.asp](https://www.fijaciones.com/mr/accesorios/Cable_acero.asp). [Último acceso: 18 Junio 2019].
- [48] uc3m, «Diseño de máquinas,» 2009. [En línea]. Available: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/disenio-de-maquinas>. [Último acceso: 23 Junio 2019].
- [49] F. Alba, *Diseño de elementos de Máquinas I*, Lima: Pool Producciones SRL, 2005.
- [50] M. Spotts, *Protecto de elementos de máquinas*, Barcelona: Reverté, 2003, pp. 276-277.
- [51] R. Budynas y J. Nisbett, *Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley*, 9na ed., McGraw-Hill, pp. 818-821.
- [52] FAMETAL, «Motores eléctricos,» [En línea]. Available: [https://www.fametal.com/webstore/index.php?route=product/product&path=213\\_234&product\\_id=7458&sort=pd.name&order=DESC](https://www.fametal.com/webstore/index.php?route=product/product&path=213_234&product_id=7458&sort=pd.name&order=DESC). [Último acceso: 26 Junio 2019].

## VIII. Anexos

### Anexo 1.Observaciones realizadas del traslado de materiales hacia lugar de trabajo y actividades antes de iniciar instalación

ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tiempo promedio	Observaciones preliminares	Observaciones requeridas
Estacionamiento de carro	117	118	117	115	121	122	125	116	118	119	118,8	10	1
Bajar escalera de carro	47	49	43	42	49	49	47	40	47	49	46,2	10	7
Trasladar escalera de carro a poste	65	60	59	61	67	63	64	60	65	62	62,6	10	3
Bajar bobina de mensajero, y malacate de carro	91	95	92	95	94	91	95	95	96	93	93,7	10	1
Trasladar bobina de mensajero y malacate hacia lugar de trabajo	185	190	184	185	190	181	189	182	187	186	185,9	10	1
Instalar mensajero a malacate	188	192	190	187	186	191	185	186	189	190	188,4	10	1
Bajar bobina de cable coaxial de carro	123	125	123	123	123	126	120	123	122	124	123,2	10	1
Trasladar bobina de cable coaxial hacia lugar de trabajo	194	196	192	190	193	193	195	195	193	195	193,6	10	1
Bajar caja de alambre de devanar de carro	67	71	67	69	70	65	66	69	71	67	68,2	10	1
Trasladar caja de alambre de devanar hacia lugar de trabajo	74	72	70	71	78	76	79	72	71	79	74,2	10	3
Bajar fijadores, pasadores y escalera 2	82	91	81	91	84	82	91	85	90	83	86	10	4
Trasladar fijadores, pasadores y escalera 2 hacia lugar de trabajo	102	104	102	104	103	100	100	107	106	103	103,1	10	1
<b>Suma promedio</b>										<b>Segundos</b>	<b>1 343,9</b>		
										<b>Minutos</b>	<b>22,398</b>		
										<b>Horas</b>	<b>0,373</b>		

Fuente: P.Q. Servicios Generales E.I.R.L

**Anexo 2.Observaciones realizadas en la instalación de cable coaxial por tramos (cada tramo consta de 4 postes es decir 120 m)**

ACTIVIDAD	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6	Tramo 7	Tramo 8	Tramo 9	Tramo 10	Tiempo promedio	Observaciones preliminares	Observaciones requeridas
Posicionar escalera a poste	26	23	27	24	25	23	26	25	23	26	24,8	10	5
señalización	6	5	6	6	5	6	5	6	6	6	5,7	10	10
Jalar mensajero para subirlo a poste	237	235	238	238	240	242	241	238	243	241	239,3	10	1
Jalado de cable coaxial para subirlo a poste	242	239	243	238	242	238	237	236	239	237	239,1	10	1
Devanado	239	239	239	237	242	241	236	240	237	243	239,3	10	1
Instalar fijador con cables devanados en poste 1	239	243	244	244	241	242	242	244	240	245	242,4	10	1
Llevar pasadores y escalera 2 a poste 2	43	43	41	47	38	39	40	36	41	37	40,5	10	9
Instalar un pasador en poste 2	182	188	182	185	183	186	183	189	180	187	184,5	10	1
Subir cables devanados a poste 2	40	47	41	45	46	43	47	43	40	42	43,4	10	6
Llevar pasadores y escalera 2 a poste 3	45	42	41	41	46	44	39	43	44	44	42,9	10	4
Instalar pasador a poste 3	182	188	185	185	186	182	184	188	189	182	185,1	10	1
Subir cables devanados a poste 3	44	46	41	42	42	43	40	46	40	46	43	10	5
Llevar pasadores y escalera 2 a poste 4	46	39	40	42	39	42	39	46	41	42	41,6	10	6
Instalar un pasador en poste 4	187	182	185	181	183	181	188	188	185	184	184,4	10	1
Subir cables devanados al poste 4	42	46	43	39	45	39	47	43	40	42	42,6	10	6
Tensar los cables en el poste 4	1155	1154	1154	1147	1155	1143	1168	1153	1161	1148	1153,8	10	1
Trasladar fijadores y escalera 1 a poste 2	51	49	53	53	45	49	46	52	45	52	49,5	10	6
Instalar un fijador a poste 2	244	245	240	241	243	241	246	240	244	239	242,3	10	1
Trasladar fijadores y escalera 1 a poste 3	46	46	51	51	53	52	46	51	47	50	49,3	10	5
Instalar un fijador a poste 3	242	240	242	241	245	240	246	240	246	241	242,3	10	1
Trasladar fijadores y escalera 1 a poste 4	45	53	52	51	48	51	46	52	51	53	50,2	10	5
Instalar un fijador a poste 4	243	244	243	240	243	239	246	241	246	239	242,4	10	1
<b>Tiempo promedio del proceso de instalación cada tres tramos en horas</b>											<b>1,44 horas</b>		

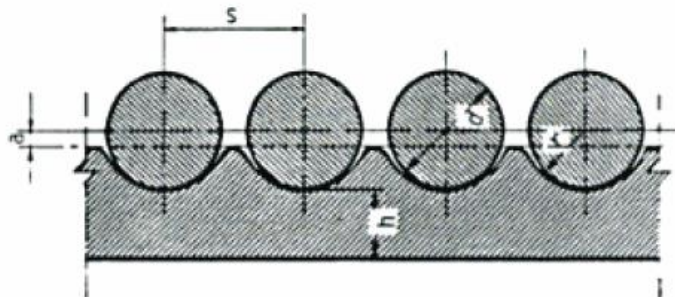
Fuente: P.Q. Servicios Generales E.I.R.

**Anexo 3. Ingreso promedio de crecimientos horizontales por mes en la empresa P.Q Servicios Generales E.I.R.L entre los meses Junio-diciembre**

MESES FACTURADOS	CRECIMIENTOS HORIZONTALES	INGRESOS MENSUALES	INGRESO PROMEDIO POR CRECIMIENTO
Junio	16	9600	600
Julio	15	9150	610
Agosto	15	8925	595
Septiembre	14	8526	609
Octubre	16	9488	593
Noviembre	16	9616	601
Diciembre	17	10013	589
<b>PROMEDIO</b>	16	9331,14	600

Fuente: P.Q. Servicios Generales EIRL

**Anexo 4. Paso de enrollamiento**



*Figura B 5.12. Dimensiones de las ranuras de los tambores de los cables.*

**Tabla B 5.4. Dimensiones de las ranuras de los tambores según la Figura B 5.12 (mm).**

Diámetro del cable	10.	13.	16.	19.	22.	27.	33.	40.	44.
s	12	15	18	22	25	31	37	45	49
r	5,5	7	9	10,5	12	15	18	22	24
a	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6

Fuente: Los transportes de la Ingeniería Industrial

## Anexo 5. Ritmo de trabajo o Factor de calificación

INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DEL TRABAJO

Cuadro 17. Ejemplos de ritmos de trabajo expresados según las principales escalas de valoración

Escala				Descripción del desempeño	Velocidad de marcha comparable <sup>1</sup>	
60-80	75-100	100-133	0-100 (norma británica)		(m/ft)	(m/h)
0	0	0	0	Actividad nula		
40	50	67	50	Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo	2	3,2
60	75	100	75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan	3	4,8
80	100	133	<b>100 (Ritmo tipo)</b>	Activo, capaz, como de obrero calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado	4	6,4
100	125	167	125	Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio	5	8,0
120	150	200	150	Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de «virtuoso», sólo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes	6	9,6

<sup>1</sup> Partiendo del supuesto de un operario de estatura y facultades físicas medias, sin carga, que camine en línea recta, por terreno llano y sin obstáculos.  
Fuente: Adaptación de un cuadro publicado por la Engineering and Allied Employers (West of England) Association, Department of Work Study.

Fuente: Organización Internacional del Trabajo

## Anexo 6. Sistema de Suplementos por descanso

<b>TABLA DE SUPLEMENTOS</b>					
Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los Tiempos básicos					
<b>1. SUPLEMENTOS CONSTANTES</b>					
	Hombres	Mujeres			
<b>A. Suplementos por necesidades</b>	5%	7%			
<b>B. Suplementos base por fatiga</b>	4%	4%			
<b>2. Suplementos variables</b>					
	Hombre	Mujeres		Hombres	Mujeres
<b>A. Suplemento por trabajar de pie</b>	2%	4%	<b>F. Concentración intensa</b>		
<b>B. Suplemento por postura anormal</b>			Trabajos de cierta precisión	0%	0%
Ligeramente incómoda	0%	1%	Trabajos precisos o fatigosos	2%	2%
Incómoda (inclinado)	2%	3%	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5%	5%
Muy incómoda (ecado, estirado)	7%	7%	<b>G. Ruido</b>		
<b>C. Uso de fuerza/energía muscular</b>			Continuo	0%	0%
Levantar, tirar, empujar			Intermitente y fuerte	2%	2%
Peso levantado (Kg)			Intermitente y muy fuerte	5%	5%
2,5	0%	1%	<b>H. Tensión mental</b>		
5	1%	2%	Proceso bastante complejo	1%	1%
10	3%	4%	Proceso complejo o atención dividida en muchos objetos	4%	4%
25	9%	20%	Muy complejo	8%	8%
35	22%	...	<b>I. Monotonía</b>		
<b>D. Mala iluminación</b>			Trabajo algo monótono	0%	0%
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0%	0%	Trabajo bastante monótono	1%	1%
Bastante por debajo	2%	2%	Trabajo muy monótono	4%	4%
Absolutamente insuficiente	5%	5%	<b>J. Tedio</b>		
<b>E. Condiciones atmosféricas</b>			Trabajo algo aburrido	0%	0%
Índice de enfriamiento Kata			Trabajo bastante aburrido	2%	1%
16	0%	0%	Trabajo muy aburrido	5%	2%
8	10%	10%			
4	45%	45%			
2	100%	100%			

Fuente: Oficina Internacional del Trabajo

## Anexo 7. Consideraciones a tener en cuenta para el mantenimiento de la máquina

Tarea	Descripción de tarea	Herramientas generales	Periodo	Responsable
Inspección o Revisión	Antes de realizar cualquier procedimiento de mantenimiento la máquina se debe aislar la línea de alimentación eléctrica; es decir máquina parada Se realiza la revisión de las máquinas antes de entrar en funcionamiento para asegurar su operatividad, mediante la identificación de componentes que pueden causar fallas. A través de la inspección: visual, auditiva, olfativa y sensorial.	Kit de limpieza Kit destornillador Kit de reparación Kit de verificación	4 meses	Técnico mecánico eléctrico, o alguna otra persona capacitada para realizarlo
Limpieza	Para ello se debe desmontar la máquina, limpiarla internamente los lugares que sufren mayor contaminación (rodamientos del reductor, del tambor y del motor)			
Lubricación	Los rodamientos deben lubricarse con el producto más adecuado, consultar lubricantes de SEW EURODRIVE Y SKF			
Reparación	No someta la máquina a cargas mayores a la que está diseñada. Si alguna pieza necesita repararse o cambiarse asegúrese que sea del tipo que ha sido diseñado			

Fuente: Elaboración propia

Según SEW EURODRIVE el cambio de aceite se debe hacer o efectuar entre 500 y 800 horas de operación. Cada 3000 horas o a lo más cada 6 meses se debe hacer una inspección de aceite. Cada 4 meses se debe rellenar de grasa los retenes con 30 gramos, el rellenado de grasa se debe efectuar con el reductor en movimiento. Por lo mencionado anteriormente y considerando la lubricación de los rodamientos del tambor, se decide que el mantenimiento se realice cada 4 meses.

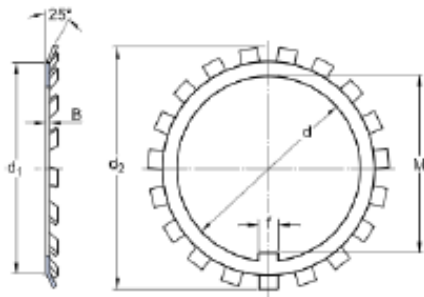
## Anexo 8. Datos técnicos de arandela de fijación SKF



MB 8 A

Arandelas de fijación MB(L)

### Especificación técnica



### DIMENSIONES

d	40 mm
	50 mm
	62 mm
B	1.8 mm
f	6 mm
M	37.5 mm

### MASA

Arandela de fijación de masa

0.018 kg

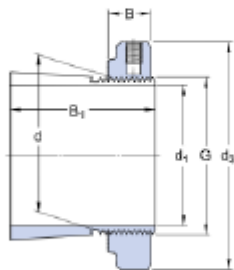
## Anexo 9. Datos técnicos de manguito de fijación y tuerca de fijación SKF



H 2308 E

Manguitos de fijación para ejes métricos

### Especificación técnica



### DIMENSIONES

	35 mm
d	40 mm
	58 mm
	46 mm
B	13 mm
G	M 40x1.5

### MASA

Montaje del manguito de fijación de masa	0.24 kg
--	---------

### PRODUCTOS INCLUIDOS

Tuerca de fijación	KMFE 8
--------------------	--------

## Anexo 10. Datos técnicos de madera de tornillo



**Características:** Cuando se rebaja como madera seca, en máquinas de carpintería el polvillo afecta a las vías respiratorias.

### PROPIEDADES FISICAS:

Densidad Básica	: 0.45 GR/CM3
Contracción Volumétrica	: 10.65 %
Relación T/R	: 2.2%
Contracción Tangencial	: 6.90 %
Contracción Radial	: 3.17 %

### PROPIEDADES MECANICAS:

Módulo de Elasticidad de Flexión	: 108.0 TN/CM2
Módulo de Ruptura en Flexión	: 576.0 KG/CM2
Compresión Paralela	: 222.0 KG/CM2
Compresión Perpendicular	: 57.0 KG/CM2
Corte Paralelo a las Fibras	: 81.0 KG/CM2
Dureza de Lados	: 388.0 KG/CM2

### CARACTERISTICAS DE LA TROZA:

Diámetro	: 1.00 M.
Forma	: Cilíndrica
Defectos	: Ninguno
Conservación	: Se recomienda mantener la troza en patio húmedo.

## Anexo 11. Dimensiones de barras redondas calibradas según TRADISA

BARRAS REDONDAS				
SISTEMA INGLES (Pulgadas)	CALIDAD		PESO ESTIMADO	
			Kg / m	Kg / 6m
1/4	1016		0.25	1.5
5/16	1213	1022	0.39	2.34
3/8	1213	1022	0.56	3.36
7/16	1213	1022	0.76	4.56
1/2	1213	1022	0.99	5.94
9/16	1213	1022	1.26	7.56
5/8	1213	1022	1.55	9.3
11/16		1022	1.88	11.28
3/4	1213	1022	2.24	13.44
7/8	1213	1022	3.05	18.3
15/16	DIN9SMN28		3.49	20.98
1	1213	1022	3.98	23.88
1 1/8		1022	5.03	30.18
1 1/4		1022	6.22	37.32
1 3/8		1022	7.52	45.12
1 1/2		1022	8.95	53.7
1 5/8		1022	10.5	63.03
1 3/4		1022	12.18	73.08
1 7/8		1022	13.98	83.91
2		1022	15.91	95.46
2 1/4		1022	20.14	120.84
2 1/2		1022	24.86	149.16
3	1016		35.75	214.50
3 1/2	1016		48.66	291.96
4	1016		63.57	381.42
4 1/2	1016		80.48	482.88
5*	1016		99.32	595.92
6*	1016		143.00	858.00

Barras de 3" a 4 1/2" pueden ser trelladas o torneadas.

\* Torneadas (Peladas)

## Anexo 12. Datos técnicos de barras redondas calibradas calidad SAE 1045 y ASTM A36 según ACEROS AREQUIPA

### DENOMINACIONES:

REDO LISO A36; REDO LISO SAE1045  
REDO PULI A36; REDO PULI SAE1045

### DESCRIPCIÓN:

Producto laminado en caliente de sección circular, de superficie lisa y pulida (según requerimiento).

### USOS:

CALIDAD	USOS
ASTM A36	Estructuras metálicas, puertas, ventanas, rejas, cercos, barras de transferencia para pavimento rígido, etc.
SAE 1045	Pernos y tuercas por recalcado en caliente o mecanizado, ejes, pines, pasadores, etc.

### NORMAS TÉCNICAS:

- ASTM A36 / A36M
- SAE J403
- ISO 1035 / 4

### TOLERANCIAS DIMENSIONALES:

- Barras de diámetros  $\leq$  a 1": ISO 1035/4
- Barras de diámetros  $>$  a 1": ASTM A6

### PRESENTACIÓN:

- Se produce en longitudes de 6 metros.<sup>(\*)</sup>
- Las barras de diámetros mayores a 1", son suministradas en estado laminado en caliente y posteriormente pulidas.
- Se suministra en paquetones de 2 TM.
- La calidad 1045 se identifica con los colores blanco o blanco y negro.
- La calidad A36 se identifica con los colores verde o verde y negro.

### DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES:

DIÁMETRO NOMINAL (pulg)	PESO MÉTRICO Kg/m	PESO DE LA BARRA Kg/6m
3/8	0.559	3.356
1/2	0.994	5.966
5/8	1.554	9.323
3/4	2.237	13.425
7/8	3.045	18.272
1	3.978	23.866
1 1/8	5.034	30.205
1 1/4	6.215	37.291
1 3/8	7.520	45.122
1 1/2	8.950	53.698
1 3/4	12.182	73.090
2	15.911	95.464
2 1/4	20.137	120.822
2 1/2	24.860	149.162

(\*) También se produce en otras longitudes a pedido del cliente

### COMPOSICIÓN QUÍMICA EN LA CUCHARA (%):

NORMA	%C	%Mn	%Si	%P	%S
ASTM A36	0.26 máx.	0.60 - 0.90 <sup>(1)</sup>	0.40 máx.	0.04 máx.	0.05 máx.
SAE 1045	0.43 - 0.50	0.60 - 0.90	0.15 - 0.25 <sup>(2)</sup>	0.030 máx.	0.050 máx.

(1) Para diámetros mayores que 3/4".

(2) Las barras con norma SAE 1045 contienen silicio a partir de 1 1/8".

### PROPIEDADES MECÁNICAS:

NORMA	LÍMITE DE FLUENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )	ALARGAMIENTO EN 200 mm, mín (%)
ASTM A36	2,530	4,080 - 5,620	20.0
SAE 1045 <sup>(*)</sup>	4,000 - 5,500	6,700 - 8,200	12.0

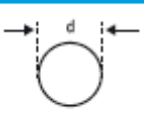

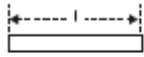

(\*) Valores Típicos

### TOLERANCIAS DIMENSIONALES:

Barras de diámetro  $>$  1"

NORMA TÉCNICA	DIÁMETRO NOMINAL (d)	DIÁMETRO (d - mm)	OVALIZACIÓN (o - mm) máx.	DESVIACIÓN DE MÁXIMA DE RECTITUD (f - mm/m)	LONGITUD (L - mm) (*)
ASTM A6	1" $<$ d $\leq$ 1 1/8"	$\pm$ 0.25	0.38	4.16	+ 50 - 0
	1 1/8" $<$ d $\leq$ 1 1/4"	$\pm$ 0.28	0.41		
	1 1/4" $<$ d $\leq$ 1 3/8"	$\pm$ 0.30	0.46		
	1 3/8" $<$ d $\leq$ 1 1/2"	$\pm$ 0.36	0.53		
	1 1/2" $<$ d $\leq$ 2"	$\pm$ 0.40	0.58		
	2" $<$ d $\leq$ 2 1/2"	+ 0.79/- 0.0	0.58		

Barras de diámetro  $\leq$  1"

CARACTERÍSTICA DE CALIDAD	NORMA TÉCNICA ISO 1035/4	GRÁFICOS
Dimensión Nominal (d) d $\leq$ 1/2 1/2 $<$ d $\leq$ 7/8 7/8 $<$ d $\leq$ 1	$\pm$ 0.4 mm $\pm$ 0.5 mm $\pm$ 0.6 mm	
Ovalización (o) d $\leq$ 1/2 1/2 $<$ d $\leq$ 7/8 7/8 $<$ d $\leq$ 1	0.60 mm máx. 0.75 mm máx. 0.90 mm máx.	 o = Ø mayor - Ø menor
Longitud De Barra (l) 3 $<$ l $\leq$ 12 m	0 / + 50 mm	
Desviación Máxima de Rectitud (f)	4.0 mm/m máx.	

QCQA01-F106 / 01 / NOV 15 • QCQA01-F134 / 01 / NOV 15

## Anexo 13. Datos técnicos de barra redonda bonificada AISI 4340 según FERMET



### AISI - 4340 BARRA BONIFICADA

**DESCRIPCIÓN:** Acero de bonificación de aleación cromo-níquel- molibdeno. Ideal para componentes de máquinas que serán sometidos a altos esfuerzos de tracción, torsión, así como a cambios de flexión. Insensible a la fragilidad de revenido.

#### APLICACIONES:

Ejes sometidos a altos esfuerzos, engranajes de alta responsabilidad, cigüeñales, barras de torsión, ejes de bombas, pines, pernos de alto grado, entre otros.

Acero bonificado, puede ser usado sin tratamiento térmico.

Dependiendo de la exigencia de la aplicación.

Apto para tratamiento térmico de temple y revenido.

#### Propiedades Mecánicas

Diámetro	Resistencia a la tracción	Límite de fluencia	Resiliencia	Elongación	Estricción
mm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	J	% min	% min
16 - 40	1200 - 1390	985	48	10	45
40 - 100	1070 - 1280	880	48	11	50
100 - 160	980 - 1200	785	48	12	50
160 - 250	780 - 9400	690	48	13	55

#### Composición Química

%	C	Mn	Cr	Ni	Mo	Si	P	S
Min	0.30	0.50	1.30	1.30	0.15			0.020
Max	0.38	0.80	1.70	1.70	0.30	0.40	0.025	0.035

#### Normas Equivalentes

AISI	4340
DIN	34CrNiMo6
W N°	1.6582

## Anexo 14. Datos técnicos de planchas LAC de acero ASTM A36 calidad estructural según TUBISA SAC

### Descripción

Productos planos, que se obtienen por laminación en caliente, a partir de planchones de acero estructural.

### Usos

Estructuras metálicas, equipos mineros, tolvas, autopartes, tanques de almacenamiento, vigas, puentes, torres de alta tensión, silos, etc.

### Normas Suministradas y Composición Química

NORMA TECNICA	C %	Mn %	Si %	P %	S %	TIPO DE ACERO
ASTMA 36/A 36M	0.26 máx	1.20 máx	0.4 máx	0.04 máx	0.05 máx	RESISTENCIA MEDIA

### Propiedades Mecánicas

NORMA TECNICA	Limite de Fluencia			Resistencia a la Tracción			Elongación	
	Kg/mm <sup>2</sup>	ksi	Mpa	Kg/mm <sup>2</sup>	ksi	Mpa	Probeta 2"	Probeta 8"
ASTMA 36/A 36M	25.3 mín	36 mín	250 mín	41 - 56	58 - 80	400 - 550	23 % mín	20% mín

### Dimensiones y Pesos Teóricos

SISTEMA METRICO			SISTEMA INGLES, REFERENCIAL			PESOS TEORICOS			AREA DE PLANCHA	
Espesor mm	Ancho mm	Largo mm	Espesor	Ancho pie	Largo pie	kg/plancha	kg/m <sup>2</sup>	kg/pie <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	pie <sup>2</sup>
5.9	1200	2400	1/4"	4	8	133.39	46.32	4.30	2.88	31.0
6.0	1200	2400	1/4"	4	8	135.65	47.10	4.38	2.88	31.0
6.4	1200	2400	1/4"	4	8	144.69	50.24	4.67	2.88	31.0
7.9	1200	2400	5/16"	4	8	178.60	62.02	5.76	2.88	31.0
8.0	1200	2400	5/16"	4	8	180.88	62.80	5.83	2.88	31.0
9.0	1200	2400	3/8"	4	8	203.47	70.65	6.56	2.88	31.0
9.5	1200	2400	3/8"	4	8	214.78	74.58	6.93	2.88	31.0
12.0	1200	2400	1/2"	4	8	271.30	94.20	8.75	2.88	31.0
12.5	1200	2400	1/2"	4	8	282.60	98.13	9.12	2.88	31.0
12.7	1200	2400	1/2"	4	8	287.12	99.70	9.26	2.88	31.0
16.0	1200	2400	5/8"	4	8	361.73	125.60	11.67	2.88	31.0
19.0	1200	2400	3/4"	4	8	429.55	149.15	13.86	2.88	31.0
22.0	1200	2400	7/8"	4	8	497.38	172.70	16.04	2.88	31.0
25.0	1200	2400	1"	4	8	565.20	196.25	18.23	2.88	31.0
32.0	1200	2400	1 1/4"	4	8	723.46	251.20	23.34	2.88	31.0
38.0	1200	2400	1 1/2"	4	8	859.10	298.30	27.71	2.88	31.0
50.0	1200	2400	2"	4	8	1130.40	392.50	36.46	2.88	31.0
65.0	1200	2400	2 1/2"	4	8	1469.52	510.25	47.40	2.88	31.0
75.0	1200	2400	3"	4	8	1695.60	588.75	54.70	2.88	31.0
100.0	1200	2400	4"	4	8	2260.80	785.00	72.93	2.88	31.0

**Anexo 15. Datos técnicos de planchas LAC de acero ASTM 1011 calidad comercial según TRADISA**

**DIMENSIONES STANDARD, TOLERANCIA Y PESOS**

SISTEMA METRICO (mms)			TOLERANCIA ESPESOR +/- en mms	PESO TEORICO kg/pl	SISTEMA INGLES Espesor Equiv.(pulg)
5.90 x	1200 x	2400	0.5	133.39	0.232"
6.00 x	1200 x	2,400	0.5	135.65	1/4"
8.00 x	1200 x	2,400	0.55	180.86	5/16"
9.00 x	1200 x	2,400	0.55	203.47	3/8"
9.50 x	1200 x	2,400	0.55	214.78	3/8"
12.00 x	1200 x	2,400	0.55	271.30	1/2"
12.50 x	1200 x	2,400	0.55	282.60	1/2"
16.00 x	1200 x	2,400	0.65	361.73	5/8"
19.00 x	1200 x	2,400	0.65	429.55	3/4"
20.00 x	1200 x	2,400	0.65	452.16	3/4"
22.00 x	1200 x	2,400	0.65	497.38	7/8"
25.00 x	1200 x	2,400	0.7	565.20	1"
32.00 x	1,200 x	2,400	0.7	723.46	1 1/4"
38.00 x	1,200 x	2,400	0.7	859.10	1 1/2"
50.00 x	1,200 x	2,400	0.8	1,130.40	2"
63.00 x	1,200 x	2,400	0.9	1,424.30	2 1/2"
75.00 x	1,200 x	2,400	0.9	1,695.60	3"
100.00 x	1,200 x	2,400	1.3	2,260.80	4"
125.00 x	1,200 x	2,400	1.3	2,826.00	5"
150.00 x	1,200 x	2,400	1.3	3,391.20	6"

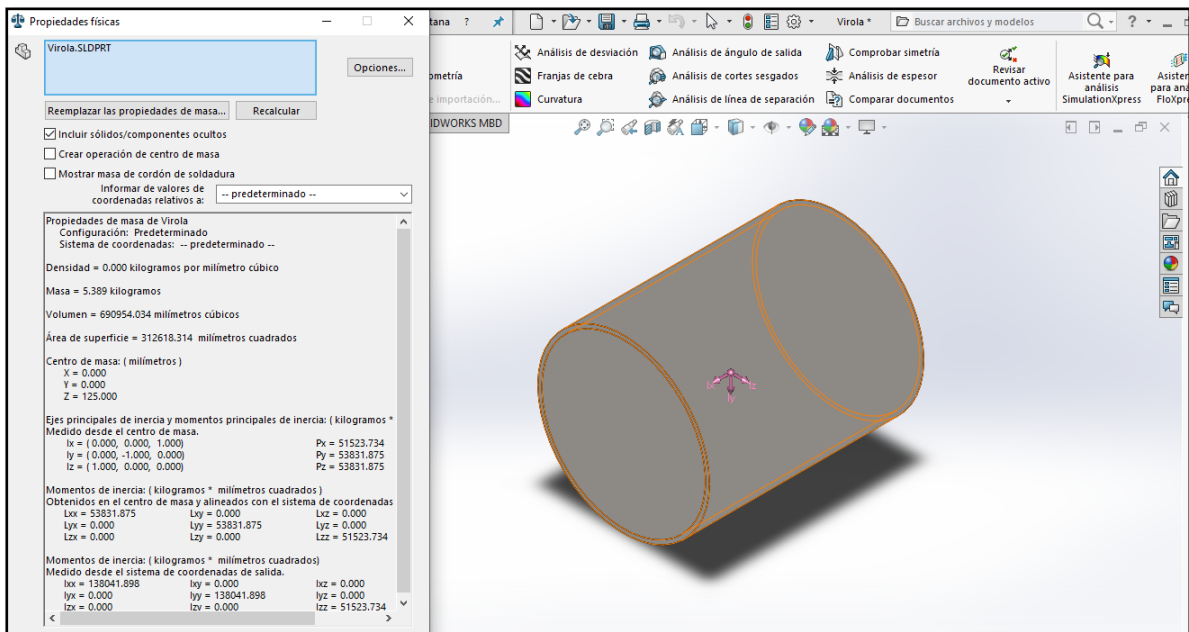
Tolerancias espesor según JIS G-3193

**NOTA.-** En estas Dimensiones también disponibles  
Planchas de Calidad Estructural

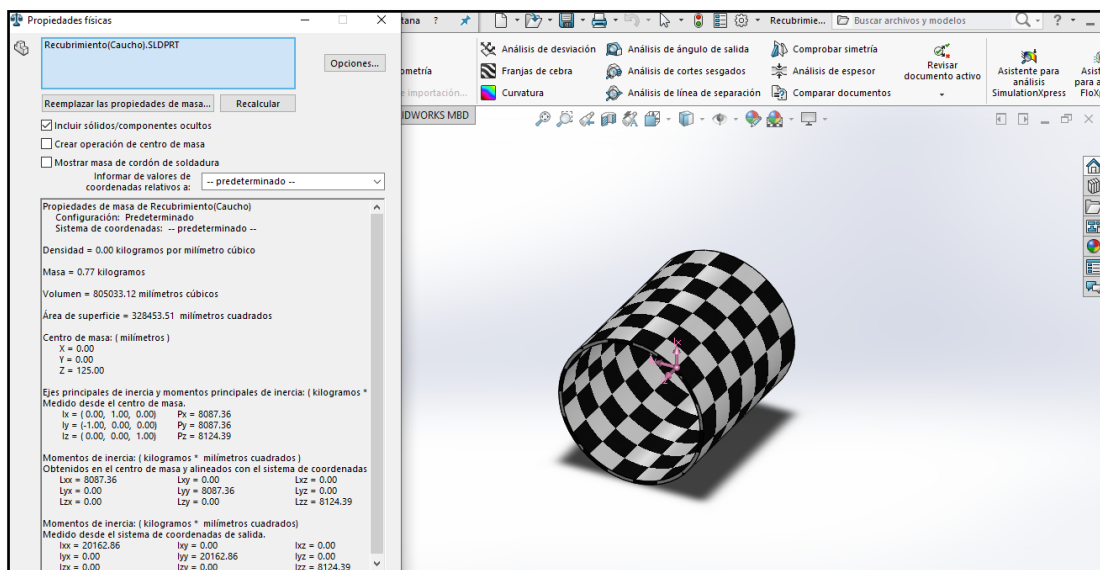
## Anexo 16. Masa de piezas diseñadas para el tambor

Mediante el uso del Software SolidWorks se calculó la masa de los componentes del tambor. Se asignó el tipo de material según lo utilizado para los cálculos de sus respectivas dimensiones en el objetivo 2 diseño de máquina cabrestante para reducir los ingresos no percibidos en la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL. A continuación, se detalla la masa de cada pieza del tambor

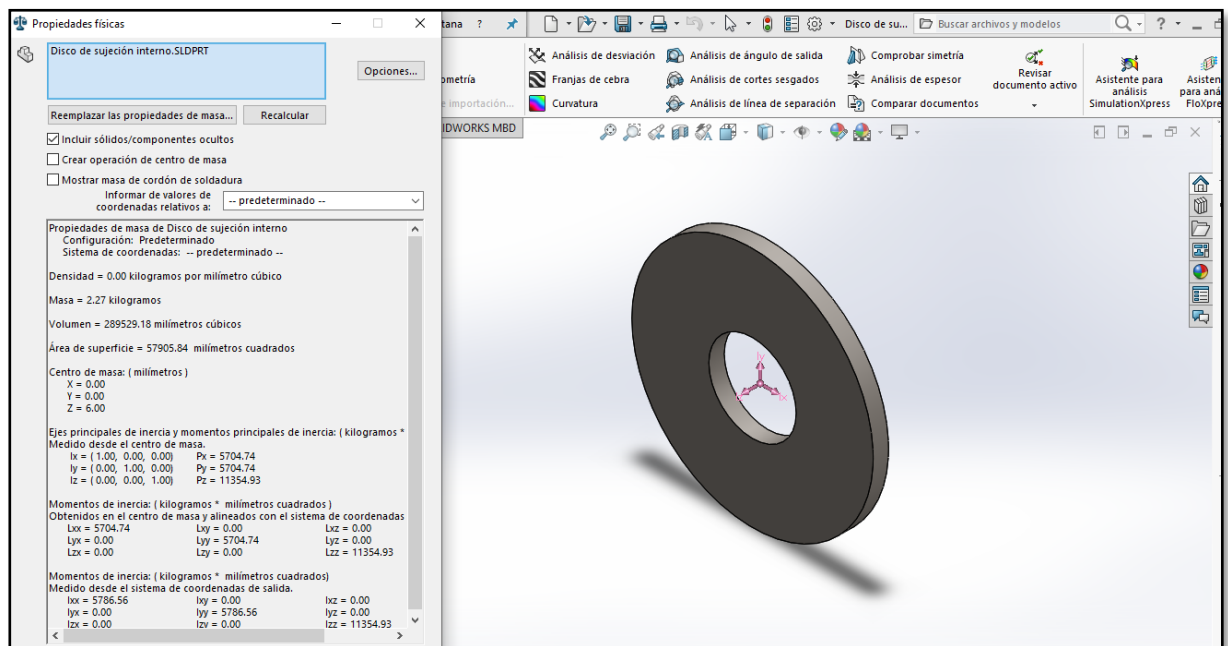
1. La virola tiene un peso de 5,5kg, material ASTM 1011 laminado en caliente calidad comercial



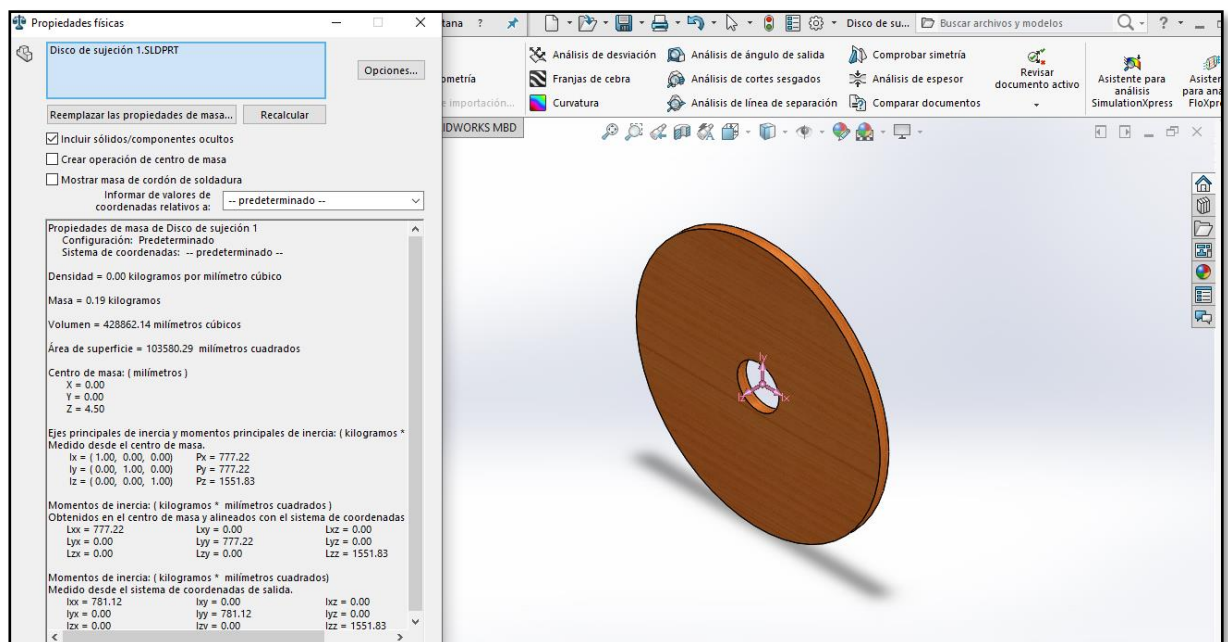
2. El recubrimiento de caucho tiene un peso de 0,77kg



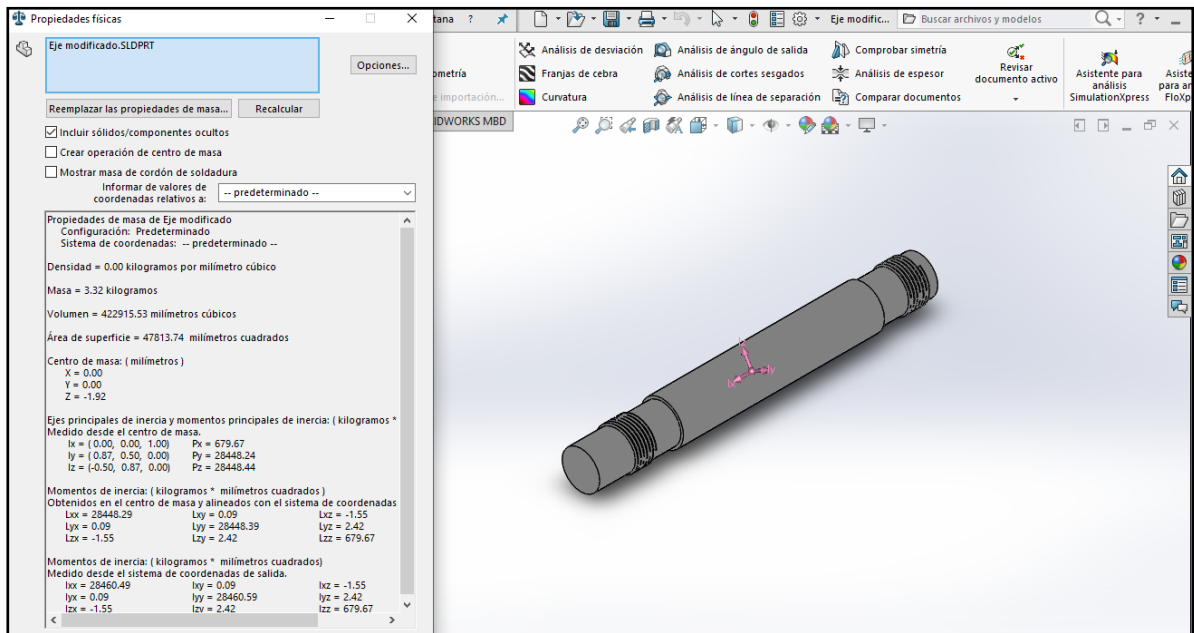
### 3. El disco de sujeción interno tiene un peso de 2,2kg



### 4. El peso del disco de tope es de 0,19kg



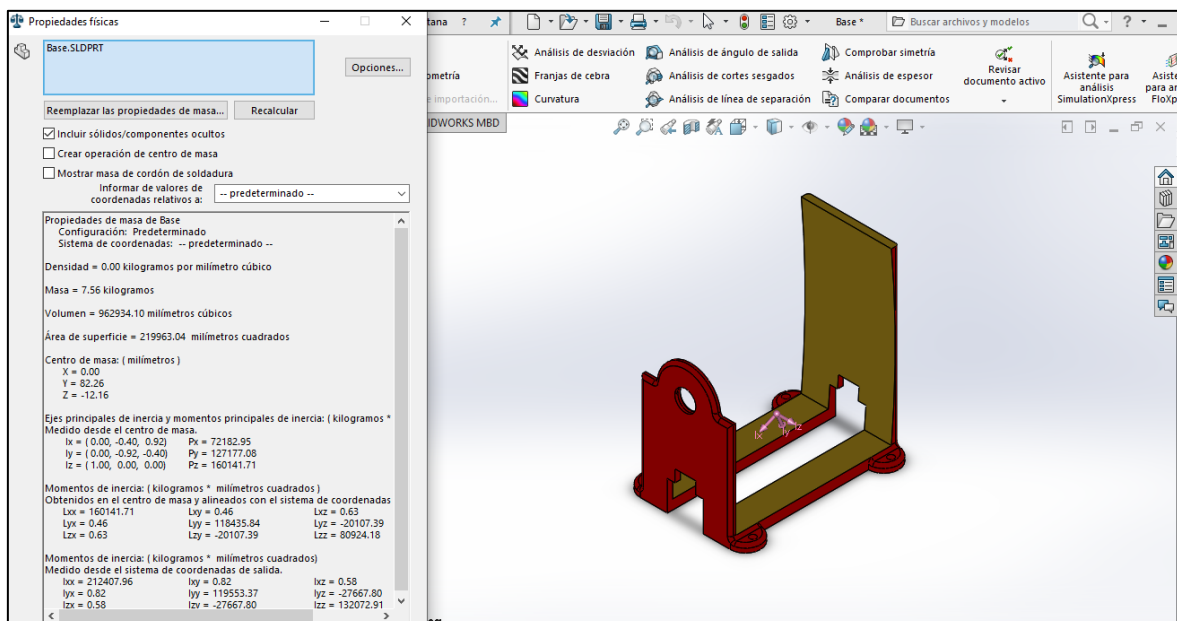
5. El peso del eje del tambor es de 3,32kg



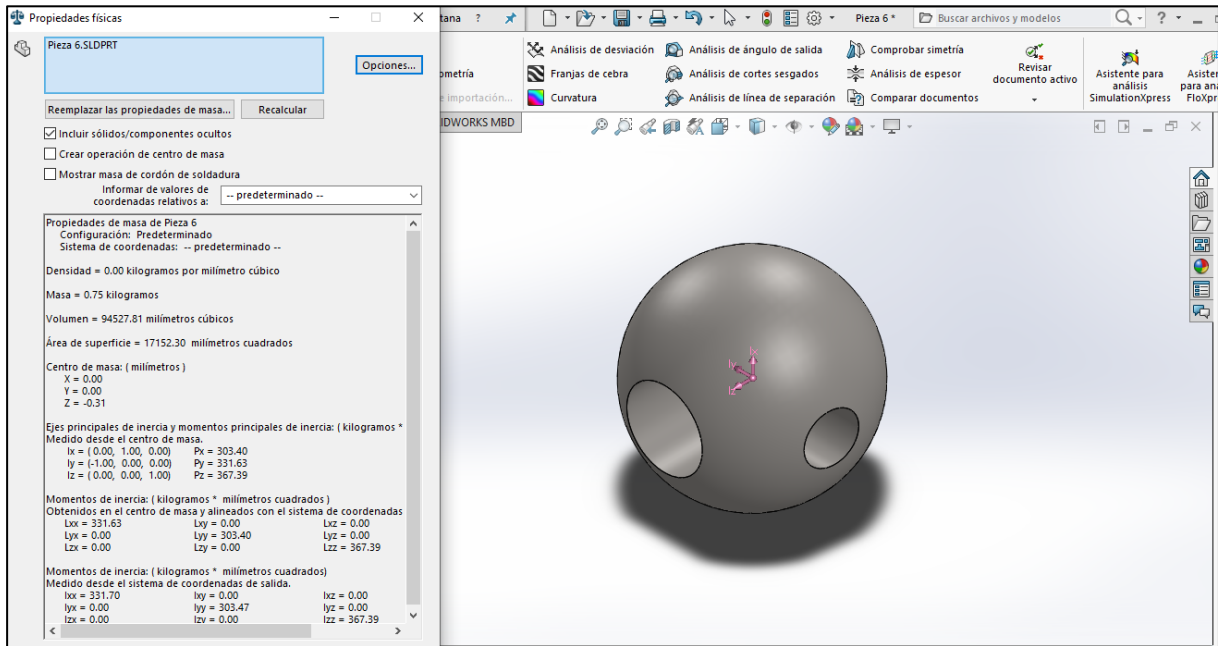
### Anexo 17.Masa de piezas diseñadas para el sistema de sujeción a poste

Mediante el uso del Software SolidWorks se calculó la masa de los componentes del sistema de sujeción a poste. Se asignó el tipo de material según lo utilizado para los cálculos de sus respectivas dimensiones en el objetivo 2 diseño de máquina cabrestante para reducir los ingresos no percibidos en la empresa P.Q. Servicios Generales EIRL. A continuación, se detalla la masa de cada pieza del sistema.

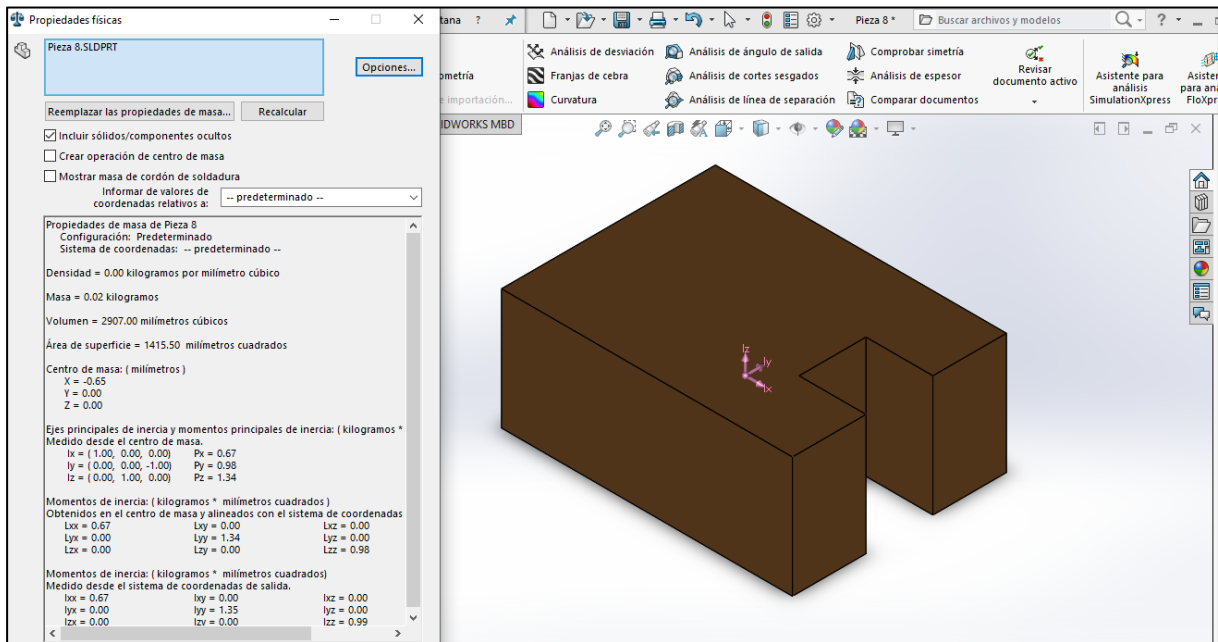
1. El peso de la base es de 7,96 kg; material ASTM A36 calidad estructural



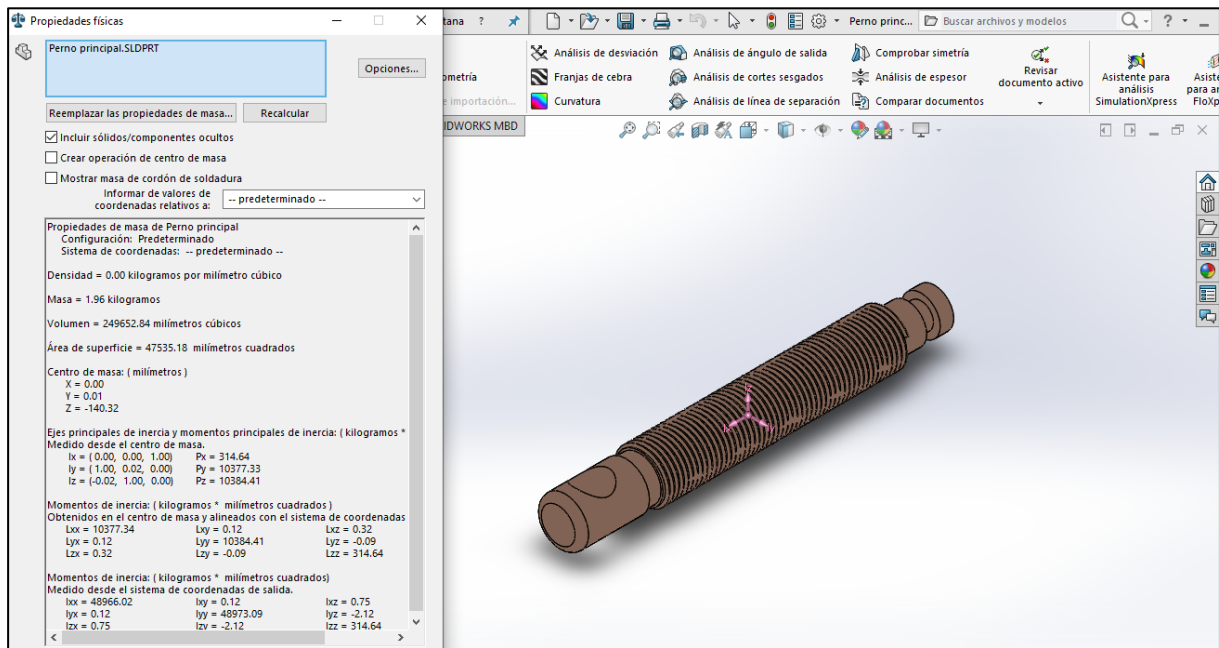
## 2. El peso de la perilla es de 0,75kg



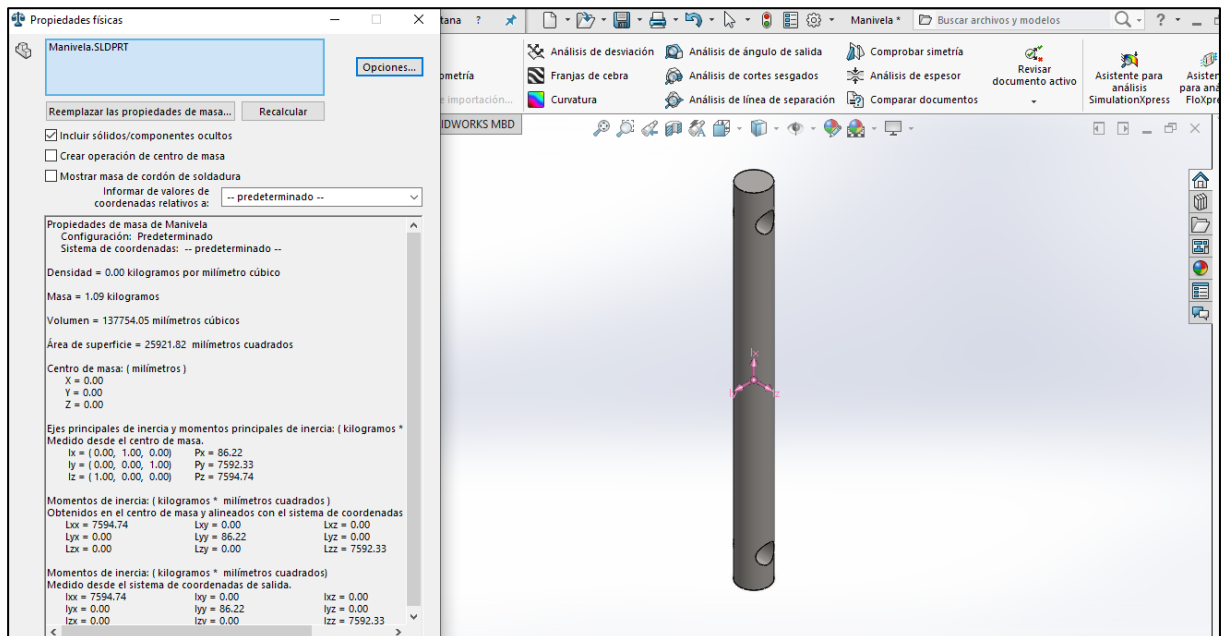
## 3. El peso de la placa deslizante es de 0,02kg



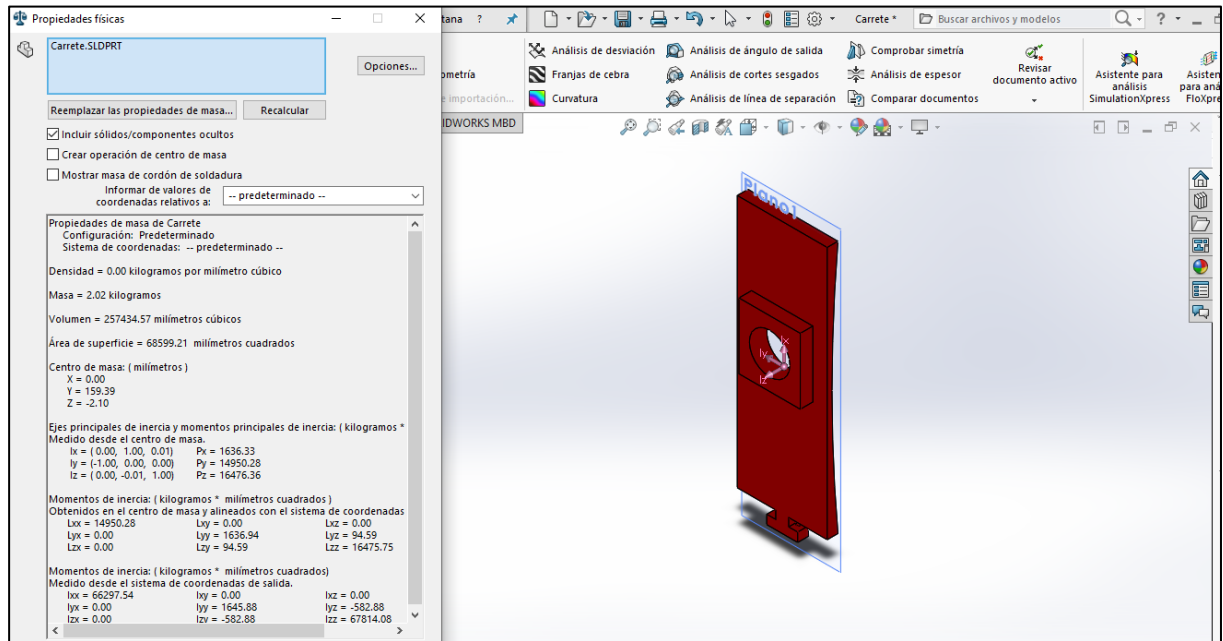
#### 4. El peso del tornillo central es de 1,96 kg



#### 5. El peso de la manivela es de 1,09 kilogramos



6. El peso del carrete es de 2,02 kg



7. El peso de la base principal de toda la máquina es de 3,98 kg

