

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA
REGULACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN
DEL MOTOR A VAPOR DE ÉMBOLO
RECIPROCANTE PERTENECIENTE AL
LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y
PLANTAS TÉRMICAS DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ, CON
SIMULACIÓN INTEGRADA DE LOS MODELOS
CINEMÁTICO Y TÉRMICO.**

José David Barón Pinilla

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Maestría en Ingeniería Mecánica
Bogotá, Colombia
2022

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA
REGULACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN
DEL MOTOR A VAPOR DE ÉMBOLO
RECIPROCANTE PERTENECIENTE AL
LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y
PLANTAS TÉRMICAS DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ, CON
SIMULACIÓN INTEGRADA DE LOS MODELOS
CINEMÁTICO Y TÉRMICO.**

José David Barón Pinilla

Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería Mecánica

Director:

Ing. Ph.D Fabio Emiro Sierra Vargas

Codirector:

M.Sc., Ph.D (c) Manuel Alejandro Mayorga Betancourt

Línea de Investigación:

Energía y transporte

Grupo de Investigación:

Mecanismos de Desarrollo Limpio y Gestión Energética- MDLYGE

Aprovechamiento Tecnológico de Materiales y Energía - GIATME

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería Mecánica, Maestría en Ingeniería Mecánica

Bogotá, Colombia

2022

A todas las personas y entidades involucradas en este proyecto.

Quienes incansablemente han colaborado para lograr la culminación de este proyecto. Director de Proyecto Ing. Jorge Eduardo Arango, Grupo P.A.I. liderado por Laura Rojas Niño a Franci Pico y Jefferson Álvarez Universidad ECCI

Resumen

A través de la historia, el hombre ha luchado por la obtención e investigación de diferentes fuentes energéticas, que lo lleven día a día a su evolución en diferentes formas de su generación, ya sea para suplir la necesidad energética en determinada comunidad o población, con el fin de abastecer los requerimientos de su establecimiento o para continuar con el desarrollo evolutivo en la generación de conocimiento, planeación y fabricación de productos, proyectos, quehaceres, distracciones, cuidados, monitoreo, etc. También cuando se idean alternativas para la generación energética se busca obtener pares y potencias energéticas acordes a partir de la tecnología aplicada, con el fin de mitigar el agotamiento de los recursos no renovables en este tercer milenio, donde la humanidad se ha visto empeñadamente trabajando en el desarrollo de tecnologías basadas en recursos alternativos de energía.

En la primera revolución industrial siglo XVIII, los primeros motores alternativos, fueron los desarrollos de las máquinas de vapor, donde se comenzaron a producir rendimientos aceptables en energía mecánica no natural (F. Payri, 2015), transformando la energía del vapor en energía mecánica pudiendo accionar un tren de engranajes de transmisión para reducir el par y adecuar la velocidad de la máquina (Martín, 2011). Para el proyecto de investigación enmarcado en este documento se dedica al estudio de motores de vapor de embolo recíprocante de doble efecto, en especial con la caracterización de un prototipo de motor de vapor, que es el motor de vapor monocilíndrico perteneciente al laboratorio de energías renovables de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. En este motor se estudian los comportamientos de diferentes sistemas de distribución de vapor. Para llegar a un nivel en que cada una de las pruebas experimentales realizadas sean medibles, se ha tenido la necesidad de realizar diferentes mejoras en el motor de vapor, partiendo desde su base estructural de trabajo, la reconfiguración de los sistemas de trabajo, potencia y la distribución del que es objeto de este estudio. Los estudios de desarrollo del sistema de distribución se hacen a partir de la construcción de modelos cinemáticos, dedicados a configuraciones de vapor vivo, vapor en fase de expansión y corte rápido. Los

resultados de estos modelos aplicados se comparan en su exactitud con herramientas de simulación como son los softwares *Engine* y *Dynacam*. Para que finalmente se realice una última comparación con las pruebas experimentales desarrolladas en el laboratorio de plantas térmicas. Experimentalmente se estudian los sistemas de distribución con el uso de válvulas de tipo carrete con diseño de corte de vapor vivo y accionamientos tipo excéntrico, también se realizó experimentación con el uso de otra válvula tipo carrete con cortes de paso de vapor en fase de expansión y también con accionamiento excéntrico, por último es probado un sistema de distribución con accionamiento por leva de accionamiento mecánico tipo plano a partir una válvula de paso tipo 3/2 (Tres entradas y dos salidas). Con la experimentación en estas válvulas de distribución se manejan diferentes condiciones de flujo de vapor, temperatura y presión, obteniendo resultados en el eje de salida del motor en su subsistema de potencia, también diferentes velocidades angulares y torques a partir del diseño y construcción de un freno experimental tipo Prony, del cual se extrajeron diagramas de los resultados que son analizados y discutidos con el modelo realizado evitando la generación de cálculos empíricos.

Palabras clave:

Motor de combustión externa, ciclo de dos tiempos, motor reciprocante, vapor vivo, vapor en fase de expansión.

Study of the influence of regulation in the distribution system in a vapor engine of a reciprocating plunger, belonging to the laboratory of renewable energies and thermal plants of the Universidad Nacional de Colombia campus Bogotá, with the integrated simulation of the models kinematic and thermic.

Abstract

Across history, the man has been a hard worker to obtain and research different energetic sources, carrying him day to day to his evolution in other forms of his generation, to supply the energetic necessity in a determined community or population, to supply the requirements of his establishment or to continue with the evolutionary development in the generation of knowledge, planning and fabricate products, projects, tasks, distractions, caring, monitoring, etc.

Also, when are devising alternatives to electric generation is wanted to obtain chord torques and energetic power independence whit the applied technology, to mitigate the exhaustion of no renewables resources in this third millennium, where humanity has been seeing steadfast working in the development of technologies based on alternatives resources of energy.

In century XVIII, in the first industrial revolution, the first alternatives engines were developed from the vapor engines were started to produce acceptable performances in non-natural mechanical energy (F.Payri, 2015), transforming the mechanical energy of the vapor into mechanical energy that can actuate a train of transmission gears to reduce the pair and adequate the velocity of the machine (Martín, 2011). This document, the research project is dedicated to studying vapor engines with a reciprocating plunger in double effect. Especially with the characterization of one prototype of vapor engine, the single-cylinder vapor engine belonging to the laboratory of thermal plants and renewables energies of the Universidad Nacional de Colombia in Bogotá city, this prototype is studied the behaviors of different systems of vapor distribution. To arrive at a level when every experimental test is measurable is necessary to realize further improvements in the vapor engine, starting from the structural work basis, the reconfiguration of work systems, power, and the distribution that objects to this study. The development studies in the distribution systems are doing from the construction of kinematic models dedicated to cut-off vapor, vapor in expansion phases, and quick shut-odd valve. The results of these applied models have compared

inaccuracy with simulation software tools like *Engine* and *Dynacam*. Finally, the last comparison with the experimental tests developed in the laboratory of thermal plants is realized. Experimentally are studied the distribution systems with the use of different valves like reel type, with cut off vapor design in eccentric actuation; also, the use of other reel type valve in an expansion phase and eccentric actuation, the last one distribution system is with poppet actuation valve, type 3/2 (three entries and two exits) of mechanical actuation. With the experimentation in these valves of distribution, different conditions of vapor flow, temperature, and pressure obtaining results in the engine's output shaft in the power subsystem too different angular velocities and torques from the design and construction using an experimental designed and built brake Prony type. Meanwhile, practical diagrams from results analyzed and argued with the model avoid the generation of empirical calculations.

Keywords:

External combustion engine, two times cycle, reciprocating engine, cut off vapor, expansion vapor.

ÍNDICE

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. | 14 |
| 1.1 | Justificación..... | 17 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 18 |
| 1.2.1 | Objetivo general..... | 18 |
| 1.2.2 | Objetivos específicos..... | 18 |
| 2. | MARCO TEÓRICO. | 19 |
| 2.1 | Propuesta y evaluación de mejoras en el motor de vapor. | 23 |
| 2.2 | Reconocimiento de las instalaciones..... | 26 |
| 2.3 | Subsistema de trabajo..... | 29 |
| 2.3.1 | Equilibrio de volúmenes muertos..... | 30 |
| 2.4 | Subsistema de transmisión de potencia | 31 |
| 2.5 | Subsistemas de distribución..... | 33 |
| 2.5.1 | Subsistema de distribución tipo carrete. | 33 |
| 2.6 | Diagramas indicadores obtenidos. | 37 |
| 2.6.1 | Tiempo de admisión y de escape con válvula de carrete de vapor vivo. | 38 |
| 2.6.2 | Tiempos de admisión y de escape válvula de carrete con coeficiente de expansión..... | 40 |
| 2.6.3 | Válvula de distribución de carrete corto. | 45 |
| 2.6.4 | Sistema de frenado tipo Prony..... | 46 |
| 3. | SIMULACIÓN DEL MOTOR DE VAPOR A PARTIR DE LOS MODELOS CINEMÁTICO Y TERMODINÁMICO INTEGRADOS | 48 |
| 3.1 | Diagramas indicadores del cilindro en sus volúmenes con los montajes del subsistema de distribución de vapor vivo como el de vapor en fase de expansión. | 48 |
| 3.2 | Análisis cinemático del subsistema de transmisión de potencia. | 53 |
| 3.3 | Desarrollo de fuerzas del vapor y pares de torsión del motor de vapor. | 57 |
| 3.3.1 | Modelo estáticamente equivalente..... | 57 |
| 3.3.2 | Masas equivalentes..... | 59 |
| 3.3.3 | Modelo estáticamente equivalente..... | 61 |
| 3.3.4 | Fuerzas de inercia y sacudimiento..... | 63 |
| 3.3.5 | Pares de torsión y fuerzas de sacudimiento..... | 65 |
| 3.3.6 | Fuerzas en pasadores..... | 65 |
| 3.4 | Comprobación del desarrollo del modelo cinemático y cinético simplificado..... | 68 |
| 3.4.1 | Construcción de diagrama indicador efecto simple. | 72 |
| 3.4.2 | Integración modelo dimensional cinemático y cinético simplificado vapor vivo efecto simple..... | 77 |
| 3.5 | Construcción del diagrama indicador..... | 79 |
| 3.5.1 | Cálculo de pérdidas de presión en tuberías de admisión..... | 80 |
| 3.5.2 | Cálculo de pérdidas de presión en la tubería de escape..... | 93 |
| 3.5.3 | Determinación de presiones..... | 102 |
| 3.5.4 | Modelo cinético simplificado doble efecto..... | 108 |
| 3.6 | Integración de los modelos cero dimensional, cinemático y cinético de expansión..... | 109 |
| 3.6.1 | Cálculo de pérdidas en admisión..... | 109 |
| 3.6.2 | Cálculo de pérdidas de presión en tuberías de escape..... | 111 |
| 3.6.3 | Determinación de presiones..... | 113 |

| | | |
|------------------------|---|------------|
| 4. | Graficas obtenidas en el motor de vapor de los desarrollos de las simulaciones y modelos realizados. | 120 |
| 4.1 | Graficas de posicionamiento de los subsistemas de distribución de vapor vivo, vapor en coeficiente de expansión y corte rápido. | 123 |
| 4.2 | Análisis de cinemático de la posición. | 124 |
| 5. | PRUEBAS EN CAMPO DEL MOTOR DE VAPOR DE EMBOLO RECIPROCANTE CON LOS TRES DIFERENTES SUBSISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN. | 127 |
| 5.1 | Montaje del circuito térmico. | 127 |
| 5.1.1 | Instalación de flujómetro medidor de la velocidad del fluido. | 128 |
| 5.2 | Resultados de las pruebas experimentales realizadas. | 134 |
| 5.2.1 | Resultados experimentales con el subsistema de distribución de vapor vivo. | 135 |
| 5.2.2 | Segunda corrida de pruebas de vapor vivo sin sobrecalentamiento y con sobrecalentamiento. | 139 |
| 5.2.3 | Resultados pruebas experimentales con válvula de carrete en coeficiente de expansión. | 141 |
| 5.2.4 | Resultados de pruebas experimentales con válvula de corte rápido. | 143 |
| 6. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. | 146 |
| Anexos. | | 149 |
| Anexo A | Informe de modificaciones realizadas al motor de vapor en primera y segunda fase. | 149 |
| Anexo B | Resultados cinemáticos del subsistema de transmisión de potencia y de distribución. | 162 |
| Anexo C: | Modelo integrado efecto doble expansión. | 202 |
| Anexo D | Análisis de cinemático de la velocidad. | 313 |
| Anexo E: | Planos motor de vapor. | 316 |
| Anexo F: | Informe metrológico de ajuste y plano de ensamble de motor de vapor. | 352 |
| Anexo G: | Catálogos flujómetro VORTEX 1 y 2. | 377 |
| Anexo H: | Prueba experimental motor de vapor con coeficiente de comportamiento de vapor vivo. | 378 |
| Anexo I: | Prueba experimental motor de vapor con coeficiente de comportamiento de vapor en fase de expansión. | 384 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA | | 391 |
| Glosario. | | 390 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Estudio de prioridades de modificación en el MDV primera configuración. | 23 |
| Tabla 2. Evolución del motor de vapor es sus diferentes configuraciones. Fuente autor. | 25 |
| Tabla 3 Equilibrio de volúmenes de pistón. | 31 |
| Tabla 4. Medidas subsistema de potencia. | 32 |
| Tabla 5 Medidas subsistema de distribución tipo carrete. | 35 |
| Tabla 6. Efecto exterior del comportamiento del motor de vapor con válvula de carrete de vapor vivo. | 49 |
| Tabla 7. Efecto interior del comportamiento del motor de vapor con uso de válvula de vapor de vapor vivo. | 49 |
| Tabla 8. Comportamiento en efecto exterior del motor de vapor con el uso de la válvula tipo carrete con efecto de expansión. | 51 |
| Tabla 9. Comportamiento en efecto interior del motor de vapor con el uso de la válvula tipo carrete con efecto de expansión. | 51 |
| Tabla 10. Parámetros de entrada subsistema de trabajo en software ENGINE. | 68 |
| Tabla 11. Datos de ingreso al software ENGINE subsistema de distribución. | 69 |
| Tabla 12. Masas motor de vapor subsistema de transmisión de potencia. | 71 |
| Tabla 13. Parámetros iniciales subsistema de potencia. | 72 |
| Tabla 14. Parámetros iniciales subsistema de distribución. | 72 |
| Tabla 15 Relaciones de posición distancias (Carrete PEE). | 75 |
| Tabla 16 Relaciones de posición. | 76 |
| Tabla 17. Parámetros vapor vivo efecto simple, sistema de potencia. | 77 |
| Tabla 18. Parámetros vapor vivo efecto simple, subsistema de distribución. | 78 |
| Tabla 19. Pérdidas por tubería sistema de admisión. | 82 |
| Tabla 20. Longitud total tuberías de admisión. | 85 |
| Tabla 21. Perdidas por válvulas y accesorios, tubería principal de admisión. | 87 |
| Tabla 22. Pérdidas por válvulas y accesorios tubería de admisión efecto externo. | 88 |
| Tabla 23. Pérdidas por válvulas y accesorios tubería de admisión efecto interno. | 88 |
| Tabla 24. Áreas de paso restringido para la válvula de carrete de vapor vivo. | 92 |
| Tabla 25. Áreas de paso entrada y salida válvulas admisión. | 92 |
| Tabla 26. Pérdidas por tubería sistema de escape. | 94 |
| Tabla 27. Longitud total tuberías de admisión. | 96 |
| Tabla 28. Volumen desplazado. | 96 |
| Tabla 29. Pérdidas por válvulas y accesorios tubería de escape efecto externo. | 98 |
| Tabla 30. Pérdidas por válvulas y accesorios tubería de escape efecto interno. | 99 |
| Tabla 31. Pérdidas por válvulas y accesorios tubería principal de escape. | 99 |
| Tabla 32. Áreas de paso restringido para la válvula de carrete de vapor vivo. | 101 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 33. Áreas de paso entrada y salida válvulas de escape. | 102 |
| Tabla 34. Identificación de distancias (carrete en PMS) efecto doble. | 104 |
| Tabla 35. Nomenclatura posiciones efecto doble. | 105 |
| Tabla 36. Áreas de paso restringido para la válvula de carrete de vapor en expansión. | 110 |
| Tabla 37. Áreas de paso de entrada y salida válvulas admisión vapor en expansión. | 111 |
| Tabla 38. Áreas de paso restringido para la válvula de carrete de expansión. | 112 |
| Tabla 39. Áreas de paso entrada y salida válvulas de escape carrete de expansión. | 113 |
| Tabla 40. Datos para el cálculo de presión efecto externo tiempo de escape antes de PMI. | 115 |
| Tabla 41. Datos para el cálculo de presión efecto interno tiempo de admisión antes de PMI. | 117 |
| Tabla 42. Parámetros sistema de distribución carrete de expansión. | 119 |
| Tabla 43. <i>Generatrices del software Dynacam a partir de las medidas de sus excéntricas.</i> | 124 |
| Tabla 44. a) Excéntrica de vapor en expansión, b) Carcasa del sistema de distribución, c.) Tanque homogeneizador y d) Freno de Prony con volante motor. | 133 |
| Tabla 45. Condiciones iniciales motor de vapor para pruebas. | 135 |
| Tabla 46. Volúmenes internos del Pistón. | 160 |
| Tabla 47. Parámetros iniciales sistema de distribución con resultados | 177 |
| Tabla 48. Resultados comparativos entre el software engine y el modelo realizado. | 187 |
| Tabla 49. Parámetros iniciales sistema de potencia con corrida de datos del efecto de expansión. | 201 |
| Tabla 50. Análisis cinemático sistema de potencia | 203 |
| Tabla 51. Análisis cinemático sistema de distribución, efecto interno. | 218 |
| Tabla 52. Distancias efecto interno | 233 |
| Tabla 53. Modelo 0D Efecto interno- Cinética simplificada, efecto interno | 243 |
| Tabla 54. Análisis cinemático del sistema de distribución efecto externo. | 259 |
| Tabla 55. Accionamiento excéntrica vapor vivo con resultados de la simulación. | 273 |
| Tabla 56. Simulación accionamiento excéntrico con válvula de expansión. | 282 |
| Tabla 57. Accionamiento por leva corte rápido. | 292 |
| Tabla 58. Accionamiento válvula de carrete desde el modelo de Norton con resultados. | 301 |
| Tabla 59. Mediciones para diferentes ángulos del volante para vapor vivo. | 374 |
| Tabla 60. Mediciones para diferentes ángulos del volante para vapor expandido. | 376 |
| Tabla 61. se muestran las convenciones de ponderación a usar en la matriz. | 379 |
| Tabla 62. Prueba experimental motor de vapor con coeficiente de comportamiento de vapor vivo con sus resultados. | 383 |
| Tabla 63. Condiciones de entrada, última prueba. | 385 |
| Tabla 64. Con calentamiento de vapor en aceleración libre con resultados | 389 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Ciclo ideal de un motor de vapor (M. Badami M. M., 2009) | 21 |
| Figura 2. Influencia del corte valvular ϕ (con el uso de poppet valves) en el ciclo de trabajo ideal. Adaptado de (M. Badami M. M., 2009)..... | 22 |
| Figura 3. Funcionamiento del motor de vapor. Fuente autor..... | 26 |
| Figura 4. Configuración del motor de vapor con sistema de distribución de válvula tipo carrete. Fuente autor | 27 |
| Figura 5. a) Red de suministro de vapor proveniente de caldera de vapor. El vapor ingresa controlado por la válvula en el punto 7, atravesando toda la tubería y el tanque acumulador en 6, siendo distribuido en el punto 1. b) Salida del vapor utilizado por el motor Fuente: (J. Alvarez, 2019). | 29 |
| Figura 6. Vista frontal. Subsistema de trabajo, pistón en PMS con efecto externo. Fuente (J. Alvarez, 2019). | 30 |
| Figura 7. Volúmenes de llenado en PMS y PMI. (J. Alvarez, 2019). | 30 |
| Figura 8. Vista frontal Partes principales de las que consta el subsistema de transmisión de potencia. Fuente autor..... | 31 |
| Figura 9. Componentes principales del subsistema de distribución. Fuente autor. | 33 |
| Figura 10 Vista superior subsistema de trabajo de émbolo con cilindro y salida de vapor vivo al subsistema de trabajo, las admisiones de vapor están con los números 1 y 2 y los escapes de condensado en los extremos de la válvula. Fuente autor | 35 |
| Figura 11 Identificación de siglas subsistema de distribución. Fuente: (J. Alvarez, 2019). | 37 |
| Figura 12 Diagrama indicador vapor vivo. Fuente (J. Alvarez, 2019)..... | 38 |
| Figura 13 Apertura de admisión, carrete de vapor vivo. Fuente autor..... | 39 |
| Figura 14. Cierre de admisión carrete de vapor vivo. Fuente autor..... | 39 |
| Figura 15 Apertura de válvula de escape, carrete de vapor vivo. Fuente autor..... | 40 |
| Figura 16 Cierre de la válvula de escape (vapor vivo). Fuente autor. | 40 |
| Figura 17 Diagrama indicador coeficiente de expansión. Fuente (J. Alvarez, 2019). | 41 |
| Figura 18. Apertura de la válvula de admisión. Carrete de vapor coeficiente de expansión. Fuente autor..... | 41 |
| Figura 19 Tiempo de admisión. Válvula de coeficiente de expansión. Fuente autor. | 42 |
| Figura 20 Cierre de la válvula de admisión. Válvula de coeficiente de expansión..... | 42 |
| Figura 21. Apertura de la válvula de escape. Coeficiente de expansión. | 44 |
| Figura 22. Máximo escape, coeficiente de expansión..... | 44 |
| Figura 23 Cierre de la válvula de carrete en posición de escape. Válvula de coeficiente de expansión..... | 45 |
| Figura 24. Vista superior del subsistema de distribución de accionamiento rápido por medio de leva y devolución tipo muelle o resorte mecánico. | 46 |
| Figura 25 Identificación del freno de Prony del motor de vapor. | 47 |
| Figura 26 Efecto exterior de comportamiento de la válvula de vapor vivo..... | 50 |
| Figura 27 Efecto exterior de comportamiento de la válvula de vapor vivo..... | 50 |
| Figura 28 Comportamiento del vapor en efecto exterior con válvula de carrete con efecto de expansión..... | 52 |

| | |
|---|-----|
| Figura 29 Comportamiento del vapor en efecto interior con válvula de carrete con efecto de expansión. | 53 |
| Figura 30 Geometría del sistema de transmisión de potencia motor de vapor UNAL. | 54 |
| Figura 31 Geometría del motor de vapor..... | 54 |
| Figura 32 Diagramas de cuerpo libre motor de vapor..... | 58 |
| Figura 33 Modelo de masas concentradas..... | 61 |
| Figura 34 Modelo del motor de vapor, masa estática concentrada estáticamente equivalente de una manivela. Fuente: Autor | 62 |
| Figura 35 Modelo dinámico motor de vapor. | 63 |
| Figura 36. Diagramas de cuerpo libre motor de vapor..... | 64 |
| Figura 37. Diagramas de cuerpo libre por fuerzas generadas por la masa del pistón en el motor de vapor..... | 66 |
| Figura 38 Diagrama de cuerpo libre de las fuerzas producidas por la masa concentrada de la biela en el pasador del pistón. Fuente: Autor..... | 67 |
| Figura 39. Masas subsistema de potencia. | 71 |
| Figura 40 Distancias conductos de entrada y salida al punto de referencia. | 73 |
| Figura 41 Distancia válvulas (carrete en PEE). | 74 |
| Figura 42 Ángulo de desfase entre el sistema de distribución y potencia en PMS. | 77 |
| Figura 43 Instrumentación utilizada para el MDV. | 80 |
| Figura 44. Presiones en el sistema de admisión. | 81 |
| Figura 45 Vista superior sistema de admisión..... | 84 |
| Figura 46 Vista frontal y lateral del sistema de admisión, (medidas en mm). | 84 |
| Figura 47. Pérdidas en válvula de admisión efecto externo vapor vivo. | 89 |
| Figura 48 Pérdidas en válvula de admisión efecto interno vapor vivo. | 89 |
| Figura 49 Áreas de paso sistema de admisión efecto externo vapor vivo. | 90 |
| Figura 50 Posición de referencia inicial..... | 91 |
| Figura 51. Posición de apertura máxima..... | 91 |
| Figura 52. Áreas de paso restringido. | 91 |
| Figura 53. Presiones en sistema de escape..... | 93 |
| Figura 54. Vista frontal sistema de admisión..... | 95 |
| Figura 55. Pérdidas en válvula de escape efecto interno vapor vivo. | 100 |
| Figura 56. Pérdidas en válvula de escape efecto externo vapor vivo. | 100 |
| Figura 57. Áreas de paso sistema de escape efecto externo. | 101 |
| Figura 58. Distancias lumbreras doble efecto. | 103 |
| Figura 59. Distancias válvulas doble efecto. | 103 |
| Figura 60. Ángulo de desfase entre el sistema de potencia y sistema de distribución carrete de expansión..... | 107 |
| Figura 61 Pérdidas en válvula de admisión efecto externo vapor expansión..... | 110 |
| Figura 62. Pérdidas en válvula de admisión efecto interno vapor expansión..... | 110 |
| Figura 63. Pérdidas en válvula de escape efecto interno vapor en expansión. | 112 |
| Figura 64. Distancias válvulas doble efecto (carrete expansión). | 113 |
| Figura 65. Torque total obtenido en el motor de vapor con simulación en el software ENGINE. (Norton, 2017). | 121 |

| | |
|--|-----|
| Figura 66 Obtención del torque de inercia con el uso del software ENGINE. (Norton, 2017). | 121 |
| Figura 67. Obtención del torque instantáneo en el motor de vapor con el uso del carrete en expansión y los carretes de vapor vivo. (Norton, 2017). | 122 |
| Figura 68. Comparación en resultados de torque obtenido en Nm entre el valor simulado y el valor experimental (Norton, 2017). | 122 |
| Figura 69. Análisis de posición Dynacam. | 125 |
| Figura 70 Instalación de manómetros antes (1) y después (2) de la válvula reguladora de la presión. | 128 |
| Figura 71 Flujómetro YOKOGAWA IM 1F2B4-01 YIA y Multímetro FLUKE 27 10 A DC/ 10 A AC. | 129 |
| Figura 72. Esquema de conexión eléctrica del flujómetro para realización de pruebas. | 129 |
| Figura 73. Generador de señales y manómetros 3 y 4 de la válvula reguladora de flujo. | 130 |
| Figura 74. Parte del circuito térmico instaurado llevado en el montaje realizado. | 130 |
| Figura 75. Tanque homogeneizador con manómetro y medidor de temperatura. | 131 |
| Figura 76. Medición de velocidad rotacional en el eje de salida del motor de vapor. | 131 |
| Figura 77. Freno Prony de fricción usado para las pruebas experimentales. | 132 |
| Figura 78. Motor de vapor en funcionamiento. | 133 |
| Figura 79. Sistema de distribución de corte rápido. | 134 |
| Figura 80. Comportamiento de las presiones en los ductos comparado con el flujo másico. | 136 |
| Figura 81. Obtención de torque en función de mayor carga en las básculas de resorte. | 137 |
| Figura 82. Desarrollo del torque y potencia en motor de vapor con válvula de vapor vivo. | 138 |
| Figura 83. Decrecimiento del flujo másico a medida que aumenta el torque en el motor de vapor. | 139 |
| Figura 84. Obtención de la potencia al freno y torque del motor de vapor con aumento en la calidad del vapor. | 140 |
| Figura 85. Obtención del torque en función de la fuerza en Newton puesta en el freno Prony. | 141 |
| Figura 86. Motor con válvula de expansión, obtención de las curvas de torque, potencia al freno y fuerza colocada. | 142 |
| Figura 87. Motor en fase de expansión, comparaciones en desarrollo de torque y flujo másico. | 143 |
| Figura 88. Obtención de parámetros de torque y potencia al freno con el sistema de distribución de corte rápido. | 144 |
| Figura 89. Resultados de torque y tensión aplicada con el sistema de distribución de corte rápido. | 145 |
| Figura 90 Juego conector biela - cruceta (fuente propia). | 148 |
| Figura 91 Cruceta de MDV monocilíndrico en su segunda configuración. | 149 |
| Figura 92. a) Pistón y vástago del sistema mono cilíndrico primera versión y b) CAD del pistón con puntos de sujeción realizado en software solid works. | 150 |

| | |
|---|-----|
| Figura 93 Modificación en la sujeción del pistón MDV monocilíndrico. Comparación del banco de trabajo de la primera configuración del MDV monocilíndrico a la segunda configuración mucho más rígida. | 151 |
| Figura 94 Motor de vapor primera configuración. | 151 |
| Figura 95 Motor de vapor segunda configuración. | 151 |
| Figura 96 Planos de eje principal. a) Mecanizado en primera configuración, b) mecanizado en segunda configuración. | 152 |
| Figura 97 a) Comparativo entre el subsistema de distribución tipo correa en "V" y b) subsistema de distribución por cadena. | 153 |
| Figura 98 Instalación versión 1 freno Prony de fricción. | 154 |
| Figura 99 Sistema de transmisión de potencia. (Fuente propia)..... | 155 |
| Figura 100 Subsistema de distribución en su segunda configuración. | 155 |
| Figura 101 Sistema de distribución MDV segunda configuración tipo rodamiento excéntrico. | 156 |
| Figura 102. De izquierda a derecha, a) imagen de desperdicios de vapor con sistema en funcionamiento, b) Solución para recuperar condensados con intercambiador de calor tipo placas c) Obtención de condensados con intercambiador de calor de tubos con coraza. d) tanque de recolección de condensados | 157 |
| Figura 103 Cruceta conectora del subsistema de trabajo con el subsistema de transmisión de potencia. | 159 |
| Figura 104 Colocación de arandela de separación para evitar la fricción en el subsistema de transmisión de potencia. | 159 |
| Figura 105. Sección interna del pistón del subsistema de trabajo. | 160 |
| Figura 106. Análisis de velocidad..... | 311 |
| Figura 107. Análisis de aceleración sin modelo matemático de vapor vivo de Norton... | 313 |
| Figura 108. Motor de vapor. | 314 |
| Figura 109. Mesa motor de vapor. | 315 |
| Figura 110. Estructura mesa motor de vapor. | 316 |
| Figura 111. Estructura tubular para mecanismo de freno Prony. | 317 |
| Figura 112. Base para cojinetes de arco. | 318 |
| Figura 113. base para cojinete de arco. | 319 |
| Figura 114. Subsistema de potencia. | 320 |
| Figura 115. Eje principal motor de vapor..... | 321 |
| Figura 116. Volante motor de vapor. | 322 |
| Figura 117. Biela- subsistema de potencia..... | 323 |
| Figura 118. Cruceta motor de vapor..... | 324 |
| Figura 119. Pin pasador motor de vapor. | 325 |
| Figura 120. Pistón motor de vapor. | 326 |
| Figura 121. Extensión del vástago. | 327 |
| Figura 122. Vástago motor de vapor. | 328 |
| Figura 123. Pistón doble efecto..... | 329 |
| Figura 124. Subsistema de distribución con excéntrica..... | 330 |
| Figura 125. Carcasa motor de vapor. Fuente propia. | 331 |

| | |
|--|-----|
| Figura 126. Válvula de carrete de vapor vivo..... | 332 |
| Figura 127. Válvula de carrete coeficiente de expansión..... | 333 |
| Figura 128. Conector de carrete, motor de vapor. | 334 |
| Figura 129. Biela sistema de distribución. | 335 |
| Figura 130. Carcasa `para excéntrica de vapor vivo..... | 336 |
| Figura 131. Carcasa para excéntrica de expansión..... | 337 |
| Figura 132. Paso de eje excéntrico para config. de vapor vivo | 338 |
| Figura 133. Eje excéntrico de expansión..... | 339 |
| Figura 134. Mecanismo de freno Prony. | 340 |
| Figura 135. Tornillo de ajuste freno Prony..... | 341 |
| Figura 136. Estructura para freno prony. | 342 |
| Figura 137. Platina guía para balanza dinamométrica..... | 343 |
| Figura 138. Volante de freno Prony. Fuente propia. | 344 |
| Figura 139. Acople a eje principal freno Prony. | 345 |
| Figura 140. Tubería de admisión motor de vapor. | 346 |
| Figura 141. Tubería de admisión motor de vapor. | 347 |
| Figura 142. Tubería de escape motor de vpor. | 348 |
| Figura 143. Tubería de escape, motor de vapor. | 349 |
| Figura 144. Carcasa válvula de accionamiento de corte rápido..... | 350 |
| Figura 145. Émbolo de accionamiento válvula de corte rápido..... | 351 |
| Figura 146. Leva de accionamiento válvula de corte rápido. | 352 |
| Figura 147. Resorte de devolución mecànica de émbolo válvula 3/2..... | 353 |
| Figura 148. Eje central de ingreso de leva de accionamiento subsistema de corte rápido. | 354 |
| Figura 149. Piñón de transmisión por cadena subsistema de potencia y distribución.... | 355 |
| Figura 150. Cojinete de arco, soporte del eje de leva subsistema de distribución. | 356 |
| Figura 151 alineación del mecanismo para la posición del pistón en el punto muerto superior. | 357 |
| Figura 152 Referencia de ensamble de Placa soporte pistón, para ubicación inicial del conjunto cilindro pistón. | 358 |
| Figura 153. Referencias en el plano XY. | 359 |
| Figura 154. Trazado de referencias sobre la bancada..... | 360 |
| Figura 155 Plano de referencia para alturas en Z..... | 360 |
| Figura 156. Ajuste placa soporte cilindro de referencia. | 361 |
| Figura 157. Cotas reales de ajuste de cilindro de referencia (imagen únicamente de apoyo, las escalas y proporciones no son exactas)..... | 362 |
| Figura 158. Nivelación del cilindro..... | 362 |
| Figura 159. Cotas reales de ajuste de placa 2 de cilindro (imagen únicamente de apoyo, las escalas y proporciones no son exactas). | 363 |
| Figura 160. Cotas reales de ajuste del cojinete central (imagen únicamente de apoyo, las escalas y proporciones no son exactas)..... | 364 |
| Figura 161 revisión de ajuste de chumacera central..... | 365 |
| Figura 162. perpendicularidad del cojinete de arco central, con ayuda de líneas guía marcadas anteriormente..... | 365 |

| | |
|---|-----|
| Figura 163. Cotas reales de ajuste de placa 2 de cilindro, en la figura A viendo la placa de soporte de pistón al fondo. (imagen únicamente de apoyo, las escalas y proporciones no son exactas). | 366 |
| Figura 164. nivelación de cojinetes de arco del eje del volante de inercia..... | 366 |
| Figura 165 Ajuste de camisa en eje X..... | 367 |
| Figura 166. Nivelación de camisa respecto al cilindro | 368 |
| Figura 167. verificación de nivel de los componentes (debe tener el mismo nivel del cilindro). | 368 |
| Figura 168. Toma de medidas de alturas de los componentes respecto a la bancada.. | 369 |
| Figura 169. Cotas reales de ajuste de componentes móviles pistón - unión vástago - cruceta (imagen únicamente de apoyo, las escalas y proporciones no son exactas). ... | 369 |
| Figura 170. Alineación de volante de inercia. | 370 |
| Figura 171. verificación de altura del eje, en la posición del volante, para garantizar alineación con el resto del mecanismo..... | 371 |
| Figura 172. Verificación de nivel de la biela con el volante a cero grados. | 372 |
| Figura 173. posición a 90 grados de la excéntrica, cuando el volante se encuentra a cero grados..... | 372 |
| Figura 174. Posición axial de la excéntrica en el eje del volante. | 373 |
| Figura 175. Ubicación de carrete en la camisa..... | 373 |
| Figura 176. longitud de varilla roscada hasta cabezal del pin de acople con el carrete, y distancia de salida del carrete, en posición de cero grados para el volante. | 374 |
| Figura 177. cotas para revisión de mecanismo. | 375 |
| Figura 178. cotas para revisión de mecanismo. | 376 |

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

| Símbolo | Término |
|-------------------------|--|
| A_p : | Área del pistón |
| B : | Diámetro del cilindro, diámetro del pistón |
| F_v : | Fuerza del vapor |
| l : | Longitud de la biela. |
| $M_{BAP} = M_{PR}$: | Peso del conector de cruceta con vástago de pistón |
| $M_{BI} = M_{MR}$: | Peso de la biela |
| $M_{BU} = M_{WP}$: | Peso del pasador de cruceta |
| M_{cpCK} : | Peso del pasador de manivela |
| $M_{CR} = M_{CHP}$: | Peso del acople de cruceta |
| $M_{FWCK} + M_{mpCK}$: | Peso del volante con Peso del eje principal |
| M_{mpCK} : | Peso del eje principal |
| M_p : | Peso de todo el pistón |
| $M_{PIP} = M_{PP}$: | Peso del pistón |
| P_v : | Presión del vapor |
| r : | Radio de la manivela. |
| ω : | Velocidad angular de la manivela. |
| $\theta = \omega t$: | Ángulo de la manivela. |
| ϕ : | Ángulo de la biela con respecto al eje principal. |

INTRODUCCIÓN

En el mundo existe alrededor de mil millones de personas sin acceso a una fuente de electricidad (EFE, 2018), que frecuentemente al ser acompañada por la ausencia de agua lleva a condiciones de pobreza extrema, abriendo una brecha muy grande de separación tecnológica en muchas comunidades de varios países. En la actualidad, pocas investigaciones se han dedicado a analizar y modelar el vapor de agua, incluso muy pocos experimentos se han llevado a cabo. Para lograr una mejor organización, las mediciones pueden llegar a ser hechas dentro y fuera del motor, por lo tanto, será diseñado un testeo en el equipo, en el cual se generan diferentes diagramas a partir de los modelos desarrollados y así los análisis de energéticos pueden ser obtenidos.

Este proyecto se justifica en la obtención e innovación de sistemas cinemáticos y termodinámicos a partir de modificaciones hechas en los subsistemas de distribución y potencia del motor de vapor, con implementos que son bastante accesibles para la construcción y puesta en marcha; estos sistemas también pueden llegar a ser de origen cogenerativo y ser aprovechables a partir de diferentes tipos de biomasa. La extensión en el uso de energías renovables requiere obligatoriamente del desarrollo de nuevas soluciones técnicas y tecnológicas, para el eficiente empleo de estos recursos, como por ejemplo equipos de pequeño tamaño y plantas de poder también cogenerativo (Marco Antonelli, 2013). Estos equipos producen menos gases de efecto invernadero en comparación con los combustibles de origen fósil y a largo plazo pueden dejar una huella ambiental más reducida si se implementan estos tipos de tecnologías, las que también pueden ser aprovechadas con el uso de biocombustibles para generar potencia en estos artefactos y que funcionen a partir de vapor.

En el laboratorio de energías renovables y plantas térmicas, el motor de vapor y todo el sistema cinemático de vapor, perteneciente a la Universidad Nacional de Colombia, UNAL, se encontraba en desuso y en una necesidad latente de reconstrucción, para lo cual se crearon equipos de trabajo que se encaminaron al restablecimiento y mejora de los diferentes mecanismos que lo constituyen, dedicando su intervención a la planeación, estudios cinemáticos y termodinámicos, para desarrollar así modelos modificables, llevando así a su construcción y ejecución; en este proceso se tomó la decisión de realizar una modificación sustancial, que no consta únicamente del objeto principal de este estudio,

el sistema en conjunto cilindro-embolo monocilíndrico, si no que será un proveedor para adaptaciones de otros sistemas cinemáticos policilíndricos del laboratorio de plantas térmicas y sean aprovechados para este fin. Los nuevos diseños están destinados a ser construidos en los sistemas de trabajo, transmisión de potencia y sistemas de distribución.

Los grupos de investigación MDLYGE de la UNAL, Sede Bogotá y GIATME de la Universidad ECCI, del cual el autor de este proyecto es miembro, han venido trabajando en la construcción y mejora de este motor de vapor, el cual es utilizado como sistema de generación de potencia. A lo largo del desarrollo, a partir de la observación en campo se presentaron diferentes propuestas de mejoras de los mecanismos biela-manivela del prototipo monocilíndrico con el objetivo de darle continuidad a las pruebas experimentales que se programaron realizar posteriormente.

En las diferentes fases de construcción y reconstrucción de partes que ha tenido el motor de vapor, se ha llevado la necesidad de realizar aseguramientos metrológicos a partir de la fabricación de nuevas piezas con el fin de equilibrar los volúmenes de admisión y escape en los subsistemas de distribución como de transmisión de potencia, para llegar a lograr un estudio conciso en la regulación de estos sistemas, también se acompaña el desarrollo de planos CAD en los softwares SOLID WORKS e INVENTOR. Posteriormente se desarrollaron las simulaciones cinemáticas con la ayuda de los softwares de simulación *Dynacam* y *Engine*, con el fin de poder realizar las comparaciones experimentales en el prototipo del motor de vapor del laboratorio de energías renovables de la Universidad Nacional de Colombia. Las simulaciones de las diferentes condiciones de variables de entrada se establecieron directamente en sus puntos de admisión a través del sistema de distribución de vapor instalado, ya sea con el uso de la válvula de configuración de carrete de corte rápido con coeficiente de corte de “vapor vivo” o también el uso de una válvula tipo carrete de diseño al corte de vapor “tipo expansión” o una válvula de corte rápido “poppet valve” 3/2, tres entradas y dos salidas de vapor. También se establecen otras condiciones de ingreso de vapor regulando la velocidad de entrada del vapor o su presión para obtener en el eje de salida diferentes desarrollos de velocidad angular y torque según los kilogramos por metro del motor de vapor, a partir del uso de un freno de fricción tipo Prony. Con la realización de cada una de estas pruebas se ha establecido el fin de comparar los resultados experimentales con los de simulación y el modelo desarrollado en las mismas condiciones de entrada obteniendo los diagramas de distribución.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El panorama actual del uso de la energía, con el incremento del consumo de combustible fósil y la mayor producción de CO₂, y otros gases de efecto invernadero puede ser observada en cómo el cambio climático afecta al planeta tierra reduciendo la biodiversidad. La solución de los problemas energéticos y medioambientales no es una simple tarea que dependa únicamente de los factores técnicos, sino también intervienen el ámbito social y político de nuevas tecnologías (M. Badami M. M., 2009).

Durante 200 años aproximadamente los equipos de vapor estuvieron en funcionamiento, mejorando en sus diferentes aplicaciones como en la movilidad fluvial, marítima y ferroviaria, innovando por avances en materiales y en dispositivos mecánicos sin tener la idea de los procesos que involucraban la obtención de la energía mecánica, produciéndose así avances en materiales (F. Payri, 2015). Otra vertiente de investigación es el uso del agua en el ciclo de vapor tipo Rankine, sin estar completamente establecida para el uso en plantas o motores de pequeño tamaño, y la producción de energía para baja temperatura de calentamiento aún presenta algunas dificultades (Lakew, 2015), siendo este un aspecto a tener en cuenta para la exploración científica. Otro factor crítico para los motores de vapor es la lubricación, ideándose continuamente nuevas formas para suplir el poco efecto lubricante del vapor, en conjunto con los sellos y anillos de retención del pistón para que cumplan con el trabajo de compresión sin tener un desgaste prematuro de piezas (W., 2004), (Jia JH, 2006). Otro de los mayores problemas de trabajar con vapor como fluido de trabajo, es su baja eficiencia inicial (al momento del despegue inicial), y la posibilidad de la rápida erosión de piezas, por sus fases de expansión, y de diferentes partes del motor operando por ciclos de vapor; todo esto sucede si no se tienen las piezas acordes para cumplir sus funciones. (M. Badami, 2017), (MN., 1978).

En el contexto mundial y local, las zonas no interconectadas (ZNI) de fluido eléctrico no son indiferentes a esta problemática, los escenarios más preocupantes se encuentran en países ubicados en África y Asia donde existen naciones con cobertura menores al 26,2%. A nivel local, un gran porcentaje de zonas rurales alejadas presentan problemas relacionados con este suministro, o lo que es peor aún, no cuentan con este servicio, siendo así un gran inconveniente teniendo en cuenta que este servicio complementa escenarios relacionados con la comunicación, productividad, seguridad, confort,

entretenimiento, actualidad, educación, entre otros; estos lugares, denominados ZNI, a los cuales no llega la energía eléctrica a través del sistema interconectado nacional viven esta problemática.

De esta forma, la UPME en compañía con la superintendencia de servicios públicos, presentan la información de la demanda energética en cada ZNI para 2017, es la siguiente: 56,42% en el archipiélago de San Andrés 10,39% el Amazonas, 8,27% en el Choco, 7,86% en Nariño, 7,60% en Vichada, 4,40% en Cauca, 1,49% en Guainía y 0,66% en Caquetá (domiciliarios, 2017). Es importante señalar, que, para llevar este servicio, se requieren aproximadamente \$ 4.3 billones. El gobierno colombiano debe garantizar los servicios básicos al 100% de la población del país, por lo cual se realizan planes para aumentar la cobertura y disminuir las viviendas sin servicio (VSS). Según la declaración de la UPME: *“de las 470.244 VSS totales a nivel nacional, son aproximadamente 55.809 viviendas sin servicio no son interconectables”*, es decir se deben buscar alternativas diferentes (ENERGÉTICA., 2014), conllevando a la necesidad de investigar en fuentes alternativas de energía.

1.1 Justificación

Diferentes países alrededor del mundo se han reunido a lo largo de más de dos décadas teniendo su primera agremiación como fue el protocolo de Kioto, forzando a diferentes países a reducir sus emisiones de efecto invernadero (Saragoza, 2012). En París, Francia en el año 2015 se hizo un último acuerdo para evitar el calentamiento de planeta por debajo de 2°C del promedio anual en periodos posteriores a 2020 (Consejo de la Union Europea, 2018). Un país gran emisor de gases contaminantes de efecto invernadero como Estados Unidos no estuvo de acuerdo, finalmente la Comisión Europea definió que cada miembro de la organización, pudiendo llegar a los siguientes objetivos:

- Disminuir emisiones de gases de efecto invernadero hasta un 20% desde 1990.
- Incrementar el uso de energías renovables al 20% del total de producción de energía.
- Reducir el consumo de energía por el 20%, proyectado al año 2030 mejorando la eficiencia energética.

En diciembre de 2009 la Conferencia de la Unidad de Cambio Climático fue realizada en Copenhague - Dinamarca, con la participación de China y USA siendo esta percibida como una evolución positiva, sin embargo, la conferencia falló al producir mediciones compulsorias para restringir las emisiones de efecto invernadero a un nivel global.

Actualmente en sistemas accionados por vapor, se sigue mejorando en la eficiencia de las plantas de potencia, siendo nuevos recursos de energía como es la cogeneración, es decir combinando calor con potencia (Combinated Heat and Power, CHP), siendo este el uso de un motor de calor o estación de potencial que simultáneamente genera ambas como lo es la electricidad y el uso de calor, haciéndolo una forma más común de recuperación de calor. Los estudios en este tipo de motores en la UNAL, Sede Bogotá, logran dar un nuevo auge para la adopción de estas tecnologías a través de modelamientos y prácticas experimentales realizadas, permitiendo un acercamiento a la predicción de su potencial en el contexto de la cogeneración y contribución de soluciones a las ZNI a nivel nacional y mundial.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general.

Estudiar la influencia de la regulación del sistema de distribución sobre la operación del motor a vapor de embolo reciprocante del laboratorio de energías renovables y plantas térmicas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá a partir de la simulación integrada de los modelos cinemático y térmico 1-dimensional y de la comparación con la información obtenida experimentalmente en el prototipo.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Desarrollar e integrar los modelos cinemático y/o termodinámico de los subsistemas actuales del motor de vapor del laboratorio de energías renovables y plantas térmicas de la Universidad Nacional de Colombia y simular diferentes condiciones de variables de entrada.
- Probar en campo el motor de vapor a diferentes condiciones de las variables de entrada y tres diferentes diagramas de fases de distribución.
- Comparar y analizar los resultados experimentales con los de simulación, para las mismas condiciones de las variables de entrada y diagramas de fases de distribución.

2. MARCO TEÓRICO.

La aplicación tradicional de motores de vapor data del siglo XIX, pero ha sido complementada con los avances considerables en métodos de diseño y soluciones técnicas del siglo XX retomando la tecnología de motores reciprocantes que durante este periodo ha sido bien probada y ha incluido avances en materiales y sistemas de control del motor, derivados del sector de los motores de combustión interna (IC) (Ferrara, 2013).

De esta forma han surgido aplicaciones para ciclos Rankine orgánicos (ORC) basados en tecnologías utilizadas en refrigeración donde los expansores son desarrollados o adaptados de compresores usados en unidades de refrigeración, llevando un rango de 10 a 25 kW (Acton O, 1992), o aplicaciones propuestas para la conversión y la utilización de recursos de calor de baja disponibilidad, pueden ser de diferentes fuentes naturales, ya sea de tipo geotérmica, solar, y la recuperación del calor de desperdicio en diferentes sistemas como la producción combinada de calor y potencia (CHP) y producción de electricidad para aplicaciones en hogares (G. Ferrara, 2013).

Un antecedente internacional importante de cogeneración a partir de motores, con uso de dispositivos de vapor es el proyecto HEGEL “High Efficiency polyGeneration Applications”. Es un proyecto coordinado con el centro de investigación de FIAT donde 3 diferentes plantas de cogeneración son desarrolladas y construidas. Un pequeño ciclo Rankine, es usado como ciclo combinado. Este sistema es conectado a un generador eléctrico asíncrono para convertir el trabajo mecánico en eléctrico, entregando 50/60 Hz AC para su uso. Muchos modelos a escala de ciclos Rankine de vapor (RCs) fueron estudiados en los años 70’s y 80’s para ser utilizados por diferentes vías y aplicaciones en vehículos. Diferentes investigaciones han demostrado la factibilidad de estos sistemas en relaciones con los costos obtenidos en el cual los sistemas pueden estar involucrados. El vapor usado en el motor es condensado y el agua es devuelta a la caldera por medio de una bomba (M. Badami M. M., 2009).

Un sistema de pistón a partir un motor de vapor es compuesto de un pistón oscilante y una pequeña cámara llenada con dos fases, como son líquida y vapor (Yasunori Niiyama, 2015). Los motores pequeños de vapor deben ser dispositivos de interés relevante para el mercado. La idea es proponer este desarrollo de unidades pequeñas en alrededor de 1 kWe en viviendas individuales con posibilidad de conexión a sistemas inteligentes, hasta 10 kWe, cubriendo la necesidad de energía de pequeños hogares multifamiliares, (Quoilin S, 2010), (Badr O, 1991).

De un motor de vapor se espera que su operación sea a bajos costos y con un eficiente sistema de conversión de energía a bajas temperaturas (Yatsusuka S N. Y.-9., 2011). El motor de vapor debe ser desarrollado para la producción y debe ser viable para trabajar con bajos radios de flujo y bajos incrementos en las temperaturas (100-150°C), (G. Ferrara, 2013).

El tiempo valvular de un motor de vapor es completamente diferente respecto al tradicional de un motor de combustión interna (IC), un ciclo completo es realizado en una sola vuelta, haciendo dos carreras de operación entre el Punto Muerto Superior, PMS, y el Punto Muerto Inferior, PMI (G. Ferrara, 2013). El motor puede ser una unidad multicilíndrica de tipo similar a lo desarrollado para la recuperación de calor en motores de combustión interna (IC) o para aplicaciones de biomasa (Acton O, 1992), (Badr O, 1991).

En cuanto a la caracterización funcional del motor de vapor, a continuación, se presentan las fases del ciclo de trabajo ideal para un solo efecto del subsistema de trabajo, que muestra a nivel general los componentes básicos de un motor monocilíndrico, donde se distinguen el subsistema de trabajo (cilindro-pistón de simple efecto) y el subsistema de transmisión de potencia (mecanismo biela - manivela), también se muestran las válvulas de entrada y salida del fluido de trabajo. En el punto 5 de la Figura 1 se observa una carrera de expansión incompleta, donde el llenado del cilindro cubre una porción de esta carrera y en la expansión se presenta desperdicio de energía por evacuación del fluido de trabajo. Para una identificación completa de dicha instalación faltarían los demás componentes encargados de regular la función valvular de la máquina de vapor, llamado subsistema de distribución, encargado de gobernar la distribución del vapor hacia los cilindros.

- Precompresión (1-2): En esta fase, del PMI al PMS, el vapor residual es comprimido en el cilindro.

- Carrera de admisión (2-3) y (3-4): El Vapor a alta presión es forzado dentro del cilindro a través del puerto de admisión.
- Expansión (4-5): Vapor a alta presión presiona el vapor al PMI, También la fase (3-4) es además llamada la carrera de potencia.
- Salida (5-1): El vapor fluye afuera del motor y la presión es reducida a las condiciones termodinámicas del condensador o intercambiador de calor.

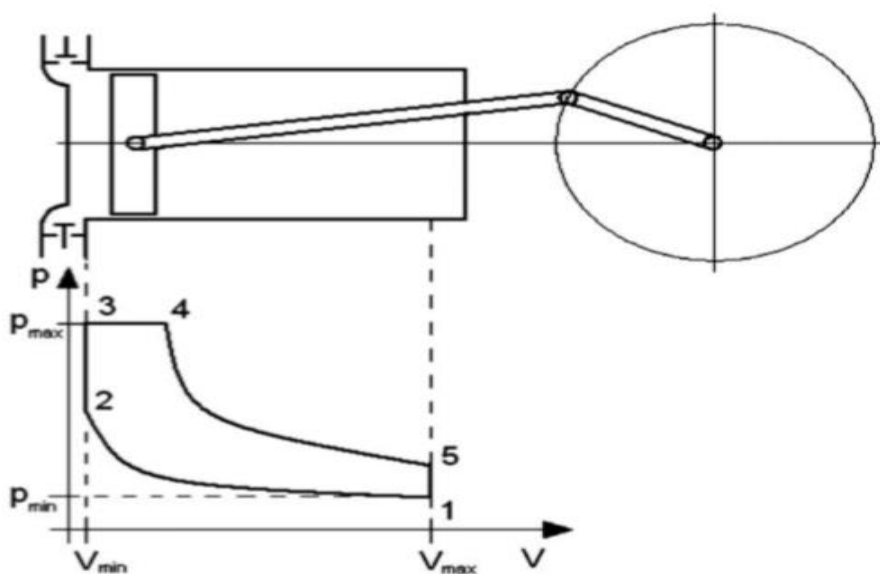


Figura 1. Ciclo ideal de un motor de vapor (M. Badami M. M., 2009)

Las pérdidas del segundo tipo (Figura 2) son debidas a la precompresión y el incremento de presión en la primera parte de la admisión. Siendo dos tipos de pérdidas evidentes, como es la incompleta carrera de expansión. En el punto 5 se ve el desperdicio de energía de trabajo. En el otro caso en la segunda parte de la fase de admisión (2-3) el vapor que llega comprime el vapor contenido en el volumen muerto, sin la producción de trabajo (Yatsusuka S N. Y.-9., 2011), (P.SB., 1995), (Changdong S, 2004), (Giorgio, 1946).

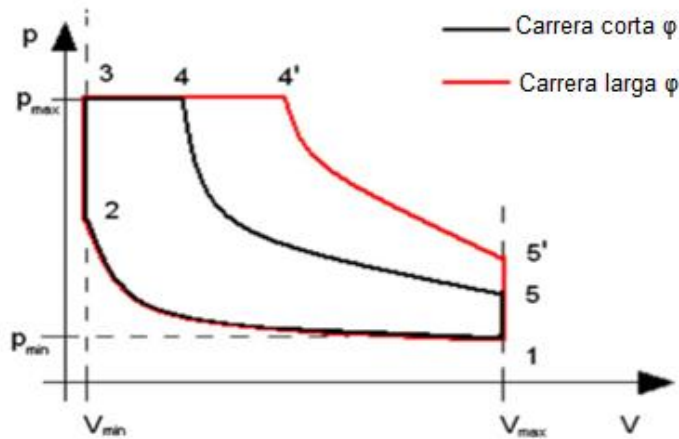


Figura 2. Influencia del corte valvular ϕ (con el uso de poppet valves) en el ciclo de trabajo ideal. Adaptado de (M. Badami M. M., 2009)

Del ciclo de trabajo ideal al real, algunas causas de irreversibilidad podrían ser consideradas, en particular, algunas diferencias como los efectos disipativos de la naturaleza del fluido dinámico en la admisión de vapor y salida de los cilindros. Las carreras de admisión, expansión, escape y compresión, no son procesos adiabáticos y los intercambios de calor deben ser tomados en cuenta entre el trabajo de fluido y las paredes internas del motor a vapor, por último las fugas de vapor determinan las pérdidas de trabajo que deben ser consideradas (Giorgio, 1946), (S.PR., 1996), (M. Badami M. M., 2009), también a partir de una velocidad, por ejemplo de 2000 rpm, esta es tomada en cuenta considerando el coeficiente de transferencia de calor, h_c , es proporcional a la velocidad del motor, n , de la siguiente forma: $h_c \propto n^{0.8}$ (JB.H., 1988).

La participación inicial del motor de vapor fue en la convocatoria del proyecto 701 – llamado “Validar y realizar la pre-comercialización de plantas de cogeneración de energía eléctrica y térmica con tecnología de combustión y generador eléctrico conectado a un motor de vapor a partir de residuos de palma africana e implementación de prototipo con capacidad de producción de 20 kW eléctricos”, con la realización de estudios técnicos, ambientales, sociales, económicos y los análisis de campo con experimentación de materiales procedentes de la planta extractora en La Mejorana de Acacias Meta- se desarrollaron el diseño y fabricación del prototipo de motor a vapor.

2.1 Propuesta y evaluación de mejoras en el motor de vapor.

A partir de las pruebas realizadas en la primera configuración del motor de vapor monocilíndrico, se observó un incremento de las vibraciones en la medida que evolucionaban las pruebas experimentales, encontrando aflojamiento de la tornillería de ajuste cada vez eran finalizadas cada una de las pruebas. Al revisar esta situación, se encontró la necesidad de modificar la longitud de la biela para reducir el nivel de vibraciones y disponer una base que tuviera alta rigidez. A partir de estas fallencias fue desarrollada una matriz de análisis de funcionamiento como es mostrado en la Tabla 1, donde se estudiaron las prioridades de mejora, para evaluar y realizar los cambios respectivos con el fin de obtener la segunda fase del prototipo, realizando cada una de las modificaciones esenciales, a las que finalmente se llegó que es lo mostrado hasta el momento en este documento, desde el Numeral **2.2** llamado “*reconocimiento de las instalaciones*”. Teniendo finalmente un prototipo, que permite la repetitividad de la operación del motor con los ajustes que fueron realizados acomodados a cada una de las pruebas experimentales.

Tabla 1. Estudio de prioridades de modificación en el MDV primera configuración.

| Motor de Vapor Monocilíndrico | | Estado del elemento | | | Observaciones |
|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------|------|--|
| Subsistema | Elemento. | Bueno | Regular | Malo | |
| Distribución | Disco para excéntrica | | | X | La pieza no está marcada por grados según el radio del disco. |
| | Muñón excéntrico | | | X | Falta de un elemento de fijación para evitar juegos. |
| | Barra posicionadora de distribución | | x | | Pieza con irregularidades en acabado. |
| | Carrete de válvula de distribución | | x | | Elemento con desgaste y maquinado irregular. |
| | Camisa de válvula de distribución | | x | | Fugas muy grandes en sello de la tapa. En pruebas con vapor expandido no es necesario tener retención por medio de tapa en el sistema. |
| | Tapa de válvula | | x | | Desgaste en el orificio interno por fricción con vástago del carrete. |
| | Biela de distribución. | x | | | |

Continuación Tabla 1... Estudio de prioridades de modificación en el MDV primera configuración.

| Motor de Vapor Monocilíndrico | | Estado del elemento | | | Observaciones |
|-------------------------------|----------------------------------|---------------------|---------|------|--|
| Subsistema | Elemento. | Bueno | Regular | Malo | |
| Potencia | Cilindro-pistón | x | | | El cilindro se encuentra desfasado en los volúmenes muertos. |
| | Extensión del vástago del pistón | | x | | Pieza en buen estado. |
| | Acople cruceta tipo alado | x | | | Esta pieza presenta juego transversal. |
| | Biela | x | | | Pieza que no tiene rodamientos, gira con desgaste de tornillos. |
| | Eje de rotación de la Manivela | | x | | La tuerca no tiene un apriete firme. |
| | Volante de la Manivela | x | | | Este elemento presenta grietas en el núcleo debido a que no se puede retirar el eje. |
| | Cojinetes de arco tipo axial | x | | | Pieza en buen estado. |

Después de cumplir con cada una de las modificaciones propuestas, se llevó el motor de vapor a realizar los ajustes metrológicos para la correcta operación de los discos excéntricos en los subsistemas de distribución, tanto para el funcionamiento con vapor en fase de expansión, vapor vivo y corte rápido. También en el paso del eje principal por las excéntricas y en el volante motor se realizó un proceso de rayado grado a grado en un equipo de CNC (Centro de Control Numérico Computarizado), al interior de las entradas de paso del eje principal. También de la barra conectora del subsistema de distribución (biela), fue construida con una relación de 3 a 1 con respecto a la longitud de manivela para que no se produjeran altas vibraciones después de un rango mayor de 100 rpm, evitando que se generaran durante las pruebas experimentales. Por último se construyeron diferentes partes en bronce y se rectificaron en centros de mecanizado las válvulas de distribución tipo carrete para obtener mejores resultados en precisión de entrega de vapor en el subsistema de trabajo.

En la carcasa del distribuidor de vapor tipo carrete, se buscó una manera de obtener un mejor sellado con el fin de tener menor cantidad de fugas de vapor, no fue posible erradicarlas del todo debido a que en la distribución mecánica por sus movimientos lineales continuos se producen fugas y el diseño valvular de carrete no ofrece un sellado perfecto, por su rápido desgaste. En cuanto al sistema de transmisión de potencia se realizó el respectivo aseguramiento metrológico para que sea completamente armonico con el sistema de distribución. Se instaló un nuevo sistema de conexión en el acople tipo cruceta con material de desgaste hecho de bronce. También fue hecha una nueva biela soportada

en rodamientos de agujas y un volante de inercia, adaptado de un motor de combustión interna. Todas estas conexiones fueron realizadas con conexiones tipo pasador estriado para asegurar la continua operatividad del motor de vapor.

En la Tabla 2, se muestra una serie de fotografías basadas en cada uno de los subsistemas acerca como estaban antes y cómo están ahora, observándose las mejoras en primera y segunda y tercera configuración.

También se pretende contar tener mejoras como un condensador a las salidas del pistón para recircular sus condensados nuevamente hacia la fuente de calor por medio de una bomba de accionamiento centrífugo.

Tabla 2. Evolución del motor de vapor en sus diferentes configuraciones. Fuente autor.

| Motor de vapor monocilíndrico | | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|---|--|---|
| Subsistema | Elemento | Primera configuración | Segunda configuración | Tercera configuración |
| Distribución | Disco para excéntrica |  |  |  |
| | Carrete de válvula de distribución |  |  |  |
| | Camisa de válvula de distribución |  |  |  |
| Potencia | Biela |  |  | Se Conserva |
| | Cilindro-pistón |  |  |  |
| | Acople cruceta tipo dado |  |  | Se Conserva |

2.2 Reconocimiento de las instalaciones.

Al motor monocilíndrico del laboratorio de energías renovables de la Universidad Nacional de Colombia, en su construcción se le han hecho diferentes modificaciones, con fabricaciones locales, llevándolo finalmente a cumplir con la disponibilidad de ser instalados tres subsistemas de distribución, como está planteado en uno de los objetivos de este proyecto. En el **anexo A** de este documento se muestra un informe del proceso de modificación de este motor de vapor en dos fases con un reconocimiento inicial de los errores que se tuvieron en primera fase y después como se realiza la corrección en segunda estancia, haciendo un diseño simplificado que consta de dos piezas móviles como son el subsistema de trabajo y el subsistema de distribución.

En la Figura 3 se muestra un esquema CAD del motor de vapor con el subsistema de distribución de válvula tipo carrete, el pistón que es parte del subsistema de trabajo con configuración de doble efecto, realiza su función de trabajo a partir de la llegada alterna de vapor, por cada uno de sus orificios de llenado. El vapor es comandado recíprocamente por el subsistema de distribución a partir de su válvula de tipo carrete, en este caso que corta el suministro en instantes por medio de las lumbreras de admisión y escape para permitir admisiones y evacuaciones del vapor usado, siendo un punto principal la llegada de vapor proveniente de caldera para que el vapor dentro de la válvula haga pequeñas expansiones y sea utilizado el carrete de vapor vivo o el de fases de expansión, según la distribución mecánica deseada.

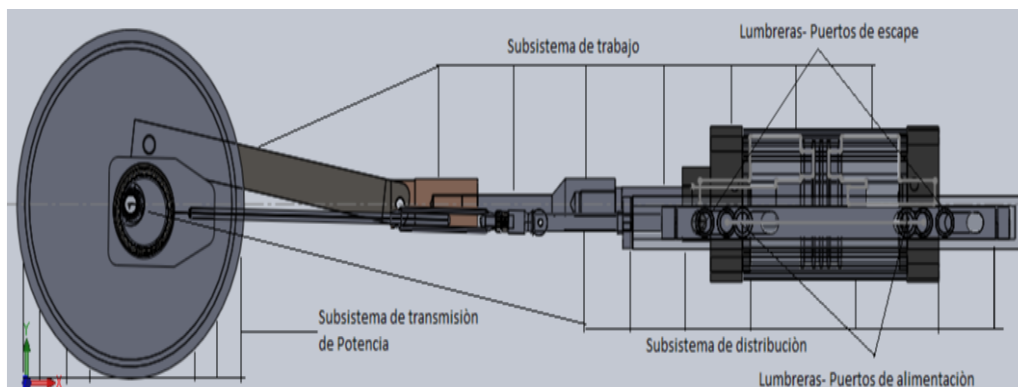


Figura 3. Funcionamiento del motor de vapor. Fuente autor.

El vapor proveniente de la caldera del laboratorio de energías renovables pasa por la tubería que alimentará el motor de vapor, pasando por instrumentos como el regulador de

presión, el flujómetro y válvula de control de flujo por donde entra a la válvula de distribución (sea de carrete largo o corto) que de forma alternativa deja entrar y salir el vapor de cada uno de los efectos del cilindro. La válvula de distribución se acciona mediante un mecanismo y excéntrica conectado al mismo eje de salida del sistema de transmisión de potencia y entre todos estos elementos se conforma el llamado subsistema de distribución, que admite y deja salir el vapor en cada uno de sus movimientos (Severns, 1982).

La función valvular de los motores de vapor y sus mecanismos de accionamiento gobiernan la distribución del vapor que es admitida dentro del cilindro como es mostrado en la Figura 4, el émbolo del cilindro es movido por la presión del vapor admitido, en cierto punto de la carrera del embolo la válvula cierra completamente la lumbrera o puerto de admisión y se interrumpe el acceso de vapor procedente de la cámara de distribución de la válvula de carrete. Con la admisión interrumpida de vapor, la presión de este dentro del cilindro disminuye debido a su expansión. La fuerza inercial que se almacena en el volante del motor de vapor durante su periodo de funcionamiento del motor se utiliza para conservar la velocidad de la máquina.

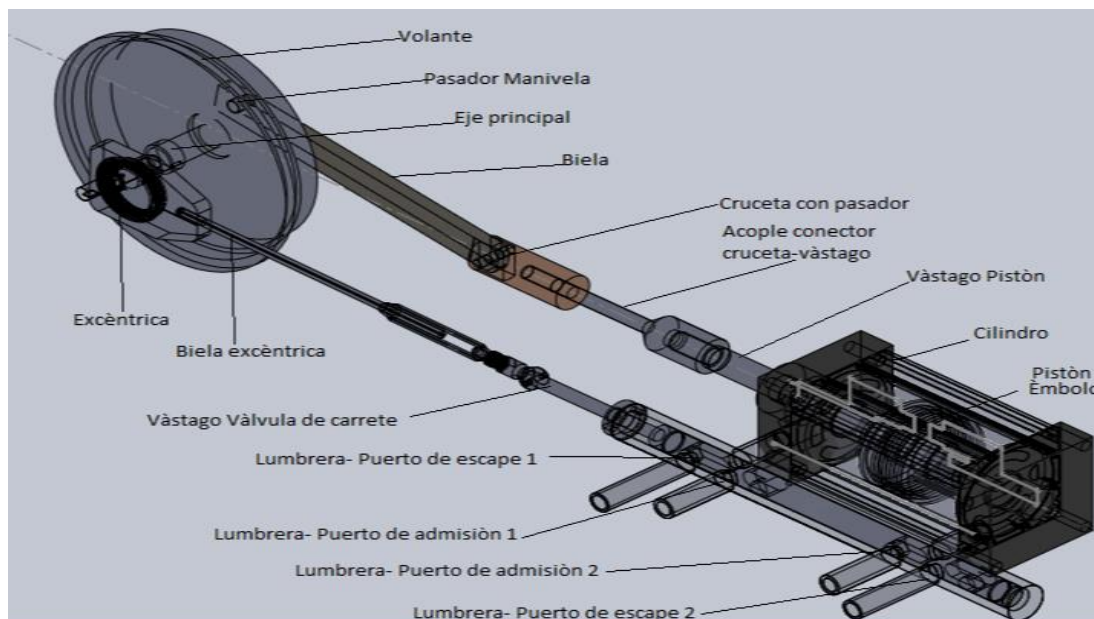
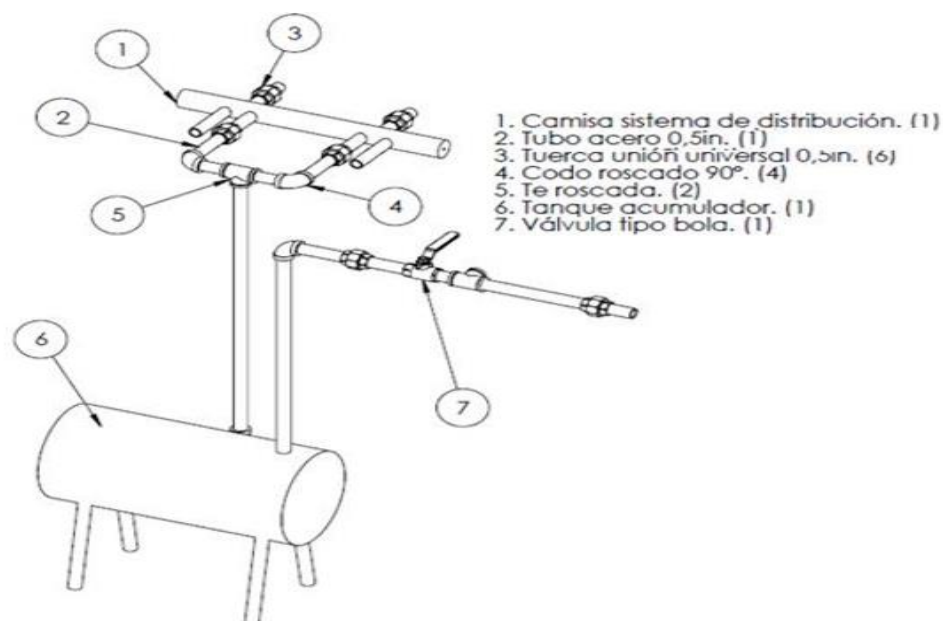


Figura 4. Configuración del motor de vapor con sistema de distribución de válvula tipo carrete. Fuente autor

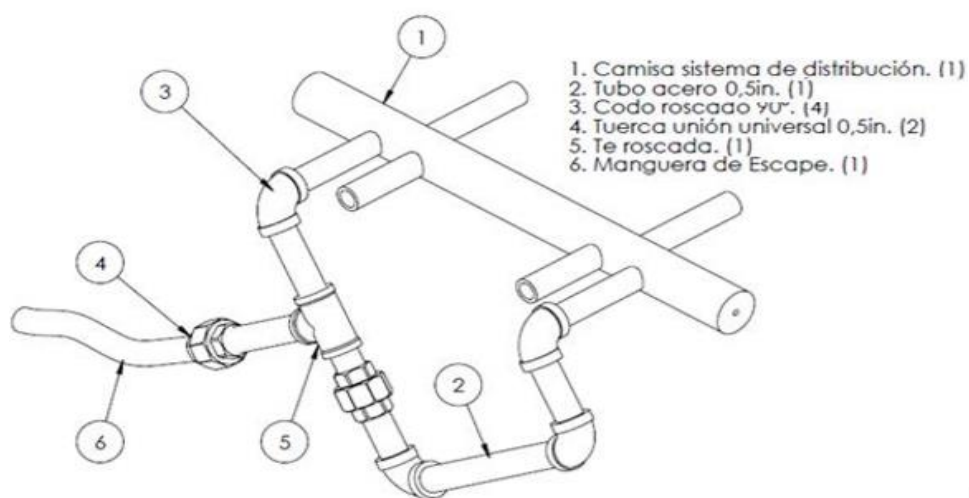
Próximo al final de la carrera ya sea llegando el embolo a la posición de PMI o PMS, el movimiento de válvula descubre la lumbrera o puerto de admisión correspondiente al punto muerto del cilindro considerado, permitiendo que el vapor expansionado se escape por el otro puerto-lumbrera que existe por el extremo de la carcasa de la válvula, para el PMI del cilindro. El escape del vapor expansionado se realiza por el puerto o lumbrera de escape de la carcasa de la válvula, mientras se admite vapor vivo por el otro extremo del puerto o lumbrera de admisión del cilindro y continúa hasta cerca del final de la carrera de retorno del embolo.

Cuando la válvula de distribución tipo carrete en su movimiento cierra completamente ambas lumbreras-puertos del cilindro, parte del motor expansionado queda atrapado delante del embolo en movimiento y al comprimirse, aumenta la presión. Esta compresión hace de almohadilla para el émbolo que viene de retorno y continúa hasta que la válvula se ha desplazado lo suficiente para admitir vapor vivo en el otro extremo del cilindro pudiendo ser el de PMS con efecto exterior o el de PMI con efecto interior. Un ciclo completo de esta clase se efectúa por revolución.

Visualizando de forma real, la instalación de la tubería en el prototipo de motor de vapor monocilíndrico, este consta del respectivo equipo que conlleva una red de suministro de vapor para su operación. Las Figuras 5a) y 5b), muestran cada una de las redes de vapor, que incluyen las tuberías necesarias para el suministro de vapor en el subsistema de distribución de vapor, al conjunto cilindro embolo (subsistema de trabajo) y la posterior salida del motor respectivamente.



a.



b.

Figura 5. a) Red de suministro de vapor proveniente de caldera de vapor. El vapor ingresa controlado por la válvula en el punto 7, atravesando toda la tubería y el tanque acumulador en 6, siendo distribuido en el punto 1. b) Salida del vapor utilizado por el motor Fuente: (J. Alvarez, 2019).

2.3 Subsistema de trabajo.

El subsistema de trabajo, también llamado cilindro-pistón de vapor, es el lugar donde se transforma la energía del vapor en trabajo lineal de un cuerpo (el pistón), que se mueve entre los puntos muertos como son, PMI y PMS, la Figura 6, donde la longitud (Long.) de salida recibe el nombre de carrera (S). El vapor proveniente de la válvula de distribución

entra al cilindro a una presión y temperatura de suministro (nivel energético de vapor de entrada), donde en función de este y del flujo de vapor se establece la cantidad de trabajo generado para unas dimensiones y calibración fija de este sistema mecánico, en este caso el sistema de trabajo es de doble efecto, en el Anexo E se encuentran los planos del pistón del MDV con sus respectivas longitudes.

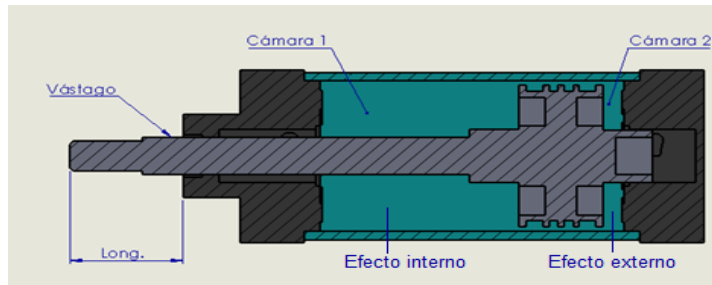


Figura 6. Vista frontal. Subsistema de trabajo, pistón en PMS con efecto externo. Fuente (J. Alvarez, 2019).

2.3.1 Equilibrio de volúmenes muertos

Se debe equilibrar la misma cantidad de vapor al cilindro para cada efecto en el tiempo de admisión igualando los volúmenes muertos del cilindro, permitiendo un mejor movimiento recíprocante del sistema de potencia. Para igualar estos volúmenes se debe considerar la carrera del pistón que depende de la relación biela manivela con su ángulo de giro debido a que el volumen es función del desplazamiento del pistón. Para esto se representan los volúmenes muertos para cada cámara, considerando la geometría del pistón, vástago, y paredes de cilindro, revisando las propiedades físicas del sólido permitiendo obtener el volumen de cada pieza. Igualando los volúmenes muertos se modifica la posición del pistón, hasta encontrar el punto donde los volúmenes mínimos sean iguales. A continuación, en la Figura 7 se muestran los equilibrios de estos volúmenes.

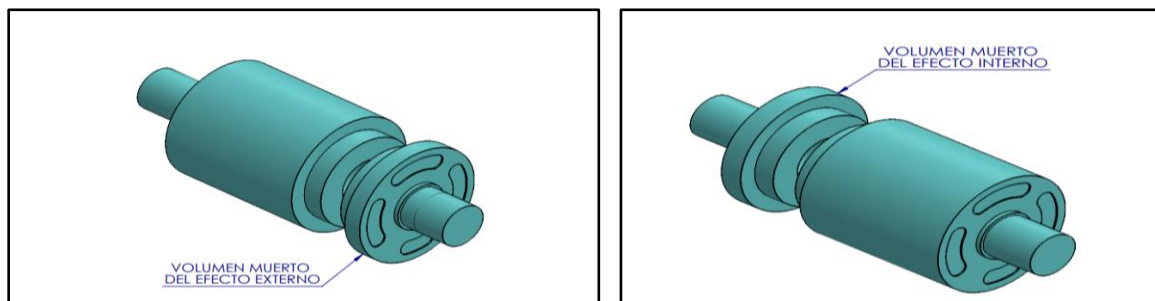


Figura 7. Volúmenes de llenado en PMS y PMI. (J. Alvarez, 2019).

Finalmente, con el uso de mediciones físicas de la capacidad de volúmenes de cilindro y la construcción de los CAD se obtienen los resultados de equilibrios como se muestra en la siguiente Tabla:

Tabla 3 Equilibrio de volúmenes de pistón.

| | Efecto interno | Efecto externo |
|----------------|-------------------------|-------------------------|
| Volumen muerto | 165,443 cm ³ | 165,443 cm ³ |

2.4 Subsistema de transmisión de potencia

Principalmente es un mecanismo biela-Manivela, ver Figura 8. Donde el seguidor (cruceta) va conectado de forma solidaria al vástago del pistón y recibe su movimiento lineal, transmitiéndolo secuencialmente a la biela (L) y a la manivela (r). Cuando el equipo está en funcionamiento, transforma los movimientos rectilíneos del pistón (subsistema de trabajo) en traslaciones de la biela y posteriormente en rotación continua de la manivela.

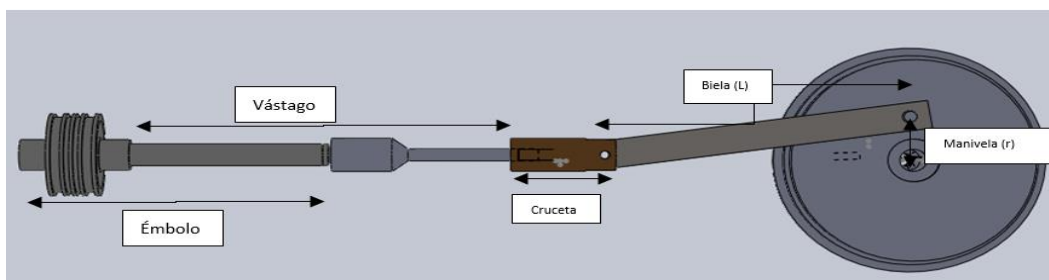


Figura 8. Vista frontal Partes principales de las que consta el subsistema de transmisión de potencia. Fuente autor.

A continuación, se muestra la descripción de cada una de las partes principales:

Eje principal: Transmite el movimiento de rotación del sistema de potencia, al sistema de distribución y a la polea que transmite el movimiento al generador.

Volante: Disco macizo de acero, la distancia entre el centro del volante y el Pin que conecta a la biela con el volante constituye el radio de manivela del sistema de potencia.

Biela: Pieza rectangular con dos perforaciones donde se encuentran alojados dos rodamientos tipo agujas, para permitir el giro libre en sus dos puntos de conexión, está unida al volante y a la unión roscada en bronce.

Cruceta con pasador: Cilindro con rosca interna y un pasador perpendicular a su eje, que funciona como articulación para la biela.

Vástago y Extensor del vástago: Embolo móvil que trasmite el movimiento generado por la fuerza de vapor que se conecta al extensor del vástago, siendo un eje roscado que se acopla al vástago del pistón para lograr una mayor longitud.

Cilindro: Compuesto por 2 tapas el cilindro, el pistón tiene dos caras, una para cada efecto, el área del pistón para el efecto interno es afectada por el área del vástago.

A continuación, también se muestra la Tabla 4, las dimensiones generales subsistema de transmisión de potencia. Para el análisis cinemático y la aplicación de las ecuaciones vectoriales. También se muestra como están identificadas las longitudes, de biela, manivela, ángulos y velocidades angulares.

Tabla 4. Medidas subsistema de potencia.

| Pieza | Parámetro | Dimensión [mm] |
|----------------------|------------------------|----------------|
| Volante | Diámetro mayor | 257 |
| | Diámetro interno | 25,2 |
| | Diámetro de manivela | 97,4 |
| Biela | Longitud entre centros | 287,95 |
| Cruceta | Diámetro | 37,5 |
| | Longitud | 98 |
| | Diámetro de pasador | 9 |
| Extensor del vástago | Diámetro mayor | 38 |
| | Diámetro menor | 14 |
| | Longitud | 207,3 |
| Cilindro | Diámetro Interno | 100 |
| | Longitud de la cámara | 187 |
| | Diámetro del vástago | 25 |
| | Carrera total | 120 |
| | Carrera Usada | 97,4 |

2.5 Subsistemas de distribución.

Sin el funcionamiento de los subsistemas de distribución, no es posible llevar el motor de vapor a un funcionamiento de tipo recíprocante, con cortes de admisión, expansión y salida de vapor en un instante determinado. Se estudiaron metrológicamente cada una de las partes que lo integraron para obtener un aseguramiento metrológico, logrando comenzar la parte experimental, acercándose lo máximo posible a la precisión de los CAD construidos en los programas *Solid Works* e *Inventor*.

2.5.1 Subsistema de distribución tipo carrete.

La Figura 9 muestra como está constituido un subsistema de distribución tipo carrete. Sus válvulas ya sea en configuración de vapor vivo o vapor en expansión con movimientos lineales que permiten el paso de vapor al subsistema de trabajo (entrada de vapor por el movimiento lineal de la válvula de émbolo). El subsistema de distribución de vapor cuenta con dos entradas como se puede observar en el conjunto carcasa, válvula y pistón de la Figura 10, (indicadores 1 y 2). El vapor después de cumplir su trabajo de expansión debe ser alimentado y/o descargado del subsistema de forma cíclica y sincronizada con el desplazamiento del pistón, por lo que la válvula de embolo toma su movimiento de una salida del mecanismo excéntrico como muestra el Numeral 8 de la Figura 9; que, con movimientos circulares del disco central de distribución, puede variar la entrega de trabajo e inducir a través de válvulas de regulación mayor o menor consumo de vapor en la operación.

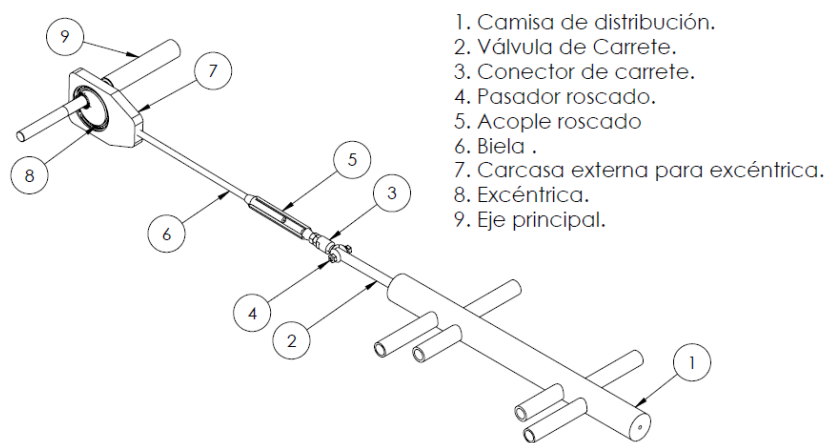


Figura 9. Componentes principales del subsistema de distribución. Fuente autor.

A continuación, se muestra la descripción de partes del subsistema de distribución:

Camisa de distribución: Parte fija con 2 conductos mixtos los cuales se conectan al cilindro para distribuir el vapor a cada efecto, y otros 4 que se conectan a los sistemas de admisión y escape, en esta se apoya el carrete de distribución.

Válvula de carrete: Parte móvil con 4 orificios, 2 para el efecto externo y dos para el efecto interno, estos orificios conectan los sistemas de admisión y escape con el cilindro, permitiendo de esta forma la entrada de vapor (válvula de admisión) y la salida del mismo (válvula de escape).

Conector de carrete: Permite la conexión entre la varilla roscada y el carrete.

Pasador roscado: Tornillo que funciona como conector entre la válvula de carrete y el acople tipo rótula. Permite el grado de libertad necesario para transformar el movimiento circular en movimiento lineal.

Acople roscado: cuerpo compuesto por un extremo roscado y un eje liso con una perforación de 5mm y una ranura donde embona la cabeza de la válvula.

Biela: Esta pieza es un eje roscado el cual permite junto al acople tipo rotula ajustar la longitud de la biela.

Carcasa externa para excéntrica: Platina mecanizada con ajuste a rodamiento que soporta el cuerpo de la excéntrica y transmite el movimiento a la varilla.

Excéntrica: Pieza móvil la cual transmite el movimiento de rotación del sistema de potencia a la manivela del sistema de distribución.

Eje principal: Este eje es el transmisor de movimiento entre el sistema de distribución y el sistema de potencia.

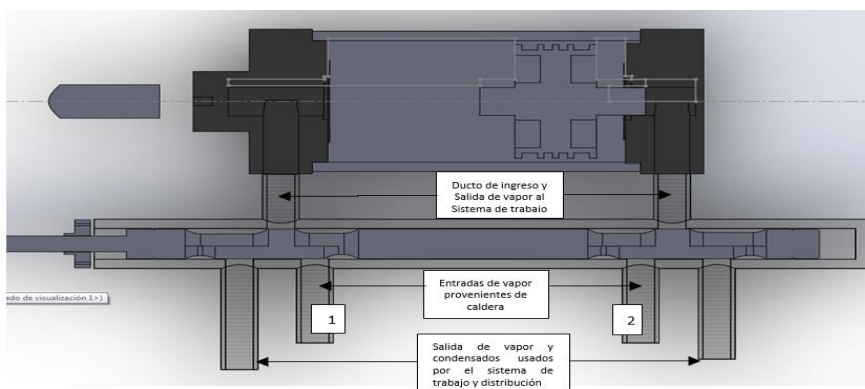


Figura 10 Vista superior subsistema de trabajo de émbolo con cilindro y salida de vapor vivo al subsistema de trabajo, las admisiones de vapor están con los números 1 y 2 y los escapes de condensado en los extremos de la válvula. Fuente autor

A continuación, en la Tabla 5 se muestran las medidas de los subsistemas de distribución tipo carrete, para mayor profundización revisar por favor el Anexo E de este documento.

Tabla 5 Medidas subsistema de distribución tipo carrete.

| Pieza | Parámetro | Dimensión [mm] |
|--|------------------------|----------------|
| Camisa de distribución | Diámetro externo | 39 |
| | Diámetro interno | 24,4 |
| | Longitud Total externa | 442,5 |
| Válvula tipo carrete No. 1 (vapor vivo) | Diámetro | 23,5 |
| | Longitud | 539,8 |
| | Diámetro de pasador | 5 |
| Válvula tipo carrete No. 2 (Expansión) | Diámetro | 23,6 |
| | Longitud total | 521,6 |
| | Diámetro de pasador | 5 |
| Conector del carrete | Diámetro mayor | 17 |
| | Diámetro menor | M8 |
| | Longitud | 76 |
| | Diámetro de pasador | 5 |
| Biela sistema de distribución vapor vivo | Longitud | 452,36 |

Continuación Tabla 5... Medidas subsistema de distribución tipo carrete.

| Pieza | Parámetro | Dimensión [mm] |
|--|---------------------------|----------------|
| Biela sistema de distribución vapor en expansión | Longitud | 451,65 |
| Carcasa externa de excéntrica válvula 1 vapor vivo | Largo | 120 |
| | Ancho | 80 |
| | Espesor | 15 |
| | Diámetro Interno | 65 |
| Excéntrica de válvula 1 vapor vivo | Diámetro de Rodamiento | 50 |
| | Ancho | 12 |
| | Diámetro de la excéntrica | 32,4 |
| | Diámetro Buje soldado | 25 |
| | Long. Buje soldado | 27 |
| Carcasa externa de excéntrica válvula 2 expansión | Largo | 145 |
| | Ancho | 110 |
| | Espesor | 13 |
| | Diámetro Interno | 90 |
| Excéntrica de válvula 2 Expansión | Diámetro de Rodamiento | 65 |
| | Ancho | 23,2 |
| | Diámetro de la excéntrica | 46,8 |
| | Diámetro Buje soldado | 24 |
| | Long. Buje soldado | 30 |

Para hacer mejor la descripción de las válvulas tipo carrete en sus puntos extremos (PEE - PEI) y las válvulas, a continuación, en la Figura 11 se describe el significado de cada sigla:

PEE: Punto Extremo Externo, este es el punto más alejado de la excéntrica.

PEI: Punto Extremo Interno, este es el punto más cercano a la excéntrica.

VEI: Válvula de escape efecto interno.

VAI: Válvula de admisión efecto interno.

VAE: Válvula de admisión efecto externo.

VEE: Válvula de escape efecto externo.

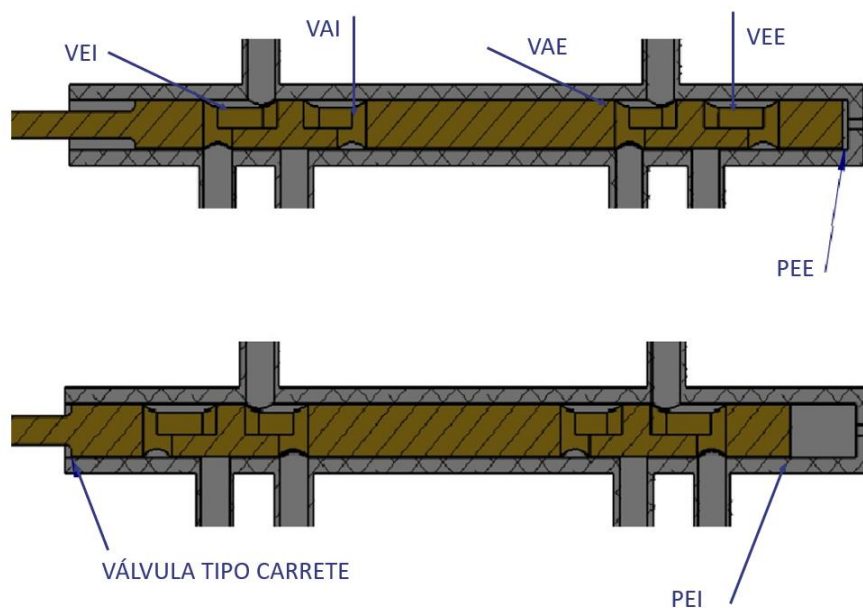


Figura 11 Identificación de siglas subsistema de distribución. Fuente: (J. Alvarez, 2019).

2.6 Diagramas indicadores obtenidos.

Con las configuraciones de los carretes tanto de vapor vivo como de vapor en coeficiente de expansión en los cuales fueron realizadas cada una de las pruebas, se muestra en la Figura 12 el diagrama indicador que se debe obtener con la válvula de carrete de vapor vivo, relacionando los procesos que componen este ciclo de funcionamiento se observa que no existe expansión del vapor ni compresión debido al cierre y apertura de válvulas en sus puntos muertos.

| | |
|---------------|-------------------|
| Admisión: A-B | Proceso isobárico |
| Escape: B-C | Proceso isocórico |
| Escape: C-D | Proceso isobárico |
| Admisión: D-A | Proceso isobárico |

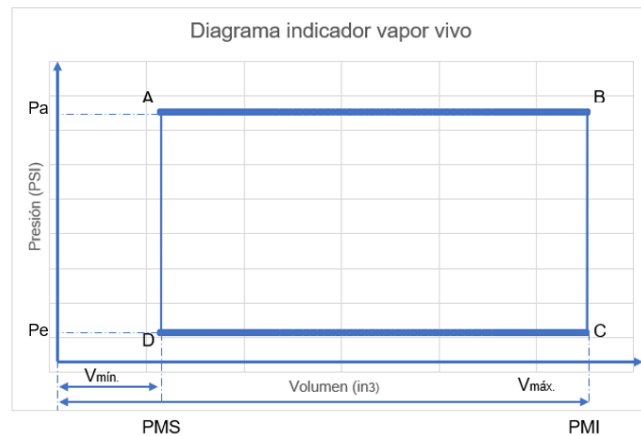


Figura 12 Diagrama indicador vapor vivo. Fuente (J. Alvarez, 2019).

2.6.1 Tiempo de admisión y de escape con válvula de carrete de vapor vivo.

El tiempo de admisión comienza en PMS del pistón abriendo la válvula de admisión en el diagrama indicador de la Figura 12. La presión en este punto sube instantáneamente a volumen constante hasta el punto A, La presión de admisión en este punto es igual a la presión de admisión (P_a), teóricamente esta es igual a la presión de caldera regulada por una válvula reguladora de flujo donde no se contemplan perdidas para las pruebas experimentales, esta presión es regulada. La Figura 13 muestra el inicio de la admisión para el efecto externo, moviéndose el carrete de izquierda a derecha. La presión del vapor empuja el pistón de PMS a PMI donde la válvula de admisión se cierra (*punto B de la figura 12*), haciendo este proceso a presión constante. La Figura 14 tiene el pistón en PMI y la válvula de admisión está completamente cerrada, moviéndose el carrete de derecha a izquierda.

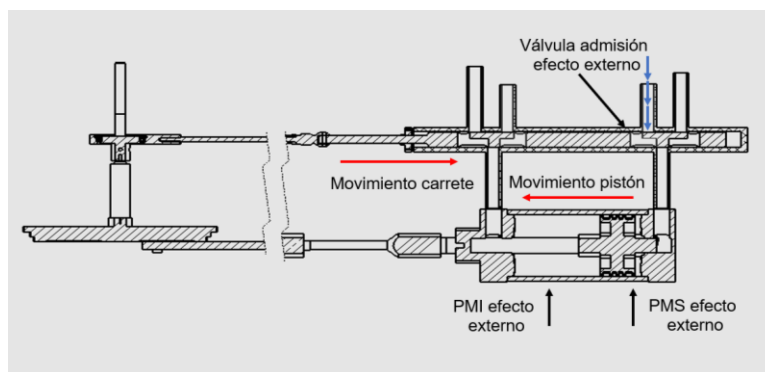


Figura 13 Apertura de admisión, carrete de vapor vivo. Fuente autor.

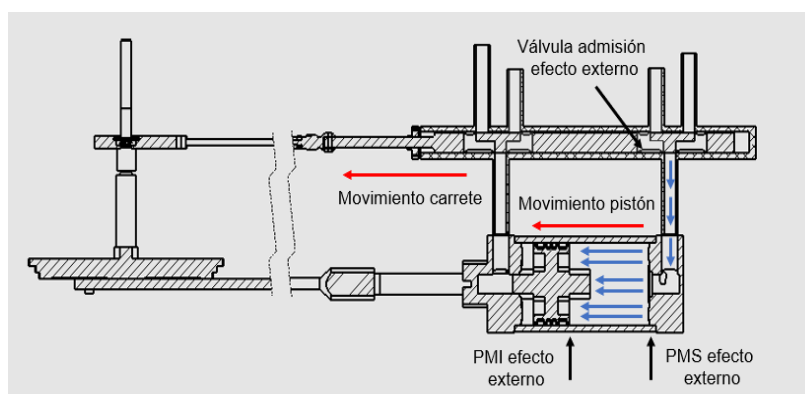


Figura 14. Cierre de admisión carrete de vapor vivo. Fuente autor.

Para el tiempo de escape la válvula permite el escape de vapor que ya generó trabajo sobre el pistón, aquí el carrete se mueve de derecha a izquierda permitiendo la salida del vapor por la válvula de escape del efecto externo (Figura 15). La válvula de escape abre en el punto (B), la presión del vapor descende hasta el valor de la presión de escape (P_e) a volumen constante punto (C).

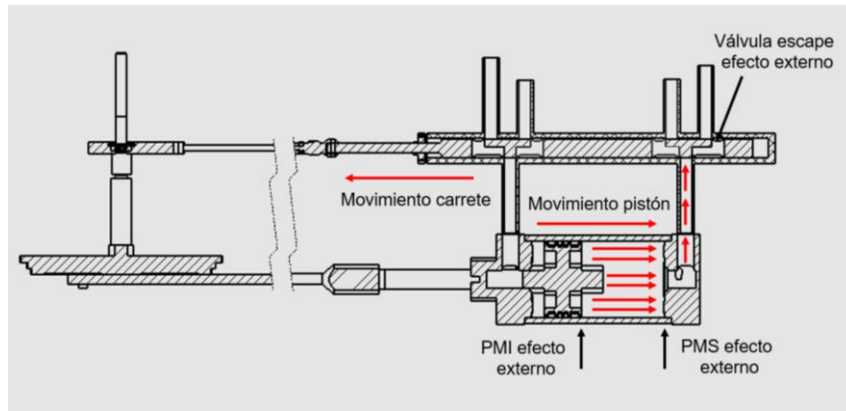


Figura 15 Apertura de válvula de escape, carrete de vapor vivo. Fuente autor.

En el PMI el pistón inicia su carrera hasta PMS empujando todo el vapor de escape hacia el condensador o la atmósfera, la válvula de escape permanece abierta hasta el final de la carrera (Punto D), realizando este proceso a presión constante, la Figura 16 muestra el final de la carrera de escape.

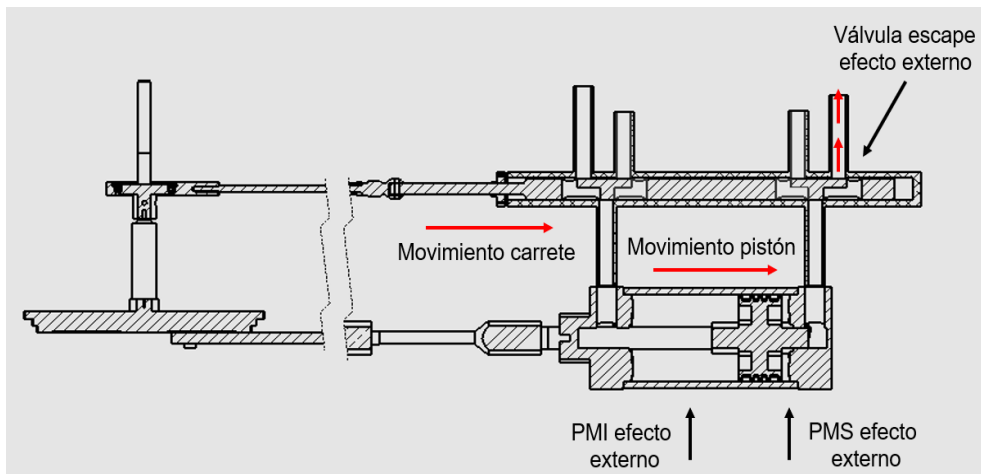


Figura 16 Cierre de la válvula de escape (vapor vivo). Fuente autor.

2.6.2 Tiempos de admisión y de escape válvula de carrete con coeficiente de expansión.

También la obtención del diagrama indicador de comportamiento con el coeficiente de expansión como lo muestra la Figura 17, significa que hace cortes en la admisión lo cual le permite realizar procesos de expansión. A continuación, son relacionados los procesos que componen este ciclo de funcionamiento.

| | | |
|-------------|-----|--------------------|
| Admisión: | F-A | Proceso isocórico |
| Admisión: | A-B | Proceso isobárico |
| Expansion: | B-C | Proceso adiabático |
| Escape: | C-D | Proceso isocórico |
| Escape: | D-E | Proceso isobárico |
| Compresión: | E-F | Proceso adiabático |

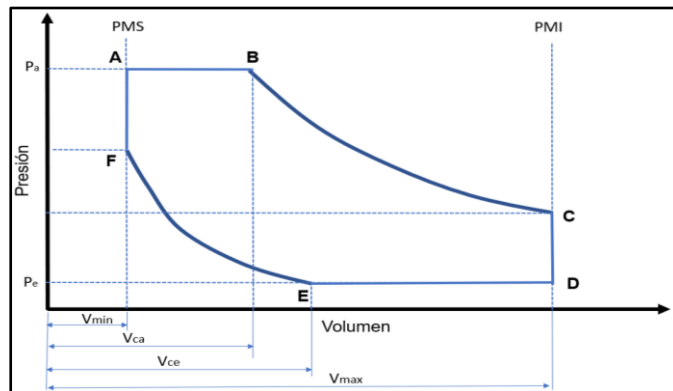


Figura 17 Diagrama indicador coeficiente de expansión. Fuente (J. Alvarez, 2019).

En el tiempo de admisión que inicia en PMS, la válvula de admisión se abre (punto F), la presión del cilindro haciendo hasta la presión de admisión (P_a). En la Figura 18 se muestra el inicio de la admisión, aquí el carrete se mueve de izquierda a derecha y es en la Figura 19 donde se muestra el pistón en carrera de PMS a PMI, la presión de vapor entra al cilindro empujando al pistón, la válvula se sitúa en el punto de apertura máxima.

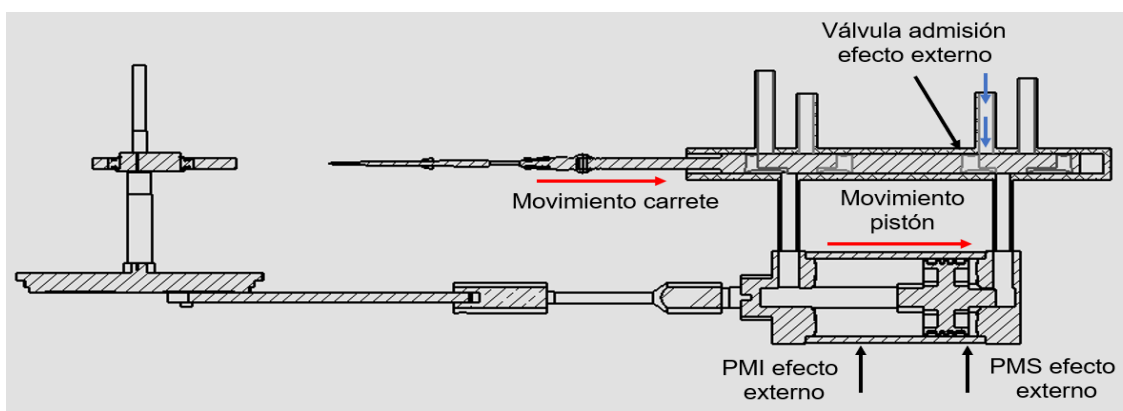


Figura 18. Apertura de la válvula de admisión. Carrete de vapor coeficiente de expansión. Fuente autor.

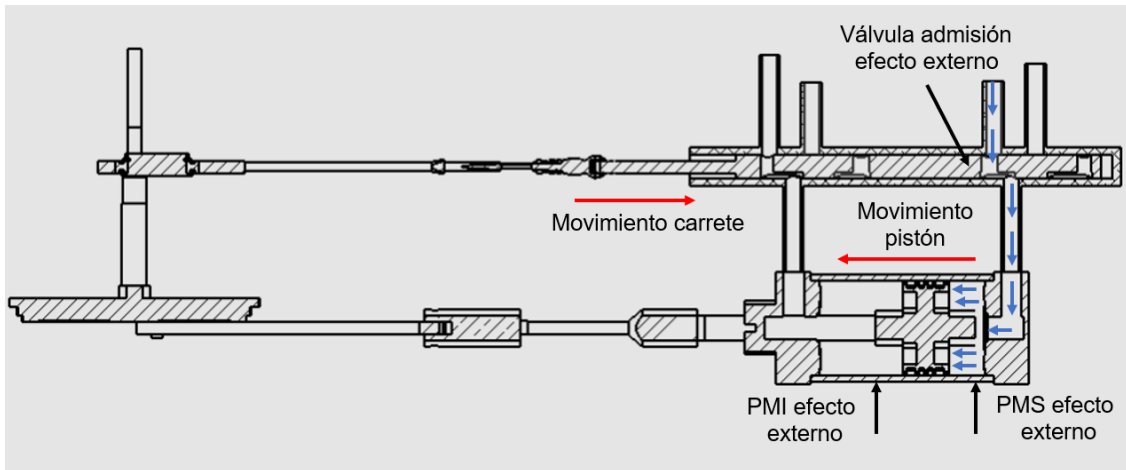


Figura 19 Tiempo de admisión. Válvula de coeficiente de expansión. Fuente autor.

La presión de admisión es mantenida constante hasta el cierre de la válvula (*punto B*) a continuación la Figura 20 muestra el corte de la admisión el cual es representado por el porcentaje de volumen del cilindro en el instante en que cierra la válvula de admisión con relación al volumen total, el carrete se mueve de derecha a izquierda y el pistón sigue en su carrera hacia PMI, iniciando en ese mismo punto el tiempo de expansión.

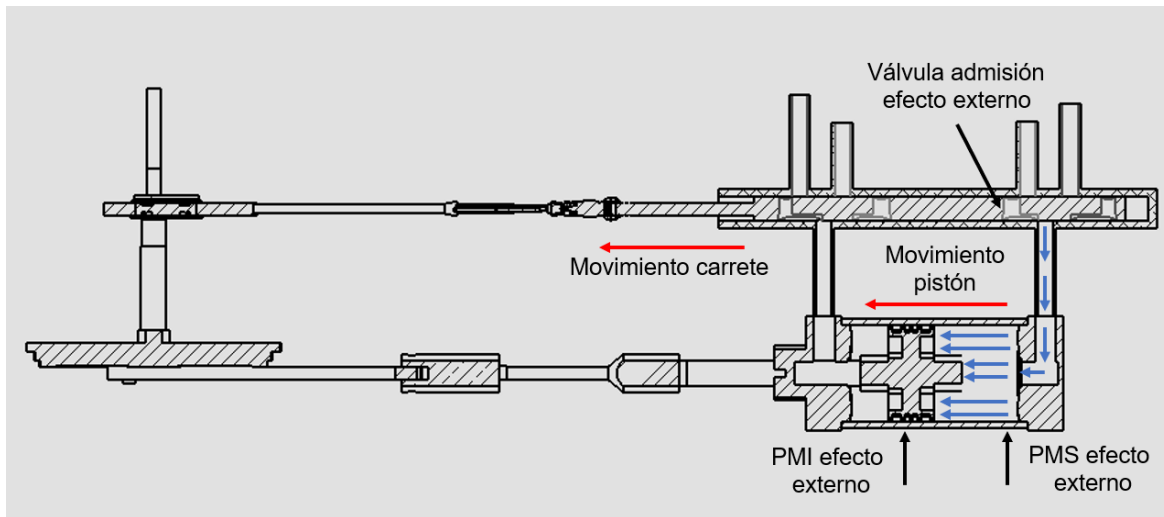


Figura 20 Cierre de la válvula de admisión. Válvula de coeficiente de expansión.

En el tiempo de expansión el vapor que es admitido genera trabajo sobre el pistón, la presión del vapor empuja el pistón hasta PMI decayendo debido al aumento del volumen y a que el vapor entrega su energía al pistón. Este proceso descrito sigue la curva B-C, donde Rolle dice que si un dispositivo de pistón-cilindro que contiene un gas, con

frecuencia la presión disminuye al aumentar el volumen y aumenta al disminuir el volumen del gas¹. La presión varía inversamente con el volumen donde la siguiente ecuación (1) describe el comportamiento de la curva B-C.

$$p = \frac{c}{v^n} \quad (1)$$

Siendo la ecuación politrópica, en ella n se refiere al exponente politrópico y c es la constante de proporcionalidad². El valor de n varía dependiendo del vapor usado, mientras Morales en el libro de turbinas de vapor afirma que Zeuner estableció la siguiente ecuación (2) donde X_1 es la calidad inicial del vapor³.

$$n = 1,035 + 0,1X_1 \quad (2)$$

Esta ecuación es usada para el establecimiento del coeficiente politrópico para un motor que trabaja con mezcla saturada, para vapor sobrecalentado. Morales dice "Callender estableció experimentalmente que cuando el vapor se expande en la condición de vapor recalentado, la relación entre p y v está dada por la siguiente ecuación donde $b = -0,0028 \text{ ft}^3/\text{lb}$, normalmente este valor de b es tan pequeño que la expresión anterior se escribe como se muestra a continuación.

$$p(v - b)^{1.3} = c \quad (3)$$

$$pv^{1.3} = c \quad (4)$$

Tiempo de escape.

Aquí el subsistema de distribución permite el escape del vapor que ya generó vapor sobre el cilindro, la Figura 21 muestra la apertura de la válvula de escape, el carrete se mueve de derecha a izquierda, la válvula de escape abre en el punto (c) cómo en la Figura 17, el

¹ ROLLE Kurt. Termodinámica. 6ta edición. México: Prentice Hall, 2006. P. 186.

² Ibid.

³ MORALES Abel. Turbinas de vapor. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 1979. P. 28

pistón se ubica en PMI para iniciar su carrera a PMS, la presión del vapor desciende hasta el valor de la presión de condensación, o en motores con escape al ambiente la presión usada es atmosférica, realizando este proceso a volumen constante representado por la línea C-D.

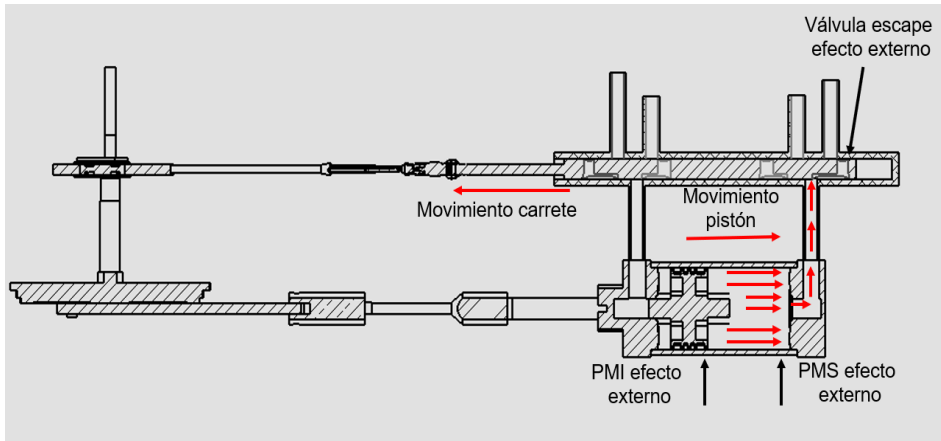


Figura 21. Apertura de la válvula de escape. Coeficiente de expansión.

El pistón inicia su carrera de PMI a PMS empujando el vapor por la tubería de escape, la Figura 22 muestra la apertura máxima de la válvula de escape donde el carrete llega al punto extremo interno (PEI), el volumen en el cilindro disminuye a medida que el pistón se mueve de izquierda a derecha. El escape termina en el punto E, ver figura 2.

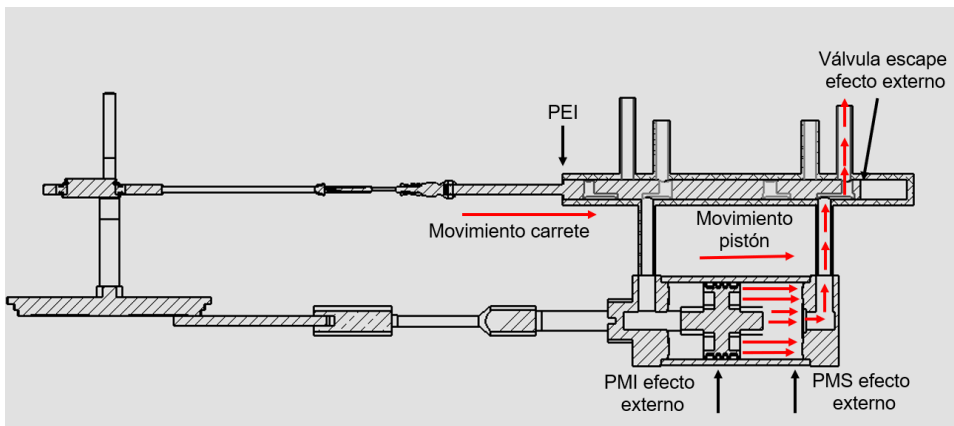


Figura 22. Máximo escape, coeficiente de expansión.

Tiempo de compresión La válvula de escape cierra, estando en ese instante las dos válvulas cerradas, la Figura 23 muestra el final del tiempo de escape e inicio del tiempo de compresión, el pistón sigue su recorrido hacia PMS del efecto externo debido al cierre de

la válvula de escape antes de PMS quedando una pequeña cantidad de vapor atrapado en el cilindro y a medida que el pistón completa su recorrido, el valor remanente se comprime y el volumen del cilindro disminuye hasta su valor mínimo que está representado por la línea *E-F*.

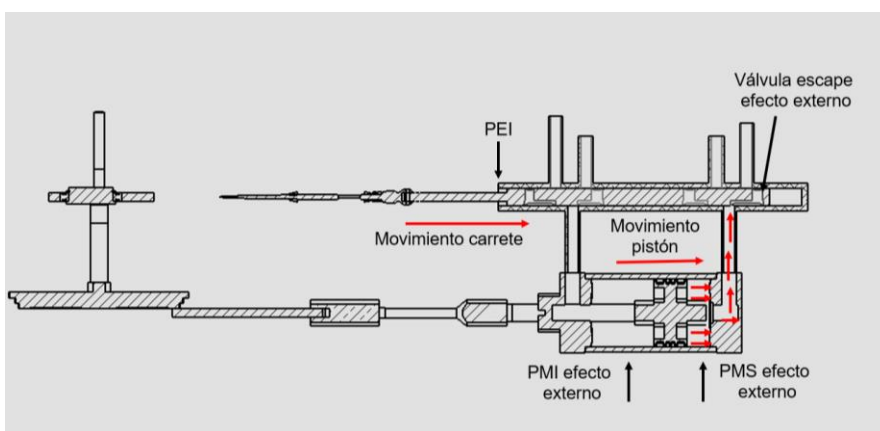


Figura 23 Cierre de la válvula de carrete en posición de escape. Válvula de coeficiente de expansión.

La relación entre el volumen y la presión, para el tiempo de compresión usando mezcla saturada, es establecida en la primera ecuación, para vapor sobrecalentado se usa la cuarta ecuación.

2.6.3 Válvula de distribución de carrete corto.

Con la finalidad de obtener un desempeño en el motor de vapor con la menor cantidad de pérdidas por deslizamiento y fuga de fluido se instauró una válvula de carrete corto como tercer sistema de distribución, su funcionamiento radica en un accionamiento por medio de una leva excéntrica, con devolución de movimiento por medio de un muelle o resorte. Internamente está configurado con una válvula tipo 3/2 es decir tres entradas de vapor y dos salidas cuando la válvula mecánica es movida. Caracterizando este sistema de distribución, se tiene como tipo de movimiento en el seguidor un sistema trasladante tipo horizontal. La leva de accionamiento es tipo radial con un seguidor tipo plano y cierre de

junta de tipo fuerza (por el movimiento del resorte). En la Figura 24 se observa cada una de las partes de este sistema de distribución, consta de una cadenilla calibre 40 conectada a dos sprokets de 19 dientes que transmiten el movimiento con relación de transmisión 1:1 conectado al eje principal del motor de vapor que es transmisor con su movimiento.

Para lograr el funcionamiento de este sistema se debió construir una extensión en la mesa de trabajo del motor de vapor. Se realizó un corte de platinas de acero con calibre de $\frac{1}{4}$ " para que se pudiera sujetar todo el conjunto de la válvula de distribución de accionamiento rápido, los cojinetes de arco permitiendo tensionar la cadena de distribución con los piñones del eje principal y el piñón de la distribución.

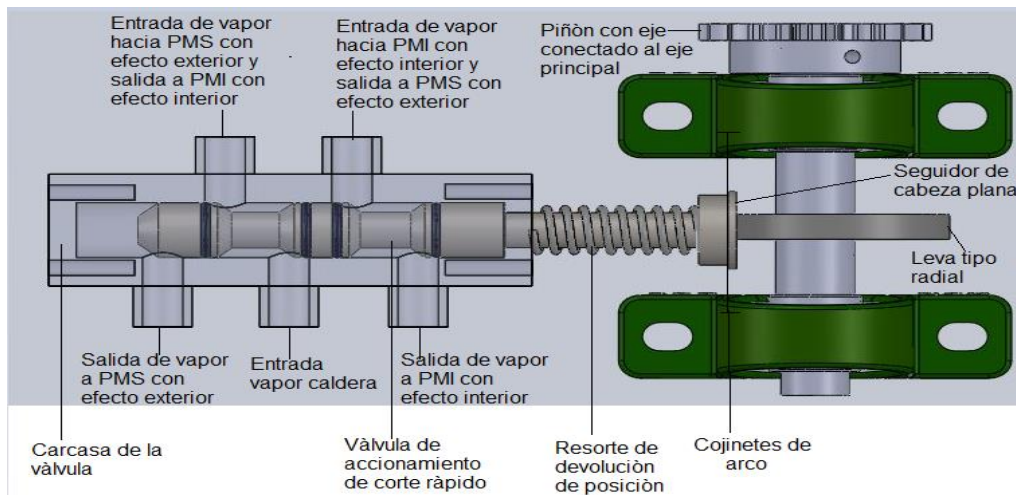


Figura 24. Vista superior del subsistema de distribución de accionamiento rápido por medio de leva y devolución tipo muelle o resorte mecánico.

2.6.4 Sistema de frenado tipo Prony.

Del motor de vapor se debe obtener su velocidad de giro (n) arrastrando un árbol de transmisión que termina siendo el disco de fricción (1). Sobre la guía acanalada del disco de fricción se instala una correa de cuero (2) sobre la cual se ejerce la tensión deseada a partir del ajuste del tornillo de fuerza (3), añadiéndole mayor o menor fuerza según se

deseo. Este sistema va acoplado a un par de balanzas dinamométricas con medición en kg (4) para tomar el torque N-m. La fuerza de fricción de la correa de cuero genera un momento de frenado (M_F). Finalmente se obtienen los instantes de desarrollo de máximos torques y potencias del motor de vapor. Ya sea con la instalación del subsistema de distribución tipo carrete o con el subsistema de accionamiento rápido por leva. A continuación, en la Figura 25 se muestra como está conformado el freno *tipo prony* del motor de vapor del laboratorio de plantas térmicas. Todas las adaptaciones que se han mostrado hasta el momento se han realizado con inversión propia del autor.

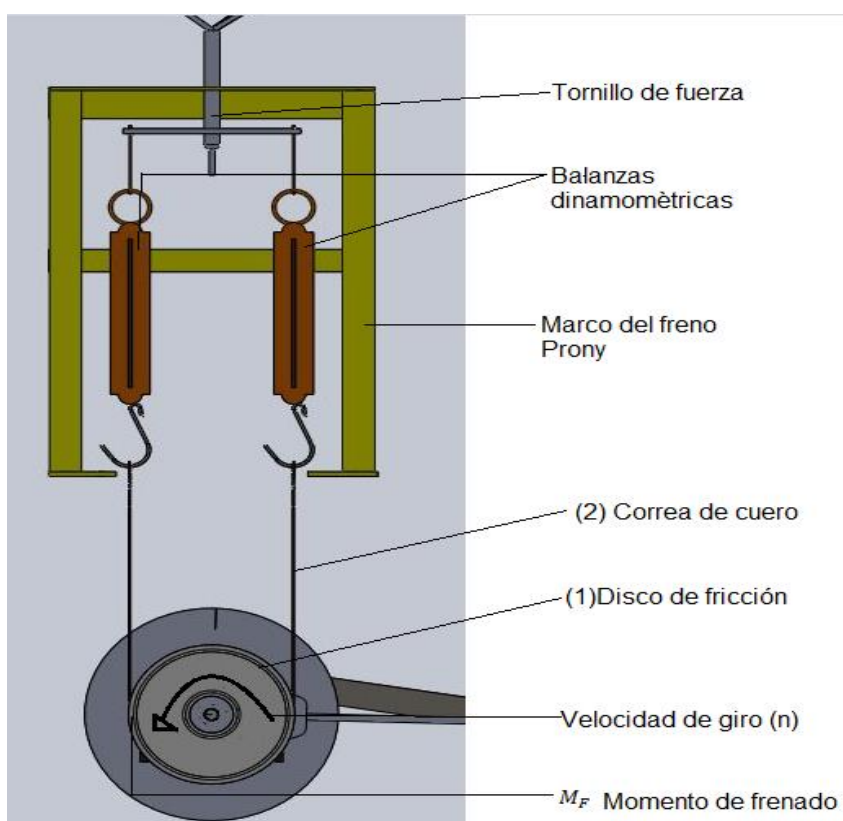


Figura 25 Identificación del freno de Prony del motor de vapor.

3.SIMULACIÓN DEL MOTOR DE VAPOR A PARTIR DE LOS MODELOS CINEMÁTICO Y TERMODINÁMICO INTEGRADOS

Para llegar a la simulación del motor de vapor se debe reconocer como primera medida cuales son los diagramas indicadores del comportamiento del motor estableciendo la comparación de los resultados obtenidos. Los diagramas indicadores son obtenidos de manera experimental para simular su comportamiento. A continuación, se muestra la obtención de estos con las válvulas tipo carrete de vapor vivo y vapor en expansión.

3.1 Diagramas indicadores del cilindro en sus volúmenes con los montajes del subsistema de distribución de vapor vivo como el de vapor en fase de expansión.

En este numeral es mostrado de forma dinámica cada una de las tomas de presión dentro el cilindro del sistema de trabajo, según el efecto de accionamiento, en el cual se examinarán los comportamientos del subsistema de distribución tipo carrete con corte rápido y el de coeficiente de expansión.

Las Figuras 26 y 27 muestran con el uso de la válvula tipo carrete de vapor vivo el diagrama indicador del recorrido en función del cambio del desplazamiento del émbolo y la presión del pistón ya sea desde el punto muerto inferior o superior con los efectos exterior o interior, también según el recorrido del pistón con las válvulas de vapor vivo. En las Tablas 6 y 7, están cada uno de los datos de insumo para la construcción de las gráficas de admisión y escape del motor de vapor.

Para la construcción del diagrama indicador, se deben conocer las posiciones relativas entre el sistema de potencia y el sistema de distribución para cada configuración, por lo que el desarrollo de este dependió del modelo cinemático construido del subsistema de potencia y del subsistema de distribución, debido a que el volumen dentro del cilindro, es una función de la posición del pistón y este a su vez, es una función del ángulo de giro de la manivela. Además, la presión que ejerce el gas sobre la cara del pistón, depende del estado de apertura y cierre de las válvulas y de la dirección de movimiento del pistón. Para

la configuración de vapor vivo se construye la simulación de 2 gráficas a diferentes condiciones de entrada de vapor. La primera de ellas con vapor calentado calidad 1 para una señal de la válvula de control de flujo (C1) igual a 9 mA, (revisar anexos H e I) la segunda para vapor sin calentar calidad igual a 0,88 y señal de la válvula de control de flujo (C1) 11 mA.

Para la configuración del carrete en expansión se construye la simulación de la gráfica con vapor calentado calidad igual a 1 y señal de la válvula de control de flujo (C1) de 9 mA, estas construcciones se realizan con un ángulo de avance del sistema de distribución de 0°, es decir cuando el pistón del efecto externo está en PMS y la válvula de admisión inicia su apertura. A continuación, en las Tablas 6 y 7 se muestran cada uno de los efectos interior y exterior con el recorrido lineal y su presión para la construcción de las gráficas de comportamiento.

Tabla 6. Efecto exterior del comportamiento del motor de vapor con válvula de carrete de vapor vivo.

| Posición | Carrera pistón 97,39 mm | | Presión [psi] |
|----------|--|----------|---------------|
| | Recorrido émbolo de pistón punto de inicio y finalización [mm] | Proceso | |
| PMI | 20,80 | Admisión | 14,54 |
| | 20,80 | Admisión | 45 |
| | 118,20 | Admisión | 45 |
| PMS | 118,20 | Escape | 45 |
| | 118,20 | Escape | 14,54 |
| | 20,80 | Escape | 14,54 |

Tabla 7. Efecto interior del comportamiento del motor de vapor con uso de válvula de vapor de vapor vivo.

| Posición | Carrera pistón 97,39 mm | | Presión [psi] |
|----------|--|----------|---------------|
| | Recorrido émbolo de pistón punto de inicio y finalización [mm] | Proceso | |
| PMI | 22,29 | Admisión | 14,54 |
| | 22,29 | Admisión | 45 |
| | 119,69 | Admisión | 45 |
| PMS | 119,69 | Escape | 45 |
| | 119,69 | Escape | 14,54 |
| | 22,29 | Escape | 14,54 |

La Figura 26 muestra el efecto exterior en el instante de admisión de vapor en el cilindro del motor, distribuido por la válvula de carrete de vapor vivo, produciendo un accionamiento en el sistema mientras se incrementa la presión progresivamente. El recorrido del pistón también va variando hasta llevarlo a la posición de punto muerto.

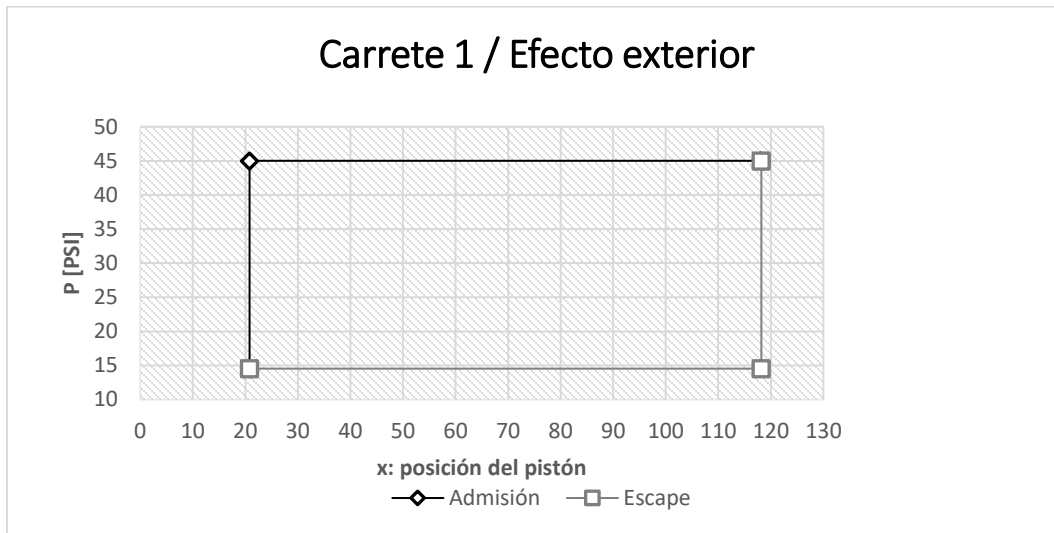


Figura 26 Efecto exterior de comportamiento de la válvula de vapor vivo.

En la Figura 27 el comportamiento del pistón para el efecto interior también es similar al del efecto exterior. Solo cambia el recorrido del émbolo en sus puntos de medición, las presiones se mantienen similares.

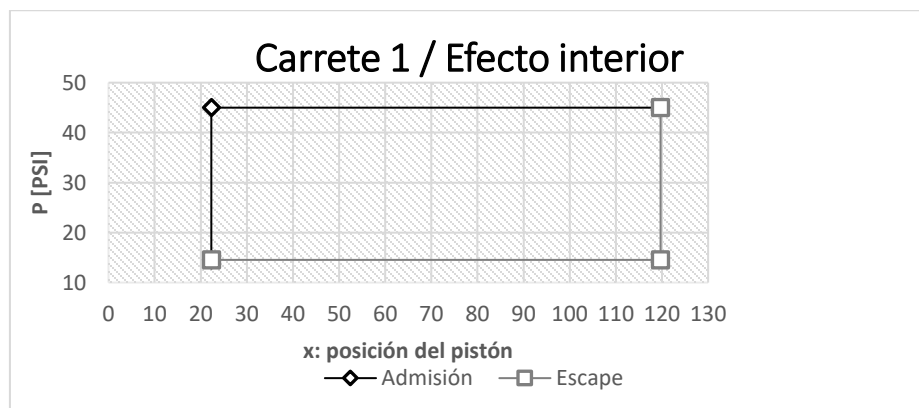


Figura 27 Efecto exterior de comportamiento de la válvula de vapor vivo.

Para el accionamiento del sistema de distribución tipo carrete con válvula de expansión, también fueron generadas las tablas de parámetros de recorrido lineal S de los puntos de

inicio y finalización del émbolo con la presión de vapor, en el cual con los datos suministrados tienen una variación diferente con respecto a la válvula de accionamiento de vapor vivo. A continuación, en las Tablas 8 y 9 se tienen cada uno de los comportamientos tomados, en los cuales difieren cada uno de los recorridos ya sea el de PMS con efecto interior o el de PMI con efecto exterior.

Tabla 8. Comportamiento en efecto exterior del motor de vapor con el uso de la válvula tipo carrete con efecto de expansión.

| Posición | Carrera pistón 97,391 mm | | Presión [psi] |
|----------|--|----------------|---------------|
| | Recorrido pistón punto de inicio y finalización [mm] | Proceso | |
| PMS | 20,30 | Admisión | 45 |
| | 20,30 | Admisión | 60 |
| | 20,30 | Admisión | 60 |
| | 77,80 | Admisión | 60 |
| | 77,80 | Expansión | 60 |
| | 115,59 | Expansión | 30 |
| | 115,59 | Escape | 30 |
| | 117,69 | Escape | 25 |
| | 117,69 | Escape | 25 |
| PMI | 117,69 | Escape | 10 |
| | 51,85 | Escape | 10 |
| | 51,85 | Pre-compresión | 10 |
| | 20,30 | Pre-compresión | 45 |
| | Recorrido pistón durante admisión | | 57,49 mm |

Tabla 9. Comportamiento en efecto interior del motor de vapor con el uso de la válvula tipo carrete con efecto de expansión.

| Posición | Carrera pistón 97,4 mm | | Presión [psi] |
|----------|--|-----------|---------------|
| | Recorrido pistón punto de inicio y finalización [mm] | Proceso | |
| PMS | 23,19 | Admisión | 55 |
| | 22,79 | Admisión | 60 |
| | 22,79 | Admisión | 60 |
| | 80,18 | Admisión | 60 |
| | 80,18 | Expansión | 60 |
| | 119,20 | Expansión | 30 |
| | 119,20 | Escape | 30 |

Continuación Tabla 9. Comportamiento en efecto interior del motor de vapor con el uso de la válvula tipo carrete con efecto de expansión.

| Posición | Carrera pistón | 97,4 mm | Presión [psi] |
|----------|-----------------------------------|----------------|---------------|
| PMI | 120,19 | Escape | 20 |
| | 120,19 | Escape | 20 |
| | 120,19 | Escape | 10 |
| | 120,19 | Escape | 10 |
| | 53,53 | Escape | 10 |
| | 53,53 | Pre-compresión | 10 |
| | 23,19 | Pre-compresión | 55 |
| | Recorrido pistón durante admisión | | 56,98 mm |

Después de realizar la analogía de cada uno de estos valores, son generadas las Figuras 28 y 29, que muestran cada uno de los desarrollos tanto con efecto exterior como con efecto interior, los puntos de admisión, precompresión, expansión y escape en función de la presión el cambio de la posición dentro del cilindro.

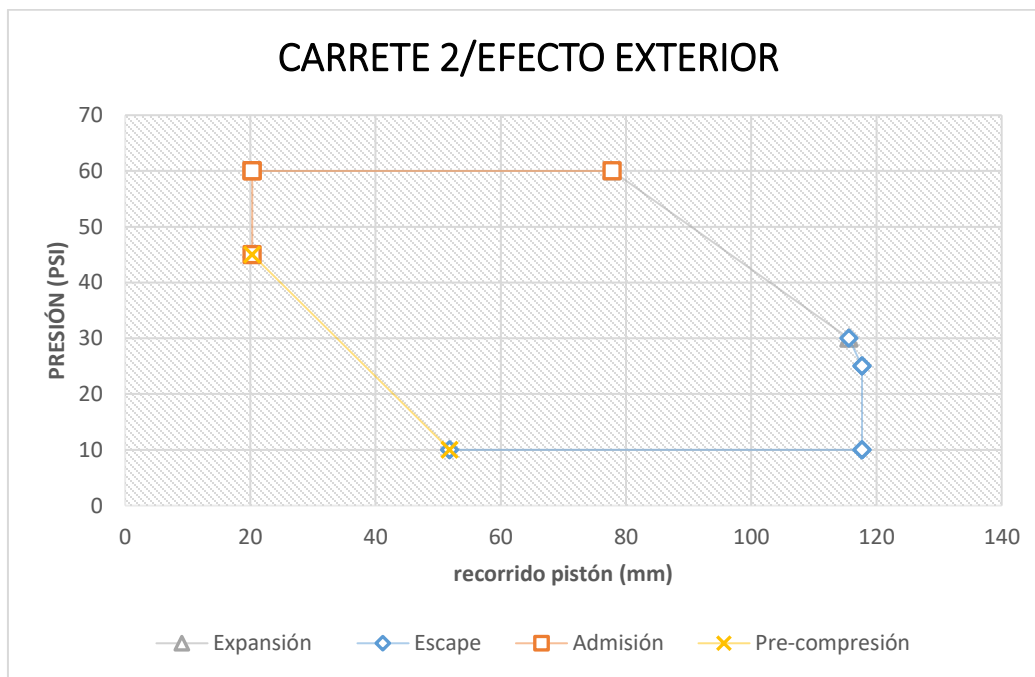


Figura 28 Comportamiento del vapor en efecto exterior con válvula de carrete con efecto de expansión.

Nótese que el comportamiento de estas válvulas que en las Figuras 28 y 29 es de manera similar, teniendo instantes de expansión y precompresión, caso que no se ve en las válvulas con coeficiente de vapor vivo y corte rápido.

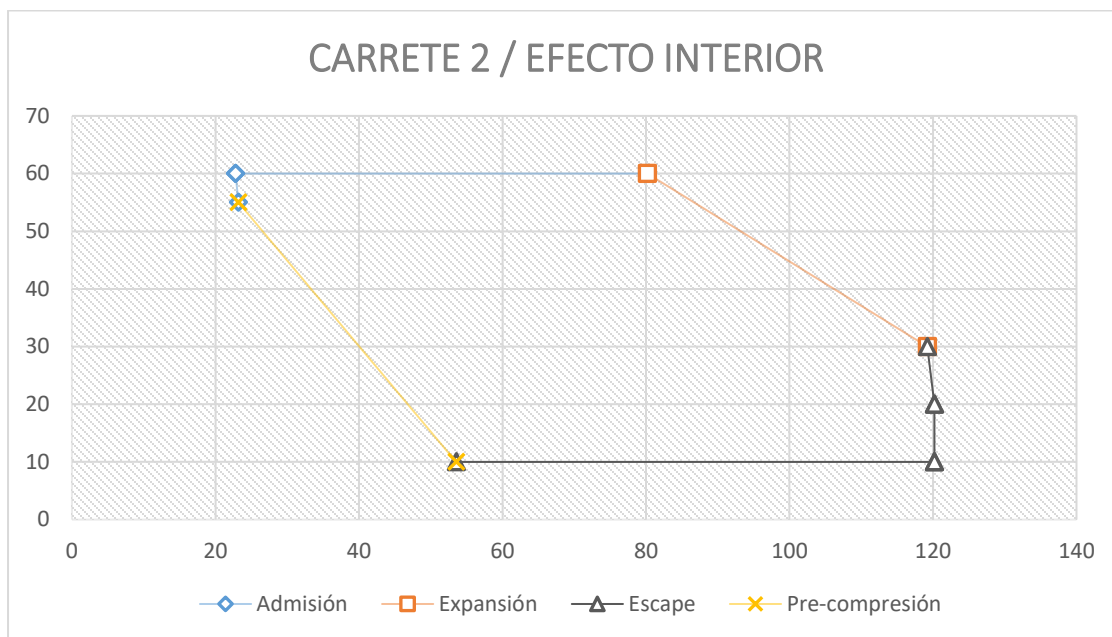


Figura 29 Comportamiento del vapor en efecto interior con válvula de carrete con efecto de expansión.

Esta metodología usada permitió la construcción del diagrama indicador del MDV para las configuraciones del sistema de distribución de vapor vivo y vapor en expansión con cortes de admisión del 59,1% para el efecto externo y 59,2% para el efecto interno y con un avance de 0° , se presenta de forma detallada la cual sirve para la construcción y simulación de otras configuraciones del sistema de distribución.

3.2 Análisis cinemático del subsistema de transmisión de potencia.

A continuación se explicarán las ecuaciones fundamentales adaptadas al motor de vapor de la universidad Nacional para demostrar el desarrollo del modelo matemático en los subsistemas de transmisión de potencia y distribución, para las válvulas de carrerte con coeficientes de vapor vivo y vapor en fase de expansión.

El análisis cinemático del sistema de transmisión de potencia del motor de vapor se muestra en la Figura 30, que consta de la biela que es conectada por un extremo al pasador incrustado al volante y por el otro a la cruceta que conecta al pistón que recibe la fuerza

generada por la expansión del cilindro. La fuerza que transmite el pistón da el movimiento de rotación al volante de inercia generando el par de torsión, que con un pasador excéntrico incrustado al volante hace la posición de manivela.

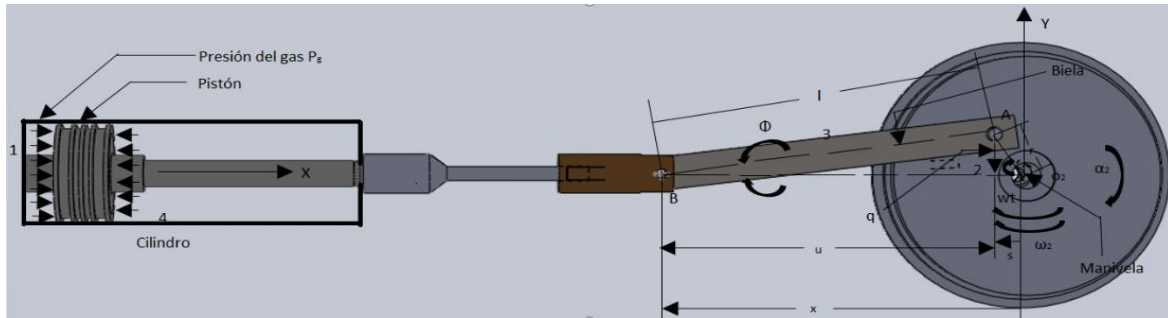


Figura 30 Análisis cinemático del sistema de transmisión de potencia motor de vapor UNAL.

Donde,

r : Radio de la manivela.

l : Longitud de la biela.

$\theta = \omega t$: Ángulo de la manivela.

ϕ : Ángulo de la biela con respecto al eje X.

ω : Velocidad angular de la manivela.

A partir de la Figura 31, se generan los triángulos rectángulos rqs y lqu Figura 16.

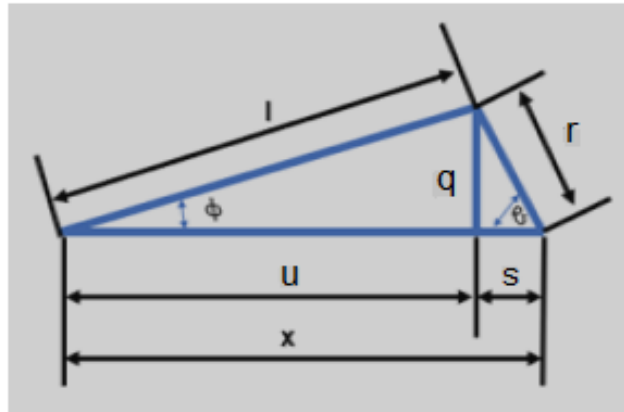


Figura 31 Geometría del motor de vapor.

Con los triángulos mostrados en la anterior figura y la aplicación de las identidades trigonométricas, son obtenidas las siguientes ecuaciones:

$$q = r \operatorname{sen} \theta = l \operatorname{sen} \varphi \quad \theta = \omega t \quad \operatorname{sen} \varphi = \frac{r}{l} \operatorname{sen} \omega t \quad (5)$$

$$s = r \cos \omega t \quad u = l \cos \varphi \quad X = s + u = r \cos \omega t + l \cos \varphi$$

A partir de las identidades trigonométricas obtenidas y con el reemplazo de $\cos \varphi = \sqrt{1 - \operatorname{sen}^2 \varphi}$ se obtiene la Ecuación 2 que es la expresión exacta de la posición del pistón x .

$$x = r \cos \omega t + l \sqrt{1 - \left(\frac{r}{l} \operatorname{sen} \omega t\right)^2} \quad (6)$$

Derivando el tiempo se puede obtener la expresión exacta de la velocidad y aceleración del pistón, asumiendo la ω como constante. Mostrado en la Ecuación 7 la obtención de la velocidad del pistón, y en 8 la aceleración.

$$\dot{x} = -r\omega \left\{ \operatorname{sen} \omega t + \frac{r}{2l} \frac{\operatorname{sen} 2\omega t}{1 - \sqrt{1 - \left(\frac{r}{l} \operatorname{sen} \omega t\right)^2}} \right\} \quad (7)$$

$$\ddot{x} = -r\omega^2 \left\{ \cos \omega t - \frac{r[l^2(1 - 2\cos^2 \omega t) - r^2 \operatorname{sen}^4 \omega t]}{[l^2 - (r \operatorname{sen} \omega t)^2]^{3/2}} \right\} \quad (8)$$

Usando la ecuación 8 es difícil obtener los efectos de los cambios en los parámetros de diseño con r y l en la aceleración. Para corregir esto se usa el teorema binomial, Ecuación 9, expandiendo el radical de la Ecuación 6, obteniendo la expresión más sencilla de posición, velocidad y aceleración de forma más simple. A continuación, en la Ecuación 9 se muestra la forma general el teorema binomial.

$$(a + b)^n = a^n + n a^{n-1} b + \frac{n(n-1)}{2!} a^{n-2} b^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{3!} a^{n-3} b^3 + \dots$$

Donde la expansión binomial es:

(9)

$$a = 1 \qquad b = -\left(\frac{r}{l} \operatorname{sen} \omega t\right)^2 \qquad n = \frac{1}{2}$$

Expandiéndose de la siguiente forma en la Ecuación 10:

$$1 - \left(\frac{r^2}{2l^2}\right) \operatorname{sen}^2 \omega t + \left(\frac{r^4}{8l^4}\right) \operatorname{sen}^4 \omega t - \left(\frac{r^6}{16l^6}\right) \operatorname{sen}^6 \omega t \quad (10)$$

Se pueden entregar todos los términos con un error muy pequeño, haciendo la sustitución en la Ecuación 10, se llega a una expresión aproximada para el desplazamiento del pistón con una fracción de un 1% de error. Sustituyendo, con el uso de la identidad trigonométrica, ecuación 11 y simplificando se obtiene la Ecuación 12:

$$\operatorname{sen}^2 \omega t = \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} \quad (11)$$

$$x \cong l - \frac{r^2}{4l} + r \left(\cos \omega t + \frac{r}{4l} \cos 2\omega t \right) \quad (12)$$

Derivando la velocidad del pistón con (ω constante), se obtiene la Ecuación,

$$\dot{x} \cong -r\omega \left(\operatorname{sen} \omega t + \frac{r}{2l} \operatorname{sen} 2\omega t \right) \quad (13)$$

Diferenciando de nuevo para obtener la aceleración (con ω constante), se obtiene la Ecuación 14.

$$\ddot{x} \cong -r\omega^2 \left(\cos \omega t + \frac{r}{l} \cos 2\omega t \right) \quad (14)$$

Con el uso del software *ENGINE* se pudo calcular la posición, velocidad y aceleración de los subsistemas de distribución y potencia, con el uso de las Ecuaciones 12, 13 y 14 realizando este modelo matemático propuesto y comparando los resultados obtenidos con el uso de este software.

3.3 Desarrollo de fuerzas del vapor y pares de torsión del motor de vapor.

Con el análisis del comportamiento dinámico de este motor de vapor monocilíndrico basado en el modelo cinemático desarrollado aproximado, usando el método de superposición con el fin de analizar separadamente la combinación de estos efectos. Son consideradas las fuerzas y los torques con la presencia de la entrada de la presión del vapor y expansiones dentro del cilindro. Se analizarán las fuerzas de inercia y torques, finalmente obteniendo las fuerzas de sacudimiento con las fuerzas en los pasadores en sus acoples que resultan de la combinación de las fuerzas dinámicas aplicadas en el sistema.

La fuerza del vapor viene dada por el área del pistón y la presión de vapor. La presión del vapor es una función del ángulo de manivela wt definida por la termodinámica del motor.

$$F_v = -\frac{\pi}{4} P_v B^2 \hat{i} \quad (15)$$

Para realizar cada uno de los modelos cinemáticos se deben reconocer cada una de las variables a tener en cuenta para calcular el motor de vapor monocilíndrico como es mostrado en la Ecuación 15.

Donde,

F_v = Fuerza del vapor

P_v = Presión del vapor

A_p = Área del pistón

B = Diámetro del cilindro= diámetro del pistón

3.3.1 Modelo estáticamente equivalente.

La fuerza del vapor actúa en un brazo de momento con respecto al centro de la manivela, generando el par de torsión del vapor, la fuerza del gas es distribuida en la superficie del pistón, convirtiéndose en una sola fuerza que actúa a través del centro de masa del

eslabón 3 de los diagramas de cuerpo libre (D.C.L), a continuación, en la Figura 32 se muestra el D.C.L. del sistema:

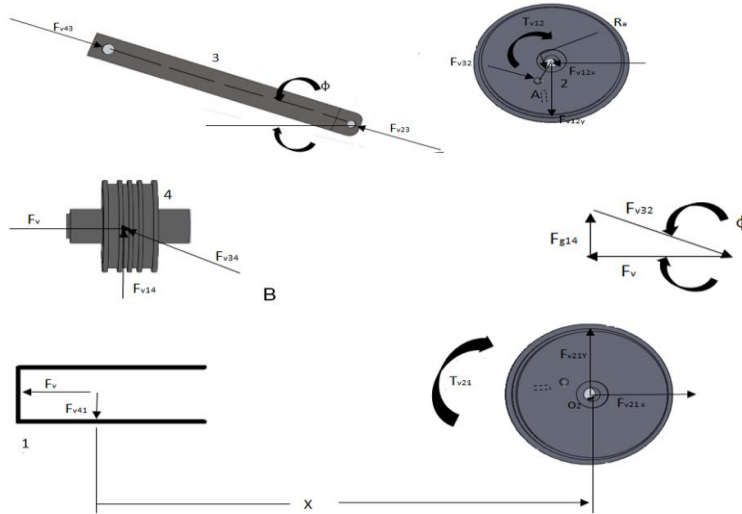


Figura 32 Diagramas de cuerpo libre motor de vapor.

El centro de masa del pistón en B, sin contar los otros suplementos como es la cruceta deslizable y el acople de conexión están aplicadas las fuerzas F_v , F_{v34} y F_{v14} , estas fuerzas se muestran en el triángulo de vectores mostrado en la Figura 32 parte derecha. A partir de este triángulo se obtiene:

$$F_{v14} = F_v \tan \phi \hat{j} \quad (16)$$

$$F_{v34} = F_g \hat{i} - F_v \tan \phi \hat{j} \quad (17)$$

La fuerza del gas $F_{32} = -F_{34}$, El par de torsión motriz T_{v21} en el eslabón 2 generado por la fuerza del vapor, puede determinarse por el producto cruz del vector de posición al punto A y la fuerza en el punto A.

$$T_{v21} = R_A \times F_{v32} \quad (18)$$

El par de torsión se escribe en términos F_{v14} y X

$$T_{v12} = F_{v41} * x \mathbf{k} \quad (19)$$

Reemplazando las Ecuaciones 18 y 19 se obtiene:

$$T_{v21} = (F_v \Phi) \left[l - \frac{v^2}{4l} + r \left(\cos wt + \frac{r}{4l} \cos wt \right) \right] \mathbf{k} \quad (20)$$

Con la relación trigonométrica tangente reemplazando $\cos \phi$, expandiendo el radical y eliminando los términos de la relación (r/l) que estén elevados a cualquier potencia mayor que 1, se obtiene la Ecuación 21.

$$\tan \phi = \frac{q}{u} = \frac{r \operatorname{sen} wt}{l \cos \phi} = \frac{r \operatorname{sen} wt}{l \sqrt{1 - \left(\frac{r}{l} \operatorname{sen} wt\right)^2}} \quad (21)$$

$$T_{v21} \cong F_v r \operatorname{sen} wt \left(1 + \frac{r}{l} \cos wt \right) \quad (22)$$

En la ecuación 22 es la expresión exacta del par de torsión generado por el vapor.

3.3.2 Masas equivalentes.

También se deben conocer propiedades como masa, centro de gravedad, momentos de inercia de masa de cada eslabón móvil del sistema para hacer un análisis dinámico completo, siendo preciso encontrar la aceleración lineal del centro de gravedad de la biela. Para que un modelo dinámico sea equivalente la masa del modelo debe ser igual a la del cuerpo original, es decir no pueden existir modificaciones al momento de calcular el modelo. El centro de gravedad debe encontrarse en el mismo lugar que en el del cuerpo original y el momento de inercia de masa debe ser igual al del cuerpo original.

Del libro de *Diseño de Maquinaria* de Norton se muestra la biela original y los diferentes modelos dinámicos, las ecuaciones 23, 24 y 25 se constituyen teniendo en cuenta los requerimientos para el modelo dinámico equivalente y las propiedades que aparecen en las Figuras 33 a) y 33 b).

$$m_p + m_t = m_3 \quad (23)$$

m_3 = Masa modelo original.

m_t = Masa número 1 modelo de dos masas genérico.

m_p = Masa número 2 modelo de dos masas genérico.

$$m_p l_p + m_t l_t \quad (24)$$

El centro de gravedad debe estar en el mismo lugar que el del cuerpo original.

l_p = Distancia de m_p al centro de gravedad, modelo de dos masas genéricas.

l_t = Distancia de m_t al centro de gravedad modelo de dos masas genéricas.

$$m_p l_p^2 + m_t l_t^2 = I_{G3} \quad (25)$$

El momento de inercia de masa debe ser igual al del cuerpo original.

I_{G3} = Momento de inercia de masa original

Escogiendo la distancia $l_t = l_b$ se obtiene la relación:

$$l_p = \frac{I_{G3}}{m_3 l_b} \quad (26)$$

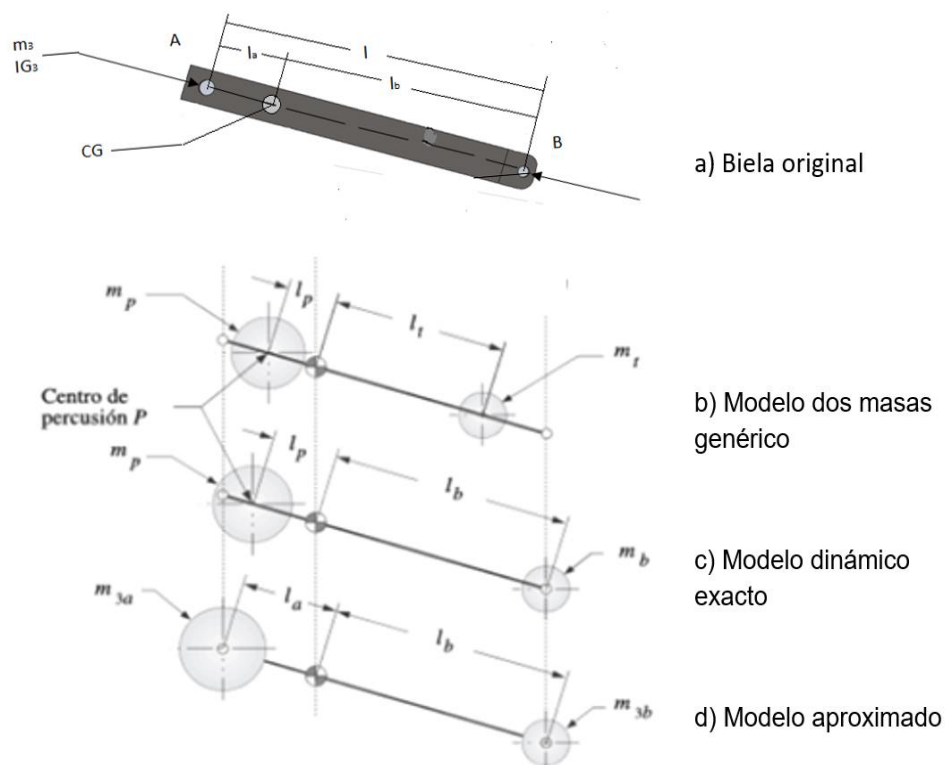


Figura 33 Modelo de masas concentradas.

3.3.3 Modelo estáticamente equivalente.

Para tener un modelo estáticamente equivalente solo se necesita tener una masa equivalente y primeros momentos equivalentes sin ser necesario que los momentos de inercia sean iguales, para tener una equivalencia estática la masa del modelo debe ser igual que la del cuerpo original y el centro de gravedad debe estar en el mismo lugar que el del cuerpo original.

En la Figura 34 basada en el motor de vapor, se muestra el modelo de masa concentrada estáticamente y equivalente de una manivela, los centros de masa están ubicados en el punto A y el centro de giro O_2 .

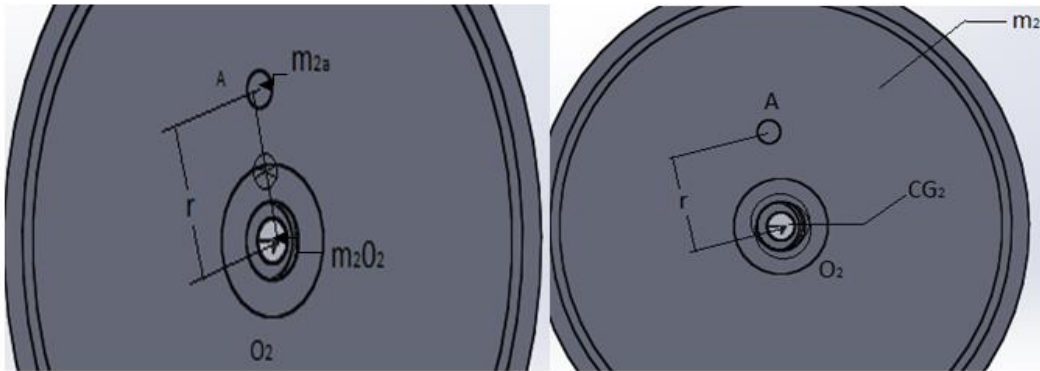


Figura 34 Modelo del motor de vapor, masa estática concentrada estáticamente equivalente de una manivela. Fuente: Autor

Estableciendo las ecuaciones se tiene lo siguiente:

$$m_2 = m_{2a} + m_2 O_2 \quad (27)$$

$$m_{2a} r = m_2 r_{G2} \quad (28)$$

$$m_{2a} = m_2 \frac{r_{G2}}{r} \quad (29)$$

El modelo de masas estáticas conduce al modelo dinámico de la Figura 35, para el punto A aparecen dos masas m_{2a} y m_{3a} , en el punto B aparecen m_{3b} y m_4 , con la sumatoria de masas de cada punto se obtiene:

$$m_A = m_{2a} + m_{3a} \text{ Suma de masas en el punto A} \quad (30)$$

$$m_B = m_{3b} + m_4 \text{ Suma de masas en el punto B} \quad (31)$$

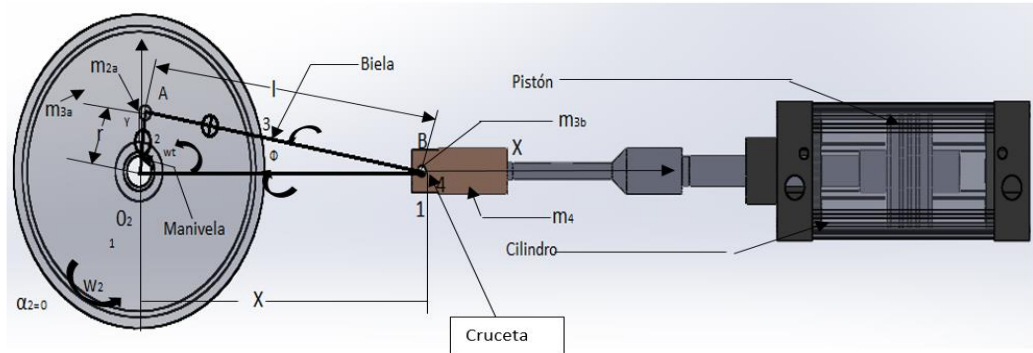


Figura 35 Modelo dinámico motor de vapor.

3.3.4 Fuerzas de inercia y sacudimiento.

Se usa el modelo simplificado de masa concentrada de la Figura 36 para desarrollar expresiones para las fuerzas y pares de torsión generados por aceleraciones de masas presentes en el sistema, la fuerza de inercia total F_i es igual a la suma de las fuerzas de inercia en los puntos A y B . La aceleración en el punto B es obtenida de la Ecuación 14.

La aceleración en el punto A se obtiene a diferenciar 2 veces el vector de posición R_a :

$$R_A = r \cos wt \, i + r \sin wt \, j \quad (32)$$

$$a_A = -rw^2 \cos wt \, i - rw^2 \sin wt \, j \quad (33)$$

$$F_i = -m_A a_A - m_B a_B \quad (34)$$

La Figura 36 muestra los diagramas de cuerpo libre, al obtener las componentes de F_i en reemplazar la aceleración del punto B se obtienen las Ecuaciones 35 y 36, las aceleraciones del pistón solo afectan a la componente en x .

$$F_{ix} \cong -m_A(-rw^2 \cos wt) - m_B \left[-rw^2 (\cos wt + \frac{r}{l} \cos 2wt) \right] \quad (35)$$

$$F_{iy} = -m_a(-rw^2 \sin wt) \quad (36)$$

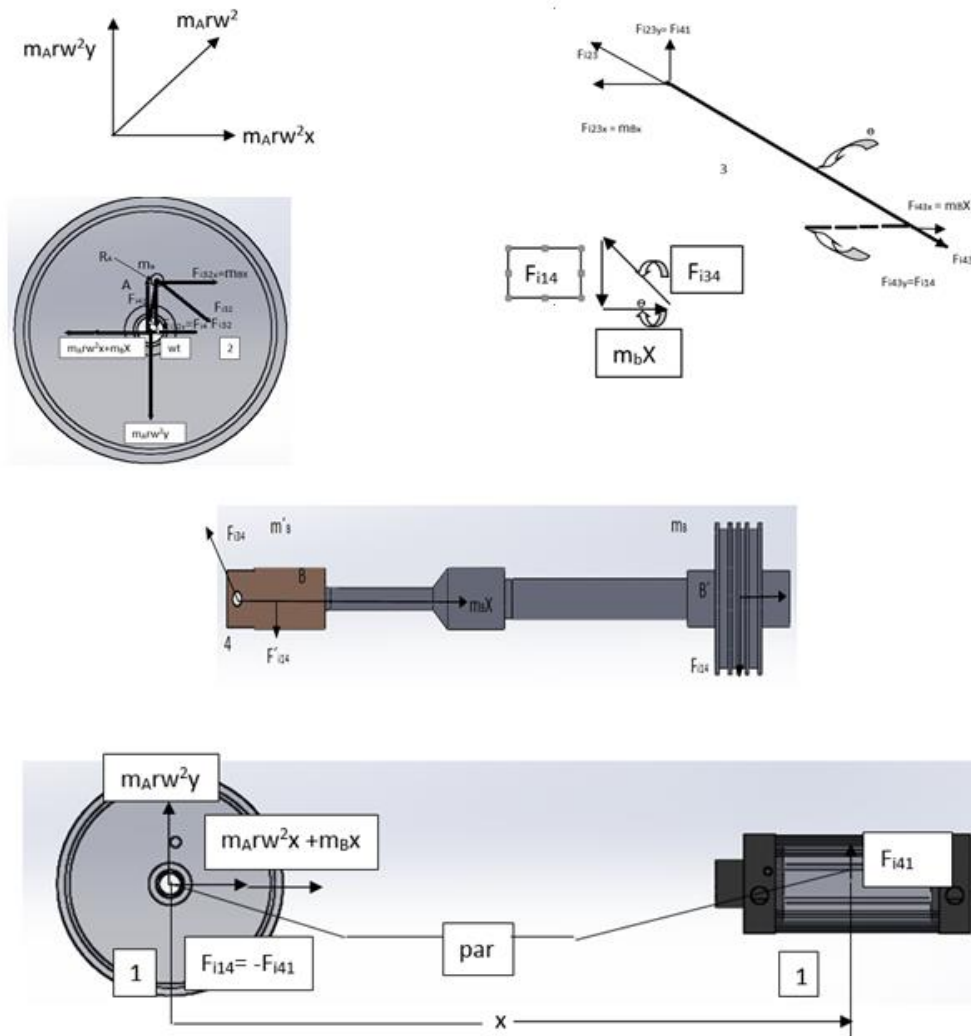


Figura 36. Diagramas de cuerpo libre motor de vapor.

La fuerza de sacudimiento son las fuerzas que actúan en el plano de la bancada con lo que se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$\Sigma F_{BX} \cong -m_a(rw^2 \cos wt) - m_B \left[rw^2 \left(\cos wt + \frac{r}{l} \cos wt \right) \right] \quad (37)$$

$$\Sigma F_{BY} \cong -m_a(rw^2 \sin wt) + F_{i41} - F_{i41} \quad (38)$$

3.3.5 Pares de torsión y fuerzas de sacudimiento

El par de torsión de inercia es:

$$Ti_{21} = (Fi_{41} \cdot x)\hat{k} = (-Fi_{14} \cdot x)\hat{k} \quad (39)$$

Al sustituir Fi_{14} (observar el triángulo que aparece en la parte derecha de la Figura 32) y a x , obteniendo:

$$Ti_{21} \cong -(-m_B \ddot{x} \tan \varphi) \left[l - \frac{r^2}{4l} + r \left(\cos \omega t + \frac{r}{4l} \cos 2\omega t \right) \right] \hat{k} \quad (40)$$

Desarrollando la ecuación se obtiene:

$$Ti_{21} \cong \frac{1}{2} m_B r^2 \omega^2 \left(\frac{r}{2l} \sin \omega t - \sin 2\omega t - \frac{3r}{2l} \sin 3\omega t \right) \hat{k} \quad (41)$$

$$TT = Ti_{21} + T_{v21} \quad (42)$$

El par de torsión total es igual a la suma del par de torsión del gas y el par de torsión de inercia.

3.3.6 Fuerzas en pasadores.

Para las fuerzas en los pasadores no se puede utilizar la suma de masas en los puntos A y B, en el motor de vapor los pasadores sufren el efecto de jalón de la biela por un lado y pistón o manivela en el otro lado del pasador, se deben separar los efectos de las masas de los eslabones unidos por los pasadores. La Figura 37 muestra las fuerzas producidas por la masa de la manivela en el pasador del pistón mientras la Figura 38 muestra las fuerzas producidas por la aceleración de la masa de la manivela.

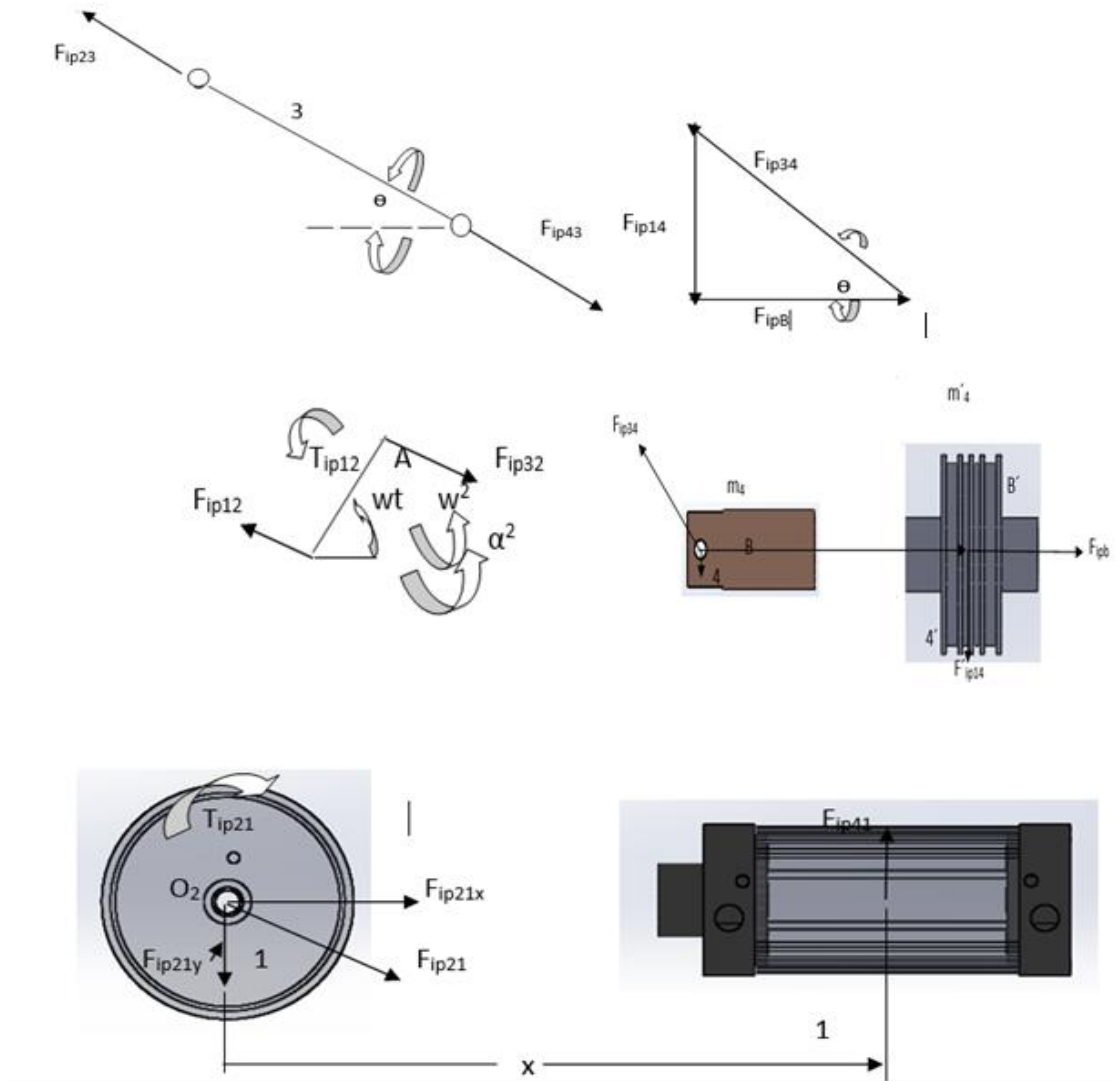


Figura 37. Diagramas de cuerpo libre por fuerzas generadas por pasadores en el motor de vapor.

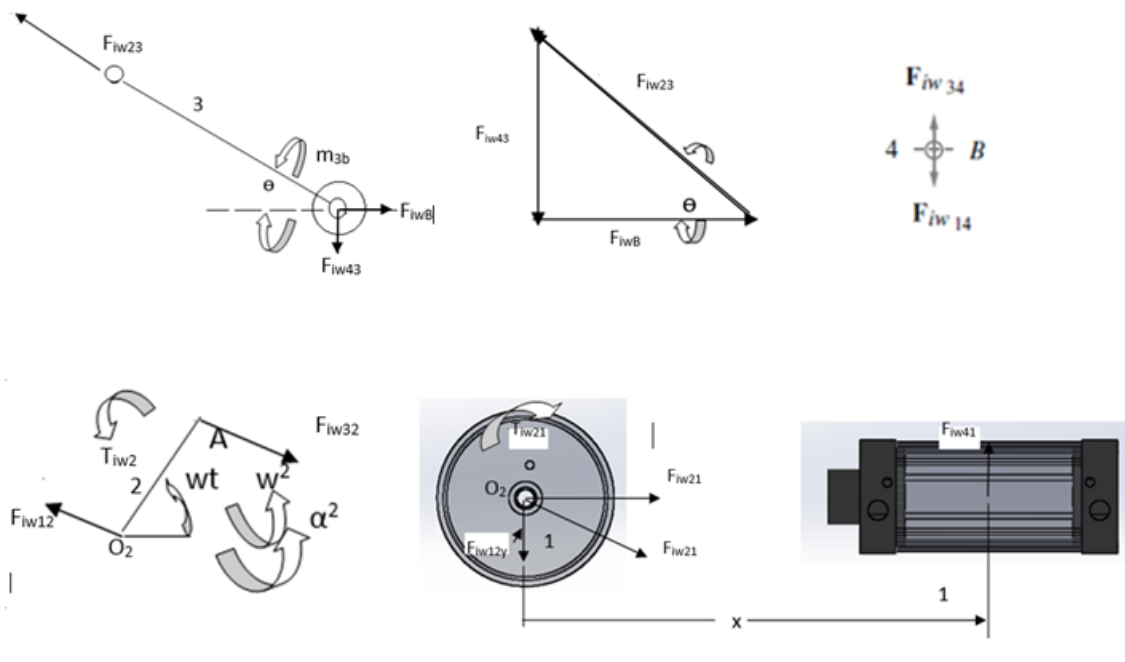


Figura 38 Diagrama de cuerpo libre de las fuerzas producidas por la masa concentrada de la biela en el pasador del pistón. Fuente: Autor

El desarrollo e integración de los modelos cinemáticos y termodinámicos de los subsistemas del motor de vapor fueron desarrollados a través de hojas de cálculo en Excel, como se muestra en el anexo B, se obtienen los resultados cinemáticos del subsistema de transmisión de potencia como las fuerzas del vapor y pares de torsión del vapor, sus masas equivalentes, los modelos estáticamente equivalentes, las fuerzas de inercia y sacudimiento, los pares de torsión y fuerzas en pasadores. En el subsistema de distribución fueron obtenidas las comparaciones del comportamiento en posiciones, velocidades y aceleraciones de cada uno de los sistemas de distribución montados como fueron los sistemas de carrito de vapor vivo, vapor en expansión y válvula de corte rápido.

En la práctica para el desarrollo de mayor eficiencia, se debe sobrecalentar el vapor llevándolo a reducir la formación de condensados durante la admisión y expansión de vapor. (M. Badami M. M., 2009). Los sistemas de apertura/corte, pueden también ser en gran medida controlados por sistemas electrohidráulicos, siendo posible poder tener velocidades variables, (G. Ferrara, 2013). Otro sistema de regulación y corte valvular,

puede ser a través de válvulas poppet siendo estas accionadas por el mecanismos de levas, usando un modo de trabajo similar en la válvula de corte rápido del motor de vapor de la UNAL, donde el radio de flujo de vapor es entonces ajustado de forma eléctrica controlando la velocidad, o la variación rotacional, así el potencial es absorbido por las actuaciones de las levas usadas variando su medida. (G., 1995), (M. Badami M. M., 2009).

3.4 Comprobación del desarrollo del modelo cinemático y cinético simplificado.

A través del libro de diseño de maquinaria de Norton se aplica el software para motores llamado "engine", en el cual se realiza la simulación cinemática y cinética bajo los límites de velocidad angular y límites dentro del cilindro, donde también se incluyen las fuerzas generadas por el gas proporcionando los datos para cada giro de manivela. El uso de este software se hizo para verificar la simulación de comportamiento construida en Microsoft Excel®.

En el Anexo B de la Tabla 19 llamada resultados comparativos entre el software engine y el modelo realizado están los valores obtenidos y de comparación tanto para el sistema de potencia como el de distribución. El software *engine* utiliza el sistema inglés de medidas para ingreso de sus datos de entrada. A continuación, se muestran las Tablas 10 y 11 de ingreso en este software tanto para el subsistema de distribución como el de transmisión de potencia, la figura 39 indica cada uno de los pesos tomados de los mecanismos que componen el motor de vapor.

Tabla 10. Parámetros de entrada subsistema de trabajo en software ENGINE.

| Parámetros de entrada | Sistema ingles | Sistema internacional |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Volumen del cilindro | 46,68 (in ³) | 764,97(cm ³) |
| Diámetro del cilindro | 3,93 (in) | 100 (mm) |
| Carrera del pistón | 3,83 (in) | 97,40 (mm) |
| Relación l/r | 5,91 | |
| % de long. del CG de la manivela | 0,5 | |

| | | |
|----------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| % de longitud del CG de la biela | 0,5 | |
| Velocidad mínima | 820 (min ⁻¹) | |
| Velocidad máxima | 1084 (min ⁻¹) | |
| Masa manivela | 22,27 (lbm) | 10,10 (kg) |
| Masa biela | 2,09 (lbm) | 0,95 (kg) |
| Masa Pistón | 6,46 (lbm) | 2,93(kg) |
| Presión máx. | 600 (psi) | 4.137 x 10 ⁶ (Pa) |

Tabla 11. Datos de ingreso al software ENGINE subsistema de distribución.

| Parámetros de entrada | Sistema ingles | Sistema internacional |
|------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Carrera del pistón | 1,27 (in) | 32,34 (mm) |
| Relación l/r | 27 | |
| Velocidad mínima | 820 (min ⁻¹) | |
| Velocidad máxima (RPM) | 1084 (min ⁻¹) | |

El software engine tiene problemas de verificación de su modelo, debiéndose usar presiones y velocidades dentro del cilindro diferentes a las reales. La longitud de biela (l) y manivela (r) usadas tanto en sistemas de distribución como transmisión de potencia arrojan un desfase en sus resultados finales, para lo cual es necesario obtener un resultado más cercano al del modelo desarrollado en cada giro de manivela. El modelo incluye el tercer término de la expansión binomial en donde al realizar los cálculos se encontró un error en la ecuación 10, cambiando el signo del tercer radical:

$$1 - \left(\frac{r^2}{2l^2}\right) \text{sen}^2 wt - \left(\frac{r^4}{8l^4}\right) \text{sen}^4 wt - \left(\frac{r^6}{16l^6}\right) \text{sen}^6 wt + \dots \quad (43)$$

Las ecuaciones obtenidas para posición, velocidad y aceleración agregando su tercer término y realizando la respectiva corrección es la siguiente:

Posición

$$x = l - \left(\frac{r^2}{4l}\right) - \left(\frac{r^4}{32l^3}\right) + r \left(\cos wt + \frac{r}{4l} \cos 2wt + \left(\frac{r^3}{16l^3}\right) (\cos 2wt) - \left(\frac{r^3}{32l^3}\right) (\cos^2 2wt) \right) \quad (44)$$

Velocidad

$$\dot{x} = -rw \left(\text{sen}wt + \frac{r}{2l} \text{sen}2wt + \frac{r^3}{8l^3} \text{sen}2wt - \frac{r^3}{16l^3} \text{sen}4wt \right) \quad (45)$$

Aceleración

$$\ddot{x} = -rw^2 \left(\text{cos}wt + \frac{r}{l} \text{cos}2wt + \frac{r^3}{4l^3} \text{cos}2wt - \frac{r^3}{4l^3} \text{cos}4wt \right) \quad (46)$$

Para determinar el torque generado por presión de vapor (T_v) es usada la Ecuación 22, usada para calcular el torque instantáneo en un motor monocilíndrico multiplicando la masa concentrada en el punto B, la posición, aceleración y tangente del ángulo que forma la biela con el plano x ($\tan \phi$), siendo estos tres últimos los dos primeros términos de la expansión binomial. En el desarrollo de la ecuación son eliminados todos los términos que contienen relaciones (r/l) elevados a un exponente mayor a 1.

Este modelo propuesto agrega el tercer término de la expansión binomial a la tangente del ángulo de biela ($\tan \phi$), tal como se hizo con la posición, velocidad y aceleración, sin eliminar los términos que contienen relaciones (r/l) elevados a un exponente mayor a 1 de donde se obtiene la siguiente expresión:

$$T_i = m_B \left(-rw^2 \left(\text{cos}wt + \frac{r}{l} \text{cos}2wt + \frac{r^3}{4l^3} \text{cos}2wt - \frac{r^3}{4l^3} \text{cos}4wt \right) \right) \left(\frac{r}{l} \text{sen}wt \left(1 + \frac{r^2}{2l^2} \text{sen}^2wt + \frac{3r^4}{8l^4} \text{sen}^4wt \right) \right) \left(l - \left(\frac{r^2}{4l} \right) - \left(\frac{r^4}{32l^3} \right) + r \left(\text{cos}wt + \frac{r}{4l} \text{cos}2wt + \left(\frac{r^3}{16l^3} \right) (\text{cos}2wt) - \left(\frac{r^3}{32l^3} \right) (\text{cos}^22wt) \right) \right) \quad (47)$$

En la Tabla 12 se muestran cada una de las masas totales de las diferentes partes del motor de vapor tomadas con báscula digital como es la masa total de la manivela (m_2), de la biela (m_3) y del pistón (m_4), para ser usadas las ecuaciones (48) y (49) y así obtener la masa concentrada en el punto B (m_B) el cual es calculado con las ecuaciones (30) y (31) pudiendo ser calculado el torque total del modelo propuesto para la ecuación (42).

$$m_2 = m_v + m_{pp} + m_{PB1} \quad (48)$$

$$m_4 = m_{PB2} + m_{CR} + m_{EP} + m_{PI} \quad (49)$$

Tabla 12. Masas motor de vapor subsistema de transmisión de potencia.

| Pesos MVD sistema de potencia | | | | | |
|-------------------------------|--------------|-------------------------|-------|-------|-------|
| Partes | Nomenclatura | Parte | [kg] | [lb] | |
| Manivela (m_2) | m_v | Volante | 10,05 | 22,17 | |
| | m_{pp} | Pin principal | | | |
| | m_{PB1} | Pin biela 1 | 0,04 | 0,10 | |
| | Total | | | 10,10 | 22,27 |
| Biela (m_3) | Total | | | 0,95 | 2,09 |
| Pistón (m_4) | m_{PB2} | Pin biela 2 | 0,01 | 0,04 | |
| | m_{CR} | Unión roscada en bronce | 0,74 | 1,64 | |
| | m_{EP} | Extensor del pistón | 0,62 | 1,36 | |
| | m_{PI} | Pistón | 1,55 | 3,41 | |
| | Total | | | 2,93 | 6,46 |

En la figura 39 se muestran las masas del sistema de potencia que se requieren para calcular la masa total de la biela, manivela y pistón.

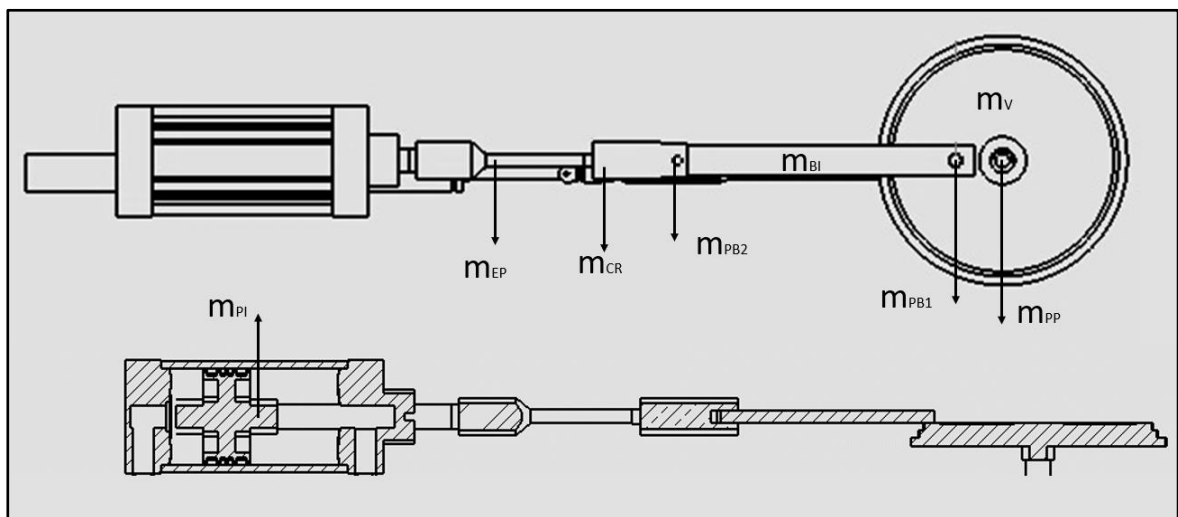


Figura 39. Masas subsistema de potencia.

En el Anexo B se muestra la Tabla 19 llamada Resultados comparativos entre el software *engine* y el modelo realizado, aquí son realizados los cálculos de cinemática y cinética simplificada para el sistema de potencia y el sistema de distribución haciendo cálculos únicamente de la cinemática. En las siguientes Tablas 13 y 14 se muestran los parámetros de datos de ingreso iniciales en el subsistema de potencia y de distribución para el modelo matemático desarrollado como en el software.

Tabla 13. Parámetros iniciales subsistema de potencia.

| Parámetros iniciales | Sistema ingles | Sistema internacional |
|----------------------|----------------------------|-----------------------|
| l | 11,33 (in) | 287,95 (mm) |
| r | 1,91 (in) | 48,70 (mm) |
| Velocidad mínima. | 820 (min^{-1}) | |
| Velocidad máxima. | 1084 (min^{-1}) | |
| Masa manivela m_2 | 22,27 (lbm) | 10,10 (kg) |
| Masa biela m_3 | 2,09 (lbm) | 0,95 (kg) |
| Masa Pistón m_4 | 6,46 (lbm) | 2,93 (kg) |

Tabla 14. Parámetros iniciales subsistema de distribución. .

| Parámetros iniciales | Sistema ingles | Sistema internacional |
|--|----------------|-----------------------|
| l | 17,18 (in) | 436,59 (mm) |
| r | 0,63(in) | 16,17 (mm) |
| Velocidad mínima (min^{-1}) | 820 | |
| Velocidad máxima (min^{-1}) | 1084 | |

3.4.1 Construcción de diagrama indicador efecto simple.

Relacionando las presiones de admisión y escape con el ángulo de giro de manivela, se determina en que instante están abiertas las válvulas de escape y admisión. Para esto es usado el modelo cinemático del sistema de distribución que permite calcular la posición usando la ecuación:

$$X(pms) = r + l - x \quad (50)$$

Para obtener una posición de referencia, este valor tiene como límite inferior a (0) y límite superior ($2r$) representando la carrera de carrete del subsistema de distribución.

El límite inferior es igual al PEE, aquí el carrete se ubica en este punto cuando el ángulo de la manivela del sistema de distribución sea igual a 0° ($\omega t = 0$). De la misma manera el carrete alcanzara el límite superior PMI de ($2r$) cuando el ángulo de manivela sea igual a 180° ($\omega t = \pi$).

Las Figuras 40 y 41 muestran la configuración del carrete del sistema de distribución para efecto simple, se toma un punto de referencia marcado con 0, desde donde se miden las distancias a los puntos extremos tanto de los conductos de entrada y salida de la camisa de distribución, (Fig. 40) como los puntos extremos de las válvulas (Fig. 41). Midiendo estas distancias de válvulas, es igualado el ángulo de manivela a 0° para que el carrete se ubique en el PEE

La Figura 41 muestra los conductos de admisión, escape y mixto, este último se conecta al motor de vapor, teniendo flujo de entrada y salida dependiendo del tiempo en el que se encuentre el MDV. Cada conducto tiene 2 puntos extremos por lo que el más cercano al punto de referencia es nombrado con el número 1 y el siguiente con el número 2.

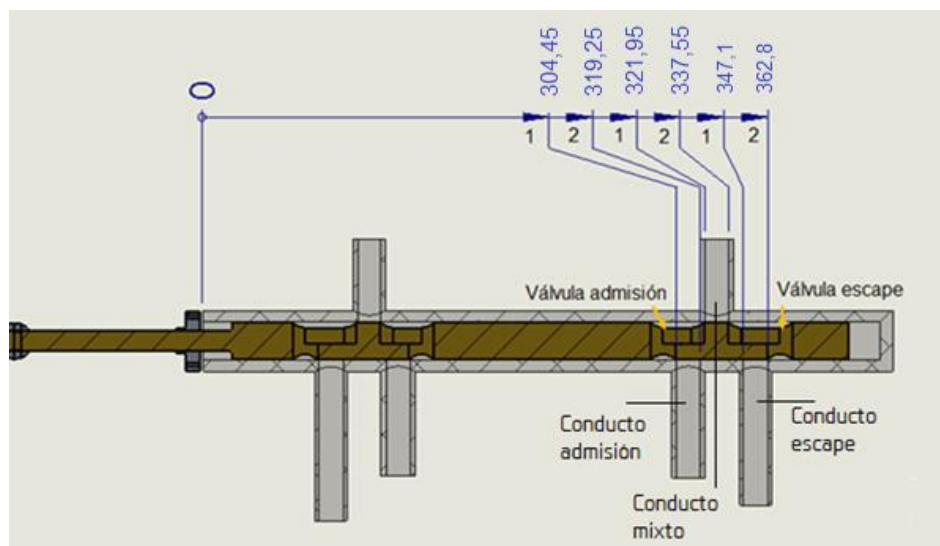


Figura 40 Distancias conductos de entrada y salida al punto de referencia.

Para la configuración de vapor vivo la válvula cuenta con 3 puntos extremos, por lo que el más cercano al punto de referencia es nombrado con el número 1, mientras el más lejano con el número 3.

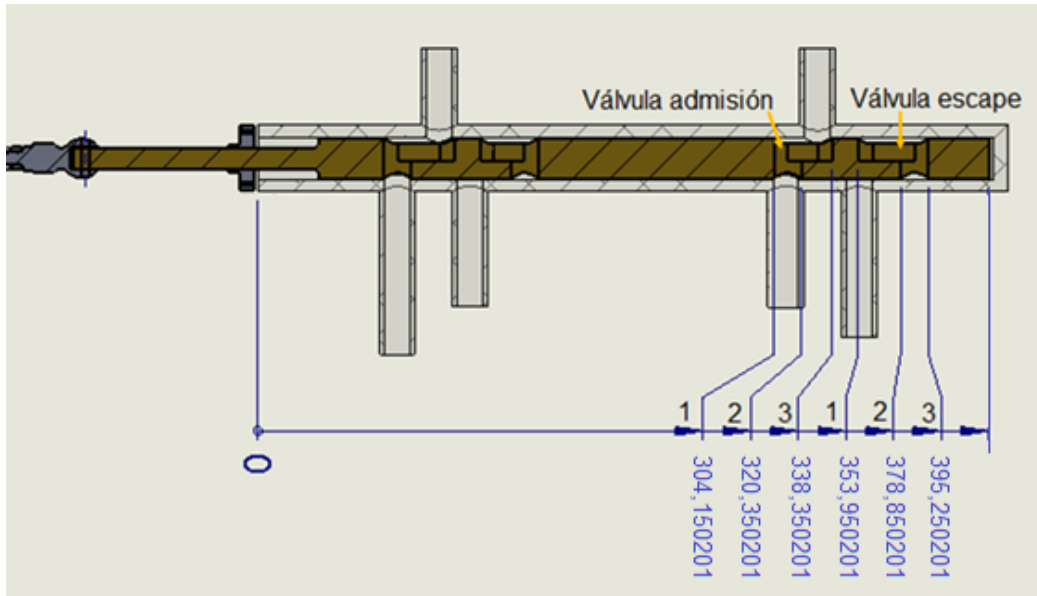
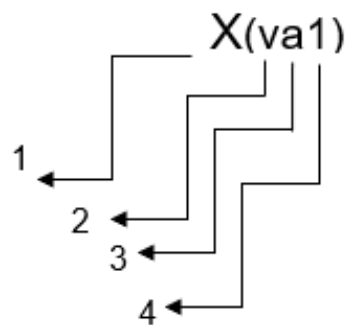


Figura 41 Distancia válvulas (carrete en PEE).

Nombrando las distancias del punto de referencia 0 a los puntos extremos de las válvulas y los conductos de entrada y salida, son utilizados los siguientes indicadores de posición.



1 = (X) Distancia del punto de referencia al punto extremo (carrete en PMS).

(Y) Posición del punto de referencia al punto extremo.

2 = (v) Válvula

(l) Lumbrera

3 = (a) Admisión

(e) Escape

(m) Mixta

4 = (1) Uno

(2) Dos

(3) Tres

A medida que cambia el ángulo de giro de la manivela del sistema de distribución, las posiciones valvulares cambian pudiéndose usar la letra (Y) denotando estas posiciones variables.

Las distancias fijas son marcadas con la letra X, en la Tabla 15 se muestra la relación de posición para las distancias desde el punto de referencia del sistema de distribución a cada uno de los puntos extremos de las válvulas y conductos cuando el carrete es ubicado en el PEE para el efecto simple.

Tabla 15 Relaciones de posición distancias (Carrete PEE).

| Nomenclatura | Significado |
|---------------------|-----------------------------------|
| X(va1) | Distancia a válvula de admisión 1 |
| X(va2) | Distancia a válvula de admisión 2 |
| X(va3) | Distancia a válvula de admisión 3 |
| X(ve1) | Distancia a válvula de escape 1 |
| X(ve2) | Distancia a válvula de escape 2 |
| X(ve3) | Distancia a válvula de escape 3 |
| X(la1) | Distancia a conducto admisión 1 |
| X(la2) | Distancia conducto admisión 2 |
| X(le1) | Distancia conducto escape 1 |
| X(le2) | Distancia conducto escape 2 |
| X(lm1) | Distancia a conducto mixto 1 |
| X(lm2) | Distancia conducto mixto 2 |

La Tabla 16 muestra las relaciones de posición para las posiciones desde el punto de referencia del sistema de distribución a cada uno de los puntos extremos de las válvulas, la magnitud de estas distancias cambia conforme el carrete se mueve.

Tabla 16 Relaciones de posición.

| Nomenclatura | Significado |
|--------------|--------------------------------|
| Y(va1) | Posición válvula de admisión 1 |
| Y(va2) | Posición válvula de admisión 2 |
| Y(va3) | Posición válvula de admisión 3 |
| Y(ve1) | Posición válvula de escape 1 |
| Y(ve2) | Posición válvula de escape 2 |
| Y(ve3) | Posición válvula de escape 3 |

Determinando el estado de apertura o cierre de las válvulas, deben ser relacionadas las distancias de la Tabla 15 con el ángulo de manivela del sistema de distribución utilizando la Ecuación 51 donde $X(i)$ es la posición de puntos extremos tanto de válvulas como lumbreras cuando el carrete se ubica en PMS, mientras que $Y(i)$ es la posición de los puntos extremos a lo largo del recorrido del carrete de distribución que depende del ángulo de la manivela.

$$Y(i) = X(\text{refd}) + X(i) \quad (51)$$

Para determinar el estado de apertura de las válvulas se establece que la válvula de escape se encontrará en estado abierto cuando se cumpla la relación:

Si $Y(Ve2) < X(le2)$ y $Y(Ve1) < X(lm2) \Rightarrow$ Válvula escape abierta

Con el cumplimiento de esta condición la presión dentro del cilindro será igual a la presión de escape ($P(\text{esc})$). Por su parte de la válvula de admisión se encontrará en estado abierto, cumpliendo la siguiente relación:

Si $Y(Va2) > X(la1)$ y $Y(Va3) > X(lm1) \Rightarrow$ Válvula admisión abierta

Con esta condición la presión dentro del cilindro será igual a la presión de admisión ($P(\text{adm})$). Con los datos de volumen y presión calculados, es construido el diagrama indicador en el cual son mostrados los resultados.

Las presiones se deben relacionar con el ángulo de giro de la manivela del sistema de potencia por lo que se debe relacionar la posición del sistema de distribución con la posición del sistema de potencia. Para esto se debe determinar el ángulo de desfase entre

los dos sistemas. Fueron creados planos 3D para que cuando el pistón esté en PMS el ángulo de la manivela del sistema de potencia es 0° , mientras el ángulo de la manivela del sistema de distribución es de $272,12^{\circ}$, Figura 42, siendo los datos usados para correlacionar el volumen que es función de la posición del pistón con la presión dentro del cilindro que depende del estado de apertura o cierre de las válvulas.

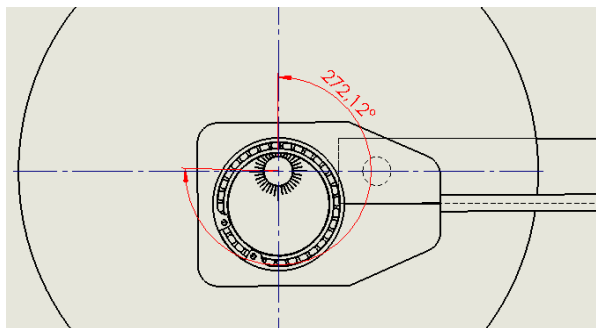


Figura 42 Ángulo de desfase entre el sistema de distribución y potencia en PMS.

3.4.2 Integración modelo dimensional cinemático y cinético simplificado vapor vivo efecto simple.

Las integraciones del modelo dimensional con el modelo cinemático y cinético simplificado para un motor de efecto simple con configuración del sistema de distribución valvular (vapor vivo), es mostrado en el anexo B. A continuación, en las Tablas 17 y 18 pueden ser verificadas.

Tabla 17. Parámetros vapor vivo efecto simple, sistema de potencia.

| Parámetros | S. Inglés [in] | S. Internacional [mm] |
|--|----------------|-----------------------|
| l (in) - (mm) | 11,33 | 287,95 |
| r (in) - (mm) | 1,91 | 48,70 |
| Diámetro pistón (in) - (cm) | 3,93 | 10,00 |
| Área pistón efecto externo (in ²) (cm ²) | 12,17 | 78,53 |
| Área pistón efecto interno (in ²) (cm ²) | 11,41 | 73,63 |
| Masa manivela (m_2) (lbm) - (kg) | 22,27 | 10,10 |
| Masa biela (m_3) (lbm) - (kg) | 2,09 | 0,95 |
| Masa Pistón (m_4) (lbm) - (kg) | 6,46 | 2,93 |
| Volumen mín. Cámara (in ³) - (cm ³) | 8,59 | 140,76 |

Tabla 18. Parámetros vapor vivo efecto simple, subsistema de distribución.

| Parámetros | S. Inglés (pul) | S. International (mm) |
|--------------------|-----------------|-----------------------|
| l (in) - (mm) | 17,78 | 451,64 |
| r (in) - (mm) | 0,63 | 16,20 |
| X(va3) (in) - (mm) | 15,56 | 395,25 |
| X(ve2) (in) - (mm) | 14,91 | 378,85 |

Continuación Tabla 18 Parámetros vapor vivo efecto simple, subsistema de distribución.

| Parámetros | S. Ingles [in] | S. International [mm] |
|--------------------|----------------|-----------------------|
| X(ve1) (in) - (mm) | 13,93 | 353,95 |
| X(va3) (in) - (mm) | 13,32 | 338,35 |
| X(va2) (in) - (mm) | 12,61 | 320,35 |
| X(va1) (in) - (mm) | 11,97 | 304,15 |
| X(le2) (in) - (mm) | 14,28 | 362,80 |
| X(le1) (in) - (mm) | 13,66 | 347,10 |
| X(lm2) (in) - (mm) | 13,28 | 337,55 |
| X(lm1) (in) - (mm) | 12,67 | 321,95 |
| X(la2) (in) - (mm) | 12,56 | 319,25 |
| X(la1) (in) - (mm) | 11,98 | 304,45 |

La integración realizada consiste en incluir la presión encontrada en el modelo cero dimensional, la cual es función del volumen, dependiendo este último de la posición del pistón, permitiendo relacionar la fuerza que actúa sobre la cara del pistón con el ángulo de giro de la biela, Siendo una fuerza que se calcula por medio de la siguiente Ecuación (52) la cual se obtiene de la Ecuación (15)

$$F(V) = \frac{\pi}{4} P(V) B^2 \quad (52)$$

Con la fuerza del vapor se puede calcular el torque de vapor y el torque total, los cuales en el Anexo C se han calculado basados en la curva de presión preestablecida en el software Engine para un motor gasolina de un solo cilindro. El torque del vapor es calculado con la ecuación (22). Por otra parte, el torque de inercia T_i y el torque instantáneo T_T son calculados como se muestra en el Anexo B.

El torque medio T_m es el promedio de los 720° obtenidos para el torque total instantáneo T_T como es mostrado en la siguiente Ecuación (53):

$$T(m) = \frac{(\sum_{n=0}^{720} T_T n)}{720} \quad (53)$$

Hay que tener en cuenta que el motor de vapor en funcionamiento, su volante gira en sentido horario mientras que la excéntrica gira en sentido antihorario. Con el fin de determinar las posiciones relativas entre el pistón y el carrete se usa el plano de referencia del sistema de distribución, es decir mirando el volante desde su parte trasera.

Integración del modelo cero dimensional, cinemático y cinético simplificado vapor vivo- efecto doble.

La integración del modelo dimensional con el modelo cinemático y cinético simplificado para un motor de doble efecto con configuración de vapor vivo es mostrado en el Anexo C. El modelo cinemático usado en la integración es igual al del Anexo B.

3.5 Construcción del diagrama indicador.

Para la construcción del diagrama indicador primero se deben calcular los volúmenes siendo para el efecto externo los datos de ingreso del Anexo B, para el efecto interno debe ser tenido en cuenta el diámetro del vástago para el cálculo de volúmenes. Las Ecuaciones 54 y 55 son usadas para el cálculo de volúmenes del efecto externo y los del efecto interno respectivamente.

$$Ve(x(ref)) = (x(ref))(Ap) + (Vmíne) \quad (54)$$

$$Vi(x(ref)) = (x(ref))(Ap) - (x(ref))(Av) + (Vmíni) \quad (55)$$

Dónde:

V_e : Volumen efecto externo

V_i : Volumen efecto interno

$X(ref.)$: Posición de referencia

A_p : Área del pistón

A_v : Área del vástago

V_{mine} : Volumen muerto efecto externo

V_{mini} : Volumen muerto efecto interno

También para la construcción del diagrama indicador deben ser agregadas las presiones dentro del cilindro, ya que no se cuenta con un sensor para medirlas, se debe realizar el cálculo de pérdidas de presión tanto del sistema de admisión como el de escape.

3.5.1 Cálculo de pérdidas de presión en tuberías de admisión.

La Figura 43 muestra el esquema general de la instalación del MDV, apreciando varios sensores que miden el flujo másico, temperatura y presión manométrica en los diferentes puntos del sistema de admisión. A continuación, se describe cada uno:

P_1 : Manómetro medidor de presión antes de la válvula reguladora.

P_2 : Manómetro medidor de presión antes del flujómetro.

P_3 : Manómetro medidor de presión antes de la válvula de control.

P_4 : Manómetro medidor de presión antes del tanque acumulador.

P_5 : Manómetro medidor de presión en el tanque acumulador.

VR : Válvula reguladora de la presión.

F : Flujómetro alimentado por una fuente 24V, entregando una señal de corriente (C2).

VC : Válvula de control reguladora del flujo de vapor por medio de una corriente que varía de 4 a 20 mA.

T_6 : Sensor de temperatura después del tanque acumulador.

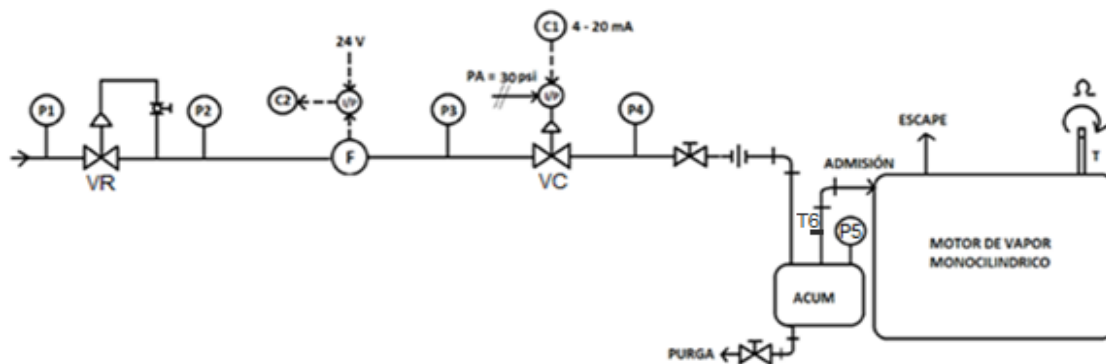


Figura 43 Instrumentación utilizada para el MDV.

La presión P_5 , es la presión manométrica en el tanque acumulador $P(ta)$, es usada para el cálculo de pérdidas. Se puede deducir que la presión de admisión es igual a la presión en el tanque acumulador menos las pérdidas en tuberías, válvulas y accesorios del sistema de admisión. Se aplica la siguiente ecuación (56), las presiones usadas son absolutas.

$$P(\text{adm}) = (P(ta)) - \Delta P_{adm} \quad (56)$$

Los anexos B y C calculan las pérdidas de presión a partir de la ecuación (57) también, deben ser tenidas en cuenta las pérdidas por fricción (P_f) y las pérdidas generadas por válvulas y accesorios (P_{va}) como muestra la ecuación (58).

$$\Delta P = \frac{\rho f L v^2}{2D} \quad (57)$$

Dónde:

ΔP : Pérdida de presión.

f : Factor de fricción.

ρ : Densidad.

V : Velocidad.

D : Diámetro interno.

$$\Delta P = \Delta P_{ftp} + \Delta P_{va} \quad (58)$$

La Figura 44 muestra la presión antes del tanque acumulador $P(ata)$, la presión antes del tanque acumulador $P(ta)$, la presión de admisión del efecto interno $P(iadm)$ y la presión de admisión del efecto externo $P(eadm)$. La tubería principal de admisión termina en la T estándar, luego es dividida en tubería de admisión del efecto interno.

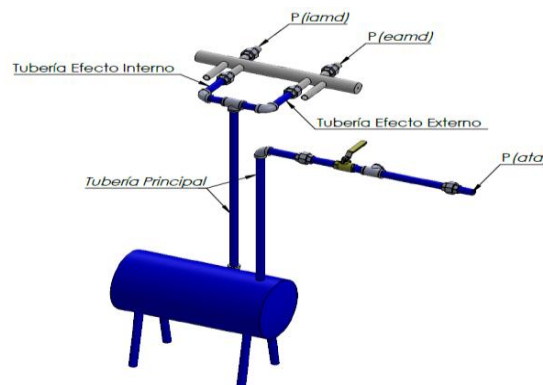


Figura 44. Presiones en el sistema de admisión.

Con la Figura 45 deben ser calculadas las pérdidas tanto para el efecto externo $\Delta P_{(eadm)}$, ver ecuación (59) como las de efecto interno $\Delta P_{(iadm)}$, ver Ecuación (60).

$$\Delta P_{(eadm)} = \Delta P_{tpaf} + \Delta P_{taef} + \Delta P_{tpava} + \Delta P_{taeva} \quad (59)$$

$$\Delta P_{(iadm)} = \Delta P_{tpaf} + \Delta P_{taif} + \Delta P_{tpava} + \Delta P_{taiva} \quad (60)$$

Donde:

ΔP_{tpaf} : Pérdidas de presión por fricción en tubería principal de admisión.

ΔP_{taef} : Pérdidas de presión por fricción en tubería de admisión efecto externo.

ΔP_{taif} : Pérdidas de presión por fricción en tubería de admisión efecto interno.

ΔP_{tpava} : Pérdidas de presión por válvulas y accesorios en tubería principal de admisión.

ΔP_{taeva} : Pérdidas de presión por válvulas y accesorios en tubería de admisión efecto externo.

ΔP_{taiva} : Pérdidas de presión por válvulas y accesorios en tubería de admisión efecto interno.

La Tabla 19, muestra las pérdidas tanto de fricción como las generadas por válvulas y accesorios en cada una de las tuberías del sistema de admisión.

Tabla 19. Pérdidas por tubería sistema de admisión.

| Tubería | Pérdida | Descripción |
|--------------------------------------|---------------|---|
| Tubería de admisión principal | $\Delta aP1$ | Pérdida de fricción por tubería principal de admisión |
| | $\Delta aP2$ | Pérdida por T flujo directo |
| | $\Delta aP3$ | Pérdida por válvula tipo bola |
| | $\Delta aP4$ | Pérdida por codo roscado 90° |
| | $\Delta aP5$ | Pérdida salida al tanque acumulador |
| | $\Delta aP6$ | Pérdida en el tanque acumulador |
| | $\Delta aP7$ | Pérdida entrada del tanque acumulador |
| | $\Delta aP8$ | Pérdida por codo roscado 90° |
| | $\Delta aP9$ | Pérdida T flujo directo |
| | $\Delta aP10$ | Pérdida T flujo desviado 90° |

Continuación Tabla 19... Pérdidas por tubería sistema de admisión.

| Tubería | Pérdida | Descripción |
|---|----------------|---|
| Tubería de admisión efecto externo | $\Delta aP10e$ | Pérdida de fricción por tubería de admisión efecto externo |
| | $\Delta aP11e$ | Pérdida codo admisión efecto externo |
| | $\Delta aP12e$ | Pérdida por estrechamiento brusco entrada admisión efecto externo |
| | $\Delta aP13e$ | Pérdida por ensanchamiento brusco entrada admisión efecto externo |
| | $\Delta aP14e$ | Pérdida por escuadra 90° entrada admisión efecto externo |
| | $\Delta aP15e$ | Pérdida por escuadra 90° salida admisión efecto externo |
| | $\Delta aP16e$ | Pérdida por estrechamiento brusco salida admisión efecto externo |
| | $\Delta aP17e$ | Pérdida por ensanchamiento brusco salida admisión efecto externo |
| | $\Delta aP18e$ | Pérdida por salida al motor efecto externo |
| Tubería de admisión efecto interno | $\Delta aP10i$ | Pérdida de fricción por tubería de admisión efecto interno |
| | $\Delta aP11i$ | Pérdida codo admisión efecto interno |
| | $\Delta aP12i$ | Pérdida por estrechamiento brusco entrada admisión efecto interno |
| | $\Delta aP13i$ | Pérdida por ensanchamiento brusco entrada admisión efecto interno |
| | $\Delta aP14i$ | Pérdida por escuadra 90° entrada admisión efecto interno |
| | $\Delta aP15i$ | Pérdida por escuadra 90° salida admisión efecto interno |
| | $\Delta aP16i$ | Pérdida por estrechamiento brusco salida admisión efecto interno |
| | $\Delta aP17i$ | Pérdida por ensanchamiento brusco salida admisión efecto interno |
| | $\Delta aP18i$ | Pérdida por salida al motor efecto interno |

En las Figuras 45 y 46 se muestran las vistas superior, frontal y lateral del motor de vapor, se pueden apreciar sus longitudes en los diferentes tramos de tubo que componen este sistema de admisión. En el cálculo de pérdidas las uniones se consideran como longitud

de tubería, midiendo estas 41 mm. Hay accesorios como conexiones y uniones que no son resistentes al flujo, motivo por el cual no se consideran.⁴

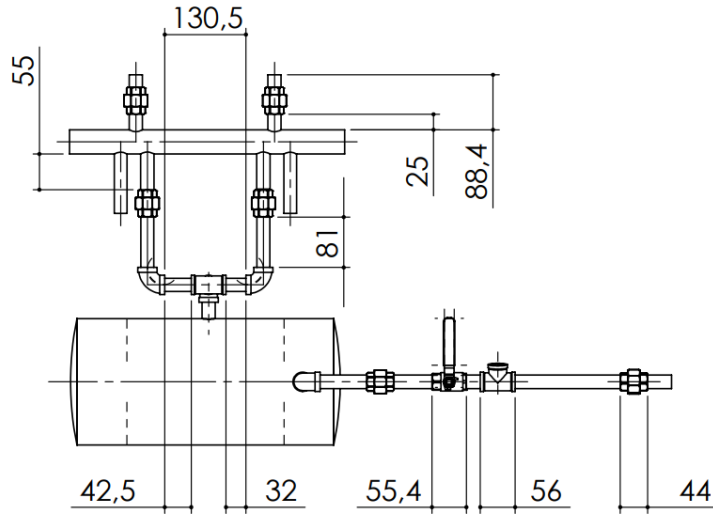


Figura 45 Vista superior sistema de admisión.

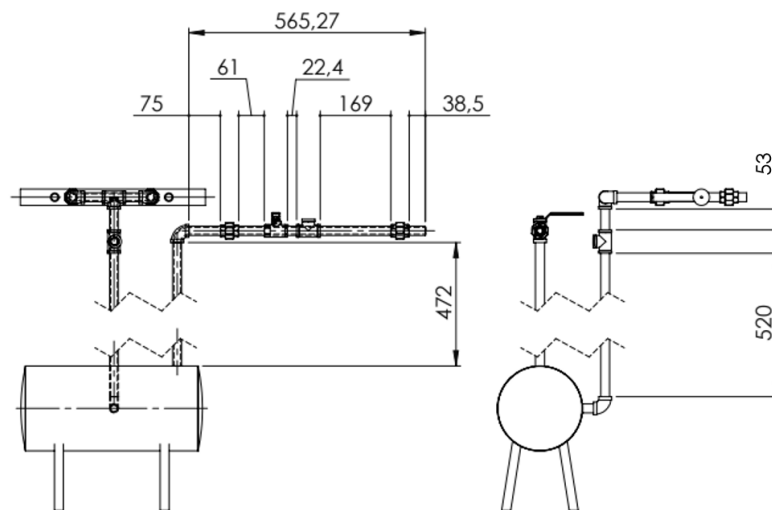


Figura 46 Vista frontal y lateral del sistema de admisión, (medidas en mm).

⁴ Crane. Flujo de fluidos en válvulas accesorios y tuberías: teoría de flujo de fluidos en tuberías. México: Mc Graw Hill, 1992. P. 2-2

A partir de las Figuras 45 y 46 se obtiene la Tabla 20 en la cual se muestra la longitud total de cada tubería, obteniendo este valor al sumar la longitud de los tramos de tubería y la longitud de las uniones (41 mm c/u).

Tabla 20. Longitud total tuberías de admisión.

| Longitud total | Sistema ingles | SI |
|---|----------------|------|
| Tubería de admisión efecto interno (ft) (m) | 1,02 | 0,31 |
| Tubería de admisión efecto externo (ft) (m) | 0,98 | 0,30 |
| Longitud tubería principal (ft) (m) | 4,99 | 1,52 |

Con un manómetro instalado en el tanque acumulador llamado P5, es efectuado el cálculo de pérdidas desde la salida del tanque hasta la entrada del motor, para calcularlo de forma correcta las pérdidas por fricción en la tubería principal de admisión, se debe restar la longitud desde el inicio de la tubería hasta el tanque acumulador como en la Figura 46. De esta forma la longitud a usar es (1,97ft ó 0,60 m).

El flujómetro instalado entre la válvula reguladora y la válvula de control mide el flujo másico de la línea de admisión, el sensor envía una señal eléctrica de 4 mA, cuando el flujo másico es igual a 0 lbm/h, envía una corriente de 20 mA, cuando el flujo másico es igual a 330 lbm/h es usada la ecuación 61 para convertir la señal enviada por el sensor (C2) a unidades de flujo másico.

$$w = \frac{(C2-4)*330}{(20-4)} \quad (61)$$

Debido a que el sensor está calibrado para trabajar a una presión de 80 psi, se debe efectuar una corrección basado en los volúmenes específicos a presión absoluta del flujómetro (90,82 psi) y en P2, la cual representa la presión de trabajo absoluta real del sensor. La corrección se hace por medio de la Ecuación (62), para realizarla es asumido que el vapor es saturado con una calidad igual a 1.

$$w_{cor} = \frac{w_m * v_{p_c}}{v_{p_2}} \quad (62)$$

Dónde:

w_{cor} : Flujo másico corregido.

w_m : Flujo másico medido.

v_{p_c} : Volumen específico v_g a presión absoluta de calibración del sensor (90,82psi).
0,3033 m³/kg. Valor reportado por el fabricante.

v_{p_2} : Volumen específico v_g a presión absoluta en P2 (90,82psi).

La Ecuación (62) permite calcular el flujo corregido el cual es usado para el cálculo del caudal Ecuación (63), permitiendo obtener la velocidad del vapor necesaria para el cálculo de pérdidas.

$$Q = \frac{w}{\rho} \quad (63)$$

La viscosidad es obtenida a partir de tablas con la temperatura del tanque acumulador (T_{ta}) y presión del tanque acumulador (P_{ta}), para una calidad igual a 1 es usado el volumen específico del gas v_g y para una calidad diferente a 1 es calculado el volumen específico con la Ecuación (64).

$$v = v_f + x(v_g - v_f) \quad (64)$$

Donde

v : volumen específico a T(ta)

v_f : volumen específico del líquido a T(ta)

v_g : volumen específico del gas a T(ta)

x : Calidad

El número de Reynolds, la densidad y el factor de fricción es calculado con las Ecuaciones (65), (66) y (67).

$$Re = 354 \frac{w}{D\mu} \quad (65)$$

Dónde:

w : Flujo másico

D : Diámetro interno

μ : Viscosidad dinámica

ε : Rugosidad promedio.

$$\rho = \frac{1}{v} \quad (66)$$

$$f = \frac{0,25}{\left(\log \left(\frac{1}{3.7 \left(\frac{D}{\epsilon} \right)} + \frac{5,74}{Re^{0.9}} \right) \right)^2} \quad (67)$$

Para calcular pérdidas en válvulas y accesorios se usa la ecuación (68), de aquí se determina el coeficiente de resistencia K para cada componente⁵.

$$h_L = K \frac{v^2}{2g_n} \quad (68)$$

La Tabla 21 muestra las pérdidas en válvulas y accesorios de la tubería principal de admisión, en la Tabla 22 muestra las pérdidas en válvulas y accesorios de la tubería de admisión del efecto externo, por último, la Tabla 23 muestra las pérdidas por válvulas y accesorios en la tubería de admisión del efecto interno, mostrando las fórmulas para cada pérdida con su longitud equivalente ó coeficiente de resistencia según corresponda.

Tabla 21. Pérdidas por válvulas y accesorios, tubería principal de admisión.

| Pérdida | Accesorio | Fórmula |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| ΔPa_7 | Entrada del tanque acumulador (1) | $0,5 \cdot (v^2/2g_n)$ |
| ΔPa_8 | Codo roscado a 90° (1) | $50fT \cdot (v^2/2g_n)$ |
| ΔPa_9 | T estándar flujo directo (1) | $20fT \cdot (v^2/2g_n)$ |
| ΔPa_{10} | T estándar flujo desviado a 90° (1) | $60fT \cdot (v^2/2g_n)$ |

⁵ MACCHI Ennio y ASTOLFI Marco. Organic Rankine Cycle (ORC) Power Systems: Technologies and Applications. Amsterdam: ELSEVIER. 2017. p. 423.

Tabla 22. Pérdidas por válvulas y accesorios tubería de admisión efecto externo.

| Pérdida | Accesorio | Cálculo |
|-------------------|---|----------------------|
| ΔPa_{11e} | Codo roscado 90° efecto externo | $50f_T*(v^2/2gn)$ |
| ΔPa_{12e} | Estrechamiento brusco entrada admisión efecto externo | $K_{a12e}*(v^2/2gn)$ |
| ΔPa_{13e} | Ensanchamiento brusco entrada admisión efecto externo | $K_{a13e}*(v^2/2gn)$ |
| ΔPa_{14e} | Escuadra 90° entrada admisión efecto externo | $60f_T*(v^2/2gn)$ |
| ΔPa_{15e} | Escuadra 90° salida admisión efecto externo | $60f_T*(v^2/2gn)$ |
| ΔPa_{16e} | Estrechamiento brusco salida admisión efecto externo | $K_{a16e}*(v^2/2gn)$ |
| ΔPa_{17e} | Ensanchamiento brusco salida admisión efecto externo | $K_{a17e}*(v^2/2gn)$ |
| ΔPa_{18e} | Salida al motor efecto externo | $1*(v^2/2gn)$ |

Tabla 23. Pérdidas por válvulas y accesorios tubería de admisión efecto interno.

| Pérdida | Accesorio | Cálculo |
|-------------------|---|---------------------|
| ΔPa_{11i} | Codo roscado 90° efecto interno | $50f_T*(v^2/2gn)$ |
| ΔPa_{12i} | Estrechamiento brusco entrada admisión efecto interno | $K_{12i}*(v^2/2gn)$ |
| ΔPa_{13i} | Ensanchamiento brusco entrada admisión efecto interno | $K_{13i}*(v^2/2gn)$ |
| ΔPa_{14i} | Escuadra 90° entrada admisión efecto interno | $60f_T*(v^2/2gn)$ |
| ΔPa_{15i} | Escuadra 90° salida admisión efecto interno | $60f_T*(v^2/2gn)$ |
| ΔPa_{16i} | Estrechamiento brusco salida admisión efecto interno | $K_{16i}*(v^2/2gn)$ |
| ΔPa_{17i} | Ensanchamiento brusco salida admisión efecto interno | $K_{17i}*(v^2/2gn)$ |
| ΔPa_{18i} | Salida al motor efecto interno | $1*(v^2/2gn)$ |

El valor del factor de fricción por diámetro f_T es calculado con la Ecuación (67). La válvula tipo carrito presenta pérdidas variables de presión debido a su movimiento longitudinal progresivo, simplificando el cálculo de pérdidas se asume que la válvula se ubica a la mitad del recorrido longitudinal de cada tiempo (admisión y escape). En la Figura 47 se pueden revisar las pérdidas de este componente para el tiempo de admisión del efecto externo descritas en la Tabla 22, también en la Figura 48 se muestran las pérdidas para el tiempo de admisión del efecto interno descrito en la Tabla 23. Los cambios de sección generan pérdidas por ensanchamiento o estrechamiento y las secciones a 90° dentro de la válvula provocan pérdidas derivadas del cambio de dirección.

Describiendo el proceso ocurrido, el vapor ingresa a la válvula por la tubería de admisión, produciendo un estrechamiento brusco debido a la reducción del área entre la tubería de admisión y el área de paso restringido de entrada, el vapor ingresa a la válvula y sufre una pérdida debido a un ensanchamiento brusco, esta pérdida es debida a la expansión del vapor cuando este pasa del área de paso restringido de entrada al área de paso de entrada, el vapor sigue su recorrido y sufre dos pérdidas debidas al cambio de dirección de 90°. Finalmente a la salida el vapor sufre dos pérdidas de presión, una producida por el estrechamiento brusco debido a la compresión del vapor desde el área de paso de salida al área de paso restringido de salida y otra por ensanchamiento brusco debido a la expansión desde el área de paso restringido de salida al área de tubería mixta que conecta al motor. La Figura 49 muestra las áreas de paso.

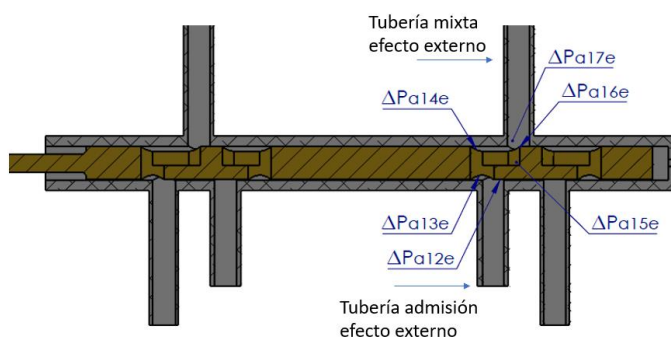


Figura 47. Pérdidas en válvula de admisión efecto externo vapor vivo.

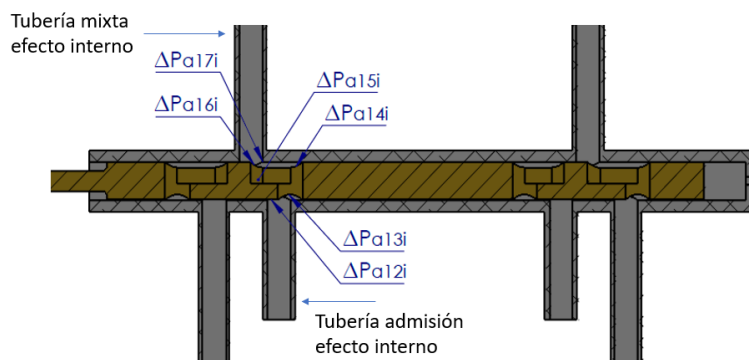


Figura 48 Pérdidas en válvula de admisión efecto interno vapor vivo.

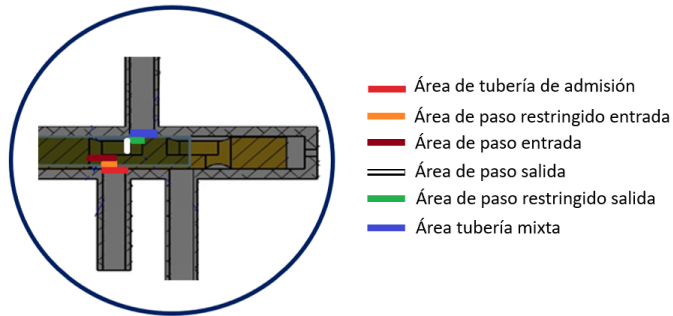


Figura 49 Áreas de paso sistema de admisión efecto externo vapor vivo.

El coeficiente de resistencia para el estrechamiento brusco en válvulas con paso restringido es calculado con las Ecuaciones 69 y 70.

$$K_2 = \frac{0,5(1 - \beta^2) \sqrt{\text{sen} \frac{\theta}{2}}}{\beta^4} \quad (69)$$

$$K_2 = \frac{(1 - \beta^2)^2}{\beta^4} \quad (70)$$

Donde β es la relación entre el diámetro menor y el diámetro mayor, debido a que no se puede establecer una relación de diámetro entre las áreas de paso de la válvula, se usa la ecuación (71) en función del área de paso pequeña A_1 y el área de paso grande A_2 .

$$\beta = \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} \quad (71)$$

Hallando la mitad del recorrido longitudinal, se ubica la válvula al inicio de cada tiempo, se mide el extremo del cuerpo de la válvula contra la cara plana de la camisa, esto con el fin de obtener la longitud de referencia como se muestra en la Figura 50.

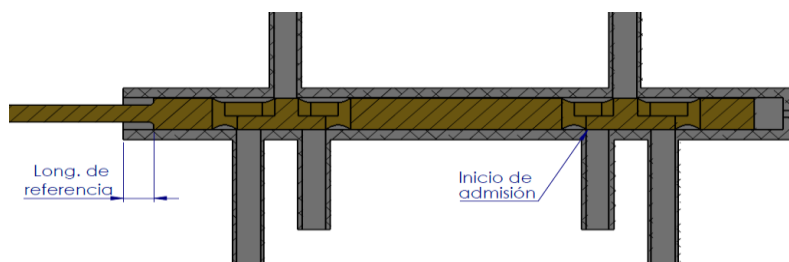


Figura 50 Posición de referencia inicial.

En la Figura 51, se posiciona la válvula en el punto de apertura máxima y se toma la nueva medida de la longitud de referencia.

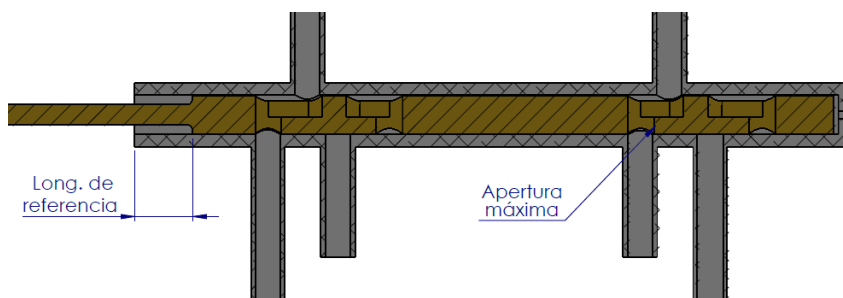


Figura 51. Posición de apertura máxima.

La diferencia de las dos medidas tomadas da como resultado la longitud recorrida por la válvula. Este recorrido se divide en dos y esta magnitud se resta a la dimensión de la posición de máxima apertura, para finalmente ser reconocida la posición de la válvula en la mitad del recorrido longitudinal. En esta posición se obtienen las áreas de paso restringido con ayuda del software *SolidWorks* como se muestra en la Figura 52.

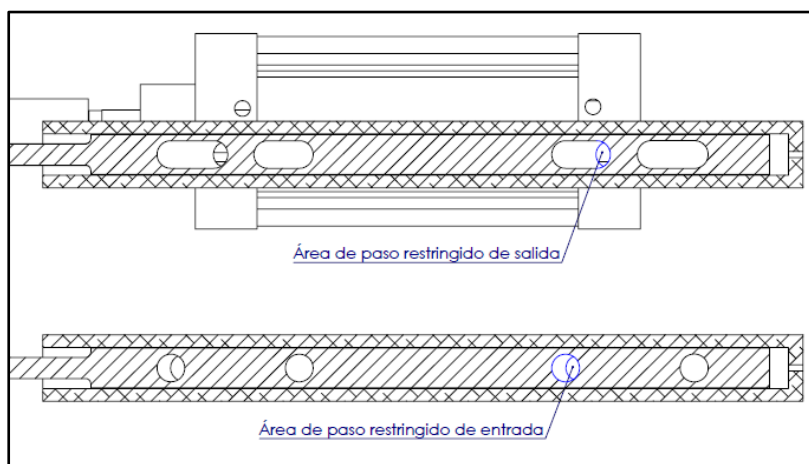


Figura 52. Áreas de paso restringido.

Este procedimiento es igual para cada efecto y los datos obtenidos se registrados en la Tabla 24.

Tabla 24. Áreas de paso restringido para la válvula de carrete de vapor vivo.

| Admisión Efecto Externo | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| Posición | Long. de referencia |
| Inicio de Admisión | 20,05 mm |
| Apertura máxima | 35,95 mm |
| Recorrido total | 15,9 mm |
| Mitad de recorrido | 7,95 mm |
| Área de paso restringido de entrada | 0,0000763 m ² |
| Área de paso restringido de salida | 0,0000845 m ² |
| Admisión Efecto Interno | |
| Posición | Long. de referencia |
| Inicio de Admisión | 19,35 mm |
| Apertura máxima | 3,54 mm |
| Recorrido total | 15,81 mm |
| Mitad de recorrido | 7,90 mm |
| Área de paso restringido de entrada | 0,0000820 m ² |
| Área de paso restringido de salida | 0,0000760 m ² |

Las áreas de paso de entrada y salida para las válvulas de admisión se muestran en la Tabla 25, estas son de igual magnitud para las dos válvulas.

Tabla 25. Áreas de paso entrada y salida válvulas admisión. .

| Descripción | m² |
|----------------------|----------------------|
| Área de paso entrada | 0,000206 |
| Área de paso salida | 0,000202 |

La Tabla 26, muestra la relación β entre el área menor y el área mayor de cada tramo y el coeficiente de resistencia K para cada pérdida de ensanchamiento o estrechamiento dentro de las válvulas de admisión para la configuración valvular de vapor vivo.

3.5.2 Cálculo de pérdidas de presión en la tubería de escape.

Se estima que la presión de escape es igual a la presión de salida medida en su tubo de escape (presión atmosférica) más las pérdidas del sistema de escape en tuberías y accesorios. Ver ecuación (72)

$$P(\text{esc}) = (P(\text{atm})) + \Delta P_{\text{esc}} \quad (72)$$

La presión atmosférica en Bogotá es de 10,8 psi (74601,3032 Pa).

La Figura 53 muestra la presión atmosférica $P(\text{atm})$ la presión de escape del efecto interno $P(\text{iesc})$ y la presión de escape del efecto externo $P(\text{eesc})$. La tubería principal de escape termina en la T estándar, luego se divide en tubería de escape del efecto externo y tubería de escape del efecto interno.

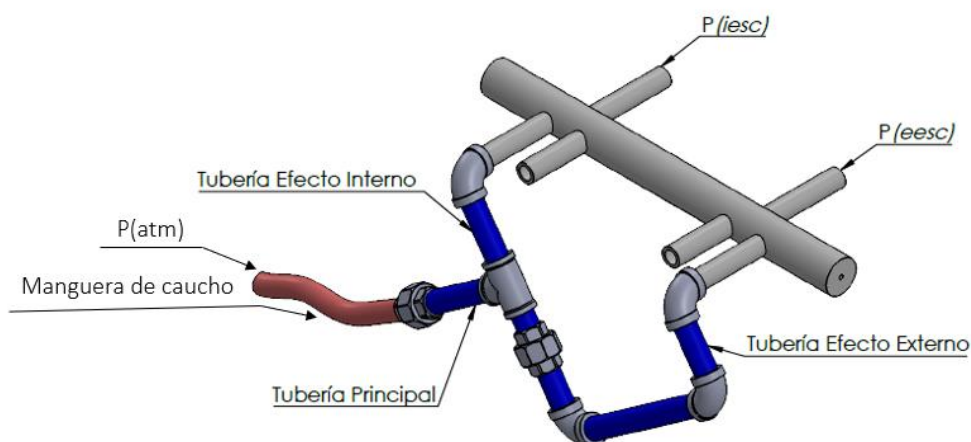


Figura 53. Presiones en sistema de escape.

Como se muestra en la Figura 53, se debe calcular las pérdidas tanto para el efecto externo $\Delta P(\text{eesc})$, ver ecuación 73 como las del efecto interno $\Delta P(\text{iesc})$, ver ecuación 74.

$$\Delta P(\text{eesc}) = \Delta P_{mf} + \Delta P_{tpef} + \Delta P_{teef} + \Delta P_{tpeva} + \Delta P_{teeva} \quad (73)$$

$$\Delta P(\text{iesc}) = \Delta P_{mf} + \Delta P_{tpef} + \Delta P_{teif} + \Delta P_{tpeva} + \Delta P_{teiva} \quad (74)$$

Donde:

ΔP_{mf} : Pérdidas de presión por fricción en manguera de caucho de escape.

- ΔP_{tpef} : Perdidas de presión por fricción en tubería principal de escape.
 ΔP_{teef} : Perdidas de presión por fricción en tubería de escape efecto externo.
 ΔP_{teif} : Perdidas de presión por fricción en tubería de escape efecto interno.
 ΔP_{tpeva} : Perdidas de presión por válvulas y accesorios en tubería principal de escape.
 ΔP_{teeva} : Perdidas de presión por válvulas y accesorios en tubería de escape efecto externo.
 ΔP_{teiva} : Perdidas de presión por válvulas y accesorios en tubería de escape efecto interno.

De esta forma la Ecuación (72) se reescribe de la siguiente forma para encontrar la presión de escape en cada efecto.

Presión de escape efecto externo:

$$P(\text{eesc}) = P_{atm} + \Delta P_{eesc} \quad (75)$$

Presión de escape efecto interno:

$$P(\text{iesc}) = P_{atm} + \Delta P_{iesc} \quad (76)$$

La Tabla 26, muestra las perdidas tanto de fricción como las generadas por válvulas y accesorios en cada una de las tuberías del sistema de escape.

Tabla 26. Pérdidas por tubería sistema de escape. .

| Tubería | Perdida | Descripción |
|---|-------------------|---|
| Tubería de escape efecto externo | ΔP_{e1e} | Pérdida de fricción por tubería de escape efecto externo |
| | ΔP_{e2e} | Pérdida entrada del motor efecto externo |
| | ΔP_{e3e} | Pérdida codo roscado 90° 1 escape efecto externo |
| | ΔP_{e4e} | Pérdida codo roscado 90° 2 escape efecto externo |
| | ΔP_{e5e} | Pérdida codo roscado1 90° 3 escape efecto externo |
| | ΔP_{e6e} | Pérdida por estrechamiento brusco entrada escape efecto externo |
| | ΔP_{e7e} | Pérdida por ensanchamiento brusco entrada escape efecto externo |
| | ΔP_{e8e} | Pérdida por escuadra 90° entrada escape efecto externo |
| | ΔP_{e9e} | Pérdida por escuadra 90° salida escape efecto externo |
| | ΔP_{e10e} | Pérdida por estrechamiento brusco salida escape efecto externo |
| | ΔP_{e11e} | Pérdida por ensanchamiento brusco salida escape efecto externo |

| Tubería | Pérdida | Descripción |
|---|------------------|---|
| Tubería de escape efecto interno | ΔPe_{1i} | Pérdida de fricción por tubería de escape efecto interno |
| | ΔPe_{2i} | Pérdida por entrada del motor efecto intern |
| | ΔPe_{3i} | Pérdida codo roscado 90° escape efecto interno |
| | ΔPe_{4i} | Pérdida por estrechamiento brusco entrada escape efecto interno |
| | ΔPe_{5i} | Pérdida por ensanchamiento brusco entrada escape efecto interno |
| | ΔPe_{6i} | Pérdida por escuadra 90° entrada escape efecto interno |
| | ΔPe_{7i} | Pérdida por escuadra 90° salida escape efecto interno |
| | ΔPe_{8i} | Pérdida por estrechamiento brusco salida escape efecto interno |
| | ΔPe_{9i} | Pérdida por ensanchamiento brusco salida escape efecto interno |
| Tubería principal de escape | ΔPe_{12} | Pérdida de fricción por manguera de escape |
| | ΔPe_{13} | Pérdida de fricción por tubería principal de escape |
| | ΔPe_{14} | Pérdida T flujo desviado 90° |

En la Figura 54 se muestra la vista frontal del sistema de escape del MDV, se puede apreciar las longitudes de los diferentes tramos de tubo que componen el sistema de escape.

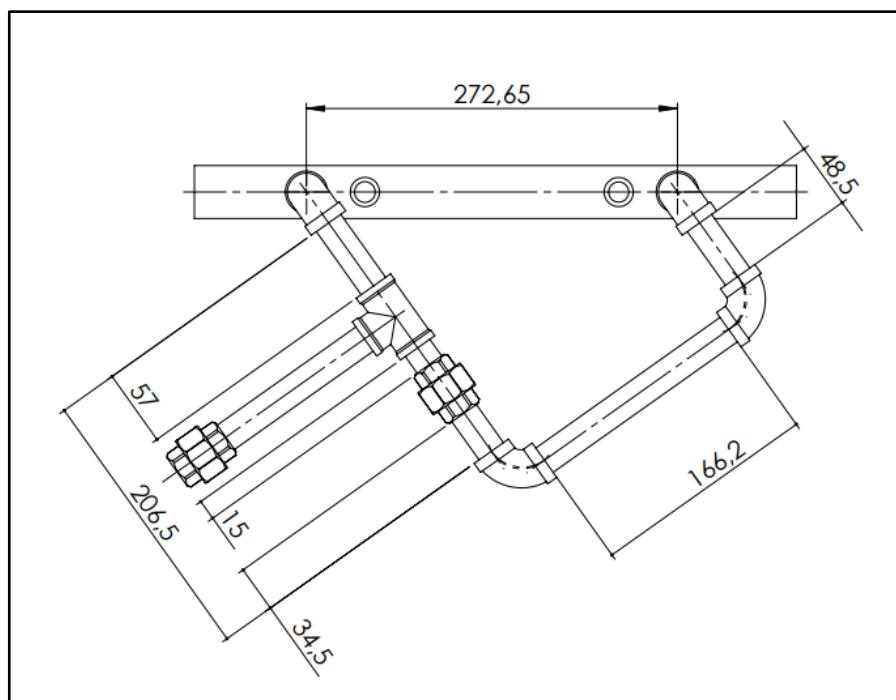


Figura 54. Vista frontal sistema de admisión.

La Tabla 27 muestra la longitud total de cada tubería y de la manguera de salida de condensados de vapor, estos valores se obtienen al sumar la longitud de los tramos de tubería y la longitud de las uniones (41 mm c/u).

Tabla 27. Longitud total tuberías de admisión.

| Longitud total | Sistema Ingles | S.I. |
|---|----------------|---------|
| Longitud tubería de admisión efecto interno | 0,746 ft | 0,227 m |
| Longitud tubería de admisión efecto externo | 1,570 ft | 0,478 m |
| Longitud tubería principal | 0,551 ft | 0,168 m |
| Longitud manguera | 66,601 ft | 20,3 m |

Se asume que el flujo másico en la tubería de escape es igual al flujo másico de entrada al motor, para calcular el flujo másico de entrada al motor se usa la ecuación 77.

$$w(\text{esc}) = \frac{\frac{V_{ides}}{v_{P(iadm)}} + \frac{V_{edes}}{v_{P(eadm)}}}{\Delta t} \quad (77)$$

Dónde:

V_{ides} : Volumen desplazado efecto interno.

V_{edes} : Volumen desplazado efecto externo.

$v_{P(iadm)}$: Volumen específico a presión absoluta de admisión efecto interno.

$v_{P(eadm)}$: Volumen específico a presión absoluta de admisión efecto externo.

Δt : tiempo por ciclo.

Con la obtención de los volúmenes específicos⁶, los volúmenes desplazados se obtienen de la diferencia entre el volumen máximo y el volumen muerto de cada efecto, la Tabla 28 muestra los volúmenes desplazados.

Tabla 28. Volumen desplazado.

| Parámetro | Sistema ingles | SI |
|-----------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Volumen desplazado efecto interno | 0,0253 ft ³ | 0,000717 m ³ |
| Volumen desplazado efecto externo | 0,0270 ft ³ | 0,000765 m ³ |

⁶ CENGEL, Yunus y BOLES Michael. Termodinámica. Sexta edición. México: Mc Graw Hill. 2009. p.114 -p.1 910.

El cálculo de pérdidas en el sistema de escape se debe realizar en dos etapas, primero se calculan las pérdidas en la manguera de salida de condensados y luego se calculan las pérdidas en la tubería de acero.

Cálculo de pérdidas en manguera de salida de condensados en MDV.

Debido a que, al inicio de la manguera de escape no se conocen los datos para el cálculo de pérdidas (velocidad, temperatura, presión, volumen específico, densidad y viscosidad dinámica) se deben realizar iteraciones para encontrar un grupo de datos que cumplan con la siguiente condición.

$$P(m) - \Delta P_{mf} - P_{atm} = 0 \quad (78)$$

Dónde:

$P(m)$: Presión absoluta inicial en la manguera de salida de condensados.

El paso para seguir es asumir una temperatura en la conexión entre la manguera y la tubería. Es decir, una temperatura al inicio de la manguera de escape. A este valor por interpolación se obtienen los datos de presión de saturación (Presión absoluta inicial en manguera de salida de condensados $P(m)$) y volumen específico, la viscosidad dinámica según Granger⁷ la rugosidad absoluta del caucho es de 0.0003 in. Con estos datos se calcula el flujo volumétrico, la velocidad del vapor, el número de Reynolds, el factor de fricción y las pérdidas de presión por fricción en la manguera de caucho ΔP_{mf} . La anterior iteración se repite hasta encontrar un grupo de datos que cumpla con la condición de la ecuación (78).

Cálculo de pérdidas en tubería de acero.

Al determinar la presión al inicio de la manguera de escape, se deben calcular las pérdidas en la tubería de acero para encontrar la presión de escape del efecto interno y el efecto externo, a la salida del motor no se conocen los datos para el cálculo de pérdidas (velocidad, temperatura, presión, volumen específico, densidad y viscosidad dinámica), se

⁷ GRANGER, Robert. Fluid mechanics. New York: Dover publication INC. 1995. p. 534.

deben realizar iteraciones para encontrar los datos que cumplan con las siguientes condiciones:

$$P(esc) - \Delta P_{tpef} - \Delta P_{teef} - \Delta P_{tpeva} - \Delta P_{teeva} - P_{(m)} = 0 \quad (79)$$

$$P(iesc) - \Delta P_{tpef} - \Delta P_{teif} - \Delta P_{tpeva} - \Delta P_{teiva} - P_{(m)} = 0 \quad (80)$$

Se asumen temperaturas en las salidas del motor. Es decir, una temperatura al inicio de la tubería de escape del efecto interno y otra para el efecto externo. Por interpolación se obtienen los datos de presiones de saturación, (Presión absoluta escape efecto externo $P(esc)$ y presión absoluta escape efecto interno $P(iesc)$). Se usa la rugosidad absoluta del acero oxidado. Con estos datos se calcula el flujo volumétrico, la velocidad del vapor, el número de Reynolds, el factor de fricción, las pérdidas de presión en el efecto interno y las pérdidas de presión en el efecto externo.

La Tabla 29 muestra las pérdidas en válvulas y accesorios la tubería de escape efecto externo, la Tabla 30 muestra las pérdidas en válvulas y accesorios de la tubería de escape del efecto interno y por último la Tabla 31 muestra las pérdidas por válvulas y accesorios en la tubería principal de escape, estas muestran las fórmulas para cada pérdida con su longitud equivalente o el coeficiente de resistencia según corresponda.

Tabla 29. Pérdidas por válvulas y accesorios tubería de escape efecto externo.

| Pérdida | Accesorio | Cálculo |
|-------------------|---|-------------------------|
| ΔP_{e2e} | Pérdida entrada del motor efecto externo | $0.5 \cdot (v^2/2g_n)$ |
| ΔP_{e3e} | Pérdida codo roscado 1 escape efecto externo | $50fT \cdot (v^2/2g_n)$ |
| ΔP_{e4e} | Pérdida codo roscado 2 escape efecto externo | $50fT \cdot (v^2/2g_n)$ |
| ΔP_{e5e} | Pérdida codo roscado 3 escape efecto externo | $50fT \cdot (v^2/2g_n)$ |
| ΔP_{e6e} | Pérdida por estrechamiento brusco entrada escape efecto externo | $K6e \cdot (v^2/2g_n)$ |
| ΔP_{e7e} | Pérdida por ensanchamiento brusco entrada escape efecto externo | $K7e \cdot (v^2/2g_n)$ |
| ΔP_{e8e} | Pérdida por escuadra 90° entrada escape efecto externo | $60fT \cdot (v^2/2g_n)$ |
| ΔP_{e9e} | Pérdida por escuadra 90° salida escape efecto externo | $60fT \cdot (v^2/2g_n)$ |
| ΔP_{e10e} | Pérdida por estrechamiento brusco salida escape efecto externo | $K10e \cdot (v^2/2g_n)$ |
| ΔP_{e11e} | Pérdida por ensanchamiento brusco salida escape efecto externo | $K11e \cdot (v^2/2g_n)$ |

Tabla 30. Pérdidas por válvulas y accesorios tubería de escape efecto interno.

| Pérdida | Accesorio | Cálculo |
|------------------|---|--------------------------|
| ΔPe_{2i} | Pérdida por entrada del motor efecto interno | $0.5 \cdot (v^2/2gn)$ |
| ΔPe_{3i} | Pérdida codo roscado escape efecto interno | $50fT \cdot (v^2/2gn)$ |
| ΔPe_{4i} | Pérdida por estrechamiento brusco entrada escape efecto interno | $K_{4i} \cdot (v^2/2gn)$ |
| ΔPe_{5i} | Pérdida por ensanchamiento brusco entrada escape efecto interno | $K_{5i} \cdot (v^2/2gn)$ |
| ΔPe_{6i} | Pérdida por escuadra 90° entrada escape efecto interno | $60fT \cdot (v^2/2gn)$ |
| ΔPe_{7i} | Pérdida por escuadra 90° salida escape efecto interno | $60fT \cdot (v^2/2gn)$ |
| ΔPe_{8i} | Pérdida por estrechamiento brusco salida escape efecto interno | $K_{8i} \cdot (v^2/2gn)$ |
| ΔPe_{9i} | Pérdida por ensanchamiento brusco salida escape efecto interno | $K_{9i} \cdot (v^2/2gn)$ |

Tabla 31. Pérdidas por válvulas y accesorios tubería principal de escape.

| Pérdida | Accesorio | Fórmula |
|------------------|-------------------------------------|------------------------|
| ΔPe_{14} | T estándar flujo desviado a 90° (1) | $60fT \cdot (v^2/2gn)$ |

Al igual que para las válvulas de admisión, para simplificar el cálculo de pérdidas en las válvulas de escape, se asume que la válvula se ubica a la mitad del recorrido longitudinal para este tiempo. En la Figura 55, se pueden revisar las pérdidas de este componente para el tiempo de escape del efecto interno descritas en la Tabla 30. Por otro lado, la Figura 56 muestra las pérdidas para el tiempo de escape del efecto externo descritas en la Tabla 29. A continuación, se presenta una breve descripción del flujo del vapor dentro de la válvula de escape y las pérdidas de presión asociadas a este.

El vapor ingresa a la válvula por la tubería mixta, se produce un estrechamiento brusco debido a la reducción del área entre la tubería mixta y el área de paso restringido de entrada, el vapor ingresa a la válvula y sufre una pérdida debido a un ensanchamiento brusco, esta pérdida se debe a la expansión del vapor cuando este pasa del área de paso restringido al de entrada, el vapor sigue su recorrido y sufre dos pérdidas debidas al cambio de dirección de 90°. Finalmente, a la salida el vapor sufre dos pérdidas de presión una producida por estrechamiento brusco debido a la compresión del vapor desde el área de paso de salida y otra por ensanchamiento brusco debida a la expansión desde el área de

paso restringido de salida al área de la tubería de escape. La Figura 57 muestra las áreas de paso mencionadas para el sistema de escape.

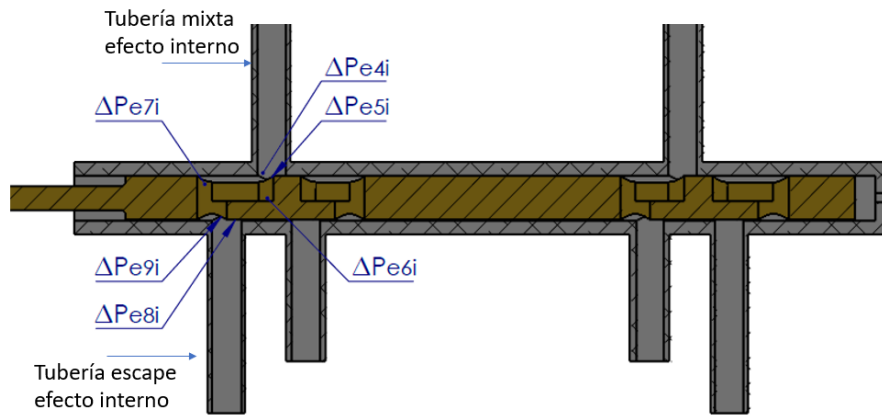


Figura 55. Pérdidas en válvula de escape efecto interno vapor vivo.

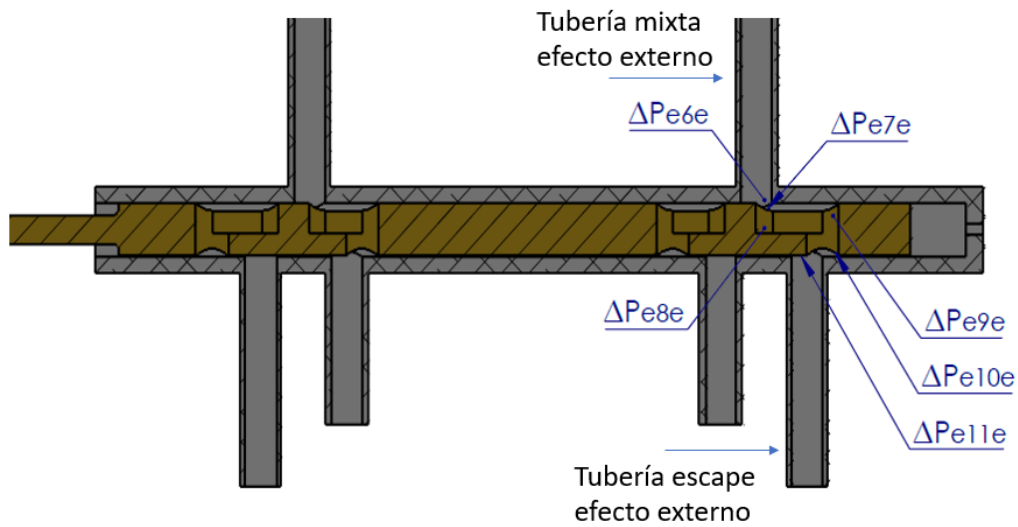


Figura 56. Pérdidas en válvula de escape efecto externo vapor vivo.

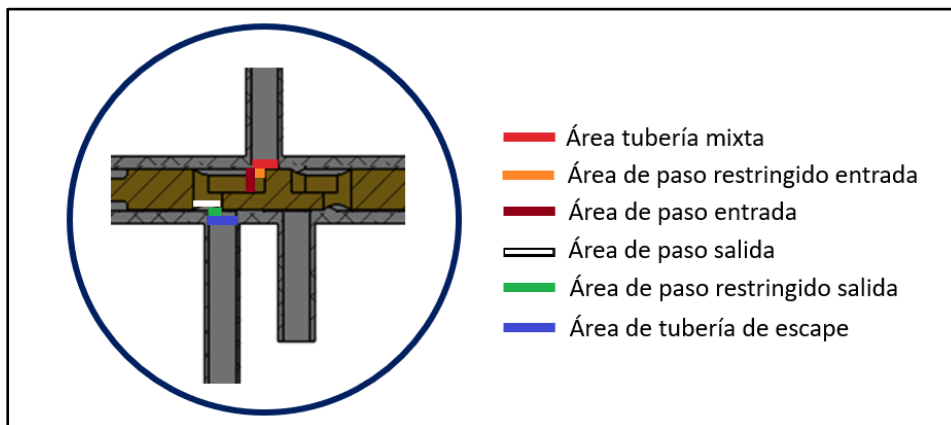


Figura 57. Áreas de paso sistema de escape efecto externo. .

Las áreas de paso restringido de las válvulas de escape se determinan de igual forma que las de admisión. La Tabla 32 muestra las áreas de paso restringido de las válvulas de escape.

Tabla 32. Áreas de paso restringido para la válvula de carrete de vapor vivo.

| Escape Efecto Externo | |
|---|---------------------|
| Posición | Long. De referencia |
| Inicio de Escape | 19,55 |
| Apertura máxima | 3,54 |
| Recorrido total | 16,01 |
| Mitad de recorrido | 8,005 |
| Área de paso restringido de entrada (m ²) | 0,0000836 |
| Área de paso restringido de salida (m ²) | 0.0000786 |
| Escape Efecto Interno | |
| Posición | Long. De referencia |
| Inicio de Escape | 19,7 |
| Apertura máxima | 35,95 |
| Recorrido total | 16,25 |
| Mitad de recorrido | 8,125 |
| Área de paso restringido de entrada (m ²) | 0,0000810 |
| Área de paso restringido de salida (m ²) | 0,0000803 |

Las áreas de paso de entrada y salida para las válvulas de escape son mostradas en la Tabla 33, siendo de igual magnitud para las dos válvulas.

Tabla 33. Áreas de paso entrada y salida válvulas de escape.

| Descripción | Dimensión [m ²] |
|----------------------|-----------------------------|
| Área de paso entrada | 0,000202 |
| Área de paso salida | 0,000206 |

Revisando la relación β entre el área menor y el área mayor de cada tramo y el coeficiente de resistencia K para cada pérdida de ensanchamiento o estrechamiento dentro de las válvulas de escape para una configuración de vapor vivo, revisar las Tablas 29 y 30.

Con los coeficientes de resistencia K , el factor de fricción y la longitud equivalente según corresponda, se buscan un grupo de datos que cumpla con la condición de la Ecuación 78 para el efecto externo y otro grupo de datos que cumpla con la condición de la Ecuación 79 para el efecto interno.

3.5.3 Determinación de presiones.

Debido a que el motor genera dos tiempos de trabajo por cada revolución, se debe tener en cuenta las posiciones del pistón tanto para el efecto externo, como para el efecto interno, cuando el ángulo de la manivela del sistema de potencia es igual a 0° el cilindro estará en PMS del efecto externo, al mismo tiempo estará ubicado en el PMI del efecto interno.

Las posiciones de las válvulas del efecto externo son las mismas a las usadas en el modelo de efecto simple, para el efecto interno se deben agregar las posiciones de las válvulas, lo que permitirá determinar su estado de apertura o cierre. La Figura 58 muestra las distancias de los puntos extremos de las lumbreras del carrete con respecto al punto de referencia para un motor de vapor de efecto doble, mientras que la Figura 59 muestra las distancias de los puntos extremos de las válvulas con respecto al punto de referencia para un motor a vapor de doble efecto y una configuración de vapor vivo.

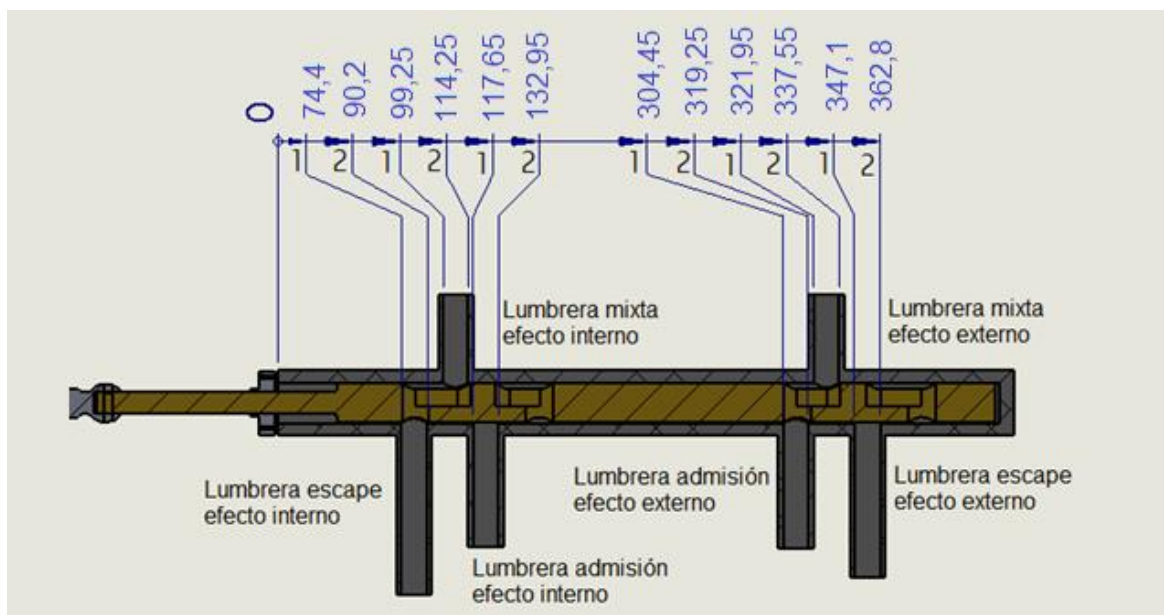


Figura 58. Distancias lumbreras doble efecto.

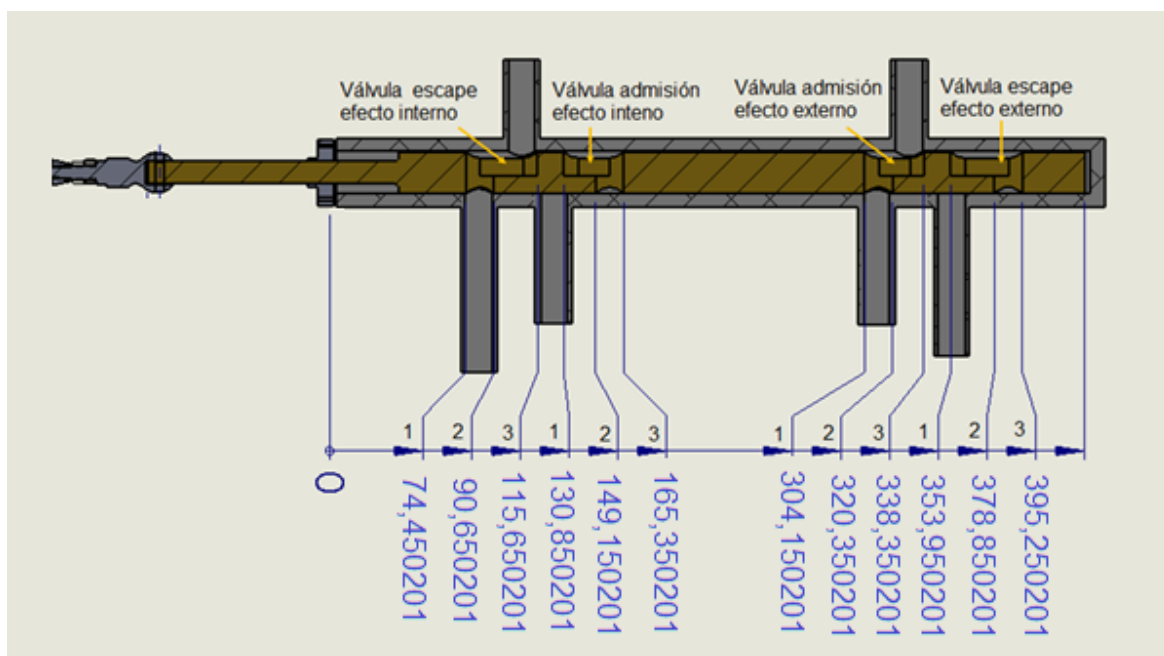
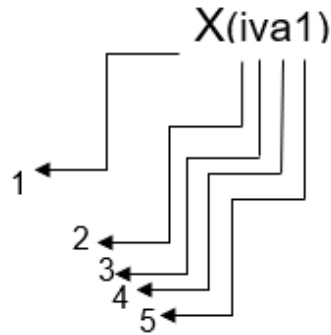


Figura 59. Distancias válvulas doble efecto.

A continuación, se usan las siguientes identificaciones para nombrar las distancias de los puntos extremos de las válvulas y lumbreras para cada efecto.



- 1 = (X) Distancia del punto de referencia al punto extremo (carrete en PMS).
 (Y) Posición del punto de referencia al punto extremo.
 2 = (i) Efecto interno.
 (e) Efecto externo.
 3 = (v) Válvula.
 (l) Lumbrera.
 4 = (a) Admisión.
 (e) Escape.
 (m) Mixta
 5 = (1) Uno
 (2) Dos
 (3) Tres
 (4) Cuatro

La Tabla 34 muestra las identificaciones para las distancias desde el punto de referencia del sistema de distribución a cada uno de los puntos extremos de las válvulas y lumbreras cuando el carrete se ubica en PMS para un MDV de efecto doble.

Tabla 34. Identificación de distancias (carrete en PMS) efecto doble.

| Nomenclatura | Significado |
|--------------|--|
| X(iva1) | Distancia válvula de admisión 1 efecto interno |
| X(iva2) | Distancia válvula de admisión 2 efecto interno |
| X(iva3) | Distancia válvula de admisión 3 efecto interno |
| X(ive1) | Distancia válvula de escape 1 efecto interno |
| X(ive2) | Distancia válvula de escape 2 efecto interno |
| X(ive3) | Distancia válvula de escape 3 efecto interno |
| X(ila1) | Distancia lumbrera admisión 1 efecto interno |
| X(ila2) | Distancia lumbrera admisión 2 efecto interno |

Continuación Tabla 34... Identificación de distancias (carrete en PMS) efecto doble.

| Nomenclatura | Significado |
|--------------|--|
| X(ile1) | Distancia lumbrera escape 1 efecto interno |
| X(ile2) | Distancia lumbrera escape 2 efecto interno |
| X(ilm1) | Distancia a lumbrera mixta 1 efecto interno |
| X(ilm2) | Distancia lumbrera mixta 2 efecto interno |
| X(eva1) | Distancia válvula de admisión 1 efecto externo |
| X(eva2) | Distancia válvula de admisión 2 efecto externo |
| X(eva3) | Distancia válvula de admisión 3 efecto externo |
| X(eve1) | Distancia válvula de escape 1 efecto externo |
| X(eve2) | Distancia válvula de escape 2 efecto externo |
| X(eve3) | Distancia válvula de escape 3 efecto externo |
| X(ela1) | Distancia lumbrera admisión 1 efecto externo |
| X(ela2) | Distancia lumbrera admisión 2 efecto externo |
| X(ele1) | Distancia lumbrera escape 1 efecto externo |
| X(ele2) | Distancia lumbrera escape 2 efecto externo |
| X(elm1) | Distancia a lumbrera mixta 1 efecto externo |
| X(elm2) | Distancia lumbrera mixta 2 efecto externo |

También la Tabla 35, muestra las identificaciones para las posiciones desde el punto de referencia del sistema de distribución a cada uno de los puntos extremos de las válvulas y lumbreras para un motor de efecto doble. Para determinar la posición de cada punto mostrado con respecto al ángulo de giro de la excéntrica, se usa la Ecuación (51).

Tabla 35. Nomenclatura posiciones efecto doble.

| Nomenclatura | Significado |
|--------------|---|
| Y(iva1) | Posición válvula de admisión 1 efecto interno |
| Y(iva2) | Posición válvula de admisión 2 efecto interno |
| Y(iva3) | Posición válvula de admisión 3 efecto interno |
| Y(ive1) | Posición válvula de escape 1 efecto interno |
| Y(ive2) | Posición válvula de escape 2 efecto interno |

Continuación Tabla 35... Nomenclatura posiciones efecto doble.

| Nomenclatura | Significado |
|--------------|---|
| Y(ive3) | Posición válvula de escape 3 efecto interno |
| Y(eva1) | Posición válvula de admisión 1 efecto externo |
| Y(eva2) | Posición válvula de admisión 2 efecto externo |
| Y(eva3) | Posición válvula de admisión 3 efecto externo |
| Y(eve1) | Posición válvula de escape 1 efecto externo |
| Y(eve2) | Posición válvula de escape 2 efecto externo |
| Y(eve3) | Posición válvula de escape 3 efecto externo |

Presiones efecto externo.

Para determinar el estado de apertura de las válvulas se establece que, la válvula de escape del efecto externo se encontrará en estado abierto cuando se cumpla la siguiente relación:

Si $Y(eve2) < X(ele2)$ y $Y(eve1) < X(elm2)$ \Rightarrow Válvula escape efecto externo abierta

Cuando se cumpla esta condición la presión dentro del cilindro será igual a la presión de escape $P(eesc)$. Por su parte la válvula de admisión del efecto externo se encontrará en estado abierto, cuando se cumpla la siguiente relación:

Si $Y(eva2) > X(ela1)$ y $Y(eva3) > X(elm1)$ \Rightarrow Válvula admisión efecto externo abierta

Cuando se cumpla esta condición la presión dentro del cilindro será igual a la presión de admisión $P(eadm)$.

Presiones efecto interno.

La válvula de escape del efecto interno se encontrará en estado abierto cuando se cumpla la siguiente relación:

Si $Y(ive2) > X(ile1)$ y $Y(ive3) > X(ilm1)$ \Rightarrow Válvula escape efecto interno abierta

Cuando se cumpla esta condición la presión dentro del cilindro será igual a la presión de escape $P(iesc)$. La válvula de admisión del efecto interno se encontrará en estado abierto, cuando se cumpla la siguiente relación:

Si $Y(1va1) < X(ilm2)$ y $Y(iva2) < X(ila2) \Rightarrow$ Válvula admisión interno-abierta.

Cuando se cumpla esta condición la presión dentro del cilindro será igual a la presión de admisión $P(iadm)$. Con los datos de volumen y presión calculados, se construyen los diagramas de presión vs volumen para efecto doble el cual se muestra en el capítulo de resultados.

Estas presiones se deben relacionar con el ángulo de giro de la manivela del subsistema de potencia, por lo que se debe relacionar la posición de su subsistema de distribución con el de potencia, cuando el pistón está en PMS del efecto externo para una configuración del carrete en expansión el ángulo de la manivela del subsistema de potencia es de 0° , mientras que el ángulo de la manivela del sistema de distribución es de $312,28^\circ$ como lo muestra la Figura 60. Estos datos son usados para correlacionar el volumen que es función de la posición del pistón con la presión dentro del cilindro que depende del estado de apertura o cierre de las válvulas.

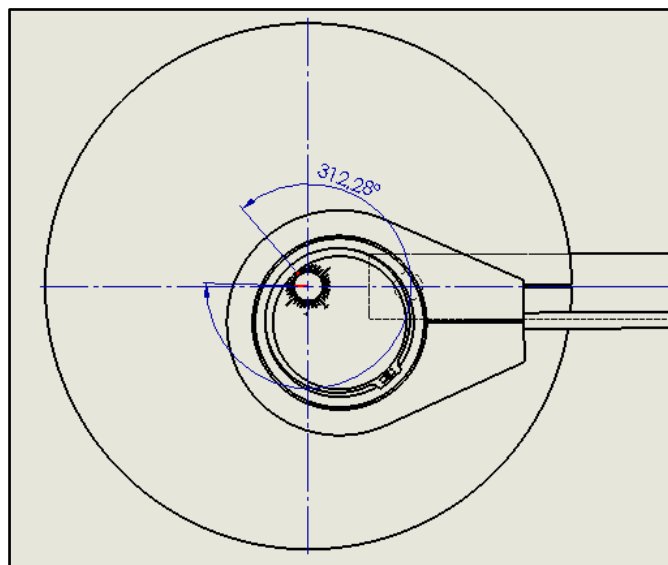


Figura 60. Ángulo de desfase entre el sistema de potencia y sistema de distribución carrete de expansión.

3.5.4 Modelo cinético simplificado doble efecto.

Al determinar las presiones dentro del cilindro, se calcula la fuerza de vapor ejercida en la cara del pistón del efecto externo $F(ev)$ y la fuerza ejercida en la cara del pistón del efecto interno $F(iv)$, basado en la ecuación 15, se obtienen las expresiones de las ecuaciones 81 y 82.

Fuerza vapor efecto externo

$$F(eV) = \frac{\pi}{4} P(ev) B^2 \quad (81)$$

Dónde:

$P(ev)$: Presión vapor efecto externo.

Fuerza vapor efecto interno

$$F(iV) = \frac{\pi}{4} P(iV) (B^2 - d^2) \quad (82)$$

Dónde:

$P(iv)$: Presión vapor efecto interno.

D : Diámetro vástago.

El torque de vapor para efecto externo $T(ev)$, se calcula con la expresión de la Ecuación 22, mientras que el torque de vapor del efecto interno $T(iv)$ se calcula con la Ecuación 83. Nótese que la expresión resta el producto de la velocidad angular y el tiempo cuando la manivela está ubicada a los 180° , esto debido a que el pistón llegará a PMS del efecto interno para esta condición.

$$T_v = F_v r \text{sen}(wt - wt(180^\circ)) \left(1 + \frac{r}{l} \cos(wt - wt(180^\circ)) \right) \quad (83)$$

El torque de vapor es la suma de los torques previamente mencionados como se indica en la Ecuación 84.

$$T(v) = T(ev) + T(iv) \quad (84)$$

El torque de inercia, el torque total instantáneo y el torque medio, se calculan con las expresiones usadas en las Ecuaciones 42, 47 y 53.

3.6 Integración de los modelos cero dimensional, cinemático y cinético de expansión.

La integración del modelo cero dimensional con el modelo cinemático y cinético simplificado para un motor de efecto doble con configuración del sistema de distribución valvular para un corte de admisión al 59,1%, se muestra en el Anexo C. El modelo cinemático y cinético simplificado usados en esta integración son igual a los usados en el Anexo B. La diferencia principal está en el diagrama indicador debido a que el corte de admisión antes de PMI (cierre válvula de admisión) genera una expansión politrópica, y el cierre de la válvula de escape antes de PMS genera una compresión politrópica.

Para la construcción del diagrama indicador los volúmenes se deben calcular con la corrida usadas para el Anexo C, con el fin de determinar las presiones al igual que en los anteriores modelos, se debe calcular las pérdidas en las tuberías de admisión y de escape. Además, se debe establecer en qué momento está abierta la válvula de admisión y en qué momento está abierta la válvula de escape y determinar el movimiento del pistón desde PMS a PMI o de PMI a PMS para identificar los tiempos de compresión y expansión.

3.6.1 Cálculo de pérdidas en admisión.

El cálculo de pérdidas de presión en el sistema de admisión para una configuración valvular en expansión es igual al de la Sección 3.5.1. La única diferencia está en las pérdidas de estrechamiento y ensanchamiento dentro de la válvula tipo carrete, las cuales presenta valores diferentes debido a las áreas de paso restringido. En la Figura 61 se pueden revisar las pérdidas de este componente para el tiempo de admisión del efecto externo, y en la Figura 62 se muestran las pérdidas para el tiempo de admisión, pero para el efecto interno.

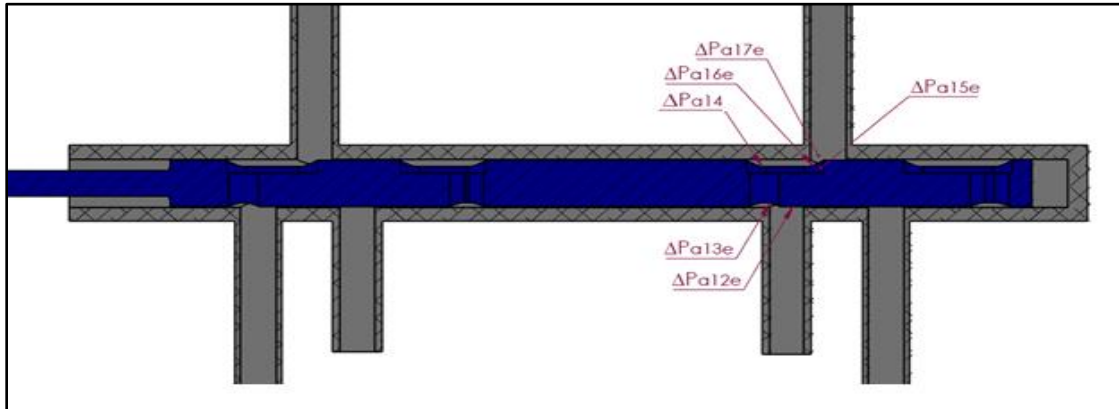


Figura 61 Pérdidas en válvula de admisión efecto externo vapor expansión

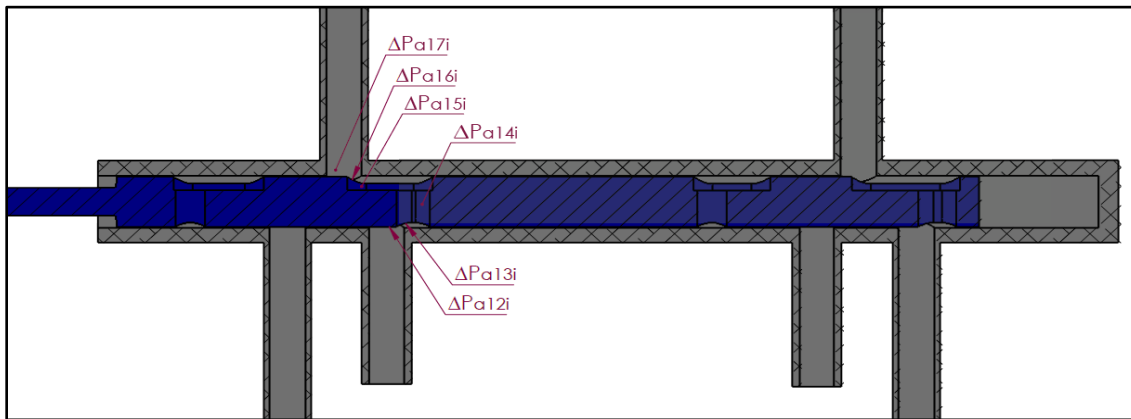


Figura 62. Pérdidas en válvula de admisión efecto interno vapor expansión.

Las áreas de paso restringido para la configuración de vapor en expansión se asumen como la mitad del área total de admisión cuando la válvula se ubica en el punto de máxima apertura. La Tabla 36 muestra las áreas de paso restringido para la válvula de carrete de vapor en expansión.

Tabla 36. Áreas de paso restringido para la válvula de carrete de vapor en expansión.

| Admisión Efecto Externo | |
|---|---------------------|
| Posición | Long. De referencia |
| Área de entrada apertura máxima (m ²) | 0,0000713 |
| Área de paso restringido de entrada (m ²) | 0,0000356 |
| Área de salida apertura máxima (m ²) | 0,000104 |
| Área de paso restringido de salida (m ²) | 0,0000523 |

Continuación Tabla 36... Áreas de paso restringido para la válvula de carrete de vapor en expansión.

| Admisión Efecto Interno | |
|---|---------------------|
| Posición | Long. De referencia |
| Área de entrada apertura máxima (m ²) | 9,9602E-05 |
| Área de paso restringido de entrada (m ²) | 0,0000498 |
| Área de salida apertura máxima (m ²) | 0,000152 |
| Área de paso restringido de salida (m ²) | 0,0000760 |

Las áreas de paso de entrada y salida para cada válvula de admisión son mostradas en la Tabla 37, a diferencia del carrete de vapor vivo donde las áreas son las mismas para las dos válvulas, para el carrete de expansión las áreas son diferentes.

Tabla 37. Áreas de paso de entrada y salida válvulas admisión vapor en expansión.

| Área de paso | Magnitud (m ²) |
|--|----------------------------|
| Área de paso admisión efecto externo entrada | 0,0000713 |
| Área de paso admisión efecto interno entrada | 0,0000996 |
| Área de paso admisión efecto externo salida | 0,000126 |
| Área de paso admisión efecto interno salida | 0,000149 |

Las Figuras 61 y 62 muestran la relación β entre el área menor y el área mayor de cada tramo y el coeficiente de resistencia K para cada pérdida de ensanchamiento o estrechamiento dentro de las válvulas de admisión del carrete de expansión.

3.6.2 Cálculo de pérdidas de presión en tuberías de escape

El cálculo de pérdidas de presión en el sistema de escape para una configuración valvular en expansión es igual al desarrollado en la Sección 3.5.2. La única diferencia está en las pérdidas de estrechamiento y ensanchamiento dentro de la válvula tipo carrete, las cuales presenta valores diferentes debido a las áreas de paso restringido. En la Figura 63, se pueden revisar las pérdidas de este componente para el tiempo de escape del efecto interno mientras que la Figura 64 muestra las pérdidas para el tiempo de escape del efecto externo:

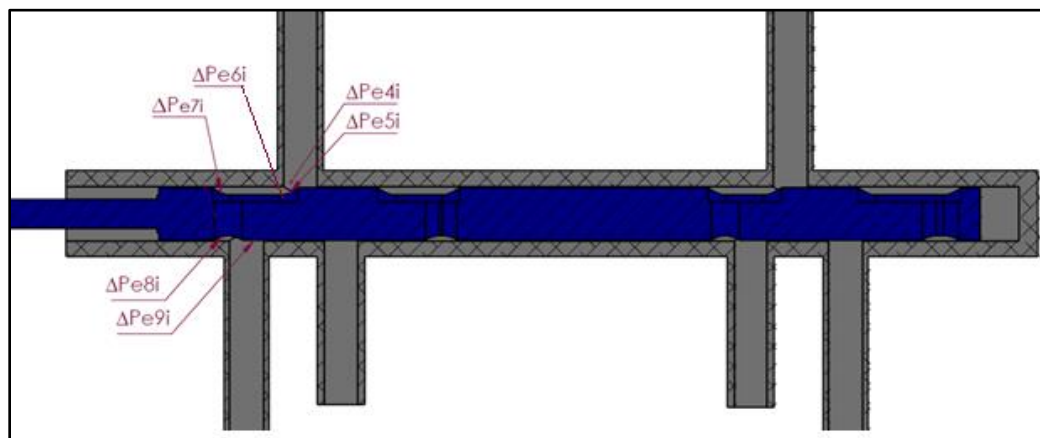


Figura 63. Pérdidas en válvula de escape efecto interno vapor en expansión.

La Tabla 38 muestra las áreas de paso restringido de las válvulas de escape para el carrete de expansión.

Tabla 38. Áreas de paso restringido para la válvula de carrete de expansión. .

| Escape Efecto Externo | |
|---|----------------------------|
| Posición | Long. De referencia |
| Área de entrada apertura máxima (m ²) | 0,000191 |
| Área de paso restringido de entrada (m ²) | 0,0000955 |
| Área de salida apertura máxima (m ²) | 0,000145 |
| Área de paso restringido de salida (m ²) | 0,0000728 |
| Escape Efecto Interno | |
| Posición | Long. De referencia |
| Área de entrada apertura máxima (m ²) | 0,000143 |
| Área de paso restringido de entrada (m ²) | 0,0000716 |
| Área de salida apertura máxima (m ²) | 0,000120 |
| Área de paso restringido de salida (m ²) | 0,0000605 |

Las áreas de paso de entrada y de salida para las válvulas de escape se muestran en la Tabla 39.

Tabla 39. Áreas de paso entrada y salida válvulas de escape carrete de expansión. .

| Área de paso | m ² |
|--|----------------|
| Área de paso escape efecto externo entrada | 0,000175 |
| Área de paso escape efecto interno entrada | 0,000126 |
| Área de paso escape efecto externo salida | 0,000145 |
| Área de paso escape efecto interno salida | 0,000120 |

La Figura 63 muestra la relación β entre el área menor y el área mayor de cada tramo y el coeficiente de resistencia K para cada pérdida de ensanchamiento o estrechamiento dentro de las válvulas de escape para el carrete de expansión.

Al igual el modelo usado en el Anexo C, con los coeficientes de resistencia K , el factor de fricción y la longitud equivalente según corresponda, se buscan un grupo de datos que cumpla con la condición de la Ecuación 79 para el efecto externo y otro grupo de datos que cumpla con la condición de la Ecuación 80 para el efecto interno. Cuando la calidad del vapor es diferente a 1, se usa la Ecuación 64 para determinar el volumen específico.

3.6.3 Determinación de presiones.

Las distancias de los puntos extremos de las válvulas para el carrete de expansión con corte de admisión al 59.1% se muestran en la Figura 64.

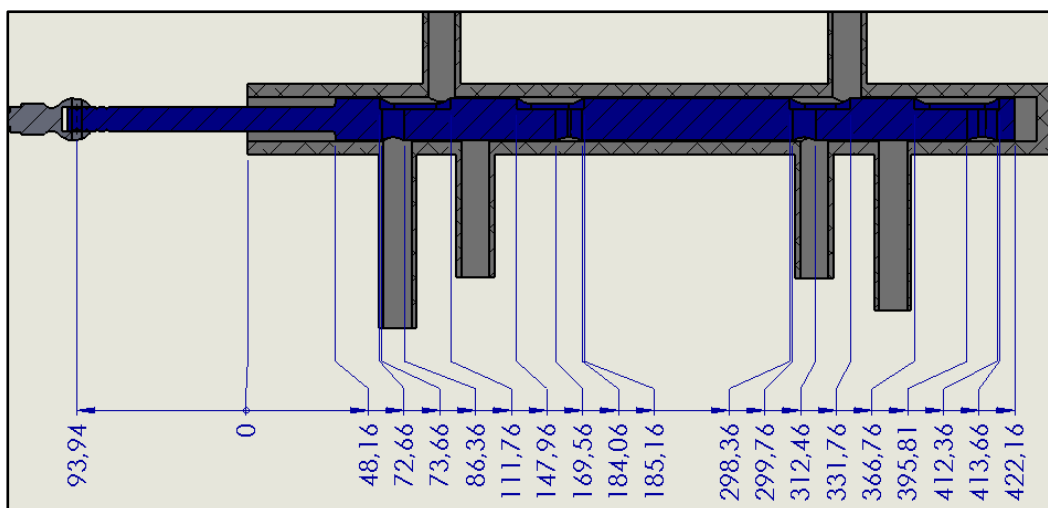


Figura 64. Distancias válvulas doble efecto (carrete expansión).

Las Figuras 12 y 17 representan los diagramas P-V obtenidos en motor de vapor con corte valvular en vapor vivo y corte en vapor en fase de expansión, con corte de admisión y escape, como se explica en el marco teórico el ciclo está compuesto por cuatro tiempos (admisión, expansión, escape y compresión), para poder construir el diagrama indicador se debe establecer una relación entre el ángulo de giro de la manivela del sistema de potencia y los tiempos que componen el ciclo de funcionamiento del MDV, el modelo del Anexo C determina en que tiempo se encuentra el motor basado en el movimiento del pistón y el estado de apertura o cierre de las válvulas y lo asocia al ángulo de giro de la manivela. A continuación, se explica el desarrollo del modelo para la construcción del diagrama P-V para cada efecto.

PRESIONES EFECTO EXTERNO

Tiempo de admisión:

Para determinar si el efecto externo se encuentra en tiempo de admisión, se verifica el estado de apertura o cierre de la válvula de admisión, esta estará abierta cuando se cumpla lo siguiente:

Si $Y(eva3) > X(ela1)$ y $Y(eva4) > X(elm1) \Rightarrow$ Válvula admisión efecto externo abierta

Si se cumple esta condición la presión dentro del cilindro será igual a la presión de admisión ($P(eadm)$).

Tiempo de expansión:

El tiempo de expansión se genera después del cierre de la válvula de admisión, este se caracteriza porque el pistón se mueve de PMS a PMI y las válvulas permanecen cerradas. Cuando estas condiciones se cumplen el modelo calcula la presión dentro del cilindro con la Ecuación 1, debido a que se produce una expansión politrópica.

El exponente politrópico (n) para vapor sobrecalentado es de 1,3 mientras que para vapor saturado es de 1,135 según las Ecuaciones 2 y 4. El modelo calcula la constante (c) de la Ecuación 1 con las condiciones de presión y vapor al inicio de expansión, debido a que se conoce el exponente politrópico (n), la constante (c) y el volumen para cada grado de giro de la manivela, se puede calcular la presión en cada punto de la curva.

Tiempo de escape antes de PMI:

El tiempo de escape para un ciclo teórico inicia a los 180° de giro de la manivela. Es decir, cuando el pistón está en PMI, la configuración del carrete de expansión permite una apertura de la válvula de escape antes de PMI a los 160°, 152° de giro de la manivela, por lo que la presión dentro del cilindro sigue una línea recta desde la apertura de la válvula hasta PMI, si esta condición se cumple el modelo calcula la presión dentro del cilindro con la Ecuación (85)

$$P = mV + b \quad (85)$$

El valor de (m) se calcula con la ecuación general de la pendiente:

$$m = \frac{P_2 - P_1}{V_2 - V_1} \quad (86)$$

A continuación, la Tabla 40 muestra los parámetros para el cálculo de la pendiente de la curva presión Vs. volumen para el tiempo de escape antes de PMI.

Tabla 40. Datos para el cálculo de presión efecto externo tiempo de escape antes de PMI.

| Dato | Valor |
|-----------------------|---------|
| V1 (in ³) | 55,60 |
| V2 (in ³) | 56,77 |
| P1 (PSI) | 57,89 |
| P2 (PSI) | 11,46 |
| M | -39,46 |
| B | 2252,27 |

Tiempo de escape.

Para determinar si el efecto externo se encuentra en tiempo de escape, se verifica el estado de la válvula de escape, esta estará abierta cuando se cumpla lo siguiente:

Si $Y(ve1) < X(elm2)$ y $Y(ve2) < X(ele2) \Rightarrow$ Válvula escape efecto externo abierta

Si el pistón se mueve de PMI a PMS y se cumple la condición mostrada la presión dentro del cilindro será igual a la presión de escape ($P(eesc)$).

Tiempo de compresión.

El tiempo de compresión se genera después del cierre de la válvula de escape, este se caracteriza porque el pistón se mueve de PMI a PMS y las válvulas permanecen cerradas. Cuando estas condiciones se cumplen se debe tener en cuenta la cantidad de masa remanente en el cilindro para determinar si el tiempo de compresión sigue la trayectoria de la Ecuación 1 debido a una compresión politrópica o sigue una trayectoria diferente.

Al igual que para el cálculo del tiempo de expansión el exponente politrópico (n) para vapor sobrecalentado es de 1,3 mientras que para vapor saturado es de 1,135. El modelo calcula la constante (c) de la Ecuación 1 con las condiciones de presión y vapor al inicio de la compresión. Debido a que se conoce el exponente politrópico (n), la constante (c) y el volumen para cada grado de giro de la manivela, se puede calcular la presión en cada punto de la curva.

Si la presión final de compresión determinada por la curva de compresión politrópica con un coeficiente para líquido saturado de 1,035 es mayor a la presión de admisión y además la masa remanente en el efecto externo $m(erem)$ es pequeña en comparación con la masa de admisión del efecto externo $m(eadm)$ se asume que el tiempo de compresión sigue una trayectoria recta a presión de escape hasta la apertura de la válvula de admisión. La masa de admisión del efecto externo se calcula con la Ecuación 87 mientras que la masa remanente del mismo efecto se calcula con la Ecuación 88.

$$m_{eadm} = V_{eca} \rho_{(eadm)} \quad (87)$$

$$m_{erem} = V_{ece} \rho_{(eesc)} \quad (88)$$

Dónde:

m_{eadm} : Masa de admisión efecto externo

m_{erem} : Masa remanente

V_{eca} : Volumen corte de admisión efecto externo

V_{ece} : Volumen corte de escape efecto externo

$\rho_{(eadm)}$: Densidad del vapor a presión absoluta de admisión efecto externo

$\rho_{(eesc)}$: Densidad del vapor a presión absoluta de escape efecto externo

Presiones efecto interno:

Los tiempos de expansión y escape antes de PMI, se calculan de la misma manera que para el efecto externo. A continuación, se presenta la descripción de los otros tiempos.

Tiempo de admisión antes de PMS.

El tiempo de admisión para un ciclo teórico inicia a 0° de giro de la manivela cuando el pistón se ubica en PMS, debido a que el motor es de doble efecto el pistón se ubicará en PMS del efecto interno cuando el grado de giro de la manivela sea de 180°. La configuración del carrete de expansión permite una apertura de la válvula de admisión antes de PMI a los 170°, 175° de giro de la manivela, por lo que la presión dentro del cilindro sigue una línea recta desde la apertura de la válvula hasta PMS del efecto interno, si esta condición se cumple el modelo calcula la presión dentro del cilindro con la Ecuación 84.

A continuación, la Tabla 41 muestra los parámetros para el cálculo de la pendiente de la curva presión vs volumen para el tiempo de admisión antes de PMS.

Tabla 41. Datos para el cálculo de presión efecto interno tiempo de admisión antes de PMI.

| Dato | Valor |
|-----------------------|---------|
| 1 (in ³) | 10,09 |
| V2 (in ³) | 10,37 |
| P1 (PSI) | 89,60 |
| P2 (PSI) | 11,23 |
| M | -283,30 |
| B | 2949,77 |

Tiempo de admisión:

Para determinar si el efecto interno se encuentra en tiempo de admisión, se verifica el estado de apertura o cierre de la válvula de admisión, esta estará abierta cuando se cumpla lo siguiente:

Si $Y(1va1) < X(ilm2)$ y $Y(iva2) < X(ila2) \Rightarrow$ Válvula admisión efecto interno abierta

Si se cumple esta condición y además el pistón se mueve de PMS a PMI, la presión dentro del cilindro será igual a la presión de admisión del efecto interno $P(iadm)$.

Tiempo de escape:

La válvula de escape del efecto interno se encontrará en estado abierto cuando se cumpla la siguiente condición:

Si $Y(ive3) > X(ile1)$ y $Y(ive4) > X(ilm1) \Rightarrow$ Válvula escape efecto interno abierta.

Cuando se cumpla esta condición y el pistón se mueva de PMI a PMS la presión dentro del cilindro será igual a la presión de escape del efecto interno $P(iesc)$.

Tiempo de compresión:

La masa de admisión del efecto interno se calcula con la Ecuación 89 mientras que la masa remanente se calcula con la Ecuación 90.

$$m_{iadm} = V_{ica}\rho_{(iadm)} \quad (89)$$

$$m_{irem} = V_{ice}\rho_{(iesc)} \quad (90)$$

Dónde:

m_{iadm} : Masa de admisión efecto interno

m_{irem} : Masa remanente efecto interno

V_{ica} : Volumen corte de admisión efecto interno

V_{ice} : Volumen corte de escape efecto interno

$\rho_{(iadm)}$: Densidad del vapor a presión absoluta de admisión efecto interno

$\rho_{(iesc)}$: Densidad del vapor a presión absoluta de escape efecto interno

Finalmente, la Tabla 42 muestra los parámetros iniciales para el sistema de distribución con configuración en expansión.

Tabla 42. Parámetros sistema de distribución carrete de expansión. .

| Parámetro | S. Inglés | S. I |
|---------------------|-----------|---------|
| l [pul] - [mm] | 17,80 | 452,35 |
| r [pul] - [mm] | 0,921 | 23,40 |
| r/l= | 0,0517 | 0,0517 |
| r/2l | 0,0258 | 0,0258 |
| r/4l | 0,0129 | 0,0129 |
| r ² /4l | 0,0119 | 0,302 |
| X(eve4) (in) - (mm) | 16,285 | 413,661 |
| X(eve3) (in) - (mm) | 16,234 | 412,361 |
| X(eve2) (in) - (mm) | 15,583 | 395,811 |
| X(eve1) (in) - (mm) | 14,439 | 366,761 |
| X(eva4) (in) - (mm) | 13,061 | 331,761 |
| X(eva3) (in) - (mm) | 12,301 | 312,461 |
| X(eva2) (in) - (mm) | 11,801 | 299,761 |
| X(eva1) (in) - (mm) | 11,746 | 298,361 |
| X(iva4) (in) - (mm) | 7,289 | 185,161 |
| X(iva3) (in) - (mm) | 7,246 | 184,061 |
| X(iva2) (in) - (mm) | 6,675 | 169,561 |
| X(iva1) (in) - (mm) | 5,825 | 147,961 |
| X(ive4) (in) - (mm) | 4,400 | 111,761 |
| X(ive3) (in) - (mm) | 3,400 | 86,361 |
| X(ive2) (in) - (mm) | 2,900 | 73,661 |
| X(ive1) (in) - (mm) | 2,860 | 72,661 |
| X(ele2) (in) - (mm) | 14,283 | 362,80 |
| X(ele1) (in) - (mm) | 13,665 | 347,10 |
| X(elm2) (in) - (mm) | 13,289 | 337,55 |
| X(elm1) (in) - (mm) | 12,675 | 321,95 |
| X(ela2) (in) - (mm) | 12,568 | 319,25 |
| X(ela1) (in) - (mm) | 11,986 | 304,45 |
| X(ila2) (in) - (mm) | 5,234 | 132,95 |
| X(ila1) (in) - (mm) | 4,631 | 117,65 |
| X(ilm2) (in) - (mm) | 4,498 | 114,25 |
| X(ilm1) (in) - (mm) | 3,907 | 99,25 |
| X(ile2) (in) - (mm) | 3,551 | 90,20 |
| X(ile1) (in) - (mm) | 2,929 | 74,40 |

4. Graficas obtenidas en el motor de vapor de los desarrollos de las simulaciones y modelos realizados.

El motor de vapor monocilíndrico, estudiado en la Universidad Nacional de Colombia tuvo durante el desarrollo de sus pruebas distintas pérdidas de vapor que han sido constantes en el desarrollo de cada una de ellas en elementos como el vástago de las válvulas de carrete como en los instantes de precalentamiento y la formación de condensados mientras el motor obtiene su temperatura de operación, y otras más que serán nombradas en el capítulo.

A continuación, se muestran las gráficas correspondientes al torque total simulado, generado por el motor de vapor en la Figura 65, también el torque de inercia en la Figura 66 y por último el torque instantáneo en la Figura 67, para cada grado de giro de la manivela.

Como se muestra en la Figura 65, el torque total del vapor para una configuración del carrete de expansión presenta puntos máximos similares para cada efecto, a diferencia del torque total de vapor para una configuración de vapor vivo, donde se evidencia un mayor torque en el efecto externo que en el efecto interno.

Una vez ingresados los datos al software *ENGINE* y comparando con la construcción del modelo matemático, se obtienen los siguientes resultados:

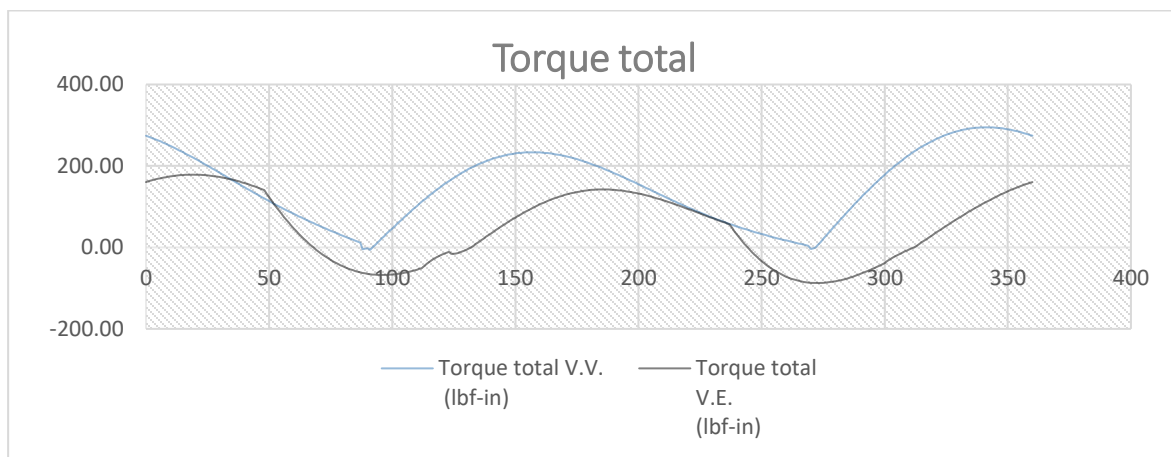


Figura 65. Torque total obtenido en el motor de vapor con simulación en el software ENGINE. (Norton, 2017).

El torque de inercia generado por el MDV como es mostrado en la Figura 66 siendo un valor representativo para el cálculo del torque total en las condiciones de funcionamiento del motor, debido a que este funciona a bajas revoluciones y la magnitud de este dato aumenta a altas revoluciones.

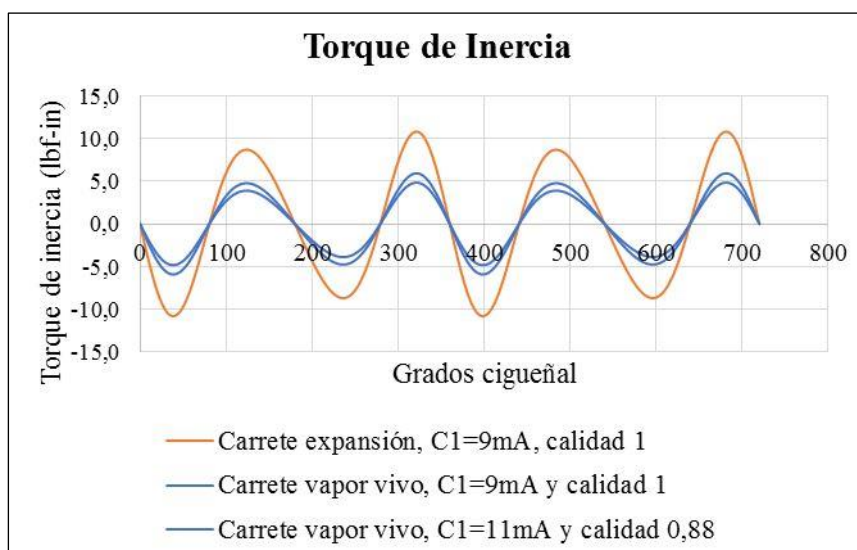


Figura 66 Obtención del torque de inercia con el uso del software ENGINE. (Norton, 2017).

Como es mostrado en la Figura 67, el torque instantáneo del vapor para una configuración de carrete de expansión presenta puntos máximos similares para cada efecto, a diferencia

del torque total de vapor para una configuración de vapor vivo, donde se evidencia un mayor torque en el efecto externo que en el efecto interno.

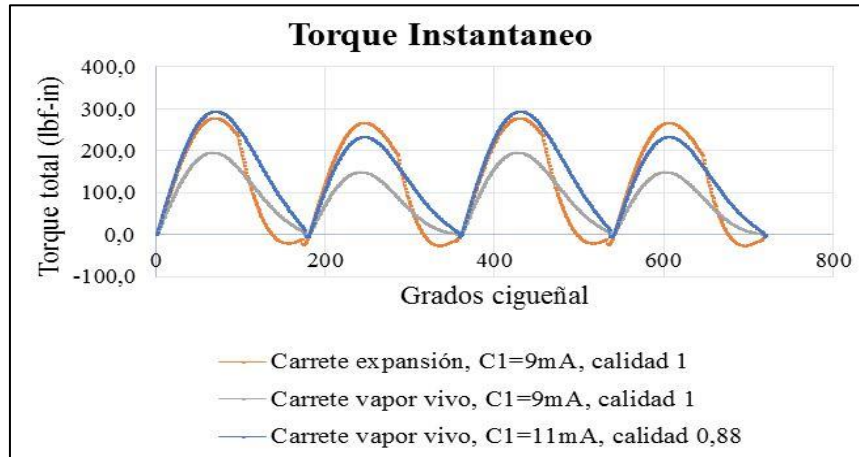


Figura 67. Obtención del torque instantáneo en el motor de vapor con el uso del carrete en expansión y los carretes de vapor vivo. (Norton, 2017).

La Figura 68, muestra los datos obtenidos del torque medio a partir de la simulación y los datos obtenidos a partir de las pruebas experimentales, con la tendencia de las dos curvas, se comprueba que el modelo integrado es una herramienta aproximada para calcular el torque medio entregado por el MDV.

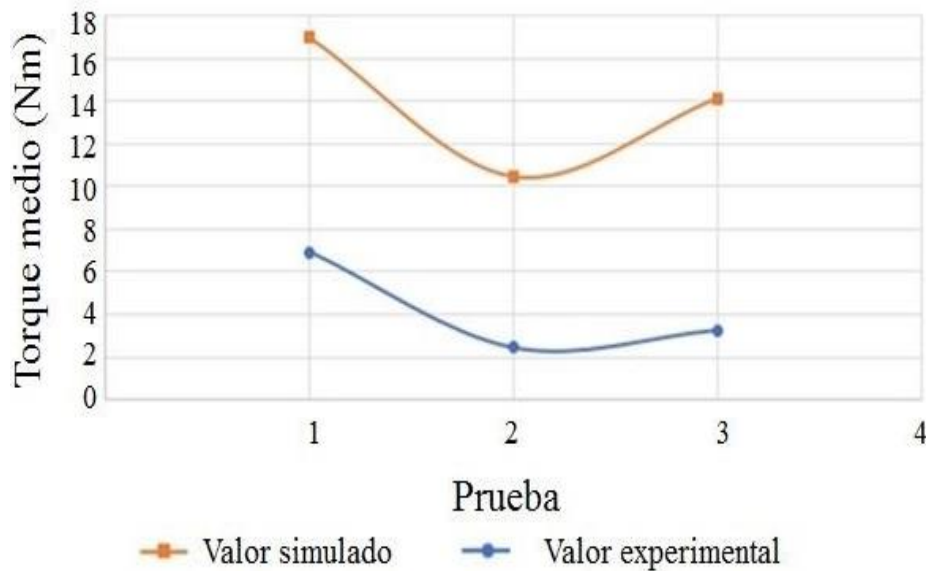


Figura 68. Comparación en resultados de torque obtenido en Nm entre el valor simulado y el valor experimental (Norton, 2017).

Concluyendo los resultados del torque simulado con el torque experimental de la Figura 68, se observa que en los desarrollos simulados no se tienen en cuenta las pérdidas de vapor por instantes de precalentamiento y de fugas en los sellos de las válvulas de carrete de vapor vivo y vapor en fase de expansión. Si se realizara esta corrección de fugas también se encontraría alejado el resultado obtenido experimentalmente del simulado.

4.1 Graficas de posicionamiento de los subsistemas de distribución de vapor vivo, vapor en coeficiente de expansión y corte rápido.

Con la construcción de los modelos cinemáticos en el software excel de los sistemas de transmisión de potencia y distribución de tipo carrete con accionamiento de vapor vivo y vapor en fase de expansión como está en el Anexo B, y Anexo C, se tiene la comparación de los subsistemas de distribución con el de corte rápido se utilizando el software de simulación *DYNACAM* mostrado en el Anexo D, con *ENGINE* Las excentricidades de los tres sistemas de distribución (S.D.D.) fueron introducidas en cada corrida del software, como es mostrado en la Tabla 43, el sistema de distribución de vapor vivo, el de coeficiente de vapor en expansión y el sistema de distribución de corte rápido.

Cada una de estas condiciones de comportamiento cinemático, fueron probadas a una misma velocidad promedio (V_{prom}) de 28,59 rad/s, ($273,01 \text{ min}^{-1}$) donde se introdujeron también los números de segmentos en leva (siendo dos), fueron ingresados los valores de diámetro primitivo y diámetro de elevación de la excéntrica, se tuvo que indicar si existía o no descentramiento en la leva contando con los instantes de máxima elevación y caída de esta.

La función de movimiento rotacional de cada uno de los sistemas de accionamiento se eligió como movimiento armónico simple (M.A.S.), ya que las conformaciones circulares no presentan detenimiento o conformaciones especiales, también fueron tomados los seguidores de las excéntricas completamente planos. *En la Tabla 43, se muestran cada uno de los datos de ingreso al software DYNACAM en sistema Inglés de medidas, obteniendo sus resultados a partir de lo solicitado por el del software donde cada una de las mediciones fueron tomadas y construidas en el software Solid Works V.2016.*

Tabla 43. Generatrices del software Dynacam a partir de las medidas de sus excéntricas.

| SDD, Excéntrica de Vapor vivo | SDD, Excéntrica vapor en expansión | SDD, Excéntrica accionamiento rápido |
|--|--|---|
| Medidas Dynacam en sistema Inglés $\omega = 28,59 \text{ rad/s} = 273,01 \text{ min}^{-1}$ 2 segmentos Levantamiento = 1,28 in r. Primario = 0,35 in | Medidas Dynacam en sistema Inglés $\omega = 28,59 \text{ rad/s} = 273,01 \text{ min}^{-1}$ 2 segmentos Levantamiento = 1,84 in r. Primario = 0,35 in | Medidas Dynacam en sistema Inglés $\omega = 28,59 \text{ rad/s} = 273,01 \text{ min}^{-1}$ 2 segmentos Levantamiento = 0,79 in r. Primario = 1,1 in |
| | | |
| | | |

4.2 Análisis de cinemático de la posición.

Cada uno de los resultados obtenidos son revisados, a partir de cada uno de los parámetros descritos anteriormente, teniendo como primer resultado la Figura 69 que muestra los cambios de posición obtenidos en cada uno de los accionamientos de válvula con cada configuración, ya sea tipo carrete, en coeficientes de distribución de vapor en fase de vapor vivo y expansión, por último está el accionamiento con la válvula de vapor con corte rápido.

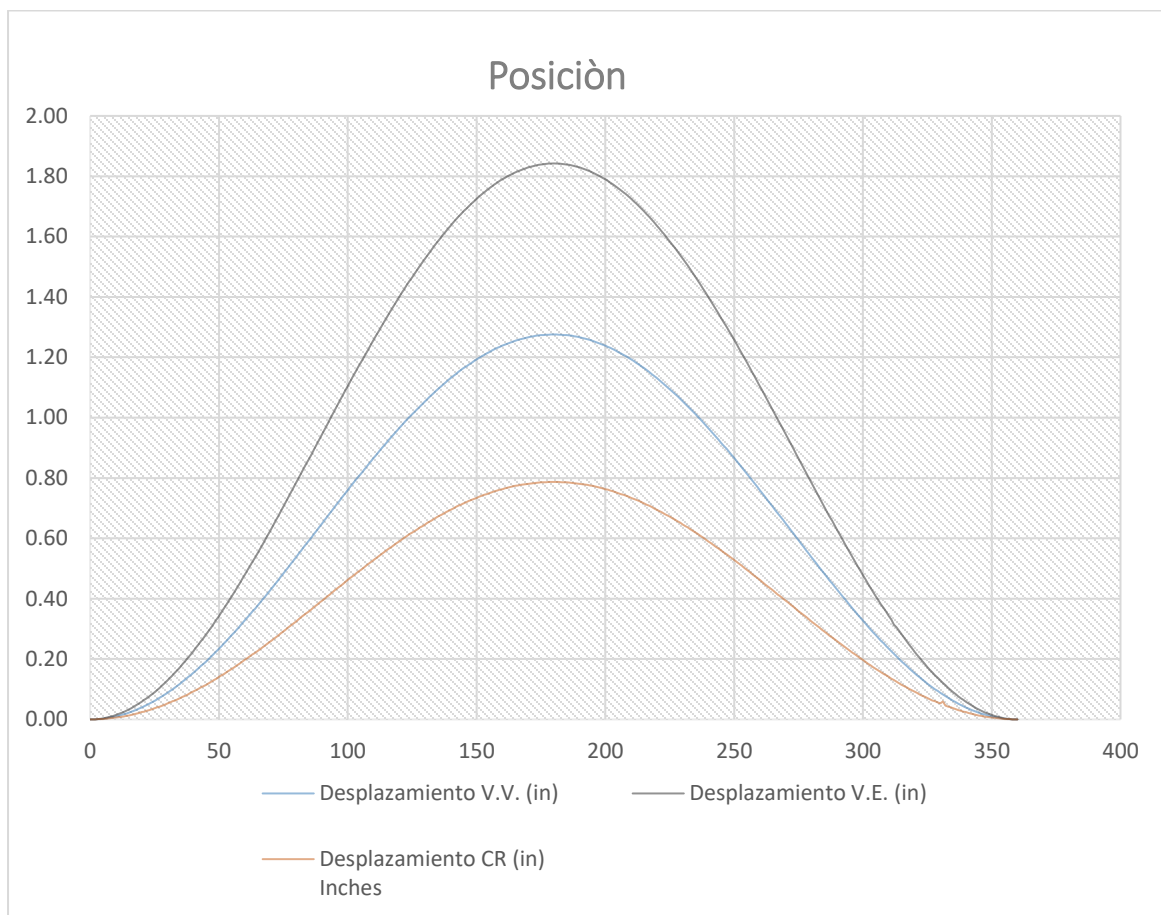


Figura 69. Análisis de posición Dynacam.

Analizando la Figura 69, en sus los cambios de posición, el accionamiento del subsistema de distribución con válvula tipo carrete en fase de expansión (V.E.) en la gráfica, muestra su indicador de comportamiento de color negro, siendo la mayor elevación mostrada de 1,84 in (46,8 mm) en los primeros 180° de giro, después de esto se muestra cómo vuelve a descender en 360°. En las pruebas experimentales, objeto de estudio más adelante, se llega a demostrar que, con este tipo de accionamiento con rodamiento externo en su excéntrica, mostró dificultades en su funcionamiento por su coeficiente de comportamiento de expansión del 59,1% en su carrete, siendo necesaria una mayor calidad de vapor para alimentar cada una de los orificios tipo lumbreras, teniendo que acudir a un tanque homogeneizador con quemadores de gas propano que aumentaran su calidad antes que entre el vapor al motor de vapor (ver Tabla 44), para que cumpla con estos coeficientes, permitiendo tener una reserva de fluido dentro del tanque conservando la continuidad de

funcionamiento con diferentes cargas de frenado a partir del uso del *freno de Prony*, variando el paso de vapor y así las velocidades de fluido.

En la finalización del Anexo D se muestran los diferentes comportamientos en velocidad y aceleración de cada configuración valvular con sus respectivos análisis de comportamiento. Nuevamente analizando la Figura 69, con color indicador azul con descripción de gráfica (V.V.) vapor vivo, muestra las posiciones máximas de accionamiento siendo estas tomadas como diferentes variables de entrada, como es con la excéntrica soportada en rodamiento de la válvula de carrete de vapor vivo con una distancia máxima de desplazamiento de 1,27 in (32,25 mm). Siendo estos dos comportamientos tenidos en cuenta, con el fin de corroborar la analogía de los modelos cinemáticos desarrollados del sistema de distribución de vapor vivo del libro de diseño de maquinaria de Norton como diferente variable de entrada, encontrando que el modelo desarrollado es plenamente análogo y comparable en sus posiciones, por último, se encuentra el indicador de posición de corte rápido (C.R.) de color naranja, que tiene un desplazamiento máximo de 0,787 in (19,98 mm), con 180° de giro siendo el menor de todos pero el que desarrolla más velocidad.

5. PRUEBAS EN CAMPO DEL MOTOR DE VAPOR DE EMBOLO RECIPROCANTE CON LOS TRES DIFERENTES SUBSISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.

Con cada una de las instalaciones de los subsistemas de distribución, como fueron las de vapor vivo, vapor en fase de expansión y el sistema de corte rápido, en el motor de vapor fueron realizados los respectivos aseguramientos metrológicos de forma manual, con el uso de herramientas metrológicas como calibradores pie de rey, comparadores de carátula, galgas y reglas de planitud. Se tuvo como parámetro guía cada uno de los CAD desarrollados durante este proyecto mostrados en el Anexo F, en conjunto con la guía de ajustes metrológicos, realizando las diferentes relaciones de posición para el buen funcionamiento del motor de vapor en cada una de las pruebas experimentales realizadas.

5.1 Montaje del circuito térmico.

Para llevar a cabo los desarrollos experimentales en el motor de vapor se instaló y se comprobó inicialmente el funcionamiento de la respectiva instrumentación del motor de vapor ubicada en posiciones medibles, con el fin de tomar los comportamientos del motor de vapor como el flujo de vapor, las presiones en diferentes partes del circuito térmico, la temperatura de vapor al ingreso y velocidad rotacional del motor de vapor. En las Figuras 43 y 70, se muestra el diagrama y parte de la instrumentación utilizada para la realización de las pruebas. Toda la operación realizada comienza desde la caldera de vapor del laboratorio de plantas térmicas de la UNAL sede Bogotá hasta su finalización en el último manómetro medidor de la presión de vapor y el termómetro de bulbo instalado en tubería antes que ingrese al motor de vapor.

En la Figura 70 se muestran inicialmente, los dos primeros manómetros medidores de presión antes (1) y después (2) de la válvula reguladora de la presión de diámetro de tubería de $\frac{1}{2}$ " pul. que, en compañía de una válvula de vapor tipo cortina del mismo diámetro, se encarga de regular el paso de vapor y entregar la presión adecuada en segunda estancia. Durante las pruebas experimentales se revisó que la presión estuviera

entre los 4 y 5 $kg_f/cm^2 = 56,9$ y $71,1$ psi , ya que la caldera de vapor durante su funcionamiento entrega presiones de vapor oscilantes como, por ejemplo, algunos instantes de carga y descarga, que podían perjudicar los resultados de las pruebas experimentales realizadas.



Figura 70 Instalación de manómetros antes (1) y después (2) de la válvula reguladora de la presión.

5.1.1 Instalación de flujómetro medidor de la velocidad del fluido.

Como se muestra en la Figura 71 en la parte izquierda, está el flujómetro tipo vortex marca YOKOGAWA del que se dispuso para la obtención de datos durante cada una de las pruebas realizadas, entregando una señal proporcional al flujo másico de vapor [lbm/h], (su configuración de fábrica es para operar con una densidad fija o constante, donde el flujo másico se obtiene con la expresión $\dot{m} = \rho Q$, y la densidad es aproximada a la de vapor saturado seco a una presión fija). Para más información puede remitirse al anexo G de este documento. La válvula reguladora de flujo instalada usualmente genera una pérdida de presión significativa por la estrangulación al paso del vapor, que varía según la condición de flujo, para la correcta medición de este instrumento es necesario colocar el flujómetro de vortex antes de la válvula reguladora de flujo. La parte derecha de la Figura 71 muestra el multímetro utilizado que debe ser ubicado en su dial en función de miliamperios (mA) para la realización de las pruebas, ya que su variación representa el cambio del flujo de fluido en el interior del medidor, el flujómetro se debe ser alimentado a 24 VDC con el uso de una fuente de poder, para obtener las variaciones en su comportamiento, también debe ser instalada una resistencia de 220 Ω en el circuito de

montaje sirviendo para obtener un estándar de mayor precisión en las mediciones realizadas.



Figura 71 Flujómetro YOKOGAWA IM 1F2B4-01 YIA y Multímetro FLUKE 27 10 A DC/ 10 A AC.

A continuación, en la Figura 72 se muestra el montaje del circuito eléctrico realizado para la toma de datos del comportamiento del flujómetro a través del indicador del multímetro *FLUKE 27* en función de miliamperios.

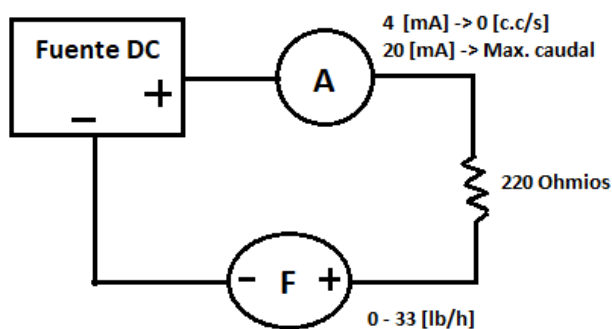


Figura 72. Esquema de conexión eléctrica del flujómetro para realización de pruebas.

Después que el vapor pasa por el flujómetro, este sigue su paso a la válvula reguladora de flujo de vapor, que con una conexión neumática de 30 psi (2,04 bar) al cuerpo de la válvula y el uso de un generador de señales eléctricas calibradas (loop calibrator), como es mostrado en la Figura 73, hace que varíe de forma gradual el flujo de vapor, demostrando en el manómetro número 3 la llegada de presión de vapor, medido antes de la válvula reguladora de flujo de vapor, reflejando su cambio a través del manómetro número 4 después de la válvula reguladora de flujo. Durante el desarrollo de cada una de las pruebas se hicieron variaciones en el flujo de vapor para que las diferencias de presión fueran

descendiendo en el manómetro número 4 cada 5 psi de forma sucesiva de acuerdo con las mediciones necesarias, para cada una de las pruebas realizadas.



Figura 73. Generador de señales y manómetros 3 y 4 de la válvula reguladora de flujo.

En la Figura 74 se muestra el montaje del circuito térmico, mostrando en la parte izquierda el multímetro FLUKE 27 en función de mA, en compañía de la fuente regulada a 24 V DC que alimenta el flujómetro, por último, se encuentran los manómetros 3 y 4 que hacen parte del sistema de regulación del flujo de vapor, administrado por el generador de señales de la Figura 73 y la presión neumática de 30 psi que llega a la válvula reguladora de flujo.

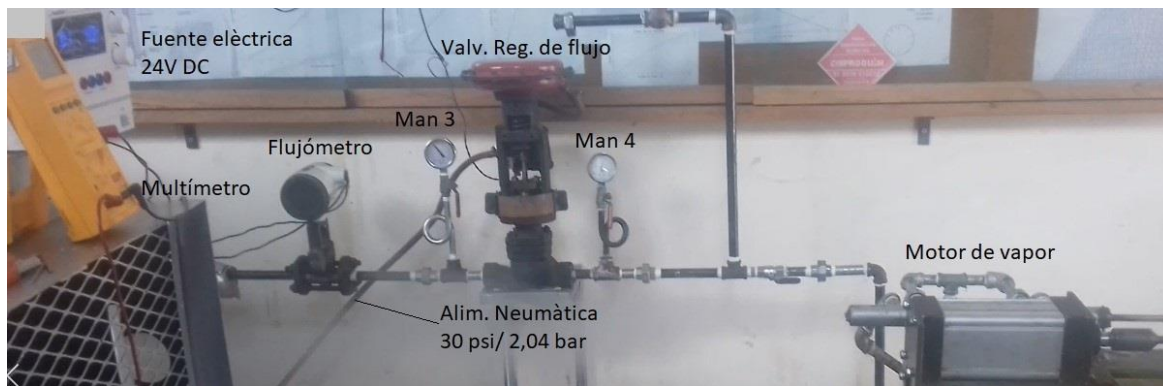


Figura 74. Parte del circuito térmico instaurado llevado en el montaje realizado.

Con la salida del fluido de forma regulada, este desciende a través de la tubería de $\frac{1}{2}$ " al tanque homogeneizador (Figura 75) con capacidad de 5 L el cual se usa como reserva adicional de vapor, con el fin que permita desarrollar la velocidad del motor de manera constante y como una opción de mejora en la calidad del vapor por los quemadores de gas

propano que tiene en el interior por los tubos que lo atraviesan. El tanque homogeneizador tiene instalado un manómetro de 0 a 150 psi que indica la presión de vapor antes que ingrese al motor y en la tubería de salida del tanque se encuentra un termómetro que entregará finalmente los datos de ingreso de temperatura de vapor al motor, en la Figura 75 se muestra el tanque en compañía del termómetro de bulbo de 2" y el manómetro antes del ingreso de vapor al motor de vapor.



Figura 75. Tanque homogeneizador con manómetro y medidor de temperatura.

También es medida la velocidad de rotación del motor de vapor de manera manual con un medidor digital de velocidad rotacional de alta resolución y precisión de 0,05% 1D marca MINIPA como es mostrado en la Figura 76. El uso de este medidor sirve para tomar los comportamientos en el eje de salida según regulación del flujo de vapor y carga puesta en él.



Figura 76. Medición de velocidad rotacional en el eje de salida del motor de vapor.

El freno de fricción tipo *Prony* como muestra la Figura 77 consiste en un disco de fricción y una banda que hace el trabajo de frenado, operando en la superficie exterior del disco de fricción. Unido al sistema de frenado hay un par de balanzas tipo muelle, que a medida que se aplique mayor cantidad de tensión, va a existir mayor carga para el motor obteniendo así de los torques en el motor de vapor.

El disco está directamente conectado al eje principal del motor de vapor para ser testeado, una vez el disco rota, se aprieta el freno, imponiendo la carga al motor que a medida que va girando causa que la báscula de muelle sea tensionada mostrando su escala en kilogramos o libras.

Para la realización de las pruebas, el motor debe estar rotando a una velocidad específica, entonces es tensionado el freno hasta que la velocidad vaya bajando y el peso en la báscula de muelle sea notado. Esta operación fue realizada repetidas veces en las pruebas experimentales.

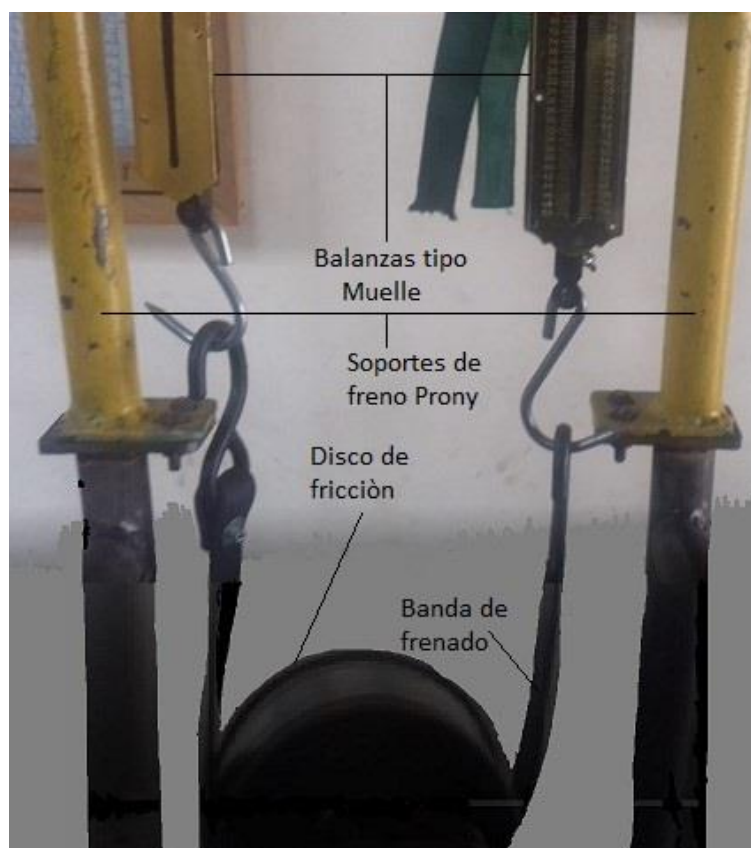


Figura 77. Freno Prony de fricción usado para las pruebas experimentales.

Finalmente la Figura 78 muestra la imagen de una prueba realizada en el motor de vapor donde se ve cada uno de los mecanismos interactuando, siendo medidos sus movimientos en el eje de salida a través del medidor de velocidad infrarojo y el uso del freno de Prony.

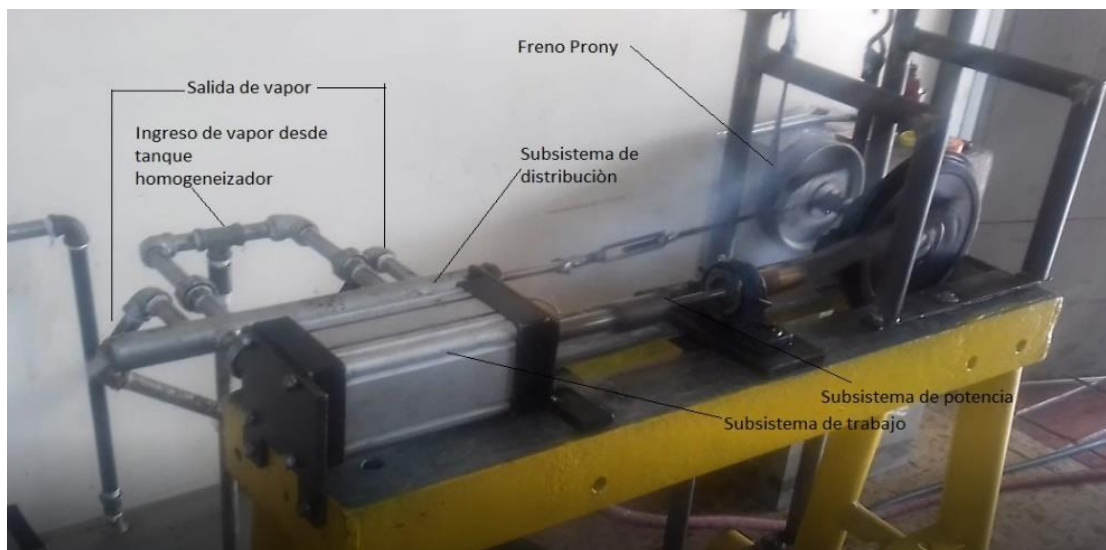


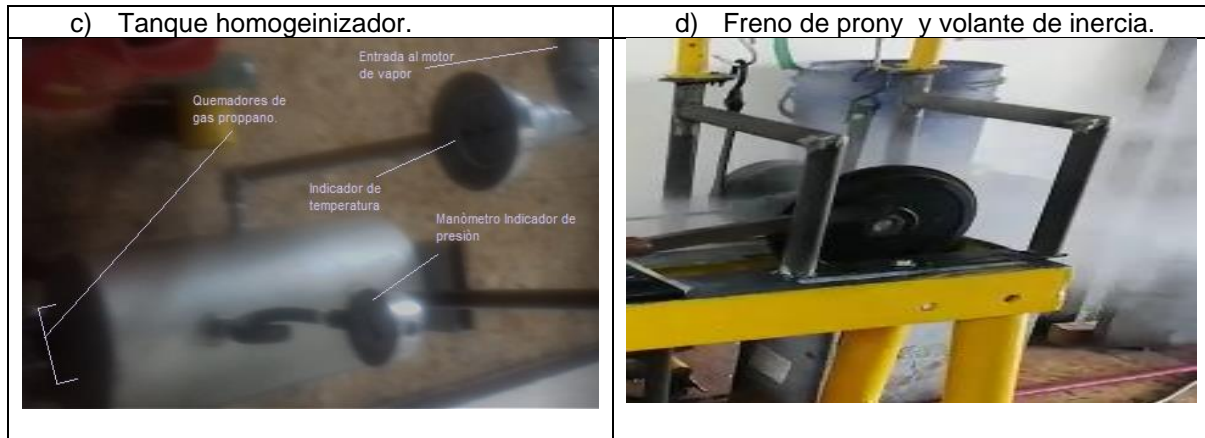


Figura 78. Motor de vapor en funcionamiento.

A continuación, en la Tabla 44 se muestra algunas de las partes del motor de vapor instaladas para la realización de las pruebas con el vapor con válvula de distribución tipo carrete en fase de expansión.

Tabla 44. a) Excéntrica de vapor en expansión, b) Carcasa del sistema de distribución, c.) Tanque homogeneizador y d) Freno de Prony con volante motor.

| a) Excéntrica vapor en expansión, con rodamiento externo | b) Carcasa distribuidor y válvula de carrete dentro de la carcasa. |
|---|--|
|  |  |



Para el montaje del coeficiente de distribución de corte rápido, este desplazamiento permite poner en funcionamiento la válvula, con su devolución de posición por medio de resorte o muelle mecánico, es de notar que el eje central que atraviesa el disco excéntrico tiene un diámetro de 1 in (25,4 mm), como es mostrado en cada uno de los planos desarrollados en el anexo E. A continuación, en la Figura 79 se muestra el montaje realizado para poner en funcionamiento la válvula.



Figura 79. Sistema de distribución de corte rápido.

5.2 Resultados de las pruebas experimentales realizadas.

En el motor de vapor las pruebas experimentales fueron realizadas con las válvulas tipo carrete con el coeficiente de comportamiento de vapor vivo y coeficiente de vapor en fase de expansión y por último con la válvula de corte rápido de accionamiento por leva. En este último accionamiento se realizaron pruebas con aire comprimido como fluido. A

continuación, en el orden en que se nombraron cada uno de estos subsistemas de distribución, serán mostrados cada uno de los resultados obtenidos.

5.2.1 Resultados experimentales con el subsistema de distribución de vapor vivo.

La adquisición de datos fue realizada de forma análoga, cada integrante del grupo de pruebas del motor de vapor tomó los resultados en cada punto de la línea de vapor, los comportamientos del motor fueron tomados cada 15 segundos. Las condiciones iniciales se regulaban tal que la válvula reguladora se calibrara en su paso máximo 65 psi (4.42 bar), verificando previamente el caudal de la válvula de control para que la presión de salida regulada se mantuviera en 65 psi como lo muestra el Anexo H.

Durante el experimento existieron momentos en los que la presión de vapor oscilaba por el encendido automático de caldera para que mantuviera su presión, causando que se regenerara el vapor. En los instantes en que sucedía esto se debía esperar a que regulara nuevamente la presión de entrega de la caldera, encontrando que el manómetro 1 se encontrara máximo en una presión de 73.5 psi (5 bar).

A continuación, en la Tabla 45 se muestran cada una de las condiciones iniciales para el desarrollo de las pruebas.

Tabla 45. Condiciones iniciales motor de vapor para pruebas. .

| Condición | Valor |
|--|-------------------------|
| Presión regulada [psi] | 65 |
| Presión caldera [psi] | 90 |
| Presión neumática válvula de control [psi] | 30 |
| Volumen desplazado efecto interior | $5.82 \times 10^{-4} m$ |
| Volumen desplazado efecto exterior | $6.75 \times 10^{-4} m$ |
| Radio de freno | 0,083 m |

Cada una de las pruebas fueron realizadas hasta que existiera repetitividad en el motor de vapor con válvula de vapor vivo, la cual fue lograda teniendo 3 pruebas finales en las cuales el motor de vapor logró desarrollar una velocidad angular mínima de $70,2 \text{ min}^{-1}$ y rangos máximos de hasta 240 min^{-1} .

Se hizo un reconocimiento del cambio de mili Amperaje entre la medida tomada en el flujómetro en funcionamiento y el cambio en el generador de señales, que hacía el cambio de regulación de flujo de vapor hacia el motor, corroborando a través de la Figura 80 de regresión lineal que se muestra a continuación, encontrando la proximidad de calibración en los valores obtenidos.

También se comprueba la variación entre el flujo másico y la presión análoga leída en cada uno de los manómetros, encontrando que a medida que se abren cada una de las válvulas de forma manual o a través de la válvula reguladora de flujo se aumenta el paso, incrementando su flujo sobre todo en el punto de presión donde se abre el paso de vapor a través del generador de señales, incrementando su flujo másico como muestra la Figura 80.

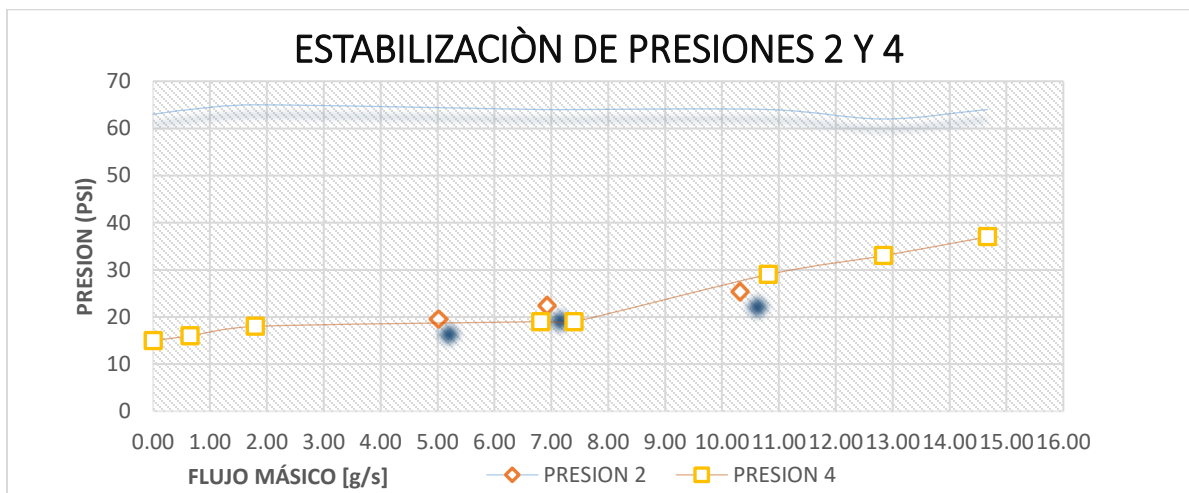


Figura 80. Comportamiento de las presiones en los ductos comparado con el flujo másico.

Logrando la repetitividad en el comportamiento del motor de vapor se obtuvieron resultados medibles como es mostrado en el Anexo H, en el cual se realizaron pruebas ascendentes en carga para el motor de vapor como descendentes, de los cuales se mostrarán la obtención de resultados más relevantes.

En la Figura 81 se muestran diferentes desarrollos de manera repetible del torque en el motor de vapor, despreciando la fricción generada en la banda de frenado en contacto con el disco de fricción del conjunto del freno Prony, también se muestra la obtención del torque en el motor de vapor comparado con la carga en kilogramos fuerza, realizando el ajuste

de forma progresiva con el uso del avance de la tuerca central del freno Prony, en el que se tensionan las básculas tipo resorte. Inicialmente en la prueba se tiene una velocidad de inicio de 220 min^{-1} sin ninguna carga colocada, una vez se van colocando las cargas de forma progresiva la velocidad angular del motor de vapor tiende a decrecer, teniendo un punto de estabilización momentánea a 153 min^{-1} , finalmente se llega a una carga de $8,5 \text{ kg}_f$ donde el torque obtenido fue de $6,91 \text{ Nm}$ reduciendo la velocidad angular a 114 min^{-1} , siendo el máximo obtenido en esta corrida.

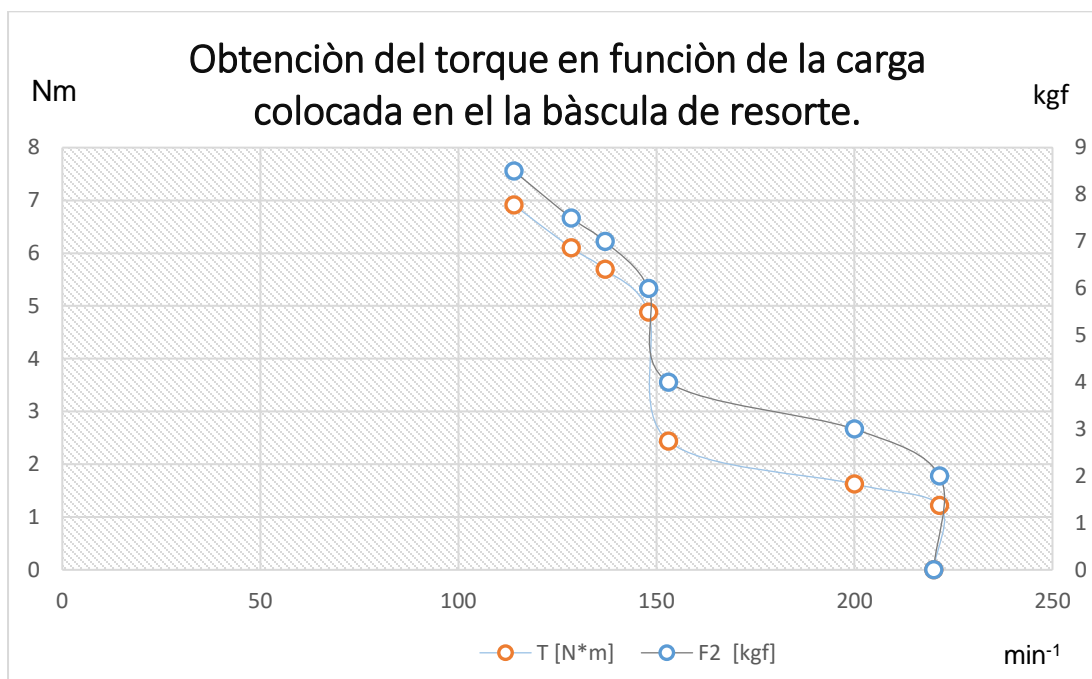


Figura 81. Obtención de torque en función de mayor carga en las básculas de resorte.

El comportamiento del torque obtenido con la válvula de vapor de la corrida 1 es comparado con la potencia del motor de vapor, variando los rpm de las pruebas realizadas. En la Figura 82 se observa una estabilización en la potencia desarrollada en el motor de vapor de $82,5 \text{ W}$ a $81,6 \text{ W}$ en velocidades angulares de $114,8$ a $137,8 \text{ min}^{-1}$, mientras que el desarrollo del torque máximo fue de $6,91 \text{ Nm}$ a 114 min^{-1} . También se observa un decrecimiento en la zona media, en el desarrollo de los torques y la potencia, debido al instante de tiempo de estabilización que necesita el motor de vapor y a la excesiva fricción entre rueda y banda que hace que tienda a interrumpir su desarrollo.

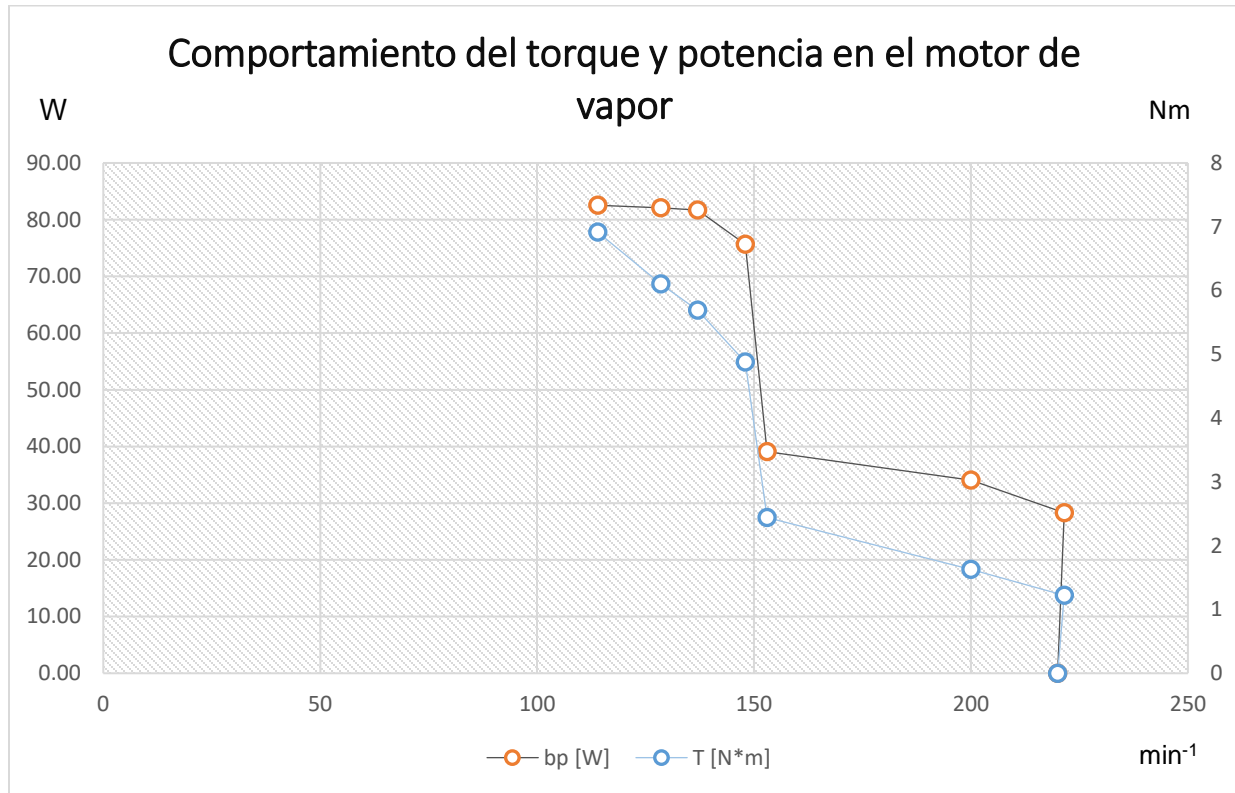


Figura 82. Desarrollo del torque y potencia en motor de vapor con válvula de vapor vivo.

El comportamiento del flujo másico comparado con el desarrollo del torque en el motor de vapor. Se logra a través de la Figura 83, que muestra el inicio a altas rpm del motor a 221 min^{-1} y un flujo másico de $8,18 \text{ kg/s}$. A medida que va en aumento el torque del motor de vapor, con la disminución de su velocidad angular también el flujo másico de vapor va en caída, haciendo que el flujo del fluido se ralentice por la excesiva fricción de frenado. Finalmente, se observa que el máximo torque asciende hasta $6,91 \text{ Nm}$ a 114 min^{-1} , mientras que el flujo másico disminuye hasta $3,99 \text{ kg/s}$. Para solucionar esto se debe disminuir la fricción en el conjunto del freno motor.

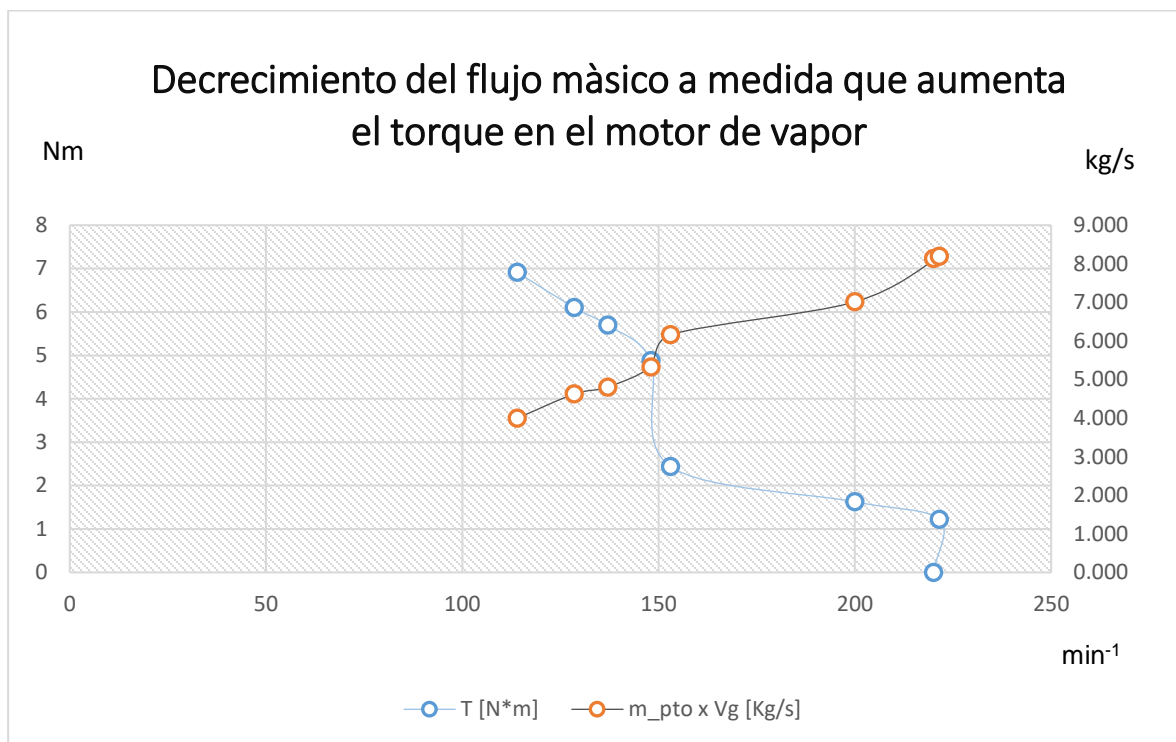


Figura 83. Decrecimiento del flujo másico a medida que aumenta el torque en el motor de vapor.

5.2.2 Segunda corrida de pruebas de vapor vivo sin sobrecalentamiento y con sobrecalentamiento.

En una segunda prueba experimental se planeó realizar un sobrecalentamiento del vapor cuando llegara al tanque homogeneizador con el fin de incrementar el torque y la potencia al freno en el motor de vapor. Para cumplir con esto, al tanque homogeneizador le fueron instalados unos quemadores que fueron alimentados con gas combustible propano (C_3H_8), donde durante la corrida realizada, se logró incrementar la calidad del vapor, pero no fue posible hacer un sobrecalentarlo significativo, esto debido al largo trayecto del ducto de salida de vapor proveniente de caldera hasta la llegada del fluido al motor de vapor y la ausencia de un aislante térmico tipo chaqueta.

También son mostrados los resultados obtenidos con el motor de vapor con mejora en su calidad de vapor dentro del tanque homogeneizador usando la válvula de carrete de vapor vivo, para mayor conocimiento de cada una de las variables de las pruebas realizadas, remitirse al anexo H, donde se muestra el desarrollo de las demostraciones de las

siguientes pruebas principales. Como por ejemplo la de la Figura 84, la cual muestra la generación del torque con línea indicadora de color azul, obteniendo un máximo torque de 2,03 Nm a 101 min^{-1} , mientras que el máximo desarrollo de la potencia al freno, mostrada en línea naranja- negro es de 21,5 W a 101 min^{-1} , de acuerdo con este comportamiento si se decide aumentar más el frenado se van a disminuir más los min^{-1} ralentizándolo y provocando la disminución del torque y la potencia al freno.

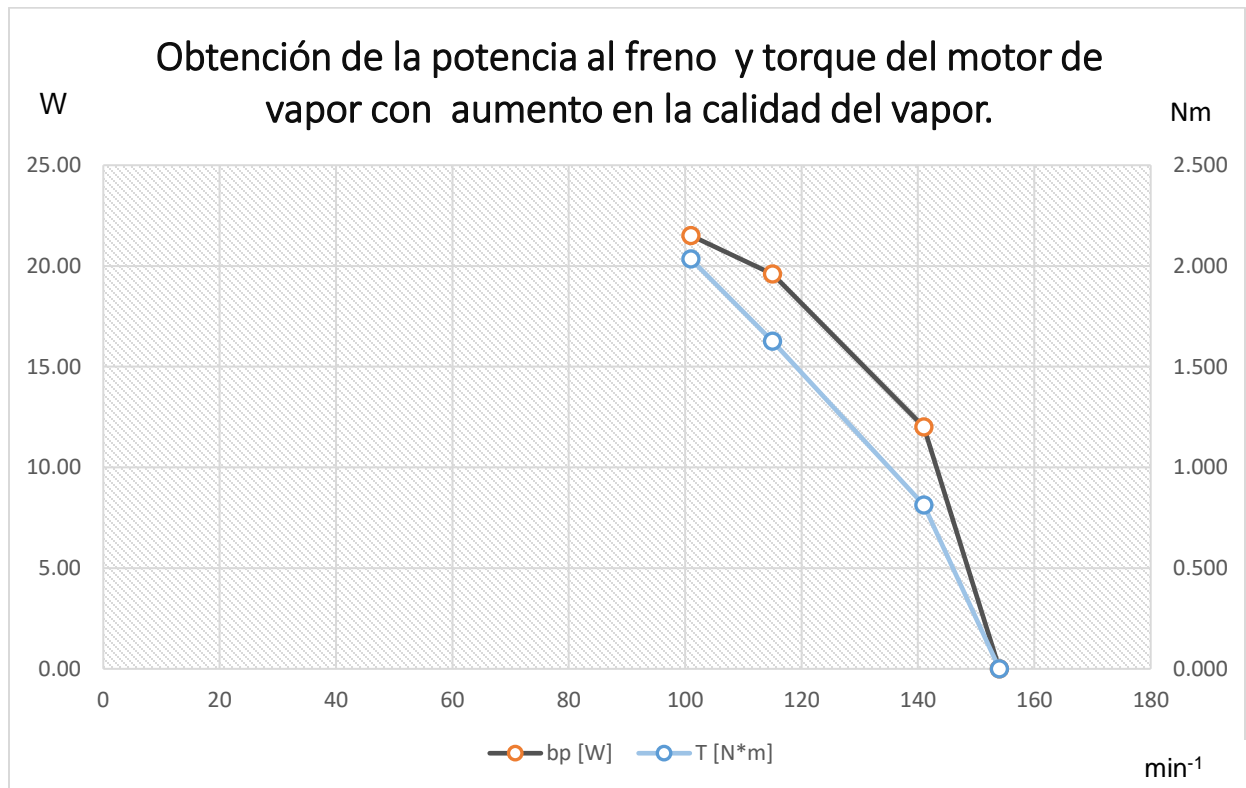


Figura 84. Obtención de la potencia al freno y torque del motor de vapor con aumento en la calidad del vapor.

Con la mejora en la calidad del vapor se construye a partir de los resultados obtenidos la Figura 85, demostrando progresivamente que a medida que se va generando más fuerza en el freno de fricción, también se genera mayor cantidad de torque en el motor de vapor llegando hasta el límite de su desarrollo. Los torques son mostrados en la gráfica, de color naranja, mientras que de color negro con indicadores azules está el aumento de la fuerza en el motor de vapor, demostrando el equilibrio obtenido en los resultados y que si se llegase a aumentar la fuerza esta llegará al límite en que se reducirá completamente el desarrollo de la velocidad en el motor de vapor.

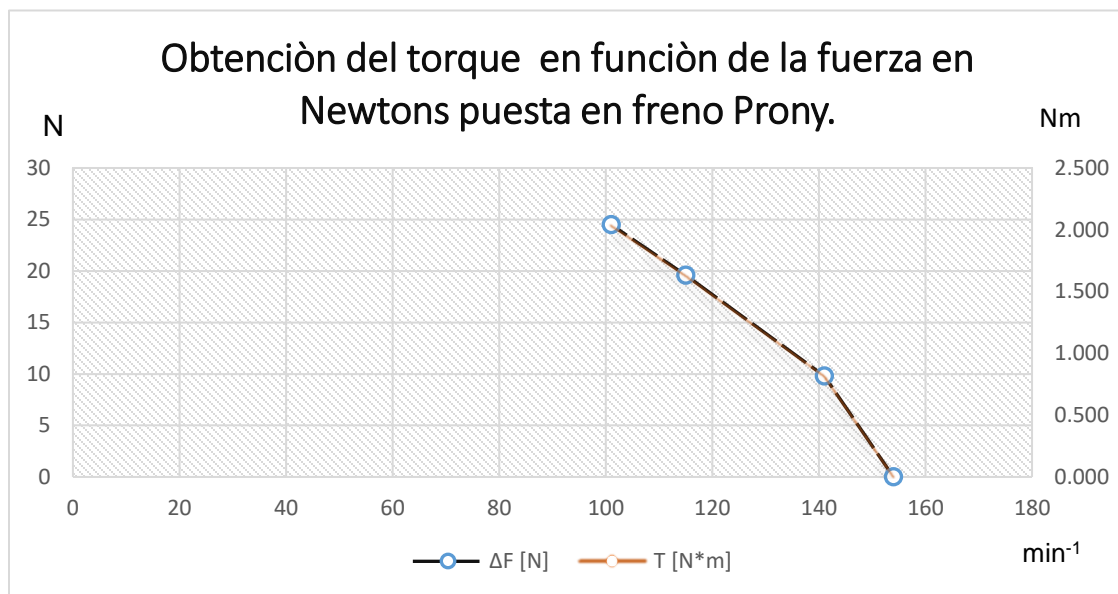


Figura 85. Obtención del torque en función de la fuerza en Newton puesta en el freno Prony.

Se puede sacar un mejor desarrollo en el torque del motor con mayores recalentamientos de vapor en el tanque homogeneizador que conllevan a un aumento en la temperatura del vapor y la elevación del flujo del fluido de trabajo para la obtención de mejores potencias al freno. Durante las pruebas experimentales no se pudo realizar debido a que los quemadores de gas estaban acomodados para calentar solamente una parte del tanque homogeneizador y no su totalidad, lo cual decrece el incremento en la calidad del vapor durante las pruebas.

5.2.3 Resultados pruebas experimentales con válvula de carrete en coeficiente de expansión.

Durante el desarrollo de las pruebas del motor de vapor y con el montaje de la válvula de vapor con coeficiente de expansión, se encontró que la puesta en movimiento inicial era bastante difícil de realizar ya que el coeficiente de expansión requiere una mejor calidad en el vapor utilizado para las pruebas, lo que motivó a recalentar el vapor y así mejorar su calidad. Con el uso de gas propano (C_3H_8) como combustible recalentador, que aumenta la temperatura en el tanque homogeneizador, donde los condensados que se iban formando al momento de llegar al tanque eran evaporados nuevamente, Anexo I.

En la Figura 86 se muestra el comportamiento del motor de vapor con válvula de carrete con coeficiente de expansión teniendo un máximo desarrollo torque de 3,25 Nm (puntos de comportamiento de color naranja), a una velocidad de 154 min^{-1} , habiendo comenzado la prueba a 196 min^{-1} y 0,81 Nm, también el desarrollo de la potencia al freno en esta prueba experimental comienza a 196 min^{-1} y 16,70 W (puntos de progresión de color gris), llegando hasta el desarrollo de una máxima potencia de 52,47 W a 154 min^{-1} . Se tiene una relación de velocidad en medio de la prueba en que se llegan a velocidades angulares de hasta 209 min^{-1} con potencias al freno de 35,60 W y 1,62 Nm, lo cual puede ser un punto estabilización en funcionamiento con baja carga para el motor y gran velocidad de desarrollo, La instauración de las fuerzas se hizo de manera progresiva comenzando con una fuerza de 9,8N a 196 min^{-1} en el motor , la cual se fue incrementando en valores de 19,6 Nm con desarrollo de 209 min^{-1} , 29,4 Nm desarrollando 170 min^{-1} y 39,2 Nm, finalizando con una velocidad angular de 154 min^{-1} .

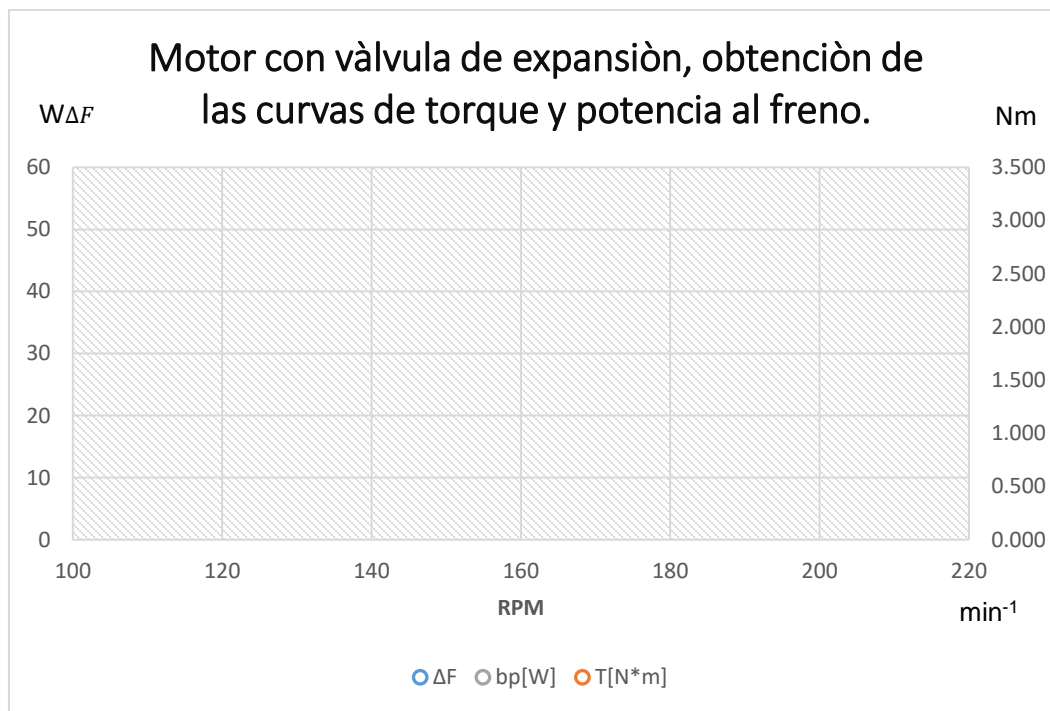


Figura 86. Motor con válvula de expansión, obtención de las curvas de torque, potencia al freno y fuerza colocada.

Con la obtención del torque en el motor de vapor con el uso de la válvula en fase de expansión, se muestra su correlación con el flujo másico donde en la Figura 87, al comienzo de la prueba a 200 min^{-1} con una mínima generación de torque, se tiene un flujo

másico de 5,44 g/s (progresión de puntos color naranja). En el punto de estabilización del motor de vapor tiene un torque de 1,62 Nm a 209 min⁻¹ (progresión de puntos de color azul), incrementando el flujo másico a 5,97 g/s. Finalmente se encuentra que el flujo másico va decreciendo a medida que va en aumento el torque del motor de vapor con un resultado final de velocidad angular de 154 min⁻¹, en las que la obtención del torque final es de 3,52 Nm a un flujo másico de 4,81 g/s. Si se busca el incremento de torque, el flujo másico seguirá decreciendo, produciendo una súbita disminución en el desarrollo del torque final en el motor de vapor por si se aumenta su carga.

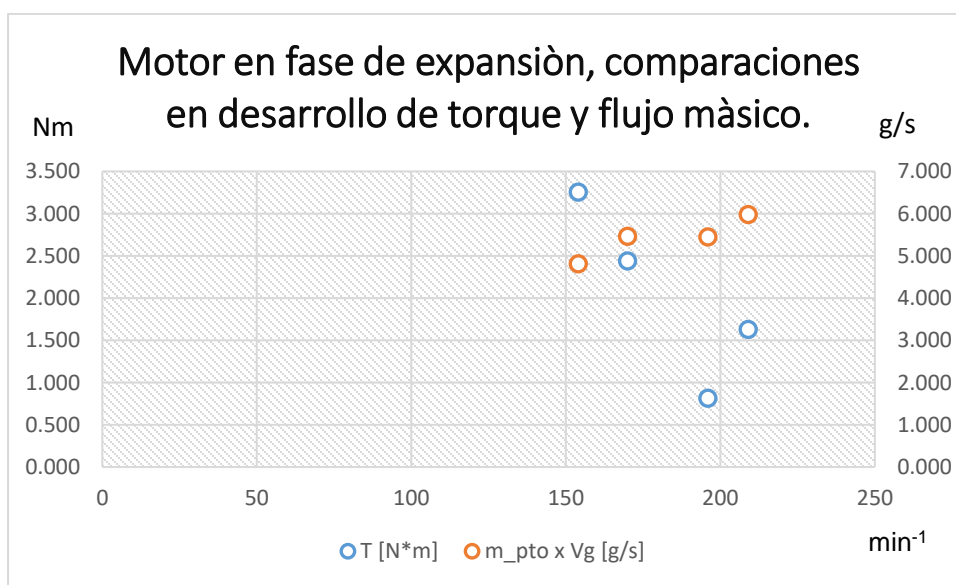


Figura 87. Motor en fase de expansión, comparaciones en desarrollo de torque y flujo másico.

A partir de los resultados mostrados, se hace necesario incrementar mucho más la calidad del vapor con procesos de recalentamiento de este, ya que se necesita que el vapor esté lo más seco posible para que existan mejores expansiones al momento de ingreso de vapor al motor y se obtengan mejores resultados en torque y potencia al freno.

5.2.4 Resultados de pruebas experimentales con válvula de corte rápido.

La realización de cada una de las pruebas con la válvula de corte rápido llevó a que en el motor de vapor debiera realizarse una modificación sustancial para poder comunicar el subsistema de potencia con el de distribución y así darle su funcionamiento recíprocante,

cuando se establecían los tiempos de apertura y cierre de esta válvula de corte rápido. A continuación en la Figura 88, se muestran cada uno de los comportamientos obtenidos durante las pruebas experimentales de funcionamiento, valiendo la pena aclarar que se obtuvieron mejores resultados realizando las pruebas con aire comprimido, ya que cada vez que se iban a realizar estas pruebas con vapor proveniente de caldera, se debía ajustar previamente las piezas, con mayor aplicación de torques en todos los mecanismos, por la mayor cantidad de partes y pesos en piñones, más la cadena del sistema de distribución y el volante del motor en eje del sistema de transmisión de potencia ocasionando rápidos desbalances mecánicos en cada uno de sus subsistemas. En el desarrollo de la gráfica se puede observar el comportamiento del motor de vapor donde se obtiene la mayor velocidad angular comparado con los otros dos subsistemas de distribución con un comienzo a 340 min^{-1} sin ninguna carga en el freno Prony. A medida que se va incrementando la carga en el motor de vapor se van aumentando a su vez los desarrollos de torques y potencia, encontrando una máxima potencia de $487,7 \text{ W}$ a una velocidad angular de 260 min^{-1} , después esta potencia al freno va decreciendo por que disminuye su velocidad angular. Esto no sucede con el torque que sigue incrementándose a pesar de seguir disminuyendo su velocidad angular donde finalmente logra obtenerse un máximo de $20,36 \text{ Nm}$ a 224 min^{-1} .

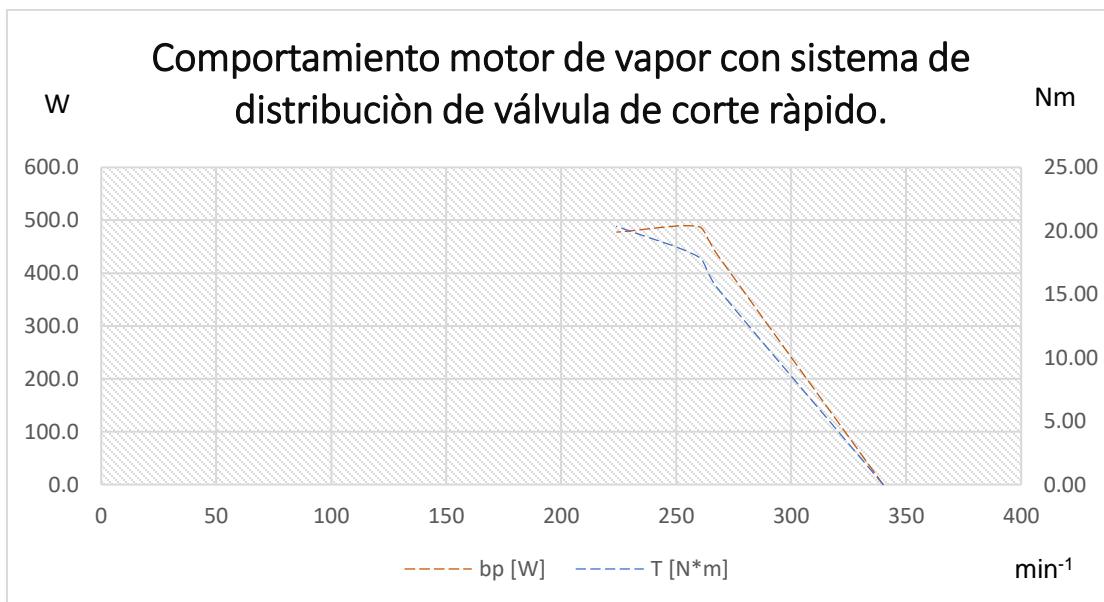


Figura 88. Obtención de parámetros de torque y potencia al freno con el sistema de distribución de corte rápido.

Es realizada una comparación en los comportamientos del motor de vapor, mientras que se va incrementando la carga en la báscula de resorte someténdola a tensión mientras el motor de vapor está funcionando, mostrando la variación el desarrollo del torque en el motor de vapor, siendo este proporcional como es mostrado en la Figura 89, en la cual se tensiona la báscula a una carga máxima de 25 kg a 224 min^{-1} con un torque de 20,36 Nm llegando a su punto máximo de desarrollo.

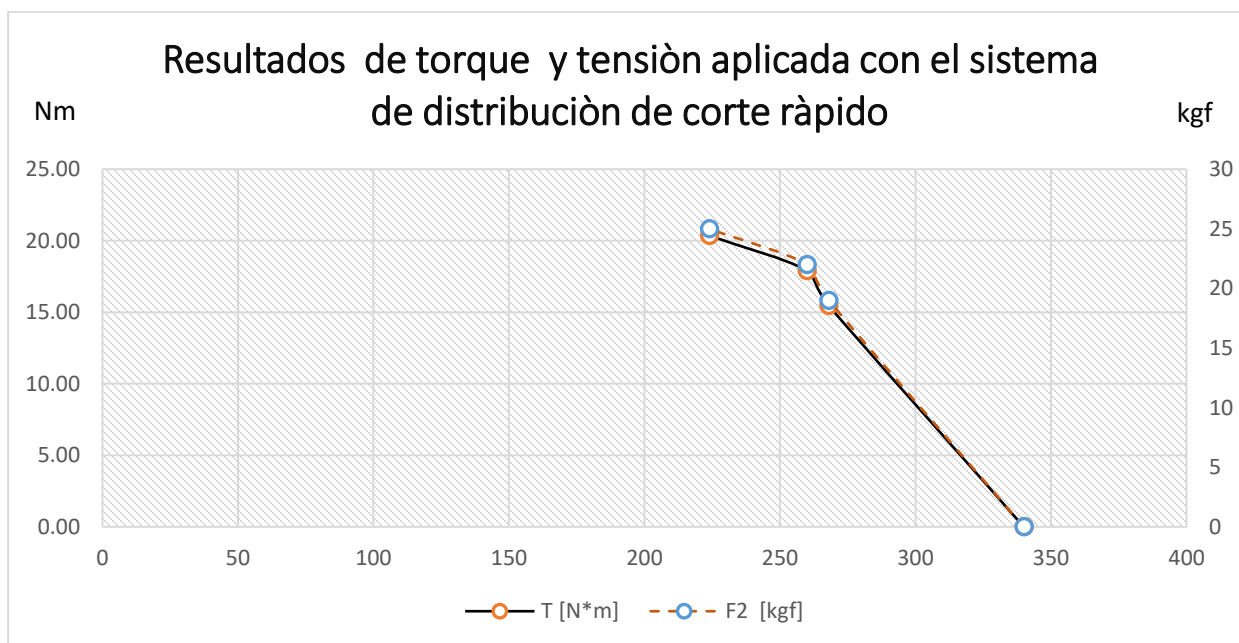


Figura 89. Resultados de torque y tensión aplicada con el sistema de distribución de corte rápido.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Uno de los principales indicadores de pérdidas en este motor son las térmicas debido a la ausencia de aislantes térmicos, específicamente en su tanque homogeneizador y en las tuberías de transporte de fluido hasta el motor de vapor, produciendo gran cantidad de pérdidas por convección, Se recomienda que, para próximos experimentos con cualquiera de los tres subsistemas de distribución, puedan llegar a ser estos ser aislados para tener un aumento en el rendimiento térmico en el motor de vapor.

Las pérdidas de fluido de trabajo por falta de sellado en los tres subsistemas de distribución instalados fueron un factor determinante que disminuyó los rendimientos del motor de vapor ya que los diseños propuestos con los cuales se hizo la experimentación cumplen con su funcionalidad requerida, pero no es un diseño de calidad que cumpla con altos desempeños, lo cual afectó drásticamente los resultados en la experimentación final comparándolo con los modelos matemáticos y las simulaciones realizadas en este proyecto. Los máximos torques obtenidos de manera experimental fueron los siguientes: Con válvula de vapor vivo de 6,91 Nm a 114 min⁻¹; en vapor vivo con sobrecalentamiento de vapor el torque fue de 2,03 Nm a 101 min⁻¹, mientras que en el modelamiento cinemático desarrollado en un rango estable de torque fue de 26,36 Nm a 157 min⁻¹. Con la experimentación valvular de vapor en coeficiente de expansión el máximo torque obtenido fue de 3,25 Nm a 154 min⁻¹, mientras que en el modelo matemático construido el máximo torque conseguido fue de 16,04 Nm a 180 min⁻¹. En la válvula de corte rápido su máximo torque fue de 20,36 Nm a 224 min⁻¹. El desarrollo del modelo matemático y la simulación del torque no pudo ser obtenida debido al distinto comportamiento valvular de Movimiento Armónico Simple (M.A.S.) que solo permitió modelar y simular básicamente los comportamientos valvulares de posición, velocidad, aceleración y vibración.

Todos los desarrollos experimentales con el Motor de vapor fueron realizados en la caldera del Laboratorio de Plantas Térmicas y Energías Renovables de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, a presiones reguladas según requerimiento de manejo del experimento, demostrando repetibilidad y continuidad a partir de la puesta a punto metrológica con la adecuación de sus instrumentos conservando los distanciamientos adecuados entre estos para tomar los valores obtenidos de manera más precisa.

El motor de vapor puede tener diferentes aplicaciones para su producción de energía de forma regulada, se recomienda el uso de los motores de vapor en sistemas o redes cogenerativas energéticas en conexión con fuentes de calor de desecho producidas por chimeneas industriales y sistemas de escape. También existen otras formas de producir energía en estos motores como lo es a través de calderas o el aprovechamiento de la energía solar para su producción.

Para mayores eficiencias en el subsistema de trabajo, los ciclos de vapor se pueden acompañar con accionamientos de los subsistemas de distribución con controles eléctricos

tipo solenoide que pueden dar mayor precisión en cada uno de los cortes de paso de vapor dando así mayor regulación, precisión y reciprocidad en su funcionamiento.

Se recomienda diseñar e instalar sellamientos de caucho tipo retén con el diámetro del vástago y de la carcasa interna de la válvula de distribución que se vaya a instalar. Con esto se pueden lograr mejores resultados en los desarrollos de torque del motor de vapor disminuyendo las pérdidas de vapor por cada uno de los vástagos de las válvulas de distribución de carrete de tipo vapor vivo, vapor en fase de expansión y corte rápido.

Se puede instrumentar de forma digitalizada cada uno de los subsistemas del motor de vapor para la adquisición de datos de comportamiento mucho más precisa durante las pruebas experimentales. Para llegar a este nivel es necesario lograr presupuestos a través de convocatorias internas de la Universidad Nacional o convocatorias a nivel externo.

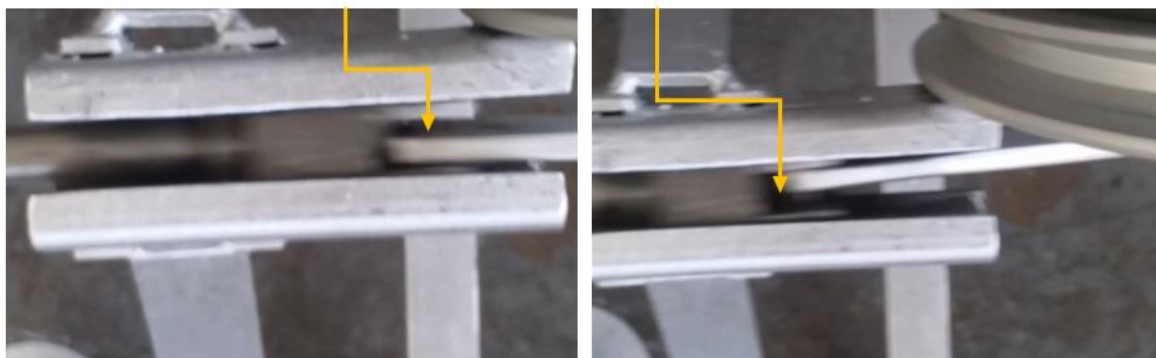
Es importante la conexión de un intercambiador de calor que recupere los condensados en cada configuración del motor de vapor, Los condensados producidos que salen por cada una de las lumbreras de escape del motor no están siendo reaprovechados tampoco están siendo medidos después de haber realizado su proceso.

Anexos

A. Anexo A: Informe de modificaciones realizadas al motor de vapor en primera y segunda fase.

1.1. Evaluación física y mejora del mecanismo de cruceta

El subsistema de transmisión de potencia tenía problemas exactamente en la articulación de cruceta. En la figura 90 a y b se observa la falta de ajuste entre las piezas mecánicas o defectos de ensamblaje.



(a) Recorrido hacia punto muerto extremo

(b) Recorrido hacia punto muerto próximo

Figura 90 Juego conector biela - cruceta (fuente propia)

A partir de lo mostrado, el pasador del conector de cruceta con biela presenta juego. Este en exceso produce discontinuidad con en el desplazamiento, aumentando los desbalances, por lo cual para la segunda configuración se disminuyó este espacio de

holgura en la articulación biela-cruceta (longitud de pasador), dejando una unión mucho más precisa que permite, que cuando el motor de vapor monocilíndrico esté en funcionamiento no tenga estas pérdidas por holguras y juego mecánico. A continuación, en la figura 91 se muestra la mejora realizada en la segunda configuración del MDV exactamente en la cruceta de unión del vástago del pistón con biela.



Figura 91 Cruceta de MDV monocilíndrico en su segunda configuración.

La construcción de una biela y la inclusión de rodamientos tipo aguja, contribuye a la entrega de una mejor distribución de cargas axiales lo cual permite que el volante desarrolle más inercia y torque, también con la extensión tipo cruceta del subsistema de potencia con la conexión de bronce como material deslizante en forma pistón, hace que exista una menor fricción existiendo mayor desarrollo de rapidez.

1.2. Modo de sujeción de pistón (subsistema de trabajo)

Cuando el motor a vapor se encontraba en funcionamiento en su primera fase, la sujeción del pistón en su configuración inicial, estaba mal diseñada, como muestra la figura 92 (a) produciendo gran cantidad de vibraciones por su excesiva holgura y en la forma de su grado de apriete, entregando más cantidades de desbalances en el sistema, Este modo de sujeción con ángulos estructurales, tomaba mal tomaba el cilindro del subsistema de trabajo de forma lateral, superior y axial con desajustes excesivos, por lo cual hacía que el pistón perdiera gradualmente su posición empezando a moverse de forma axial o

longitudinal, pudiendo producir choques entre elementos mecánicos entre piezas. Se modificó por una sujeción completamente rígida, axial con platinas de apoyo como se muestra en la figura 92 (b).



Figura 92. a) Pistón y vástago del sistema mono cilíndrico primera versión y b) CAD del pistón con puntos de sujeción realizado en software solid works.

Con la instalación de los soportes tipo platinas, se sujeta completamente el pistón por medio de tornillos de apriete figura 93, evitando así choques, y desbalances, que afecten los mecanismos del subsistema de trabajo y de transmisión de potencia, este procedimiento se realizó con la adquisición de un nuevo banco de trabajo móvil, donde se encuentra apoyada la nueva configuración del motor de vapor, con sujeciones más estables donde existe mucha menor cantidad de vibraciones que las que se tenían con el anterior banco de apoyo. La sujeción del pistón se logró con platinas a través de la instalación de tornillos de diámetro de 3/8" de pulgada por 1" pulgada de longitud RO. (Rosca ordinaria), Con un proceso de macheado y sujeción de estas platinas por medio de tornillos roscados al nuevo banco.



Figura 93 Modificación en la sujeción del pistón MDV monocilíndrico. Comparación del banco de trabajo de la primera configuración del MDV monocilíndrico a la segunda configuración mucho más rígida.

Finalmente, las figuras comparativas 94 y 95 respectivamente, muestran cómo estaba la primera configuración y cómo es modificada a su segunda versión después de haber aplicado planeación inicial.



Figura 94 Motor de vapor primera configuración.



Figura 95 Motor de vapor segunda configuración.

Este diseño y la construcción de este motor monocilíndrico fue concebido para realizar diferentes tipos de experimentación y obtener distintos tipos de diagramas. Con el uso de equipos para la toma de datos, son investigadas diferentes condiciones de operación por lo tanto se equipa al motor de vapor con un flujómetro a la entrada de este, también manómetros de presión absoluta a la entrada, la medición de las rpm y medición de temperatura en sitios estratégicos del motor, todo con el fin de la obtención de los diagramas indicadores de comportamiento y lograr conocer las diferentes fases dinámicas atraviesa el MDV (motor de vapor).

1.3. Evaluación de comportamiento en poleas, de balanceo dinámico en distribución y generación de potencia.

Para un correcto balanceo en el eje principal del sistema de potencia y distribución, el eje principal se encontraba desviado con una latente ruptura debido a los abruptos cambios de sección como se muestra en la figura 96 a, además de esto presentaba fallas en los ajustes con respecto al volante de inercia y a la excéntrica. Se fabricó un nuevo eje en acero 4140 como muestra la figura 75b mejorando los acabados y reduciendo los puntos de concentración y de esfuerzos.

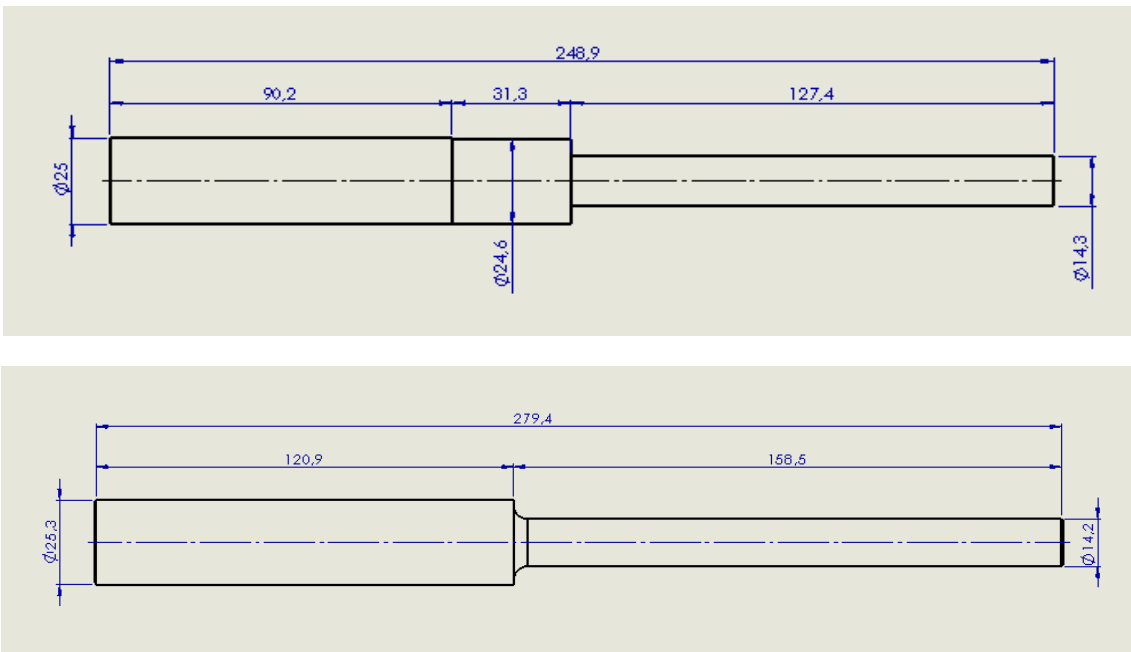


Figura 96 Planos de eje principal. a) Mecanizado en primera configuración, b) mecanizado en segunda configuración.

Por otra parte, para el subsistema de distribución con válvula de corte rápido se contempló la idea de instalar poleas con una correa de tipo "V" teniendo en cuenta el inconveniente que en estas podrían existir resbalamientos por el trabajo generado por el pistón hacia el eje del subsistema de transmisión de potencia. En lugar a esto se Instauró la alternativa de reemplazar este sistema por catarinas de transmisión por cadena, figura 97 a y b, reduciendo el coeficiente de fluctuación y fricción en las poleas, haciendo que motor tenga una mayor entrega de potencial, siendo mucho más eficiente, con menores pérdidas de fricción y fluctuación.

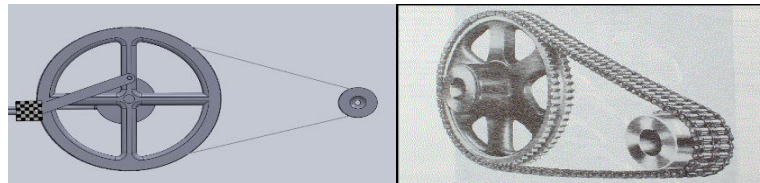


Figura 97 a) Comparativo entre el subsistema de distribución tipo correa en "V" y b) subsistema de distribución por cadena.

En el subsistema de transmisión de potencia para obtener una mejor inercia, ese instaló un volante de inercia adaptado de un motor de combustión interna con un peso de 10,05 kg (incluyendo el peso del eje) con soportes de cojinetes de arco de 1" pul. de diámetro, este eje también sirve de apoyo para el rodamiento excéntrico del sistema de distribución, a continuación, en la figura 98, se muestra una imagen ejemplo de cómo es la instalación de un freno Prony de fricción. En la medición del torque generado por el motor durante cada una de las pruebas experimentales se buscó evitar la necesidad de hacer mediciones con un generador eléctrico y reóstatos variables. Se decidió medir el torque y potencia generada a través de la construcción de un freno de Prony.



Figura 98 Instalación versión 1 freno Prony de fricción.

1.4. Subsistema de distribución

El subsistema de distribución como se muestra en la figura 99 presenta falla en la varilla conectora de biela, que estaba sujeta en un extremo por medio de un buje y en el otro por medio de un rodamiento. Como mejora se reemplazó este sistema por un rodamiento excéntrico, también se hizo una modificación en la biela de este sistema dejando una adaptación de tipo varilla roscada de 8 mm siendo sus longitudes de rosca totalmente manipulables. La biela en su primera configuración presentaba fisuras por los movimientos de torsión de la propia biela ya que tenía relaciones biela manivela sobredimensionadas, ver figura 99. En la figura 100 se muestra la mejora realizada en el subsistema de distribución.

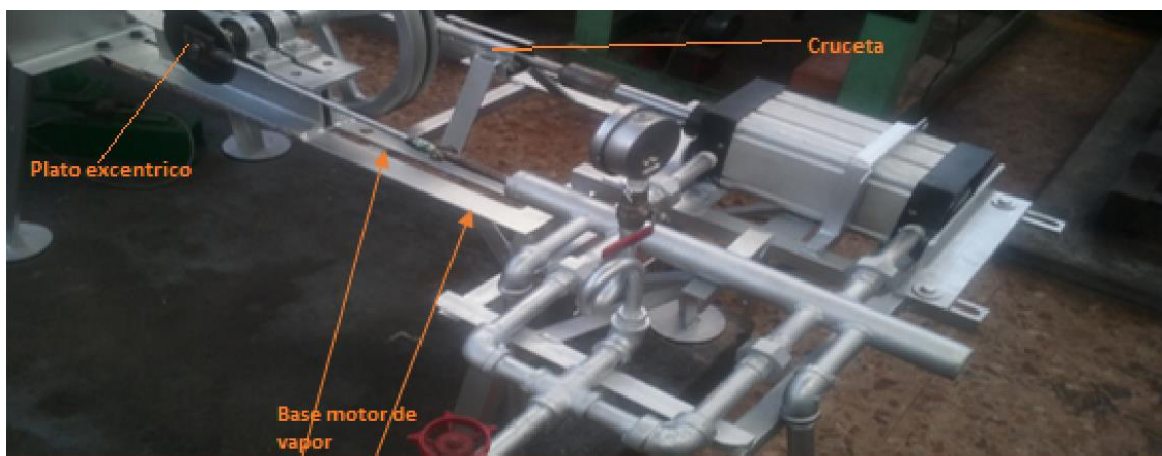


Figura 99 Sistema de transmisión de potencia. (Fuente propia).

En la segunda configuración del subsistema de distribución para tener un mejor funcionamiento se ha instalado un rodamiento de tipo excéntrico, que debe ser graduado según las fases de distribución que se tengan en la válvula de carrete, este rodamiento tiene una rosca interna R.D. (rosca derecha de 8 mm paso 1,25) para que ingrese la biela roscada y pueda acoplarse al pasador del vástago de la válvula de carrete. La modificación permite una mejor precisión en la distribución haciendo más exacta cada una de las modificaciones en las fases de admisión de vapor y salida de vapor.

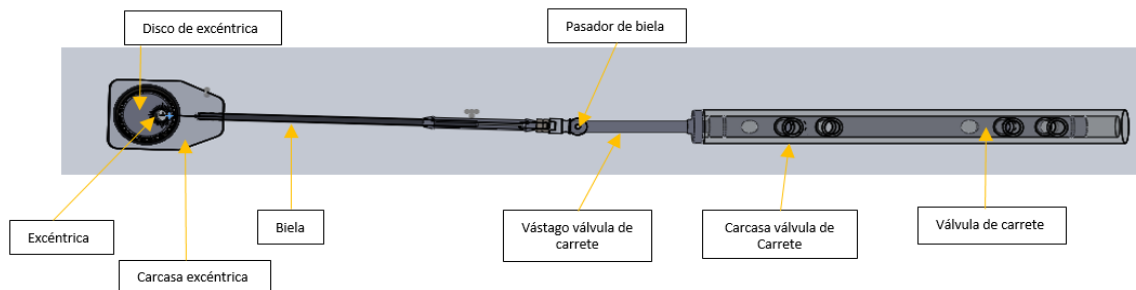


Figura 100 Subsistema de distribución en su segunda configuración.

La válvula de carrete presenta imprecisiones en su primera construcción, lo cual hace que no se tenga una distribución equilibrada al paso de vapor provocando intermitencias en su ingreso, lo cual disminuye la velocidad del motor, generando desbalances en el MDV monocilíndrico. A continuación, se muestra cómo se encuentra el sistema de distribución en su segunda configuración en la figura 101, también se ve mejor como es eliminado el

sistema de plato excéntrico que se tenía anteriormente como se mostraba en la primera configuración en la figura 99.

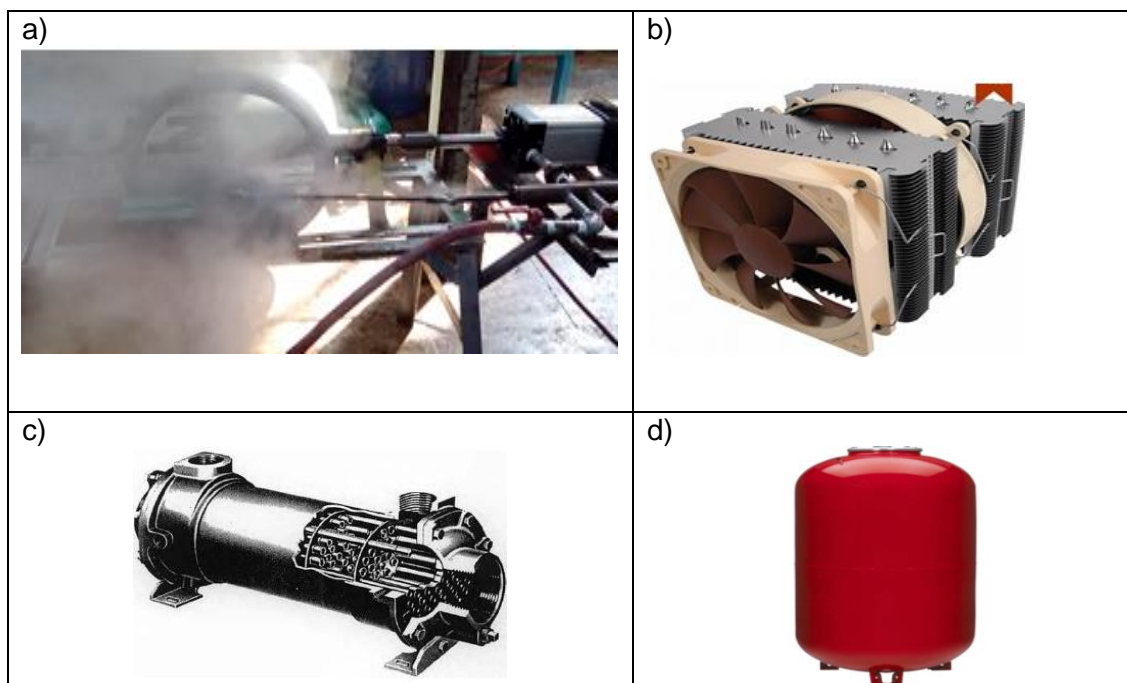


Figura 101 Sistema de distribución MDV segunda configuración tipo rodamiento excéntrico.

Los condensados de vapor generados, salen a la atmósfera por las salidas del subsistema de distribución, ya sea con las configuraciones de vapor vivo, en vapor expandido, o con el uso de la válvula de corte rápido, estos vapores a la salida no son reaprovechados, siendo fluidos desperdiciados hacia el alcantarillado, sin la posibilidad de ser reutilizados.

Está latente la instalación de un intercambiador tipo placas acompañado de un soplador o ventilador que disminuya la temperatura del vapor de salida obteniendo nuevamente condensados a partir del líquido comprimido generado a la salida y este vuelva a ser reaprovechado por la caldera, siendo un ciclo cerrado, sin que genere mayor cantidad de desperdicios de agua en forma de condensados, como muestra la Figura 102.

Figura 102. De izquierda a derecha, a) imagen de desperdicios de vapor con sistema en funcionamiento, b) Solución para recuperar condensados con intercambiador de calor tipo placas c) Obtención de condensados con intercambiador de calor de tubos con coraza. d) tanque de recolección de condensados



1.5. Aseguramiento metrológico y ajustes.

Con el fin de probar en campo el motor de vapor se debe tener en cuenta el aseguramiento metrológico obteniendo patrones de referencia, se va a medir el nivel de alturas y linealidad en el subsistema de trabajo y transmisión de potencia, contra la bancada, haciendo que el motor de vapor sea recíproco y no tenga desbalanceo, para que todo quede en las mismas alturas de operación.

La verificación metrológica se va a realizar en a lo largo de toda la bancada, con los siguientes instrumentos de medición:

- Pie de rey convencional de 200mm.

- Flexómetro.
- Escuadra metálica patronada.
- Galga de roscas.
- Goniómetro.
- Nivel de burbuja.
- Juego de llaves Bristol.
- Destornilladores de pala y estrella.
- Juego de llaves de boca fija.

En el aseguramiento metrológico del MDV se ha llevado a tener diferentes tipos de nivelación en sus posiciones desde la primera versión del motor de vapor, hasta la segunda versión con modificaciones como fueron la base de apoyo móvil, el volante de inercia, el sistema excéntrico de distribución y un mejor banco de apoyo en su sistema de trabajo.

Los ajustes metrológicos buscan la máxima alineación posible de los componentes evitando al máximo discontinuidades y fricciones incrementadas que pueden disminuir la potencia generada en el motor de vapor.

1.6. Parámetros de ajuste de partes en el motor de vapor

Los ajustes de las diferentes partes que componen el motor de vapor son muy importantes ya que sin estos parámetros el motor no trabajará de forma continua produciendo fallas y averías antes de tiempo.

Se han corregido problemas de ajuste, comenzando con el torque que se debe dar a, los rodamientos de arco del subsistema principal de transmisión de potencia y de distribución con llave de torque, aplicándole a sus tornillos de cabeza hexagonal de ½ pulgada un torque de 30 Nm.

Hasta el momento existe un juego u holgura en la unión de la cruceta y el saliente del vástago del pistón: Para solucionar esto se eliminó el juego en la rosca usando un inserto roscado para darle ajuste al conector saliente de vástago de pistón con el eje de la cruceta como se muestra en la figura 103.



Figura 103 Cruceta conectora del subsistema de trabajo con el subsistema de transmisión de potencia.

En el pasador de la manivela específicamente el pasador del volante de inercia se ha colocado una arandela de ajuste interno para que no existan juegos axiales con vibraciones generadas por el mal ajuste de las piezas. Al momento de girar el volante de inercia en la biela del subsistema de transmisión de potencia existía rozamiento con el volante de inercia, Para esto se optó por colocar una arandela de separación con un grosor de 1,3 mm que mantenga la distancia y evite el rozamiento entre estos componentes. Como se muestra en la figura 104.



Figura 104 Colocación de arandela de separación para evitar la fricción en el subsistema de transmisión de potencia.

Juegos u holguras en el conector de válvula de carrete del subsistema de distribución y biela conectora con la excéntrica que conecta al eje principal. En el conector de carrete de la válvula de distribución con la biela de la excéntrica del sistema de distribución existe una holgura en el pasador interno, que se corrigió con laminillas de ajuste para tener el

sistema con movimientos de avance y retroceso de forma instantánea sin estar fuera de los tiempos de distribución debido a los desajustes que se estaban presentando.

1.7. Equilibrio de volúmenes en pistón de doble efecto del sistema de potencia.

Para hallar la posición del cilindro donde las cámaras del pistón tanto en el efecto externo como interno tienen equilibrio de volúmenes, se considerará la carrera útil del pistón, dado que la longitud de biela del sistema de potencia que es de 97,4mm.

Se realizan las dos piezas de los volúmenes de PMS y PMI en el software Solid Works con el contorno de cámara y el vástago, para saber el volumen de cada cámara. Se modifica la posición del vástago (Figura 105) para hallar el volumen equilibrado de cada cámara y así los puntos muertos donde se inicia la admisión en cada ciclo, estos datos se muestran en la tabla 46.

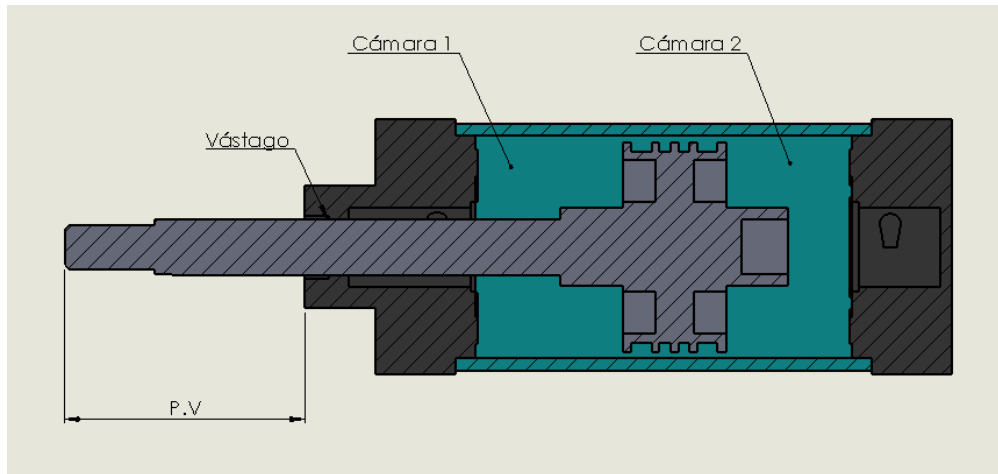


Figura 105. Sección interna del pistón del subsistema de trabajo.

| | Cámara 1 | Cámara 2 | P.V. |
|-----|------------------------|------------------------|-------------|
| PMS | 905,74 cm ² | 140,76 cm ² | 59,93 mm |
| PMI | 188,58 cm ² | 905,74 cm ² | 157,33 mm |

Tabla 46. Volúmenes internos del Pistón.

B. Anexo B Resultados cinemáticos del subsistema de transmisión de potencia y de distribución.

En configuración del motor en vapor vivo, son extraídas las tablas desarrolladas en Excel, siendo mostradas cada una de las comprobaciones del modelo cinemático y cinético simplificado. En la primera parte están los datos extraídos del software de simulación engine del libro diseño de maquinaria de Norton, En la segunda parte del anexo son mostrados los resultados del desarrollo del modelo matemático con la aplicación de las fórmulas mostradas en el documento principal, teniendo en la última parte la comparación de resultados de simulación y el modelo matemático desarrollado.

| Parámetros iniciales sistema de potencia | |
|--|------------|
| l (in) | 11.336615 |
| r (in) | 1.917323 |
| r/l | 0.169127 |
| r/2l | 0.084563 |
| r/4l | 0.042282 |
| r ² /4l | 0.081068 |
| w mín. (RPM) | 273 |
| w máx. (RPM) | 273 |
| w prom. (RPM) | 273 |
| w prom. (rad/s) | 28.588493 |
| w ² | 817.301940 |
| t/ciclo (s) | 0.219780 |
| t por grados (s) | 0.000611 |
| Masa manivela m2 (lbm) | 22.273300 |
| CG2 (in) | 0.958662 |
| Masa biela m3 (lbm) | 2.096596 |
| CG3 (in) | 5.668308 |
| Masa Pistón m4 (lbm) | 6.468363 |
| La (in) | 5.668308 |
| Lb (in) | 5.668308 |
| RG2 (in) | 0.958662 |
| m2a (lbm) | 11.136650 |
| m3a (lbm) | 1.048298 |
| m3b (lbm) | 1.048298 |

| | |
|----------|-----------|
| mA (lbm) | 12.184948 |
| mB (lbm) | 7.516661 |

Sistema de potencia

| Input angle (deg) | Posicion (in) | Velocidad (in/s) | Aceleración (in/s^2) | F vapor (lb) | Torque del vapor (lb-in) | T inercia (lb-in) | T total (lb-in) |
|--------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------------|
| 0 | 13,253940 | 0,000017 | -22278,600000 | 4660,096000 | 0,000000 | 0,193126 | 0,193126 |
| 1 | 13,253600 | -3,900054 | -22273,780000 | 4871,918000 | 190,591100 | -6549,934000 | -6359,343000 |
| 2 | 13,252570 | -7,798375 | -22259,310000 | 5083,741000 | 397,668400 | -13088,010000 | -12690,340000 |
| 3 | 13,250870 | -11,693330 | -22235,210000 | 5302,868000 | 621,987500 | -19603,600000 | -18981,610000 |
| 4 | 13,248480 | -15,583280 | -22201,490000 | 5521,994000 | 863,145900 | -26085,770000 | -25222,630000 |
| 5 | 13,245410 | -19,466410 | -22158,170000 | 5726,513000 | 1118,160000 | -32522,090000 | -31403,930000 |
| 6 | 13,241660 | -23,341140 | -22105,280000 | 5931,031000 | 1388,600000 | -38902,310000 | -37513,710000 |
| 7 | 13,237240 | -27,205820 | -22042,850000 | 6113,637000 | 1668,332000 | -45215,770000 | -43547,440000 |
| 8 | 13,232140 | -31,058670 | -21970,920000 | 6303,546000 | 1963,746000 | -51450,390000 | -49486,640000 |
| 9 | 13,226370 | -34,898160 | -21889,540000 | 6478,848000 | 2267,843000 | -57596,820000 | -55328,970000 |
| 10 | 13,219920 | -38,722560 | -21798,750000 | 6639,541000 | 2578,752000 | -63643,820000 | -61065,070000 |
| 11 | 13,212810 | -42,547000 | -21698,620000 | 6785,625000 | 2894,608000 | -69580,890000 | -66686,280000 |
| 12 | 13,205030 | -46,319570 | -21589,200000 | 6909,797000 | 3210,155000 | -75398,230000 | -72188,070000 |
| 13 | 13,196590 | -50,088930 | -21470,570000 | 7026,665000 | 3530,051000 | -81085,770000 | -77555,730000 |
| 14 | 13,187490 | -53,836730 | -21342,800000 | 7114,315000 | 3841,448000 | -86634,230000 | -82792,780000 |
| 15 | 13,177740 | -57,561370 | -21205,970000 | 7187,358000 | 4149,314000 | -92034,050000 | -87884,730000 |
| 16 | 13,167340 | -61,261280 | -21060,170000 | 7245,792000 | 4451,846000 | -97276,490000 | -92824,650000 |
| 17 | 13,156290 | -64,934850 | -20905,480000 | 7282,313000 | 4742,503000 | -102352,200000 | -97609,660000 |
| 18 | 13,144600 | -68,580600 | -20742,000000 | 7296,921000 | 5018,721000 | -107253,400000 | -102234,700000 |
| 19 | 13,132280 | -72,196960 | -20569,850000 | 7304,226000 | 5288,549000 | -111972,000000 | -106683,400000 |
| 20 | 13,119330 | -75,782420 | -20389,110000 | 7304,226000 | 5551,077000 | -116500,000000 | -110948,900000 |
| 21 | 13,105750 | -79,335510 | -20199,910000 | 7282,313000 | 5793,785000 | -120830,400000 | -115036,600000 |
| 22 | 13,091550 | -82,854760 | -20002,370000 | 7231,183000 | 6008,176000 | -124956,500000 | -118948,400000 |
| 23 | 13,076740 | -86,338670 | -19796,610000 | 7172,750000 | 6210,081000 | -128871,200000 | -122661,100000 |
| 24 | 13,061320 | -89,785840 | -19582,750000 | 7099,707000 | 6392,118000 | -132568,500000 | -126176,300000 |

| | | | | | | | |
|----|-----------|-------------|---------------|-------------|-------------|----------------|----------------|
| 25 | 13,045310 | -93,194890 | -19360,930000 | 7012,056000 | 6552,756000 | -136043,400000 | -129490,600000 |
| 26 | 13,028690 | -96,564450 | -19131,290000 | 6917,102000 | 6697,576000 | -139290,500000 | -132592,900000 |
| 27 | 13,011500 | -99,893080 | -18893,980000 | 6807,538000 | 6818,543000 | -142304,300000 | -135485,800000 |
| 28 | 12,993720 | -103,179600 | -18649,130000 | 6697,975000 | 6929,355000 | -145081,500000 | -138152,200000 |
| 29 | 12,975370 | -106,422400 | -18396,910000 | 6573,803000 | 7014,478000 | -147617,200000 | -140602,700000 |
| 30 | 12,956460 | -109,620600 | -18137,460000 | 6427,718000 | 7064,543000 | -149909,300000 | -142844,700000 |
| 31 | 12,936990 | -112,772700 | -17870,960000 | 6288,938000 | 7110,595000 | -151953,800000 | -144843,200000 |
| 32 | 12,916980 | -115,877500 | -17597,560000 | 6157,462000 | 7153,447000 | -153748,400000 | -146595,000000 |
| 33 | 12,896420 | -118,933900 | -17317,440000 | 6004,073000 | 7159,058000 | -155291,700000 | -148132,600000 |
| 34 | 12,875340 | -121,940700 | -17030,760000 | 5857,988000 | 7161,289000 | -156582,100000 | -149420,900000 |
| 35 | 12,853730 | -124,896700 | -16737,710000 | 5711,904000 | 7151,810000 | -157618,200000 | -150466,300000 |
| 36 | 12,831610 | -127,800800 | -16438,470000 | 5558,515000 | 7121,425000 | -158399,600000 | -151278,200000 |
| 37 | 12,808980 | -130,652100 | -16133,220000 | 5412,431000 | 7088,813000 | -158926,500000 | -151837,700000 |
| 38 | 12,785860 | -133,449400 | -15822,140000 | 5266,347000 | 7045,008000 | -159199,300000 | -152154,300000 |
| 39 | 12,762260 | -136,191800 | -15505,430000 | 5120,262000 | 6990,195000 | -159218,900000 | -152228,700000 |
| 40 | 12,738180 | -138,878100 | -15183,300000 | 4981,481000 | 6934,738000 | -158986,000000 | -152051,300000 |
| 41 | 12,713640 | -141,507700 | -14855,910000 | 4842,701000 | 6869,054000 | -158503,500000 | -151634,400000 |
| 42 | 12,688640 | -144,079500 | -14523,490000 | 4689,313000 | 6772,243000 | -157772,800000 | -151000,600000 |
| 43 | 12,663190 | -146,592700 | -14186,230000 | 4550,533000 | 6686,332000 | -156797,500000 | -150111,100000 |
| 44 | 12,637310 | -149,046400 | -13844,330000 | 4404,448000 | 6579,896000 | -155579,800000 | -148999,900000 |
| 45 | 12,611010 | -151,439900 | -13498,010000 | 4265,667000 | 6474,803000 | -154123,700000 | -147648,900000 |
| 46 | 12,584290 | -153,772400 | -13147,470000 | 4134,191000 | 6371,794000 | -152433,200000 | -146061,400000 |
| 47 | 12,557170 | -156,043100 | -12792,920000 | 3995,411000 | 6248,750000 | -150513,000000 | -144264,200000 |
| 48 | 12,529660 | -158,251500 | -12434,570000 | 3863,935000 | 6128,571000 | -148367,300000 | -142238,700000 |
| 49 | 12,501760 | -160,396800 | -12072,640000 | 3739,763000 | 6011,966000 | -146001,500000 | -139989,500000 |
| 50 | 12,473500 | -162,478400 | -11707,340000 | 3608,287000 | 5875,832000 | -143421,200000 | -137545,400000 |
| 51 | 12,444880 | -164,495800 | -11338,890000 | 3491,420000 | 5756,066000 | -140632,200000 | -134876,100000 |

| | | | | | | | |
|----|-----------|-------------|---------------|-------------|-------------|----------------|----------------|
| 52 | 12,415910 | -166,448400 | -10967,500000 | 3374,552000 | 5629,395000 | -137640,500000 | -132011,100000 |
| 53 | 12,386600 | -168,335800 | -10593,390000 | 3257,685000 | 5496,029000 | -134453,100000 | -128957,000000 |
| 54 | 12,356970 | -170,157400 | -10216,780000 | 3155,426000 | 5381,095000 | -131076,300000 | -125695,200000 |
| 55 | 12,327030 | -171,912900 | -9837,882000 | 3045,862000 | 5247,826000 | -127517,400000 | -122269,600000 |
| 56 | 12,296780 | -173,602000 | -9456,918000 | 2950,907000 | 5134,171000 | -123783,800000 | -118649,700000 |
| 57 | 12,266240 | -175,224100 | -9074,108000 | 2855,952000 | 5015,396000 | -119882,900000 | -114867,500000 |
| 58 | 12,235430 | -176,779100 | -8689,666000 | 2760,997000 | 4891,682000 | -115822,600000 | -110931,000000 |
| 59 | 12,204350 | -178,266600 | -8303,810000 | 2673,346000 | 4776,264000 | -111611,000000 | -106834,700000 |
| 60 | 12,173020 | -179,686500 | -7916,754000 | 2593,000000 | 4669,640000 | -107256,000000 | -102586,400000 |
| 61 | 12,141440 | -181,038500 | -7528,712000 | 2498,045000 | 4532,521000 | -102766,400000 | -98233,850000 |
| 62 | 12,109630 | -182,322500 | -7139,902000 | 2410,395000 | 4404,542000 | -98150,410000 | -93745,870000 |
| 63 | 12,077610 | -183,538500 | -6750,533000 | 2337,352000 | 4299,600000 | -93416,690000 | -89117,090000 |
| 64 | 12,045370 | -184,686200 | -6360,813000 | 2264,310000 | 4191,334000 | -88574,060000 | -84382,730000 |
| 65 | 12,012940 | -185,765600 | -5970,957000 | 2191,268000 | 4079,894000 | -83631,270000 | -79551,380000 |
| 66 | 11,980330 | -186,776800 | -5581,167000 | 2132,834000 | 3992,775000 | -78597,260000 | -74604,480000 |
| 67 | 11,947550 | -187,719800 | -5191,649000 | 2067,096000 | 3889,314000 | -73480,950000 | -69591,630000 |
| 68 | 11,914610 | -188,594700 | -4802,606000 | 2008,662000 | 3797,053000 | -68291,360000 | -64494,300000 |
| 69 | 11,881520 | -189,401500 | -4414,234000 | 1950,228000 | 3702,440000 | -63037,380000 | -59334,940000 |
| 70 | 11,848290 | -190,140300 | -4026,733000 | 1891,794000 | 3605,595000 | -57727,980000 | -54122,390000 |
| 71 | 11,814950 | -190,811400 | -3640,295000 | 1840,665000 | 3520,612000 | -52372,130000 | -48851,510000 |
| 72 | 11,781490 | -191,415000 | -3255,110000 | 1789,535000 | 3433,730000 | -46978,690000 | -43544,960000 |
| 73 | 11,747930 | -191,951300 | -2871,363000 | 1738,406000 | 3345,058000 | -41556,470000 | -38211,410000 |
| 74 | 11,714280 | -192,420500 | -2489,248000 | 1687,276000 | 3254,701000 | -36114,260000 | -32859,550000 |
| 75 | 11,680560 | -192,822900 | -2108,934000 | 1628,842000 | 3148,649000 | -30660,610000 | -27511,960000 |
| 76 | 11,646770 | -193,159000 | -1730,595000 | 1592,321000 | 3083,511000 | -25204,030000 | -22120,520000 |
| 77 | 11,612930 | -193,429000 | -1354,412000 | 1541,192000 | 2988,767000 | -19752,940000 | -16764,180000 |
| 78 | 11,579050 | -193,633400 | -980,547900 | 1504,670000 | 2921,124000 | -14315,570000 | -11394,440000 |

| | | | | | | | |
|-----|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| 79 | 11,545130 | -193,772500 | -609,167800 | 1460,845000 | 2838,179000 | -8899,972000 | -6061,793000 |
| 80 | 11,511200 | -193,846800 | -240,433400 | 1417,020000 | 2754,188000 | -3514,091000 | -759,902600 |
| 81 | 11,477260 | -193,856800 | 125,504000 | 1373,194000 | 2669,243000 | 1834,416000 | 4503,659000 |
| 82 | 11,443330 | -193,803100 | 488,495600 | 1322,065000 | 2569,240000 | 7138,065000 | 9707,306000 |
| 83 | 11,409410 | -193,686000 | 848,398700 | 1292,848000 | 2511,041000 | 12389,620000 | 14900,660000 |
| 84 | 11,375520 | -193,506200 | 1205,062000 | 1256,327000 | 2437,939000 | 17581,800000 | 20019,740000 |
| 85 | 11,341660 | -193,264300 | 1558,358000 | 1212,501000 | 2350,048000 | 22707,960000 | 25058,000000 |
| 86 | 11,307850 | -192,960800 | 1908,160000 | 1190,589000 | 2304,048000 | 27761,530000 | 30065,580000 |
| 87 | 11,274100 | -192,596300 | 2254,332000 | 1154,068000 | 2229,247000 | 32735,950000 | 34965,200000 |
| 88 | 11,240420 | -192,171600 | 2596,764000 | 1117,546000 | 2154,032000 | 37625,380000 | 39779,410000 |
| 89 | 11,206820 | -191,687300 | 2935,337000 | 1081,025000 | 2078,476000 | 42423,910000 | 44502,390000 |
| 90 | 11,173300 | -191,144100 | 3269,945000 | 1044,504000 | 2002,652000 | 47126,020000 | 49128,680000 |
| 91 | 11,139890 | -190,542600 | 3600,474000 | 1015,287000 | 1940,593000 | 51726,270000 | 53666,860000 |
| 92 | 11,106590 | -189,883700 | 3926,836000 | 986,070400 | 1878,312000 | 56219,840000 | 58098,150000 |
| 93 | 11,073410 | -189,167900 | 4248,935000 | 956,853500 | 1815,867000 | 60601,970000 | 62417,840000 |
| 94 | 11,040360 | -188,396200 | 4566,687000 | 942,245000 | 1780,926000 | 64868,380000 | 66649,300000 |
| 95 | 11,007450 | -187,569200 | 4879,999000 | 920,332400 | 1731,948000 | 69014,540000 | 70746,480000 |
| 96 | 10,974690 | -186,687800 | 5188,802000 | 898,419700 | 1682,839000 | 73036,880000 | 74719,710000 |
| 97 | 10,942080 | -185,752700 | 5493,025000 | 869,202800 | 1620,027000 | 76931,880000 | 78551,900000 |
| 98 | 10,909650 | -184,764700 | 5792,595000 | 839,985900 | 1557,312000 | 80695,890000 | 82253,200000 |
| 99 | 10,877390 | -183,724700 | 6087,462000 | 818,073300 | 1508,212000 | 84326,310000 | 85834,520000 |
| 100 | 10,845320 | -182,633500 | 6377,566000 | 803,464800 | 1472,543000 | 87820,310000 | 89292,860000 |
| 101 | 10,813450 | -181,492000 | 6662,855000 | 781,552100 | 1423,487000 | 91175,320000 | 92598,800000 |
| 102 | 10,781780 | -180,300900 | 6943,286000 | 766,943600 | 1387,768000 | 94389,220000 | 95776,980000 |
| 103 | 10,750320 | -179,061100 | 7218,817000 | 752,335200 | 1352,027000 | 97460,090000 | 98812,120000 |
| 104 | 10,719090 | -177,773600 | 7489,419000 | 737,726800 | 1316,291000 | 100386,400000 | 101702,700000 |
| 105 | 10,688080 | -176,439100 | 7755,058000 | 723,118300 | 1280,588000 | 103166,500000 | 104447,100000 |

| | | | | | | | |
|-----|-----------|-------------|--------------|------------|-------------|---------------|---------------|
| 106 | 10,657310 | -175,058500 | 8015,716000 | 715,814100 | 1257,779000 | 105799,800000 | 107057,600000 |
| 107 | 10,626790 | -173,632700 | 8271,370000 | 693,901400 | 1209,387000 | 108285,100000 | 109494,500000 |
| 108 | 10,596520 | -172,162700 | 8522,001000 | 664,684500 | 1148,696000 | 110621,600000 | 111770,300000 |
| 109 | 10,566510 | -170,649200 | 8767,605000 | 657,380300 | 1126,122000 | 112809,100000 | 113935,300000 |
| 110 | 10,536770 | -169,093100 | 9008,180000 | 635,467600 | 1078,691000 | 114847,700000 | 115926,400000 |
| 111 | 10,507300 | -167,495300 | 9243,719000 | 628,163400 | 1056,248000 | 116737,100000 | 117793,400000 |
| 112 | 10,478120 | -165,856800 | 9474,227000 | 598,946500 | 997,295300 | 118477,600000 | 119474,900000 |
| 113 | 10,449230 | -164,178300 | 9699,713000 | 577,033800 | 951,110400 | 120069,800000 | 121020,900000 |
| 114 | 10,420640 | -162,460800 | 9920,190000 | 555,121100 | 905,442400 | 121514,500000 | 122419,900000 |
| 115 | 10,392350 | -160,705100 | 10135,670000 | 533,208400 | 860,322300 | 122812,300000 | 123672,600000 |
| 116 | 10,364370 | -158,912200 | 10346,180000 | 503,991500 | 804,125700 | 123964,400000 | 124768,500000 |
| 117 | 10,336710 | -157,082800 | 10551,740000 | 482,078900 | 760,323800 | 124971,800000 | 125732,200000 |
| 118 | 10,309370 | -155,217900 | 10752,380000 | 467,470400 | 728,543200 | 125836,300000 | 126564,800000 |
| 119 | 10,282370 | -153,318300 | 10948,120000 | 452,862000 | 697,149400 | 126559,000000 | 127256,100000 |
| 120 | 10,255690 | -151,384800 | 11139,010000 | 430,949300 | 655,059000 | 127141,700000 | 127796,800000 |
| 121 | 10,229360 | -149,418300 | 11325,080000 | 416,340900 | 624,640300 | 127586,500000 | 128211,100000 |
| 122 | 10,203380 | -147,419700 | 11506,370000 | 394,428200 | 583,854700 | 127895,000000 | 128478,800000 |
| 123 | 10,177750 | -145,389800 | 11682,920000 | 365,211300 | 533,166300 | 128069,200000 | 128602,400000 |
| 124 | 10,152470 | -143,329300 | 11854,780000 | 343,298600 | 494,076700 | 128111,500000 | 128605,600000 |
| 125 | 10,127560 | -141,239200 | 12022,000000 | 328,690200 | 466,155600 | 128024,000000 | 128490,100000 |
| 126 | 10,103020 | -139,120200 | 12184,620000 | 299,473200 | 418,348400 | 127809,000000 | 128227,300000 |
| 127 | 10,078850 | -136,973100 | 12342,710000 | 270,256300 | 371,707300 | 127469,200000 | 127840,900000 |
| 128 | 10,055060 | -134,798800 | 12496,300000 | 248,343700 | 336,146100 | 127006,700000 | 127342,900000 |
| 129 | 10,031660 | -132,597900 | 12645,480000 | 233,735200 | 311,206300 | 126424,600000 | 126735,800000 |
| 130 | 10,008640 | -130,371400 | 12790,280000 | 204,518300 | 267,731400 | 125725,000000 | 125992,800000 |
| 131 | 9,986010 | -128,119800 | 12930,780000 | 189,909900 | 244,312400 | 124910,900000 | 125155,200000 |
| 132 | 9,963778 | -125,844000 | 13067,020000 | 167,997200 | 212,281500 | 123984,900000 | 124197,200000 |

| | | | | | | | |
|-----|----------|-------------|--------------|------------|------------|---------------|---------------|
| 133 | 9,941947 | -123,544700 | 13199,080000 | 153,388700 | 190,278900 | 122949,800000 | 123140,100000 |
| 134 | 9,920522 | -121,222700 | 13327,030000 | 138,780300 | 168,919200 | 121808,100000 | 121977,100000 |
| 135 | 9,899504 | -118,878700 | 13450,910000 | 131,476000 | 156,932000 | 120563,300000 | 120720,200000 |
| 136 | 9,878899 | -116,513300 | 13570,810000 | 116,867600 | 136,717400 | 119217,700000 | 119354,400000 |
| 137 | 9,858709 | -114,127200 | 13686,780000 | 109,563400 | 125,545500 | 117774,300000 | 117899,800000 |
| 138 | 9,838940 | -111,721200 | 13798,900000 | 102,259200 | 114,703400 | 116235,500000 | 116350,200000 |
| 139 | 9,819592 | -109,295900 | 13907,230000 | 94,954930 | 104,195900 | 114605,000000 | 114709,200000 |
| 140 | 9,800672 | -106,851900 | 14011,840000 | 87,650710 | 94,028140 | 112885,300000 | 112979,300000 |
| 141 | 9,782180 | -104,390000 | 14112,790000 | 73,042250 | 76,549640 | 111078,900000 | 111155,400000 |
| 142 | 9,764121 | -101,910700 | 14210,160000 | 58,433800 | 59,783790 | 109188,700000 | 109248,500000 |
| 143 | 9,746498 | -99,414680 | 14304,010000 | 51,129580 | 51,028330 | 107217,800000 | 107268,900000 |
| 144 | 9,729313 | -96,902490 | 14394,410000 | 51,129580 | 49,737550 | 105169,000000 | 105218,700000 |
| 145 | 9,712569 | -94,374800 | 14481,430000 | 43,825360 | 41,519010 | 103044,900000 | 103086,500000 |
| 146 | 9,696269 | -91,832120 | 14565,130000 | 36,521130 | 33,666060 | 100848,400000 | 100882,000000 |
| 147 | 9,680416 | -89,275160 | 14645,590000 | 36,521130 | 32,727720 | 98581,660000 | 98614,390000 |
| 148 | 9,665011 | -86,704360 | 14722,850000 | 43,825360 | 38,141230 | 96248,010000 | 96286,150000 |
| 149 | 9,650058 | -84,120240 | 14797,000000 | 43,825360 | 37,003390 | 93849,980000 | 93886,980000 |
| 150 | 9,635558 | -81,523480 | 14868,100000 | 36,521130 | 29,883350 | 91389,840000 | 91419,730000 |
| 151 | 9,621514 | -78,914530 | 14936,190000 | 29,216900 | 23,140900 | 88870,090000 | 88893,230000 |
| 152 | 9,607928 | -76,293880 | 15001,360000 | 21,912680 | 16,778810 | 86293,950000 | 86310,730000 |
| 153 | 9,594802 | -73,662140 | 15063,650000 | 29,216900 | 21,599370 | 83663,030000 | 83684,630000 |
| 154 | 9,582136 | -71,019650 | 15123,130000 | 29,216900 | 20,823900 | 80980,470000 | 81001,290000 |
| 155 | 9,569936 | -68,367080 | 15179,850000 | 21,912680 | 15,034140 | 78248,040000 | 78263,070000 |
| 156 | 9,558199 | -65,704770 | 15233,870000 | 21,912680 | 14,448250 | 75468,500000 | 75482,950000 |
| 157 | 9,546930 | -63,033220 | 15285,250000 | 21,912680 | 13,860370 | 72644,340000 | 72658,200000 |
| 158 | 9,536129 | -60,352930 | 15334,030000 | 21,912680 | 13,270610 | 69777,150000 | 69790,420000 |
| 159 | 9,525799 | -57,664320 | 15380,270000 | 14,608450 | 8,452705 | 66869,840000 | 66878,290000 |

| | | | | | | | |
|-----|----------|------------|--------------|----------|----------|---------------|---------------|
| 160 | 9,515939 | -54,967850 | 15424,020000 | 7,304225 | 4,028607 | 63924,180000 | 63928,210000 |
| 161 | 9,506553 | -52,263880 | 15465,320000 | 0,000000 | 0,000000 | 60942,470000 | 60942,470000 |
| 162 | 9,497640 | -49,552960 | 15504,220000 | 0,000000 | 0,000000 | 57926,650000 | 57926,650000 |
| 163 | 9,489202 | -46,835380 | 15540,760000 | 0,000000 | 0,000000 | 54878,900000 | 54878,900000 |
| 164 | 9,481241 | -44,111620 | 15574,990000 | 0,000000 | 0,000000 | 51801,350000 | 51801,350000 |
| 165 | 9,473758 | -41,382110 | 15606,940000 | 0,000000 | 0,000000 | 48695,570000 | 48695,570000 |
| 166 | 9,466752 | -38,647140 | 15636,660000 | 0,000000 | 0,000000 | 45563,880000 | 45563,880000 |
| 167 | 9,460226 | -35,907210 | 15664,170000 | 0,000000 | 0,000000 | 42408,030000 | 42408,030000 |
| 168 | 9,454180 | -33,162600 | 15689,500000 | 0,000000 | 0,000000 | 39229,990000 | 39229,990000 |
| 169 | 9,448614 | -30,413790 | 15712,700000 | 0,000000 | 0,000000 | 36031,450000 | 36031,450000 |
| 170 | 9,443531 | -27,661100 | 15733,790000 | 0,000000 | 0,000000 | 32814,320000 | 32814,320000 |
| 171 | 9,438930 | -24,904890 | 15752,780000 | 0,000000 | 0,000000 | 29580,220000 | 29580,220000 |
| 172 | 9,434811 | -22,145530 | 15769,720000 | 0,000000 | 0,000000 | 26331,280000 | 26331,280000 |
| 173 | 9,431175 | -19,383380 | 15784,610000 | 0,000000 | 0,000000 | 23068,780000 | 23068,780000 |
| 174 | 9,428024 | -16,618860 | 15797,480000 | 0,000000 | 0,000000 | 19794,540000 | 19794,540000 |
| 175 | 9,425357 | -13,852180 | 15808,340000 | 0,000000 | 0,000000 | 16510,610000 | 16510,610000 |
| 176 | 9,423174 | -11,083800 | 15817,210000 | 0,000000 | 0,000000 | 13218,510000 | 13218,510000 |
| 177 | 9,421476 | -8,314100 | 15824,090000 | 0,000000 | 0,000000 | 9919,461000 | 9919,461000 |
| 178 | 9,420263 | -5,543281 | 15829,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 6615,739000 | 6615,739000 |
| 179 | 9,419535 | -2,771805 | 15831,950000 | 0,000000 | 0,000000 | 3308,819000 | 3308,819000 |
| 180 | 9,419292 | 0,000000 | 15832,930000 | 0,000000 | 0,000000 | -0,097541 | -0,097541 |
| 181 | 9,419535 | 2,771805 | 15831,950000 | 0,000000 | 0,000000 | -3308,747000 | -3308,747000 |
| 182 | 9,420263 | 5,543281 | 15829,000000 | 0,000000 | 0,000000 | -6615,667000 | -6615,667000 |
| 183 | 9,421476 | 8,314055 | 15824,090000 | 0,000000 | 0,000000 | -9919,655000 | -9919,655000 |
| 184 | 9,423174 | 11,083800 | 15817,210000 | 0,000000 | 0,000000 | -13218,440000 | -13218,440000 |
| 185 | 9,425357 | 13,852220 | 15808,340000 | 0,000000 | 0,000000 | -16510,540000 | -16510,540000 |
| 186 | 9,428024 | 16,618810 | 15797,480000 | 0,000000 | 0,000000 | -19794,730000 | -19794,730000 |

| | | | | | | | |
|-----|----------|-----------|--------------|----------|----------|---------------|---------------|
| 187 | 9,431175 | 19,383420 | 15784,610000 | 0,000000 | 0,000000 | -23068,700000 | -23068,700000 |
| 188 | 9,434811 | 22,145530 | 15769,720000 | 0,000000 | 0,000000 | -26331,200000 | -26331,200000 |
| 189 | 9,438930 | 24,904890 | 15752,780000 | 0,000000 | 0,000000 | -29580,150000 | -29580,150000 |
| 190 | 9,443531 | 27,661100 | 15733,790000 | 0,000000 | 0,000000 | -32814,250000 | -32814,250000 |
| 191 | 9,448614 | 30,413790 | 15712,700000 | 0,000000 | 0,000000 | -36031,380000 | -36031,380000 |
| 192 | 9,454180 | 33,162640 | 15689,500000 | 0,000000 | 0,000000 | -39229,920000 | -39229,920000 |
| 193 | 9,460226 | 35,907210 | 15664,170000 | 0,000000 | 0,000000 | -42407,950000 | -42407,950000 |
| 194 | 9,466752 | 38,647140 | 15636,660000 | 0,000000 | 0,000000 | -45563,810000 | -45563,810000 |
| 195 | 9,473758 | 41,382110 | 15606,940000 | 0,000000 | 0,000000 | -48695,500000 | -48695,500000 |
| 196 | 9,481241 | 44,111620 | 15574,990000 | 0,000000 | 0,000000 | -51801,280000 | -51801,280000 |
| 197 | 9,489202 | 46,835380 | 15540,760000 | 0,000000 | 0,000000 | -54879,090000 | -54879,090000 |
| 198 | 9,497640 | 49,552960 | 15504,220000 | 0,000000 | 0,000000 | -57926,570000 | -57926,570000 |
| 199 | 9,506553 | 52,263930 | 15465,320000 | 0,000000 | 0,000000 | -60942,400000 | -60942,400000 |
| 200 | 9,515939 | 54,967850 | 15424,020000 | 0,000000 | 0,000000 | -63924,110000 | -63924,110000 |
| 201 | 9,525799 | 57,664320 | 15380,270000 | 0,000000 | 0,000000 | -66869,770000 | -66869,770000 |
| 202 | 9,536129 | 60,352930 | 15334,030000 | 0,000000 | 0,000000 | -69777,340000 | -69777,340000 |
| 203 | 9,546930 | 63,033220 | 15285,250000 | 0,000000 | 0,000000 | -72644,270000 | -72644,270000 |
| 204 | 9,558199 | 65,704770 | 15233,870000 | 0,000000 | 0,000000 | -75468,700000 | -75468,700000 |
| 205 | 9,569936 | 68,367080 | 15179,850000 | 0,000000 | 0,000000 | -78247,960000 | -78247,960000 |
| 206 | 9,582136 | 71,019650 | 15123,130000 | 0,000000 | 0,000000 | -80980,400000 | -80980,400000 |
| 207 | 9,594802 | 73,662140 | 15063,650000 | 0,000000 | 0,000000 | -83662,960000 | -83662,960000 |
| 208 | 9,607928 | 76,293880 | 15001,360000 | 0,000000 | 0,000000 | -86293,880000 | -86293,880000 |
| 209 | 9,621514 | 78,914530 | 14936,190000 | 0,000000 | 0,000000 | -88870,270000 | -88870,270000 |
| 210 | 9,635558 | 81,523480 | 14868,100000 | 0,000000 | 0,000000 | -91389,770000 | -91389,770000 |
| 211 | 9,650058 | 84,120240 | 14797,000000 | 0,000000 | 0,000000 | -93849,910000 | -93849,910000 |
| 212 | 9,665011 | 86,704320 | 14722,860000 | 0,000000 | 0,000000 | -96248,210000 | -96248,210000 |
| 213 | 9,680416 | 89,275120 | 14645,590000 | 0,000000 | 0,000000 | -98581,860000 | -98581,860000 |

| | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|--------------|----------|----------|----------------|----------------|
| 214 | 9,696270 | 91,832170 | 14565,130000 | 0,000000 | 0,000000 | -100848,300000 | -100848,300000 |
| 215 | 9,712569 | 94,374800 | 14481,430000 | 0,000000 | 0,000000 | -103044,900000 | -103044,900000 |
| 216 | 9,729313 | 96,902500 | 14394,410000 | 0,000000 | 0,000000 | -105169,200000 | -105169,200000 |
| 217 | 9,746498 | 99,414640 | 14304,010000 | 0,000000 | 0,000000 | -107218,000000 | -107218,000000 |
| 218 | 9,764121 | 101,910700 | 14210,160000 | 0,000000 | 0,000000 | -109188,700000 | -109188,700000 |
| 219 | 9,782180 | 104,390000 | 14112,790000 | 0,000000 | 0,000000 | -111078,800000 | -111078,800000 |
| 220 | 9,800672 | 106,851900 | 14011,830000 | 0,000000 | 0,000000 | -112885,200000 | -112885,200000 |
| 221 | 9,819592 | 109,295900 | 13907,230000 | 0,000000 | 0,000000 | -114604,900000 | -114604,900000 |
| 222 | 9,838939 | 111,721200 | 13798,900000 | 0,000000 | 0,000000 | -116235,700000 | -116235,700000 |
| 223 | 9,858709 | 114,127200 | 13686,780000 | 0,000000 | 0,000000 | -117774,200000 | -117774,200000 |
| 224 | 9,878899 | 116,513300 | 13570,810000 | 0,000000 | 0,000000 | -119217,600000 | -119217,600000 |
| 225 | 9,899504 | 118,878700 | 13450,910000 | 0,000000 | 0,000000 | -120563,200000 | -120563,200000 |
| 226 | 9,920522 | 121,222700 | 13327,030000 | 0,000000 | 0,000000 | -121808,300000 | -121808,300000 |
| 227 | 9,941947 | 123,544700 | 13199,080000 | 0,000000 | 0,000000 | -122949,700000 | -122949,700000 |
| 228 | 9,963778 | 125,844000 | 13067,020000 | 0,000000 | 0,000000 | -123984,900000 | -123984,900000 |
| 229 | 9,986010 | 128,119800 | 12930,770000 | 0,000000 | 0,000000 | -124910,800000 | -124910,800000 |
| 230 | 10,008640 | 130,371400 | 12790,280000 | 0,000000 | 0,000000 | -125725,000000 | -125725,000000 |
| 231 | 10,031660 | 132,597900 | 12645,480000 | 0,000000 | 0,000000 | -126424,500000 | -126424,500000 |
| 232 | 10,055060 | 134,798800 | 12496,310000 | 0,000000 | 0,000000 | -127006,900000 | -127006,900000 |
| 233 | 10,078850 | 136,973100 | 12342,710000 | 0,000000 | 0,000000 | -127469,100000 | -127469,100000 |
| 234 | 10,103020 | 139,120200 | 12184,620000 | 0,000000 | 0,000000 | -127809,100000 | -127809,100000 |
| 235 | 10,127560 | 141,239200 | 12021,990000 | 0,000000 | 0,000000 | -128023,900000 | -128023,900000 |
| 236 | 10,152470 | 143,329300 | 11854,780000 | 0,000000 | 0,000000 | -128111,500000 | -128111,500000 |
| 237 | 10,177750 | 145,389800 | 11682,920000 | 0,000000 | 0,000000 | -128069,100000 | -128069,100000 |
| 238 | 10,203380 | 147,419700 | 11506,370000 | 0,000000 | 0,000000 | -127894,900000 | -127894,900000 |
| 239 | 10,229360 | 149,418400 | 11325,080000 | 0,000000 | 0,000000 | -127586,400000 | -127586,400000 |
| 240 | 10,255690 | 151,384800 | 11139,010000 | 0,000000 | 0,000000 | -127141,900000 | -127141,900000 |

| | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|--------------|----------|----------|----------------|----------------|
| 241 | 10,282370 | 153,318300 | 10948,120000 | 0,000000 | 0,000000 | -126558,900000 | -126558,900000 |
| 242 | 10,309370 | 155,217900 | 10752,380000 | 0,000000 | 0,000000 | -125836,200000 | -125836,200000 |
| 243 | 10,336710 | 157,082800 | 10551,740000 | 0,000000 | 0,000000 | -124971,800000 | -124971,800000 |
| 244 | 10,364370 | 158,912200 | 10346,180000 | 0,000000 | 0,000000 | -123964,300000 | -123964,300000 |
| 245 | 10,392350 | 160,705200 | 10135,670000 | 0,000000 | 0,000000 | -122812,200000 | -122812,200000 |
| 246 | 10,420640 | 162,460800 | 9920,189000 | 0,000000 | 0,000000 | -121514,400000 | -121514,400000 |
| 247 | 10,449230 | 164,178300 | 9699,713000 | 0,000000 | 0,000000 | -120069,800000 | -120069,800000 |
| 248 | 10,478120 | 165,856800 | 9474,229000 | 0,000000 | 0,000000 | -118477,600000 | -118477,600000 |
| 249 | 10,507300 | 167,495300 | 9243,716000 | 0,000000 | 0,000000 | -116737,000000 | -116737,000000 |
| 250 | 10,536770 | 169,093100 | 9008,177000 | 0,000000 | 0,000000 | -114847,600000 | -114847,600000 |
| 251 | 10,566510 | 170,649100 | 8767,609000 | 0,000000 | 0,000000 | -112809,300000 | -112809,300000 |
| 252 | 10,596520 | 172,162700 | 8522,001000 | 0,000000 | 0,000000 | -110621,500000 | -110621,500000 |
| 253 | 10,626790 | 173,632700 | 8271,372000 | 0,000000 | 0,000000 | -108285,100000 | -108285,100000 |
| 254 | 10,657310 | 175,058500 | 8015,712000 | 0,000000 | 0,000000 | -105799,700000 | -105799,700000 |
| 255 | 10,688080 | 176,439100 | 7755,060000 | 0,000000 | 0,000000 | -103166,700000 | -103166,700000 |
| 256 | 10,719090 | 177,773600 | 7489,419000 | 0,000000 | 0,000000 | -100386,400000 | -100386,400000 |
| 257 | 10,750320 | 179,061100 | 7218,819000 | 0,000000 | 0,000000 | -97460,080000 | -97460,080000 |
| 258 | 10,781780 | 180,300900 | 6943,288000 | 0,000000 | 0,000000 | -94389,200000 | -94389,200000 |
| 259 | 10,813450 | 181,492000 | 6662,851000 | 0,000000 | 0,000000 | -91175,240000 | -91175,240000 |
| 260 | 10,845320 | 182,633500 | 6377,564000 | 0,000000 | 0,000000 | -87820,250000 | -87820,250000 |
| 261 | 10,877390 | 183,724700 | 6087,461000 | 0,000000 | 0,000000 | -84326,270000 | -84326,270000 |
| 262 | 10,909650 | 184,764700 | 5792,602000 | 0,000000 | 0,000000 | -80696,060000 | -80696,060000 |
| 263 | 10,942080 | 185,752700 | 5493,021000 | 0,000000 | 0,000000 | -76931,780000 | -76931,780000 |
| 264 | 10,974690 | 186,687800 | 5188,802000 | 0,000000 | 0,000000 | -73036,950000 | -73036,950000 |
| 265 | 11,007450 | 187,569200 | 4879,996000 | 0,000000 | 0,000000 | -69014,480000 | -69014,480000 |
| 266 | 11,040360 | 188,396200 | 4566,687000 | 0,000000 | 0,000000 | -64868,350000 | -64868,350000 |
| 267 | 11,073410 | 189,167900 | 4248,942000 | 0,000000 | 0,000000 | -60602,130000 | -60602,130000 |

| | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|--------------|----------|----------|---------------|---------------|
| 268 | 11,106590 | 189,883700 | 3926,836000 | 0,000000 | 0,000000 | -56219,890000 | -56219,890000 |
| 269 | 11,139890 | 190,542600 | 3600,472000 | 0,000000 | 0,000000 | -51726,210000 | -51726,210000 |
| 270 | 11,173300 | 191,144100 | 3269,942000 | 0,000000 | 0,000000 | -47125,980000 | -47125,980000 |
| 271 | 11,206820 | 191,687300 | 2935,337000 | 0,000000 | 0,000000 | -42423,890000 | -42423,890000 |
| 272 | 11,240420 | 192,171600 | 2596,771000 | 0,000000 | 0,000000 | -37625,520000 | -37625,520000 |
| 273 | 11,274100 | 192,596300 | 2254,331000 | 0,000000 | 0,000000 | -32735,980000 | -32735,980000 |
| 274 | 11,307850 | 192,960800 | 1908,157000 | 0,000000 | 0,000000 | -27761,480000 | -27761,480000 |
| 275 | 11,341660 | 193,264200 | 1558,358000 | 0,000000 | 0,000000 | -22707,950000 | -22707,950000 |
| 276 | 11,375520 | 193,506200 | 1205,066000 | 0,000000 | 0,000000 | -17581,880000 | -17581,880000 |
| 277 | 11,409410 | 193,686000 | 848,401100 | 0,000000 | 0,000000 | -12389,650000 | -12389,650000 |
| 278 | 11,443330 | 193,803100 | 488,495500 | 0,000000 | 0,000000 | -7138,070000 | -7138,070000 |
| 279 | 11,477260 | 193,856800 | 125,501700 | 0,000000 | 0,000000 | -1834,382000 | -1834,382000 |
| 280 | 11,511200 | 193,846800 | -240,433300 | 0,000000 | 0,000000 | 3514,088000 | 3514,088000 |
| 281 | 11,545130 | 193,772500 | -609,167700 | 0,000000 | 0,000000 | 8899,967000 | 8899,967000 |
| 282 | 11,579050 | 193,633400 | -980,545500 | 0,000000 | 0,000000 | 14315,530000 | 14315,530000 |
| 283 | 11,612930 | 193,429000 | -1354,417000 | 0,000000 | 0,000000 | 19753,010000 | 19753,010000 |
| 284 | 11,646770 | 193,159000 | -1730,597000 | 0,000000 | 0,000000 | 25204,050000 | 25204,050000 |
| 285 | 11,680560 | 192,823000 | -2108,929000 | 0,000000 | 0,000000 | 30660,570000 | 30660,570000 |
| 286 | 11,714280 | 192,420500 | -2489,245000 | 0,000000 | 0,000000 | 36114,210000 | 36114,210000 |
| 287 | 11,747930 | 191,951300 | -2871,361000 | 0,000000 | 0,000000 | 41556,420000 | 41556,420000 |
| 288 | 11,781490 | 191,415000 | -3255,115000 | 0,000000 | 0,000000 | 46978,740000 | 46978,740000 |
| 289 | 11,814950 | 190,811400 | -3640,293000 | 0,000000 | 0,000000 | 52372,150000 | 52372,150000 |
| 290 | 11,848290 | 190,140300 | -4026,733000 | 0,000000 | 0,000000 | 57727,960000 | 57727,960000 |
| 291 | 11,881520 | 189,401500 | -4414,231000 | 0,000000 | 0,000000 | 63037,320000 | 63037,320000 |
| 292 | 11,914610 | 188,594700 | -4802,611000 | 0,000000 | 0,000000 | 68291,400000 | 68291,400000 |
| 293 | 11,947550 | 187,719800 | -5191,654000 | 0,000000 | 0,000000 | 73480,980000 | 73480,980000 |
| 294 | 11,980330 | 186,776800 | -5581,169000 | 0,000000 | 0,000000 | 78597,260000 | 78597,260000 |

| | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|---------------|----------|----------|---------------|---------------|
| 295 | 12,012940 | 185,765600 | -5970,957000 | 0,000000 | 0,000000 | 83631,230000 | 83631,230000 |
| 296 | 12,045370 | 184,686200 | -6360,811000 | 0,000000 | 0,000000 | 88573,980000 | 88573,980000 |
| 297 | 12,077610 | 183,538400 | -6750,538000 | 0,000000 | 0,000000 | 93416,710000 | 93416,710000 |
| 298 | 12,109630 | 182,322500 | -7139,905000 | 0,000000 | 0,000000 | 98150,390000 | 98150,390000 |
| 299 | 12,141440 | 181,038500 | -7528,714000 | 0,000000 | 0,000000 | 102766,400000 | 102766,400000 |
| 300 | 12,173020 | 179,686500 | -7916,750000 | 0,000000 | 0,000000 | 107256,100000 | 107256,100000 |
| 301 | 12,204350 | 178,266600 | -8303,807000 | 0,000000 | 0,000000 | 111610,900000 | 111610,900000 |
| 302 | 12,235430 | 176,779100 | -8689,671000 | 0,000000 | 0,000000 | 115822,700000 | 115822,700000 |
| 303 | 12,266240 | 175,224100 | -9074,111000 | 0,000000 | 0,000000 | 119882,900000 | 119882,900000 |
| 304 | 12,296780 | 173,602000 | -9456,919000 | 0,000000 | 0,000000 | 123783,800000 | 123783,800000 |
| 305 | 12,327030 | 171,912900 | -9837,880000 | 0,000000 | 0,000000 | 127517,400000 | 127517,400000 |
| 306 | 12,356970 | 170,157500 | -10216,770000 | 0,000000 | 0,000000 | 131076,300000 | 131076,300000 |
| 307 | 12,386600 | 168,335800 | -10593,390000 | 0,000000 | 0,000000 | 134453,000000 | 134453,000000 |
| 308 | 12,415910 | 166,448400 | -10967,500000 | 0,000000 | 0,000000 | 137640,700000 | 137640,700000 |
| 309 | 12,444880 | 164,495800 | -11338,890000 | 0,000000 | 0,000000 | 140632,100000 | 140632,100000 |
| 310 | 12,473500 | 162,478400 | -11707,340000 | 0,000000 | 0,000000 | 143421,100000 | 143421,100000 |
| 311 | 12,501760 | 160,396800 | -12072,640000 | 0,000000 | 0,000000 | 146001,400000 | 146001,400000 |
| 312 | 12,529660 | 158,251400 | -12434,570000 | 0,000000 | 0,000000 | 148367,300000 | 148367,300000 |
| 313 | 12,557170 | 156,043100 | -12792,920000 | 0,000000 | 0,000000 | 150512,900000 | 150512,900000 |
| 314 | 12,584290 | 153,772400 | -13147,470000 | 0,000000 | 0,000000 | 152433,400000 | 152433,400000 |
| 315 | 12,611010 | 151,439900 | -13498,010000 | 0,000000 | 0,000000 | 154123,600000 | 154123,600000 |
| 316 | 12,637310 | 149,046400 | -13844,340000 | 0,000000 | 0,000000 | 155579,800000 | 155579,800000 |
| 317 | 12,663190 | 146,592700 | -14186,230000 | 0,000000 | 0,000000 | 156797,400000 | 156797,400000 |
| 318 | 12,688640 | 144,079500 | -14523,490000 | 0,000000 | 0,000000 | 157773,100000 | 157773,100000 |
| 319 | 12,713640 | 141,507700 | -14855,910000 | 0,000000 | 0,000000 | 158503,400000 | 158503,400000 |
| 320 | 12,738180 | 138,878200 | -15183,290000 | 0,000000 | 0,000000 | 158986,200000 | 158986,200000 |
| 321 | 12,762260 | 136,191700 | -15505,440000 | 0,000000 | 0,000000 | 159218,800000 | 159218,800000 |

| | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|---------------|----------|----------|---------------|---------------|
| 322 | 12,785860 | 133,449400 | -15822,140000 | 0,000000 | 0,000000 | 159199,200000 | 159199,200000 |
| 323 | 12,808980 | 130,652100 | -16133,210000 | 0,000000 | 0,000000 | 158926,800000 | 158926,800000 |
| 324 | 12,831610 | 127,800900 | -16438,460000 | 0,000000 | 0,000000 | 158399,800000 | 158399,800000 |
| 325 | 12,853730 | 124,896700 | -16737,710000 | 0,000000 | 0,000000 | 157618,400000 | 157618,400000 |
| 326 | 12,875340 | 121,940700 | -17030,760000 | 0,000000 | 0,000000 | 156582,100000 | 156582,100000 |
| 327 | 12,896420 | 118,933900 | -17317,440000 | 0,000000 | 0,000000 | 155292,000000 | 155292,000000 |
| 328 | 12,916980 | 115,877600 | -17597,560000 | 0,000000 | 0,000000 | 153748,700000 | 153748,700000 |
| 329 | 12,936990 | 112,772700 | -17870,960000 | 0,000000 | 0,000000 | 151953,700000 | 151953,700000 |
| 330 | 12,956460 | 109,620600 | -18137,460000 | 0,000000 | 0,000000 | 149909,100000 | 149909,100000 |
| 331 | 12,975370 | 106,422400 | -18396,910000 | 0,000000 | 0,000000 | 147617,500000 | 147617,500000 |
| 332 | 12,993720 | 103,179500 | -18649,130000 | 0,000000 | 0,000000 | 145081,400000 | 145081,400000 |
| 333 | 13,011500 | 99,893070 | -18893,980000 | 0,000000 | 0,000000 | 142304,200000 | 142304,200000 |
| 334 | 13,028690 | 96,564460 | -19131,290000 | 0,000000 | 0,000000 | 139290,400000 | 139290,400000 |
| 335 | 13,045300 | 93,194960 | -19360,930000 | 0,000000 | 0,000000 | 136043,700000 | 136043,700000 |
| 336 | 13,061320 | 89,785840 | -19582,750000 | 0,000000 | 0,000000 | 132568,800000 | 132568,800000 |
| 337 | 13,076740 | 86,338650 | -19796,610000 | 0,000000 | 0,000000 | 128871,000000 | 128871,000000 |
| 338 | 13,091550 | 82,854750 | -20002,370000 | 0,000000 | 0,000000 | 124956,400000 | 124956,400000 |
| 339 | 13,105750 | 79,335520 | -20199,910000 | 0,000000 | 0,000000 | 120830,300000 | 120830,300000 |
| 340 | 13,119330 | 75,782490 | -20389,110000 | 0,000000 | 0,000000 | 116500,300000 | 116500,300000 |
| 341 | 13,132280 | 72,196920 | -20569,850000 | 0,000000 | 0,000000 | 111971,900000 | 111971,900000 |
| 342 | 13,144610 | 68,580570 | -20742,010000 | 0,000000 | 0,000000 | 107253,300000 | 107253,300000 |
| 343 | 13,156290 | 64,934890 | -20905,480000 | 0,000000 | 0,000000 | 102352,500000 | 102352,500000 |
| 344 | 13,167340 | 61,261300 | -21060,170000 | 0,000000 | 0,000000 | 97276,360000 | 97276,360000 |
| 345 | 13,177740 | 57,561310 | -21205,970000 | 0,000000 | 0,000000 | 92033,920000 | 92033,920000 |
| 346 | 13,187490 | 53,836700 | -21342,800000 | 0,000000 | 0,000000 | 86634,090000 | 86634,090000 |
| 347 | 13,196590 | 50,088910 | -21470,570000 | 0,000000 | 0,000000 | 81085,630000 | 81085,630000 |
| 348 | 13,205030 | 46,319570 | -21589,200000 | 0,000000 | 0,000000 | 75398,090000 | 75398,090000 |

| | | | | | | | |
|-----|-----------|-----------|---------------|----------|----------|--------------|--------------|
| 349 | 13,212810 | 42,530250 | -21698,620000 | 0,000000 | 0,000000 | 69580,750000 | 69580,750000 |
| 350 | 13,219920 | 38,722510 | -21798,750000 | 0,000000 | 0,000000 | 63643,690000 | 63643,690000 |
| 351 | 13,226370 | 34,898120 | -21889,540000 | 0,000000 | 0,000000 | 57596,680000 | 57596,680000 |
| 352 | 13,232140 | 31,058700 | -21970,920000 | 0,000000 | 0,000000 | 51450,770000 | 51450,770000 |
| 353 | 13,237240 | 27,205820 | -22042,850000 | 0,000000 | 0,000000 | 45215,630000 | 45215,630000 |
| 354 | 13,241660 | 23,341210 | -22105,280000 | 0,000000 | 0,000000 | 38902,690000 | 38902,690000 |
| 355 | 13,245410 | 19,466370 | -22158,170000 | 0,000000 | 0,000000 | 32521,950000 | 32521,950000 |
| 356 | 13,248480 | 15,583250 | -22201,490000 | 0,000000 | 0,000000 | 26085,630000 | 26085,630000 |
| 357 | 13,250870 | 11,693370 | -22235,210000 | 0,000000 | 0,000000 | 19603,980000 | 19603,980000 |
| 358 | 13,252570 | 7,798383 | -22259,310000 | 0,000000 | 0,000000 | 13087,870000 | 13087,870000 |
| 359 | 13,253600 | 3,900081 | -22273,780000 | 0,000000 | 0,000000 | 6549,792000 | 6549,792000 |
| 360 | 13,253940 | -0,000017 | -22278,600000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,193126 | 0,193126 |

A continuación, son mostrados los resultados obtenidos en simulador en el sistema de distribución.

Tabla 47. Parámetros iniciales sistema de distribución con resultados

| Parámetros iniciales sistema de distribución | |
|--|----------|
| l (in) | 0.787 |
| r (in) | 1.10 |
| r/l | 1.40 |
| r/2l | 0.70 |
| r/4l | 0.350 |
| r ² /4l | 0.385 |
| w mín. (min ⁻¹) | 273.0 |
| w máx. (min ⁻¹) | 273.0 |
| w prom. (min ⁻¹) | 273.0 |
| w prom. (rad/s) | 28.58 |
| w ² | 817.30 |
| t/ciclo (s) | 0.219 |
| t por grados (s) | 0.000611 |

| Sistema de distribución | | | |
|-------------------------|---------------|------------------|----------------------------------|
| Input angle (deg) | Posicion (in) | Velocidad (in/s) | Aceleración (in/s ²) |
| 0 | 17,825000 | 0,000000 | -6561,536000 |
| 1 | 17,825000 | -1,149000 | -6560,430000 |
| 2 | 17,825000 | -2,297000 | -6557,111000 |
| 3 | 17,824000 | -3,444000 | -6551,582000 |
| 4 | 17,824000 | -4,591000 | -6543,845000 |
| 5 | 17,823000 | -5,736000 | -6533,902000 |
| 6 | 17,822000 | -6,878000 | -6521,759000 |
| 7 | 17,820000 | -8,019000 | -6507,420000 |
| 8 | 17,819000 | -9,157000 | -6490,891000 |
| 9 | 17,817000 | -10,292000 | -6472,179000 |
| 10 | 17,815000 | -11,423000 | -6451,293000 |
| 11 | 17,813000 | -12,550000 | -6428,240000 |
| 12 | 17,811000 | -13,674000 | -6403,031000 |
| 13 | 17,808000 | -14,792000 | -6375,676000 |
| 14 | 17,806000 | -15,906000 | -6346,187000 |
| 15 | 17,803000 | -17,014000 | -6314,576000 |
| 16 | 17,800000 | -18,117000 | -6280,855000 |
| 17 | 17,797000 | -19,213000 | -6245,041000 |
| 18 | 17,793000 | -20,303000 | -6207,146000 |
| 19 | 17,789000 | -21,386000 | -6167,188000 |

| | | | |
|----|-----------|------------|--------------|
| 20 | 17,786000 | -22,462000 | -6125,182000 |
| 21 | 17,782000 | -23,531000 | -6081,146000 |
| 22 | 17,777000 | -24,592000 | -6035,099000 |
| 23 | 17,773000 | -25,644000 | -5987,060000 |
| 24 | 17,768000 | -26,688000 | -5937,047000 |
| 25 | 17,764000 | -27,723000 | -5885,083000 |
| 26 | 17,759000 | -28,748000 | -5831,188000 |
| 27 | 17,754000 | -29,764000 | -5775,386000 |
| 28 | 17,748000 | -30,770000 | -5717,698000 |
| 29 | 17,743000 | -31,766000 | -5658,149000 |
| 30 | 17,737000 | -32,751000 | -5596,763000 |
| 31 | 17,731000 | -33,726000 | -5533,563000 |
| 32 | 17,725000 | -34,689000 | -5468,579000 |
| 33 | 17,719000 | -35,640000 | -5401,833000 |
| 34 | 17,713000 | -36,580000 | -5333,356000 |
| 35 | 17,706000 | -37,508000 | -5263,173000 |
| 36 | 17,700000 | -38,423000 | -5191,313000 |
| 37 | 17,693000 | -39,325000 | -5117,806000 |
| 38 | 17,686000 | -40,215000 | -5042,681000 |
| 39 | 17,679000 | -41,091000 | -4965,966000 |
| 40 | 17,672000 | -41,953000 | -4887,695000 |
| 41 | 17,664000 | -42,802000 | -4807,897000 |
| 42 | 17,657000 | -43,637000 | -4726,604000 |
| 43 | 17,649000 | -44,457000 | -4643,850000 |
| 44 | 17,641000 | -45,263000 | -4559,665000 |
| 45 | 17,633000 | -46,053000 | -4474,083000 |
| 46 | 17,625000 | -46,829000 | -4387,138000 |
| 47 | 17,617000 | -47,589000 | -4298,864000 |
| 48 | 17,608000 | -48,334000 | -4209,295000 |
| 49 | 17,600000 | -49,063000 | -4118,465000 |
| 50 | 17,591000 | -49,776000 | -4026,412000 |
| 51 | 17,582000 | -50,473000 | -3933,168000 |
| 52 | 17,573000 | -51,153000 | -3838,770000 |
| 53 | 17,564000 | -51,817000 | -3743,254000 |
| 54 | 17,555000 | -52,464000 | -3646,656000 |
| 55 | 17,546000 | -53,094000 | -3549,015000 |
| 56 | 17,537000 | -53,706000 | -3450,365000 |
| 57 | 17,527000 | -54,302000 | -3350,744000 |
| 58 | 17,518000 | -54,880000 | -3250,188000 |
| 59 | 17,508000 | -55,440000 | -3148,738000 |

| | | | |
|----|-----------|------------|--------------|
| 60 | 17,498000 | -55,982000 | -3046,427000 |
| 61 | 17,488000 | -56,506000 | -2943,295000 |
| 62 | 17,478000 | -57,013000 | -2839,382000 |
| 63 | 17,468000 | -57,501000 | -2734,722000 |
| 64 | 17,458000 | -57,970000 | -2629,355000 |
| 65 | 17,448000 | -58,421000 | -2523,319000 |
| 66 | 17,438000 | -58,854000 | -2416,652000 |
| 67 | 17,427000 | -59,267000 | -2309,392000 |
| 68 | 17,417000 | -59,662000 | -2201,578000 |
| 69 | 17,407000 | -60,038000 | -2093,247000 |
| 70 | 17,396000 | -60,395000 | -1984,437000 |
| 71 | 17,385000 | -60,733000 | -1875,187000 |
| 72 | 17,375000 | -61,052000 | -1765,536000 |
| 73 | 17,364000 | -61,351000 | -1655,519000 |
| 74 | 17,353000 | -61,631000 | -1545,176000 |
| 75 | 17,343000 | -61,892000 | -1434,544000 |
| 76 | 17,332000 | -62,134000 | -1323,661000 |
| 77 | 17,321000 | -62,356000 | -1212,564000 |
| 78 | 17,310000 | -62,558000 | -1101,289000 |
| 79 | 17,299000 | -62,741000 | -989,877000 |
| 80 | 17,288000 | -62,905000 | -878,361000 |
| 81 | 17,277000 | -63,049000 | -766,778000 |
| 82 | 17,266000 | -63,173000 | -655,167000 |
| 83 | 17,255000 | -63,278000 | -543,562000 |
| 84 | 17,244000 | -63,364000 | -432,000000 |
| 85 | 17,233000 | -63,429000 | -320,517000 |
| 86 | 17,221000 | -63,476000 | -209,146000 |
| 87 | 17,210000 | -63,503000 | -97,925000 |
| 88 | 17,199000 | -63,510000 | 13,114000 |
| 89 | 17,188000 | -63,498000 | 123,934000 |
| 90 | 17,177000 | -63,467000 | 234,501000 |
| 91 | 17,166000 | -63,416000 | 344,783000 |
| 92 | 17,155000 | -63,346000 | 454,746000 |
| 93 | 17,144000 | -63,257000 | 564,355000 |
| 94 | 17,133000 | -63,148000 | 673,580000 |
| 95 | 17,122000 | -63,021000 | 782,387000 |
| 96 | 17,111000 | -62,874000 | 890,744000 |
| 97 | 17,100000 | -62,709000 | 998,620000 |
| 98 | 17,089000 | -62,525000 | 1105,984000 |
| 99 | 17,078000 | -62,322000 | 1212,805000 |

| | | | |
|-----|-----------|------------|-------------|
| 100 | 17,067000 | -62,100000 | 1319,052000 |
| 101 | 17,056000 | -61,860000 | 1424,694000 |
| 102 | 17,045000 | -61,601000 | 1529,707000 |
| 103 | 17,034000 | -61,324000 | 1634,054000 |
| 104 | 17,024000 | -61,029000 | 1737,713000 |
| 105 | 17,013000 | -60,716000 | 1840,654000 |
| 106 | 17,002000 | -60,385000 | 1942,847000 |
| 107 | 16,992000 | -60,036000 | 2044,267000 |
| 108 | 16,981000 | -59,669000 | 2144,886000 |
| 109 | 16,971000 | -59,285000 | 2244,679000 |
| 110 | 16,961000 | -58,883000 | 2343,619000 |
| 111 | 16,950000 | -58,464000 | 2441,681000 |
| 112 | 16,940000 | -58,028000 | 2538,841000 |
| 113 | 16,930000 | -57,575000 | 2635,073000 |
| 114 | 16,920000 | -57,106000 | 2730,353000 |
| 115 | 16,910000 | -56,619000 | 2824,658000 |
| 116 | 16,900000 | -56,117000 | 2917,964000 |
| 117 | 16,890000 | -55,598000 | 3010,252000 |
| 118 | 16,881000 | -55,063000 | 3101,495000 |
| 119 | 16,871000 | -54,512000 | 3191,674000 |
| 120 | 16,862000 | -53,945000 | 3280,768000 |
| 121 | 16,852000 | -53,363000 | 3368,755000 |
| 122 | 16,843000 | -52,766000 | 3455,617000 |
| 123 | 16,834000 | -52,153000 | 3541,331000 |
| 124 | 16,825000 | -51,526000 | 3625,880000 |
| 125 | 16,816000 | -50,884000 | 3709,246000 |
| 126 | 16,807000 | -50,227000 | 3791,407000 |
| 127 | 16,798000 | -49,556000 | 3872,348000 |
| 128 | 16,789000 | -48,872000 | 3952,051000 |
| 129 | 16,781000 | -48,173000 | 4030,497000 |
| 130 | 16,773000 | -47,460000 | 4107,674000 |
| 131 | 16,764000 | -46,735000 | 4183,562000 |
| 132 | 16,756000 | -45,996000 | 4258,145000 |
| 133 | 16,748000 | -45,244000 | 4331,409000 |
| 134 | 16,740000 | -44,479000 | 4403,340000 |
| 135 | 16,733000 | -43,702000 | 4473,922000 |
| 136 | 16,725000 | -42,913000 | 4543,142000 |
| 137 | 16,718000 | -42,111000 | 4610,985000 |
| 138 | 16,710000 | -41,298000 | 4677,440000 |
| 139 | 16,703000 | -40,474000 | 4742,493000 |

| | | | |
|-----|-----------|------------|-------------|
| 140 | 16,696000 | -39,638000 | 4806,130000 |
| 141 | 16,689000 | -38,791000 | 4868,342000 |
| 142 | 16,683000 | -37,933000 | 4929,115000 |
| 143 | 16,676000 | -37,065000 | 4988,439000 |
| 144 | 16,670000 | -36,187000 | 5046,304000 |
| 145 | 16,663000 | -35,298000 | 5102,696000 |
| 146 | 16,657000 | -34,400000 | 5157,609000 |
| 147 | 16,651000 | -33,493000 | 5211,031000 |
| 148 | 16,646000 | -32,576000 | 5262,953000 |
| 149 | 16,640000 | -31,650000 | 5313,366000 |
| 150 | 16,634000 | -30,715000 | 5362,261000 |
| 151 | 16,629000 | -29,772000 | 5409,630000 |
| 152 | 16,624000 | -28,821000 | 5455,465000 |
| 153 | 16,619000 | -27,862000 | 5499,758000 |
| 154 | 16,614000 | -26,896000 | 5542,502000 |
| 155 | 16,610000 | -25,922000 | 5583,689000 |
| 156 | 16,605000 | -24,941000 | 5623,314000 |
| 157 | 16,601000 | -23,953000 | 5661,368000 |
| 158 | 16,597000 | -22,959000 | 5697,848000 |
| 159 | 16,593000 | -21,958000 | 5732,746000 |
| 160 | 16,589000 | -20,951000 | 5766,056000 |
| 161 | 16,586000 | -19,939000 | 5797,774000 |
| 162 | 16,582000 | -18,921000 | 5827,895000 |
| 163 | 16,579000 | -17,899000 | 5856,414000 |
| 164 | 16,576000 | -16,871000 | 5883,325000 |
| 165 | 16,573000 | -15,839000 | 5908,627000 |
| 166 | 16,570000 | -14,802000 | 5932,314000 |
| 167 | 16,568000 | -13,762000 | 5954,383000 |
| 168 | 16,566000 | -12,717000 | 5974,831000 |
| 169 | 16,563000 | -11,670000 | 5993,653000 |
| 170 | 16,561000 | -10,619000 | 6010,849000 |
| 171 | 16,560000 | -9,565000 | 6026,415000 |
| 172 | 16,558000 | -8,509000 | 6040,348000 |
| 173 | 16,557000 | -7,450000 | 6052,646000 |
| 174 | 16,555000 | -6,390000 | 6063,309000 |
| 175 | 16,554000 | -5,327000 | 6072,334000 |
| 176 | 16,554000 | -4,264000 | 6079,720000 |
| 177 | 16,553000 | -3,199000 | 6085,466000 |
| 178 | 16,552000 | -2,133000 | 6089,570000 |
| 179 | 16,552000 | -1,067000 | 6092,034000 |

| | | | |
|-----|-----------|-----------|-------------|
| 180 | 16,552000 | 0,000000 | 6092,854000 |
| 181 | 16,552000 | 1,067000 | 6092,034000 |
| 182 | 16,552000 | 2,133000 | 6089,570000 |
| 183 | 16,553000 | 3,199000 | 6085,466000 |
| 184 | 16,554000 | 4,264000 | 6079,720000 |
| 185 | 16,554000 | 5,327000 | 6072,334000 |
| 186 | 16,555000 | 6,390000 | 6063,310000 |
| 187 | 16,557000 | 7,450000 | 6052,646000 |
| 188 | 16,558000 | 8,509000 | 6040,348000 |
| 189 | 16,560000 | 9,565000 | 6026,415000 |
| 190 | 16,561000 | 10,619000 | 6010,849000 |
| 191 | 16,563000 | 11,670000 | 5993,653000 |
| 192 | 16,566000 | 12,717000 | 5974,830000 |
| 193 | 16,568000 | 13,762000 | 5954,383000 |
| 194 | 16,570000 | 14,802000 | 5932,314000 |
| 195 | 16,573000 | 15,839000 | 5908,627000 |
| 196 | 16,576000 | 16,871000 | 5883,325000 |
| 197 | 16,579000 | 17,899000 | 5856,413000 |
| 198 | 16,582000 | 18,921000 | 5827,895000 |
| 199 | 16,586000 | 19,939000 | 5797,773000 |
| 200 | 16,589000 | 20,951000 | 5766,056000 |
| 201 | 16,593000 | 21,958000 | 5732,746000 |
| 202 | 16,597000 | 22,959000 | 5697,848000 |
| 203 | 16,601000 | 23,953000 | 5661,369000 |
| 204 | 16,605000 | 24,941000 | 5623,313000 |
| 205 | 16,610000 | 25,922000 | 5583,689000 |
| 206 | 16,614000 | 26,896000 | 5542,502000 |
| 207 | 16,619000 | 27,862000 | 5499,758000 |
| 208 | 16,624000 | 28,821000 | 5455,465000 |
| 209 | 16,629000 | 29,772000 | 5409,630000 |
| 210 | 16,634000 | 30,715000 | 5362,261000 |
| 211 | 16,640000 | 31,650000 | 5313,366000 |
| 212 | 16,646000 | 32,576000 | 5262,953000 |
| 213 | 16,651000 | 33,493000 | 5211,031000 |
| 214 | 16,657000 | 34,400000 | 5157,608000 |
| 215 | 16,663000 | 35,298000 | 5102,696000 |
| 216 | 16,670000 | 36,187000 | 5046,303000 |
| 217 | 16,676000 | 37,065000 | 4988,439000 |
| 218 | 16,683000 | 37,933000 | 4929,116000 |
| 219 | 16,689000 | 38,791000 | 4868,342000 |

| | | | |
|-----|-----------|-----------|-------------|
| 220 | 16,696000 | 39,638000 | 4806,131000 |
| 221 | 16,703000 | 40,474000 | 4742,492000 |
| 222 | 16,710000 | 41,298000 | 4677,440000 |
| 223 | 16,718000 | 42,111000 | 4610,986000 |
| 224 | 16,725000 | 42,913000 | 4543,142000 |
| 225 | 16,733000 | 43,702000 | 4473,922000 |
| 226 | 16,740000 | 44,479000 | 4403,339000 |
| 227 | 16,748000 | 45,244000 | 4331,409000 |
| 228 | 16,756000 | 45,996000 | 4258,145000 |
| 229 | 16,764000 | 46,735000 | 4183,561000 |
| 230 | 16,773000 | 47,460000 | 4107,673000 |
| 231 | 16,781000 | 48,173000 | 4030,498000 |
| 232 | 16,789000 | 48,872000 | 3952,051000 |
| 233 | 16,798000 | 49,556000 | 3872,348000 |
| 234 | 16,807000 | 50,227000 | 3791,406000 |
| 235 | 16,816000 | 50,884000 | 3709,244000 |
| 236 | 16,825000 | 51,526000 | 3625,880000 |
| 237 | 16,834000 | 52,153000 | 3541,332000 |
| 238 | 16,843000 | 52,766000 | 3455,617000 |
| 239 | 16,852000 | 53,363000 | 3368,754000 |
| 240 | 16,862000 | 53,945000 | 3280,767000 |
| 241 | 16,871000 | 54,512000 | 3191,674000 |
| 242 | 16,881000 | 55,063000 | 3101,495000 |
| 243 | 16,890000 | 55,598000 | 3010,252000 |
| 244 | 16,900000 | 56,117000 | 2917,963000 |
| 245 | 16,910000 | 56,619000 | 2824,656000 |
| 246 | 16,920000 | 57,106000 | 2730,352000 |
| 247 | 16,930000 | 57,575000 | 2635,073000 |
| 248 | 16,940000 | 58,028000 | 2538,841000 |
| 249 | 16,950000 | 58,464000 | 2441,680000 |
| 250 | 16,961000 | 58,883000 | 2343,618000 |
| 251 | 16,971000 | 59,285000 | 2244,679000 |
| 252 | 16,981000 | 59,669000 | 2144,887000 |
| 253 | 16,992000 | 60,036000 | 2044,267000 |
| 254 | 17,002000 | 60,385000 | 1942,846000 |
| 255 | 17,013000 | 60,716000 | 1840,653000 |
| 256 | 17,024000 | 61,029000 | 1737,713000 |
| 257 | 17,034000 | 61,324000 | 1634,056000 |
| 258 | 17,045000 | 61,601000 | 1529,708000 |
| 259 | 17,056000 | 61,860000 | 1424,694000 |

| | | | |
|-----|-----------|-----------|--------------|
| 260 | 17,067000 | 62,100000 | 1319,051000 |
| 261 | 17,078000 | 62,322000 | 1212,805000 |
| 262 | 17,089000 | 62,525000 | 1105,985000 |
| 263 | 17,100000 | 62,709000 | 998,618000 |
| 264 | 17,111000 | 62,874000 | 890,743000 |
| 265 | 17,122000 | 63,021000 | 782,386000 |
| 266 | 17,133000 | 63,148000 | 673,580000 |
| 267 | 17,144000 | 63,257000 | 564,357000 |
| 268 | 17,155000 | 63,346000 | 454,744000 |
| 269 | 17,166000 | 63,416000 | 344,782000 |
| 270 | 17,177000 | 63,467000 | 234,502000 |
| 271 | 17,188000 | 63,498000 | 123,934000 |
| 272 | 17,199000 | 63,510000 | 13,115000 |
| 273 | 17,210000 | 63,503000 | -97,925000 |
| 274 | 17,221000 | 63,476000 | -209,147000 |
| 275 | 17,233000 | 63,429000 | -320,517000 |
| 276 | 17,244000 | 63,364000 | -432,000000 |
| 277 | 17,255000 | 63,278000 | -543,561000 |
| 278 | 17,266000 | 63,173000 | -655,168000 |
| 279 | 17,277000 | 63,049000 | -766,779000 |
| 280 | 17,288000 | 62,905000 | -878,361000 |
| 281 | 17,299000 | 62,741000 | -989,875000 |
| 282 | 17,310000 | 62,558000 | -1101,288000 |
| 283 | 17,321000 | 62,356000 | -1212,564000 |
| 284 | 17,332000 | 62,134000 | -1323,661000 |
| 285 | 17,343000 | 61,892000 | -1434,544000 |
| 286 | 17,353000 | 61,631000 | -1545,175000 |
| 287 | 17,364000 | 61,351000 | -1655,518000 |
| 288 | 17,375000 | 61,052000 | -1765,536000 |
| 289 | 17,385000 | 60,733000 | -1875,188000 |
| 290 | 17,396000 | 60,395000 | -1984,437000 |
| 291 | 17,407000 | 60,038000 | -2093,246000 |
| 292 | 17,417000 | 59,662000 | -2201,579000 |
| 293 | 17,427000 | 59,267000 | -2309,393000 |
| 294 | 17,438000 | 58,854000 | -2416,653000 |
| 295 | 17,448000 | 58,421000 | -2523,319000 |
| 296 | 17,458000 | 57,970000 | -2629,354000 |
| 297 | 17,468000 | 57,501000 | -2734,723000 |
| 298 | 17,478000 | 57,013000 | -2839,383000 |
| 299 | 17,488000 | 56,506000 | -2943,296000 |

| | | | |
|-----|-----------|-----------|--------------|
| 300 | 17,498000 | 55,982000 | -3046,427000 |
| 301 | 17,508000 | 55,440000 | -3148,737000 |
| 302 | 17,518000 | 54,880000 | -3250,190000 |
| 303 | 17,527000 | 54,302000 | -3350,744000 |
| 304 | 17,537000 | 53,706000 | -3450,365000 |
| 305 | 17,546000 | 53,094000 | -3549,014000 |
| 306 | 17,555000 | 52,464000 | -3646,656000 |
| 307 | 17,564000 | 51,817000 | -3743,256000 |
| 308 | 17,573000 | 51,153000 | -3838,771000 |
| 309 | 17,582000 | 50,473000 | -3933,167000 |
| 310 | 17,591000 | 49,776000 | -4026,411000 |
| 311 | 17,600000 | 49,063000 | -4118,464000 |
| 312 | 17,608000 | 48,334000 | -4209,295000 |
| 313 | 17,617000 | 47,589000 | -4298,865000 |
| 314 | 17,625000 | 46,829000 | -4387,138000 |
| 315 | 17,633000 | 46,053000 | -4474,083000 |
| 316 | 17,641000 | 45,263000 | -4559,666000 |
| 317 | 17,649000 | 44,457000 | -4643,850000 |
| 318 | 17,657000 | 43,637000 | -4726,605000 |
| 319 | 17,664000 | 42,802000 | -4807,897000 |
| 320 | 17,672000 | 41,953000 | -4887,694000 |
| 321 | 17,679000 | 41,091000 | -4965,967000 |
| 322 | 17,686000 | 40,215000 | -5042,681000 |
| 323 | 17,693000 | 39,325000 | -5117,806000 |
| 324 | 17,700000 | 38,423000 | -5191,313000 |
| 325 | 17,706000 | 37,508000 | -5263,173000 |
| 326 | 17,713000 | 36,580000 | -5333,357000 |
| 327 | 17,719000 | 35,640000 | -5401,834000 |
| 328 | 17,725000 | 34,689000 | -5468,579000 |
| 329 | 17,731000 | 33,726000 | -5533,563000 |
| 330 | 17,737000 | 32,751000 | -5596,762000 |
| 331 | 17,743000 | 31,766000 | -5658,150000 |
| 332 | 17,748000 | 30,770000 | -5717,699000 |
| 333 | 17,754000 | 29,764000 | -5775,386000 |
| 334 | 17,759000 | 28,748000 | -5831,188000 |
| 335 | 17,764000 | 27,723000 | -5885,083000 |
| 336 | 17,768000 | 26,688000 | -5937,048000 |
| 337 | 17,773000 | 25,644000 | -5987,059000 |
| 338 | 17,777000 | 24,592000 | -6035,099000 |
| 339 | 17,782000 | 23,531000 | -6081,146000 |

| | | | |
|-----|-----------|-----------|--------------|
| 340 | 17,786000 | 22,462000 | -6125,181000 |
| 341 | 17,789000 | 21,386000 | -6167,188000 |
| 342 | 17,793000 | 20,303000 | -6207,146000 |
| 343 | 17,797000 | 19,213000 | -6245,041000 |
| 344 | 17,800000 | 18,117000 | -6280,855000 |
| 345 | 17,803000 | 17,014000 | -6314,576000 |
| 346 | 17,806000 | 15,906000 | -6346,187000 |
| 347 | 17,808000 | 14,792000 | -6375,676000 |
| 348 | 17,811000 | 13,674000 | -6403,031000 |
| 349 | 17,813000 | 12,550000 | -6428,240000 |
| 350 | 17,815000 | 11,423000 | -6451,293000 |
| 351 | 17,817000 | 10,292000 | -6472,180000 |
| 352 | 17,819000 | 9,157000 | -6490,891000 |
| 353 | 17,820000 | 8,019000 | -6507,420000 |
| 354 | 17,822000 | 6,878000 | -6521,759000 |
| 355 | 17,823000 | 5,736000 | -6533,902000 |
| 356 | 17,824000 | 4,591000 | -6543,845000 |
| 357 | 17,824000 | 3,444000 | -6551,582000 |
| 358 | 17,825000 | 2,297000 | -6557,111000 |
| 359 | 17,825000 | 1,149000 | -6560,429000 |
| 360 | 17,825000 | 0,000000 | -6561,536000 |

A continuación, los resultados de comparación entre la simulación realizada con los desarrollos de los modelos matemáticos.

Tabla 48. Resultados comparativos entre el software engine y el modelo realizado.

| | Sistema de distribución | | | | | | | | |
|--------|-------------------------|--------|------------|------------------|------------|------------|----------------------|--------------|------------|
| | Engine | Excel | Diferencia | Engine | Excel | Diferencia | Engine | Excel | Diferencia |
| Angulo | Posición (in) | | | Velocidad (in/s) | | | Aceleración (in/s^2) | | |
| 0 | 17.825346 | 17.825 | 0.000346 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | -6561.536000 | -6561.533298 | -0.002702 |
| 1 | 17.8252454 | 17.825 | 0.000245 | -1.148663 | -1.148663 | 0.000000 | -6560.430000 | -6560.427028 | -0.002972 |
| 2 | 17.8249438 | 17.825 | -0.000056 | -2.296939 | -2.296939 | 0.000000 | -6557.111000 | -6557.108687 | -0.002313 |
| 3 | 17.8244412 | 17.824 | 0.000441 | -3.444440 | -3.444441 | 0.000000 | -6551.582000 | -6551.579674 | -0.002326 |
| 4 | 17.8237379 | 17.824 | -0.000262 | -4.590780 | -4.590781 | 0.000001 | -6543.845000 | -6543.842319 | -0.002681 |
| 5 | 17.8228339 | 17.823 | -0.000166 | -5.735572 | -5.735573 | 0.000001 | -6533.902000 | -6533.899886 | -0.002114 |
| 6 | 17.8217297 | 17.822 | -0.000270 | -6.878431 | -6.878432 | 0.000002 | -6521.759000 | -6521.756563 | -0.002437 |
| 7 | 17.8204256 | 17.82 | 0.000426 | -8.018970 | -8.018973 | 0.000003 | -6507.420000 | -6507.417468 | -0.002532 |
| 8 | 17.8189221 | 17.819 | -0.000078 | -9.156808 | -9.156812 | 0.000004 | -6490.891000 | -6490.888638 | -0.002362 |
| 9 | 17.8172197 | 17.817 | 0.000220 | -10.291560 | -10.291566 | 0.000006 | -6472.179000 | -6472.177030 | -0.001970 |
| 10 | 17.8153188 | 17.815 | 0.000319 | -11.422845 | -11.422854 | 0.000008 | -6451.293000 | -6451.290517 | -0.002483 |
| 11 | 17.8132203 | 17.813 | 0.000220 | -12.550284 | -12.550295 | 0.000011 | -6428.240000 | -6428.237878 | -0.002122 |
| 12 | 17.8109247 | 17.811 | -0.000075 | -13.673497 | -13.673511 | 0.000014 | -6403.031000 | -6403.028797 | -0.002203 |
| 13 | 17.8084329 | 17.808 | 0.000433 | -14.792109 | -14.792127 | 0.000018 | -6375.676000 | -6375.673858 | -0.002142 |
| 14 | 17.8057457 | 17.806 | -0.000254 | -15.905743 | -15.905766 | 0.000022 | -6346.187000 | -6346.184531 | -0.002469 |
| 15 | 17.802864 | 17.803 | -0.000136 | -17.014029 | -17.014056 | 0.000027 | -6314.576000 | -6314.573175 | -0.002825 |
| 16 | 17.7997887 | 17.8 | -0.000211 | -18.116595 | -18.116628 | 0.000032 | -6280.855000 | -6280.853020 | -0.001980 |
| 17 | 17.796521 | 17.797 | -0.000479 | -19.213074 | -19.213112 | 0.000039 | -6245.041000 | -6245.038166 | -0.002834 |
| 18 | 17.7930618 | 17.793 | 0.000062 | -20.303099 | -20.303144 | 0.000045 | -6207.146000 | -6207.143572 | -0.002428 |
| 19 | 17.7894124 | 17.789 | 0.000412 | -21.386309 | -21.386361 | 0.000053 | -6167.188000 | -6167.185045 | -0.002955 |
| 20 | 17.785574 | 17.786 | -0.000426 | -22.462343 | -22.462403 | 0.000061 | -6125.182000 | -6125.179231 | -0.002769 |
| 21 | 17.7815479 | 17.782 | -0.000452 | -23.530844 | -23.530913 | 0.000069 | -6081.146000 | -6081.143607 | -0.002393 |
| 22 | 17.7773354 | 17.777 | 0.000335 | -24.591459 | -24.591538 | 0.000079 | -6035.099000 | -6035.096464 | -0.002536 |
| 23 | 17.7729379 | 17.773 | -0.000062 | -25.643838 | -25.643926 | 0.000089 | -5987.060000 | -5987.056904 | -0.003096 |

| | | | | | | | | | |
|----|------------|--------|-----------|------------|------------|----------|--------------|--------------|-----------|
| 24 | 17.7683569 | 17.768 | 0.000357 | -26.687632 | -26.687731 | 0.000099 | -5937.047000 | -5937.044821 | -0.002179 |
| 25 | 17.7635939 | 17.764 | -0.000406 | -27.722499 | -27.722609 | 0.000110 | -5885.083000 | -5885.080891 | -0.002109 |
| 26 | 17.7586506 | 17.759 | -0.000349 | -28.748099 | -28.748221 | 0.000122 | -5831.188000 | -5831.186560 | -0.001440 |
| 27 | 17.7535286 | 17.754 | -0.000471 | -29.764096 | -29.764230 | 0.000134 | -5775.386000 | -5775.384030 | -0.001970 |
| 28 | 17.7482296 | 17.748 | 0.000230 | -30.770157 | -30.770304 | 0.000147 | -5717.698000 | -5717.696246 | -0.001754 |
| 29 | 17.7427553 | 17.743 | -0.000245 | -31.765955 | -31.766116 | 0.000161 | -5658.149000 | -5658.146881 | -0.002119 |
| 30 | 17.7371076 | 17.737 | 0.000108 | -32.751166 | -32.751341 | 0.000175 | -5596.763000 | -5596.760320 | -0.002680 |
| 31 | 17.7312884 | 17.731 | 0.000288 | -33.725471 | -33.725660 | 0.000189 | -5533.563000 | -5533.561649 | -0.001351 |
| 32 | 17.7252995 | 17.725 | 0.000300 | -34.688555 | -34.688758 | 0.000203 | -5468.579000 | -5468.576636 | -0.002364 |
| 33 | 17.7191431 | 17.719 | 0.000143 | -35.640107 | -35.640325 | 0.000218 | -5401.833000 | -5401.831717 | -0.001283 |
| 34 | 17.7128211 | 17.713 | -0.000179 | -36.579821 | -36.580055 | 0.000234 | -5333.356000 | -5333.353979 | -0.002021 |
| 35 | 17.7063357 | 17.706 | 0.000336 | -37.507397 | -37.507647 | 0.000249 | -5263.173000 | -5263.171146 | -0.001854 |
| 36 | 17.6996889 | 17.7 | -0.000311 | -38.422539 | -38.422804 | 0.000265 | -5191.313000 | -5191.311559 | -0.001441 |
| 37 | 17.6928831 | 17.693 | -0.000117 | -39.324956 | -39.325236 | 0.000281 | -5117.806000 | -5117.804159 | -0.001841 |
| 38 | 17.6859203 | 17.686 | -0.000080 | -40.214361 | -40.214658 | 0.000296 | -5042.681000 | -5042.678475 | -0.002525 |
| 39 | 17.6788031 | 17.679 | -0.000197 | -41.090475 | -41.090788 | 0.000312 | -4965.966000 | -4965.964598 | -0.001402 |
| 40 | 17.6715336 | 17.672 | -0.000466 | -41.953022 | -41.953350 | 0.000328 | -4887.695000 | -4887.693171 | -0.001829 |
| 41 | 17.6641143 | 17.664 | 0.000114 | -42.801732 | -42.802076 | 0.000344 | -4807.897000 | -4807.895365 | -0.001635 |
| 42 | 17.6565477 | 17.657 | -0.000452 | -43.636341 | -43.636700 | 0.000359 | -4726.604000 | -4726.602863 | -0.001137 |
| 43 | 17.6488362 | 17.649 | -0.000164 | -44.456589 | -44.456963 | 0.000374 | -4643.850000 | -4643.847844 | -0.002156 |
| 44 | 17.6409824 | 17.641 | -0.000018 | -45.262225 | -45.262613 | 0.000389 | -4559.665000 | -4559.662959 | -0.002041 |
| 45 | 17.6329888 | 17.633 | -0.000011 | -46.052999 | -46.053402 | 0.000403 | -4474.083000 | -4474.081314 | -0.001686 |
| 46 | 17.6248581 | 17.625 | -0.000142 | -46.828672 | -46.829089 | 0.000417 | -4387.138000 | -4387.136454 | -0.001546 |
| 47 | 17.616593 | 17.617 | -0.000407 | -47.589007 | -47.589437 | 0.000430 | -4298.864000 | -4298.862339 | -0.001661 |
| 48 | 17.6081961 | 17.608 | 0.000196 | -48.333774 | -48.334217 | 0.000443 | -4209.295000 | -4209.293327 | -0.001673 |
| 49 | 17.5996702 | 17.6 | -0.000330 | -49.062751 | -49.063206 | 0.000455 | -4118.465000 | -4118.464155 | -0.000845 |
| 50 | 17.591018 | 17.591 | 0.000018 | -49.775719 | -49.776185 | 0.000466 | -4026.412000 | -4026.409916 | -0.002084 |
| 51 | 17.5822425 | 17.582 | 0.000242 | -50.472467 | -50.472944 | 0.000476 | -3933.168000 | -3933.166044 | -0.001956 |
| 52 | 17.5733464 | 17.573 | 0.000346 | -51.152791 | -51.153277 | 0.000486 | -3838.770000 | -3838.768291 | -0.001709 |

| | | | | | | | | | |
|----|------------|--------|-----------|------------|------------|----------|--------------|--------------|-----------|
| 53 | 17.5643326 | 17.564 | 0.000333 | -51.816491 | -51.816985 | 0.000494 | -3743.254000 | -3743.252707 | -0.001293 |
| 54 | 17.5552042 | 17.555 | 0.000204 | -52.463374 | -52.463876 | 0.000502 | -3646.656000 | -3646.655622 | -0.000378 |
| 55 | 17.5459639 | 17.546 | -0.000036 | -53.093256 | -53.093764 | 0.000508 | -3549.015000 | -3549.013625 | -0.001375 |
| 56 | 17.5366149 | 17.537 | -0.000385 | -53.705955 | -53.706469 | 0.000514 | -3450.365000 | -3450.363542 | -0.001458 |
| 57 | 17.5271601 | 17.527 | 0.000160 | -54.301300 | -54.301818 | 0.000518 | -3350.744000 | -3350.742422 | -0.001578 |
| 58 | 17.5176027 | 17.518 | -0.000397 | -54.879123 | -54.879644 | 0.000521 | -3250.188000 | -3250.187510 | -0.000490 |
| 59 | 17.5079456 | 17.508 | -0.000054 | -55.439264 | -55.439787 | 0.000523 | -3148.738000 | -3148.736232 | -0.001768 |
| 60 | 17.498192 | 17.498 | 0.000192 | -55.981569 | -55.982092 | 0.000524 | -3046.427000 | -3046.426174 | -0.000826 |
| 61 | 17.4883451 | 17.488 | 0.000345 | -56.505891 | -56.506414 | 0.000523 | -2943.295000 | -2943.295060 | 0.000060 |
| 62 | 17.4784079 | 17.478 | 0.000408 | -57.012091 | -57.012612 | 0.000521 | -2839.382000 | -2839.380738 | -0.001262 |
| 63 | 17.4683838 | 17.468 | 0.000384 | -57.500034 | -57.500552 | 0.000518 | -2734.722000 | -2734.721153 | -0.000847 |
| 64 | 17.4582758 | 17.458 | 0.000276 | -57.969593 | -57.970106 | 0.000513 | -2629.355000 | -2629.354336 | -0.000664 |
| 65 | 17.4480872 | 17.448 | 0.000087 | -58.420648 | -58.421155 | 0.000507 | -2523.319000 | -2523.318377 | -0.000623 |
| 66 | 17.4378213 | 17.438 | -0.000179 | -58.853084 | -58.853584 | 0.000500 | -2416.652000 | -2416.651411 | -0.000589 |
| 67 | 17.4274813 | 17.427 | 0.000481 | -59.266796 | -59.267287 | 0.000491 | -2309.392000 | -2309.391599 | -0.000401 |
| 68 | 17.4170705 | 17.417 | 0.000071 | -59.661681 | -59.662162 | 0.000481 | -2201.578000 | -2201.577105 | -0.000895 |
| 69 | 17.4065923 | 17.407 | -0.000408 | -60.037647 | -60.038117 | 0.000470 | -2093.247000 | -2093.246085 | -0.000915 |
| 70 | 17.3960499 | 17.396 | 0.000050 | -60.394606 | -60.395064 | 0.000458 | -1984.437000 | -1984.436660 | -0.000340 |
| 71 | 17.3854467 | 17.385 | 0.000447 | -60.732479 | -60.732922 | 0.000444 | -1875.187000 | -1875.186907 | -0.000093 |
| 72 | 17.374786 | 17.375 | -0.000214 | -61.051190 | -61.051618 | 0.000429 | -1765.536000 | -1765.534833 | -0.001167 |
| 73 | 17.3640712 | 17.364 | 0.000071 | -61.350673 | -61.351085 | 0.000412 | -1655.519000 | -1655.518364 | -0.000636 |
| 74 | 17.3533056 | 17.353 | 0.000306 | -61.630868 | -61.631263 | 0.000395 | -1545.176000 | -1545.175324 | -0.000676 |
| 75 | 17.3424927 | 17.343 | -0.000507 | -61.891720 | -61.892096 | 0.000376 | -1434.544000 | -1434.543421 | -0.000579 |
| 76 | 17.3316358 | 17.332 | -0.000364 | -62.133183 | -62.133539 | 0.000356 | -1323.661000 | -1323.660228 | -0.000772 |
| 77 | 17.3207384 | 17.321 | -0.000262 | -62.355215 | -62.355550 | 0.000335 | -1212.564000 | -1212.563166 | -0.000834 |
| 78 | 17.3098038 | 17.31 | -0.000196 | -62.557782 | -62.558096 | 0.000314 | -1101.289000 | -1101.289492 | 0.000492 |
| 79 | 17.2988354 | 17.299 | -0.000165 | -62.740857 | -62.741148 | 0.000291 | -989.877000 | -989.876281 | -0.000719 |
| 80 | 17.2878368 | 17.288 | -0.000163 | -62.904418 | -62.904685 | 0.000267 | -878.361000 | -878.360409 | -0.000591 |
| 81 | 17.2768111 | 17.277 | -0.000189 | -63.048450 | -63.048693 | 0.000243 | -766.778000 | -766.778543 | 0.000543 |

| | | | | | | | | | |
|-----|------------|--------|-----------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|-----------|
| 82 | 17.265762 | 17.266 | -0.000238 | -63.172945 | -63.173163 | 0.000218 | -655.167000 | -655.167120 | 0.000120 |
| 83 | 17.2546928 | 17.255 | -0.000307 | -63.277902 | -63.278094 | 0.000192 | -543.562000 | -543.562340 | 0.000340 |
| 84 | 17.243607 | 17.244 | -0.000393 | -63.363323 | -63.363489 | 0.000166 | -432.000000 | -432.000146 | 0.000146 |
| 85 | 17.2325079 | 17.233 | -0.000492 | -63.429220 | -63.429359 | 0.000139 | -320.517000 | -320.516214 | -0.000786 |
| 86 | 17.2213989 | 17.221 | 0.000399 | -63.475609 | -63.475721 | 0.000112 | -209.146000 | -209.145938 | -0.000062 |
| 87 | 17.2102836 | 17.21 | 0.000284 | -63.502514 | -63.502598 | 0.000084 | -97.925000 | -97.924422 | -0.000578 |
| 88 | 17.1991653 | 17.199 | 0.000165 | -63.509963 | -63.510019 | 0.000056 | 13.114000 | 13.113538 | 0.000462 |
| 89 | 17.1880473 | 17.188 | 0.000047 | -63.497991 | -63.498019 | 0.000028 | 123.934000 | 123.933463 | 0.000537 |
| 90 | 17.1769332 | 17.177 | -0.000067 | -63.466640 | -63.466640 | 0.000000 | 234.501000 | 234.501202 | -0.000202 |
| 91 | 17.1658263 | 17.166 | -0.000174 | -63.415956 | -63.415927 | -0.000028 | 344.783000 | 344.782944 | 0.000056 |
| 92 | 17.1547299 | 17.155 | -0.000270 | -63.345992 | -63.345936 | -0.000056 | 454.746000 | 454.745228 | 0.000772 |
| 93 | 17.1436474 | 17.144 | -0.000353 | -63.256808 | -63.256724 | -0.000084 | 564.355000 | 564.354951 | 0.000049 |
| 94 | 17.1325823 | 17.133 | -0.000418 | -63.148467 | -63.148355 | -0.000112 | 673.580000 | 673.579382 | 0.000618 |
| 95 | 17.1215378 | 17.122 | -0.000462 | -63.021040 | -63.020901 | -0.000139 | 782.387000 | 782.386166 | 0.000834 |
| 96 | 17.1105172 | 17.111 | -0.000483 | -62.874602 | -62.874437 | -0.000166 | 890.744000 | 890.743339 | 0.000661 |
| 97 | 17.099524 | 17.1 | -0.000476 | -62.709236 | -62.709044 | -0.000192 | 998.620000 | 998.619330 | 0.000670 |
| 98 | 17.0885614 | 17.089 | -0.000439 | -62.525028 | -62.524810 | -0.000218 | 1105.984000 | 1105.982971 | 0.001029 |
| 99 | 17.0776327 | 17.078 | -0.000367 | -62.322070 | -62.321827 | -0.000243 | 1212.805000 | 1212.803506 | 0.001494 |
| 100 | 17.0667411 | 17.067 | -0.000259 | -62.100460 | -62.100192 | -0.000267 | 1319.052000 | 1319.050598 | 0.001402 |
| 101 | 17.05589 | 17.056 | -0.000110 | -61.860300 | -61.860009 | -0.000291 | 1424.694000 | 1424.694332 | -0.000332 |
| 102 | 17.0450825 | 17.045 | 0.000083 | -61.601700 | -61.601387 | -0.000314 | 1529.707000 | 1529.705224 | 0.001776 |
| 103 | 17.0343219 | 17.034 | 0.000322 | -61.324772 | -61.324437 | -0.000335 | 1634.054000 | 1634.054227 | -0.000227 |
| 104 | 17.0236115 | 17.024 | -0.000389 | -61.029635 | -61.029279 | -0.000356 | 1737.713000 | 1737.712735 | 0.000265 |
| 105 | 17.0129542 | 17.013 | -0.000046 | -60.716412 | -60.716036 | -0.000376 | 1840.654000 | 1840.652588 | 0.001412 |
| 106 | 17.0023534 | 17.002 | 0.000353 | -60.385231 | -60.384836 | -0.000395 | 1942.847000 | 1942.846074 | 0.000926 |
| 107 | 16.9918121 | 16.992 | -0.000188 | -60.036225 | -60.035813 | -0.000412 | 2044.267000 | 2044.265939 | 0.001061 |
| 108 | 16.9813335 | 16.981 | 0.000333 | -59.669532 | -59.669104 | -0.000429 | 2144.886000 | 2144.885385 | 0.000615 |
| 109 | 16.9709206 | 16.971 | -0.000079 | -59.285295 | -59.284851 | -0.000444 | 2244.679000 | 2244.678074 | 0.000926 |
| 110 | 16.9605765 | 16.961 | -0.000424 | -58.883659 | -58.883202 | -0.000458 | 2343.619000 | 2343.618132 | 0.000868 |

| | | | | | | | | | |
|-----|------------|--------|-----------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|----------|
| 111 | 16.9503042 | 16.95 | 0.000304 | -58.464778 | -58.464308 | -0.000470 | 2441.681000 | 2441.680152 | 0.000848 |
| 112 | 16.9401068 | 16.94 | 0.000107 | -58.028806 | -58.028324 | -0.000481 | 2538.841000 | 2538.839193 | 0.001807 |
| 113 | 16.9299872 | 16.93 | -0.000013 | -57.575904 | -57.575412 | -0.000491 | 2635.073000 | 2635.070785 | 0.002215 |
| 114 | 16.9199483 | 16.92 | -0.000052 | -57.106236 | -57.105736 | -0.000500 | 2730.353000 | 2730.350926 | 0.002074 |
| 115 | 16.9099931 | 16.91 | -0.000007 | -56.619971 | -56.619464 | -0.000507 | 2824.658000 | 2824.656088 | 0.001912 |
| 116 | 16.9001245 | 16.9 | 0.000125 | -56.117282 | -56.116769 | -0.000513 | 2917.964000 | 2917.963211 | 0.000789 |
| 117 | 16.8903453 | 16.89 | 0.000345 | -55.598346 | -55.597828 | -0.000518 | 3010.252000 | 3010.249709 | 0.002291 |
| 118 | 16.8806584 | 16.881 | -0.000342 | -55.063342 | -55.062821 | -0.000521 | 3101.495000 | 3101.493467 | 0.001533 |
| 119 | 16.8710666 | 16.871 | 0.000067 | -54.512456 | -54.511933 | -0.000523 | 3191.674000 | 3191.672839 | 0.001161 |
| 120 | 16.8615725 | 16.862 | -0.000427 | -53.945875 | -53.945352 | -0.000524 | 3280.768000 | 3280.766649 | 0.001351 |
| 121 | 16.8521791 | 16.852 | 0.000179 | -53.363793 | -53.363270 | -0.000523 | 3368.755000 | 3368.754190 | 0.000810 |
| 122 | 16.8428888 | 16.843 | -0.000111 | -52.766403 | -52.765882 | -0.000521 | 3455.617000 | 3455.615220 | 0.001780 |
| 123 | 16.8337045 | 16.834 | -0.000296 | -52.153905 | -52.153387 | -0.000518 | 3541.331000 | 3541.329964 | 0.001036 |
| 124 | 16.8246287 | 16.825 | -0.000371 | -51.526502 | -51.525988 | -0.000514 | 3625.880000 | 3625.879108 | 0.000892 |
| 125 | 16.815664 | 16.816 | -0.000336 | -50.884399 | -50.883891 | -0.000508 | 3709.246000 | 3709.243798 | 0.002202 |
| 126 | 16.8068131 | 16.807 | -0.000187 | -50.227805 | -50.227304 | -0.000502 | 3791.407000 | 3791.405637 | 0.001363 |
| 127 | 16.7980783 | 16.798 | 0.000078 | -49.556933 | -49.556439 | -0.000494 | 3872.348000 | 3872.346683 | 0.001317 |
| 128 | 16.7894622 | 16.789 | 0.000462 | -48.871998 | -48.871512 | -0.000486 | 3952.051000 | 3952.049445 | 0.001555 |
| 129 | 16.7809672 | 16.781 | -0.000033 | -48.173218 | -48.172742 | -0.000476 | 4030.497000 | 4030.496878 | 0.000122 |
| 130 | 16.7725958 | 16.773 | -0.000404 | -47.460814 | -47.460348 | -0.000466 | 4107.674000 | 4107.672385 | 0.001615 |
| 131 | 16.7643502 | 16.764 | 0.000350 | -46.735011 | -46.734556 | -0.000455 | 4183.562000 | 4183.559804 | 0.002196 |
| 132 | 16.7562329 | 16.756 | 0.000233 | -45.996035 | -45.995592 | -0.000443 | 4258.145000 | 4258.143412 | 0.001588 |
| 133 | 16.7482461 | 16.748 | 0.000246 | -45.244117 | -45.243686 | -0.000430 | 4331.409000 | 4331.407918 | 0.001082 |
| 134 | 16.740392 | 16.74 | 0.000392 | -44.479488 | -44.479071 | -0.000417 | 4403.340000 | 4403.338457 | 0.001543 |
| 135 | 16.7326729 | 16.733 | -0.000327 | -43.702383 | -43.701980 | -0.000403 | 4473.922000 | 4473.920587 | 0.001413 |
| 136 | 16.7250909 | 16.725 | 0.000091 | -42.913040 | -42.912651 | -0.000389 | 4543.142000 | 4543.140285 | 0.001715 |
| 137 | 16.7176482 | 16.718 | -0.000352 | -42.111699 | -42.111325 | -0.000374 | 4610.985000 | 4610.983939 | 0.001061 |
| 138 | 16.7103467 | 16.71 | 0.000347 | -41.298601 | -41.298242 | -0.000359 | 4677.440000 | 4677.438348 | 0.001652 |
| 139 | 16.7031887 | 16.703 | 0.000189 | -40.473992 | -40.473648 | -0.000344 | 4742.493000 | 4742.490714 | 0.002286 |

| | | | | | | | | | |
|-----|------------|--------|-----------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|----------|
| 140 | 16.6961759 | 16.696 | 0.000176 | -39.638117 | -39.637789 | -0.000328 | 4806.130000 | 4806.128634 | 0.001366 |
| 141 | 16.6893105 | 16.689 | 0.000311 | -38.791226 | -38.790913 | -0.000312 | 4868.342000 | 4868.340101 | 0.001899 |
| 142 | 16.6825943 | 16.683 | -0.000406 | -37.933568 | -37.933272 | -0.000296 | 4929.115000 | 4929.113494 | 0.001506 |
| 143 | 16.6760292 | 16.676 | 0.000029 | -37.065398 | -37.065118 | -0.000281 | 4988.439000 | 4988.437575 | 0.001425 |
| 144 | 16.6696169 | 16.67 | -0.000383 | -36.186970 | -36.186705 | -0.000265 | 5046.304000 | 5046.301482 | 0.002518 |
| 145 | 16.6633594 | 16.663 | 0.000359 | -35.298541 | -35.298291 | -0.000249 | 5102.696000 | 5102.694724 | 0.001276 |
| 146 | 16.6572582 | 16.657 | 0.000258 | -34.400368 | -34.400134 | -0.000234 | 5157.609000 | 5157.607178 | 0.001822 |
| 147 | 16.651315 | 16.651 | 0.000315 | -33.492712 | -33.492493 | -0.000218 | 5211.031000 | 5211.029079 | 0.001921 |
| 148 | 16.6455316 | 16.646 | -0.000468 | -32.575835 | -32.575631 | -0.000203 | 5262.953000 | 5262.951019 | 0.001981 |
| 149 | 16.6399095 | 16.64 | -0.000090 | -31.650000 | -31.649812 | -0.000189 | 5313.366000 | 5313.363937 | 0.002063 |
| 150 | 16.6344503 | 16.634 | 0.000450 | -30.715473 | -30.715299 | -0.000175 | 5362.261000 | 5362.259118 | 0.001882 |
| 151 | 16.6291554 | 16.629 | 0.000155 | -29.772520 | -29.772359 | -0.000161 | 5409.630000 | 5409.628186 | 0.001814 |
| 152 | 16.6240263 | 16.624 | 0.000026 | -28.821408 | -28.821261 | -0.000147 | 5455.465000 | 5455.463098 | 0.001902 |
| 153 | 16.6190643 | 16.619 | 0.000064 | -27.862407 | -27.862273 | -0.000134 | 5499.758000 | 5499.756139 | 0.001861 |
| 154 | 16.614271 | 16.614 | 0.000271 | -26.895788 | -26.895666 | -0.000122 | 5542.502000 | 5542.499918 | 0.002082 |
| 155 | 16.6096475 | 16.61 | -0.000352 | -25.921823 | -25.921712 | -0.000110 | 5583.689000 | 5583.687360 | 0.001640 |
| 156 | 16.6051952 | 16.605 | 0.000195 | -24.940784 | -24.940685 | -0.000099 | 5623.314000 | 5623.311705 | 0.002295 |
| 157 | 16.6009152 | 16.601 | -0.000085 | -23.952946 | -23.952857 | -0.000089 | 5661.368000 | 5661.366500 | 0.001500 |
| 158 | 16.5968087 | 16.597 | -0.000191 | -22.958584 | -22.958505 | -0.000079 | 5697.848000 | 5697.845595 | 0.002405 |
| 159 | 16.5928769 | 16.593 | -0.000123 | -21.957975 | -21.957906 | -0.000069 | 5732.746000 | 5732.743141 | 0.002859 |
| 160 | 16.5891207 | 16.589 | 0.000121 | -20.951396 | -20.951335 | -0.000061 | 5766.056000 | 5766.053580 | 0.002420 |
| 161 | 16.5855413 | 16.586 | -0.000459 | -19.939125 | -19.939072 | -0.000053 | 5797.774000 | 5797.771645 | 0.002355 |
| 162 | 16.5821396 | 16.582 | 0.000140 | -18.921441 | -18.921396 | -0.000045 | 5827.895000 | 5827.892355 | 0.002645 |
| 163 | 16.5789165 | 16.579 | -0.000084 | -17.898626 | -17.898587 | -0.000039 | 5856.414000 | 5856.411010 | 0.002990 |
| 164 | 16.5758728 | 16.576 | -0.000127 | -16.870958 | -16.870926 | -0.000032 | 5883.325000 | 5883.323186 | 0.001814 |
| 165 | 16.5730095 | 16.573 | 0.000010 | -15.838721 | -15.838694 | -0.000027 | 5908.627000 | 5908.624736 | 0.002264 |
| 166 | 16.5703273 | 16.57 | 0.000327 | -14.802196 | -14.802174 | -0.000022 | 5932.314000 | 5932.311779 | 0.002221 |
| 167 | 16.5678269 | 16.568 | -0.000173 | -13.761666 | -13.761648 | -0.000018 | 5954.383000 | 5954.380703 | 0.002297 |
| 168 | 16.565509 | 16.566 | -0.000491 | -12.717415 | -12.717401 | -0.000014 | 5974.831000 | 5974.828160 | 0.002840 |

| | | | | | | | | | |
|-----|------------|--------|-----------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|----------|
| 169 | 16.5633743 | 16.563 | 0.000374 | -11.669728 | -11.669717 | -0.000011 | 5993.653000 | 5993.651062 | 0.001938 |
| 170 | 16.5614232 | 16.561 | 0.000423 | -10.618887 | -10.618879 | -0.000008 | 6010.849000 | 6010.846576 | 0.002424 |
| 171 | 16.5596563 | 16.56 | -0.000344 | -9.565180 | -9.565174 | -0.000006 | 6026.415000 | 6026.412129 | 0.002871 |
| 172 | 16.5580742 | 16.558 | 0.000074 | -8.508890 | -8.508886 | -0.000004 | 6040.348000 | 6040.345396 | 0.002604 |
| 173 | 16.5566772 | 16.557 | -0.000323 | -7.450305 | -7.450302 | -0.000003 | 6052.646000 | 6052.644306 | 0.001694 |
| 174 | 16.5554657 | 16.555 | 0.000466 | -6.389710 | -6.389708 | -0.000002 | 6063.309000 | 6063.307033 | 0.001967 |
| 175 | 16.55444 | 16.554 | 0.000440 | -5.327392 | -5.327391 | -0.000001 | 6072.334000 | 6072.332002 | 0.001998 |
| 176 | 16.5536004 | 16.554 | -0.000400 | -4.263638 | -4.263637 | -0.000001 | 6079.720000 | 6079.717878 | 0.002122 |
| 177 | 16.5529472 | 16.553 | -0.000053 | -3.198734 | -3.198734 | 0.000000 | 6085.466000 | 6085.463576 | 0.002424 |
| 178 | 16.5524805 | 16.552 | 0.000480 | -2.132968 | -2.132968 | 0.000000 | 6089.570000 | 6089.568248 | 0.001752 |
| 179 | 16.5522004 | 16.552 | 0.000200 | -1.066628 | -1.066628 | 0.000000 | 6092.034000 | 6092.031293 | 0.002707 |
| 180 | 16.552107 | 16.552 | 0.000107 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 6092.854000 | 6092.852348 | 0.001652 |
| 181 | 16.5522004 | 16.552 | 0.000200 | 1.066628 | 1.066628 | 0.000000 | 6092.034000 | 6092.031293 | 0.002707 |
| 182 | 16.5524805 | 16.552 | 0.000480 | 2.132968 | 2.132968 | 0.000000 | 6089.570000 | 6089.568248 | 0.001752 |
| 183 | 16.5529472 | 16.553 | -0.000053 | 3.198734 | 3.198734 | 0.000000 | 6085.466000 | 6085.463576 | 0.002424 |
| 184 | 16.5536004 | 16.554 | -0.000400 | 4.263638 | 4.263637 | 0.000001 | 6079.720000 | 6079.717878 | 0.002122 |
| 185 | 16.55444 | 16.554 | 0.000440 | 5.327392 | 5.327391 | 0.000001 | 6072.334000 | 6072.332002 | 0.001998 |
| 186 | 16.5554657 | 16.555 | 0.000466 | 6.389710 | 6.389708 | 0.000002 | 6063.310000 | 6063.307033 | 0.002967 |
| 187 | 16.5566772 | 16.557 | -0.000323 | 7.450305 | 7.450302 | 0.000003 | 6052.646000 | 6052.644306 | 0.001694 |
| 188 | 16.5580742 | 16.558 | 0.000074 | 8.508890 | 8.508886 | 0.000004 | 6040.348000 | 6040.345396 | 0.002604 |
| 189 | 16.5596563 | 16.56 | -0.000344 | 9.565180 | 9.565174 | 0.000006 | 6026.415000 | 6026.412129 | 0.002871 |
| 190 | 16.5614232 | 16.561 | 0.000423 | 10.618887 | 10.618879 | 0.000008 | 6010.849000 | 6010.846576 | 0.002424 |
| 191 | 16.5633743 | 16.563 | 0.000374 | 11.669728 | 11.669717 | 0.000011 | 5993.653000 | 5993.651062 | 0.001938 |
| 192 | 16.5655509 | 16.566 | -0.000491 | 12.717415 | 12.717401 | 0.000014 | 5974.830000 | 5974.828160 | 0.001840 |
| 193 | 16.5678269 | 16.568 | -0.000173 | 13.761666 | 13.761648 | 0.000018 | 5954.383000 | 5954.380703 | 0.002297 |
| 194 | 16.5703273 | 16.57 | 0.000327 | 14.802196 | 14.802174 | 0.000022 | 5932.314000 | 5932.311779 | 0.002221 |
| 195 | 16.5730095 | 16.573 | 0.000010 | 15.838721 | 15.838694 | 0.000027 | 5908.627000 | 5908.624736 | 0.002264 |
| 196 | 16.5758728 | 16.576 | -0.000127 | 16.870958 | 16.870926 | 0.000032 | 5883.325000 | 5883.323186 | 0.001814 |
| 197 | 16.5789165 | 16.579 | -0.000084 | 17.898626 | 17.898587 | 0.000039 | 5856.413000 | 5856.411010 | 0.001990 |

| | | | | | | | | | |
|-----|------------|--------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|-------------|----------|
| 198 | 16.5821396 | 16.582 | 0.000140 | 18.921441 | 18.921396 | 0.000045 | 5827.895000 | 5827.892355 | 0.002645 |
| 199 | 16.5855413 | 16.586 | -0.000459 | 19.939125 | 19.939072 | 0.000053 | 5797.773000 | 5797.771645 | 0.001355 |
| 200 | 16.5891207 | 16.589 | 0.000121 | 20.951396 | 20.951335 | 0.000061 | 5766.056000 | 5766.053580 | 0.002420 |
| 201 | 16.5928769 | 16.593 | -0.000123 | 21.957975 | 21.957906 | 0.000069 | 5732.746000 | 5732.743141 | 0.002859 |
| 202 | 16.5968087 | 16.597 | -0.000191 | 22.958584 | 22.958505 | 0.000079 | 5697.848000 | 5697.845595 | 0.002405 |
| 203 | 16.6009152 | 16.601 | -0.000085 | 23.952946 | 23.952857 | 0.000089 | 5661.369000 | 5661.366500 | 0.002500 |
| 204 | 16.6051952 | 16.605 | 0.000195 | 24.940784 | 24.940685 | 0.000099 | 5623.313000 | 5623.311705 | 0.001295 |
| 205 | 16.6096475 | 16.61 | -0.000352 | 25.921823 | 25.921712 | 0.000110 | 5583.689000 | 5583.687360 | 0.001640 |
| 206 | 16.614271 | 16.614 | 0.000271 | 26.895788 | 26.895666 | 0.000122 | 5542.502000 | 5542.499918 | 0.002082 |
| 207 | 16.6190643 | 16.619 | 0.000064 | 27.862407 | 27.862273 | 0.000134 | 5499.758000 | 5499.756139 | 0.001861 |
| 208 | 16.6240263 | 16.624 | 0.000026 | 28.821408 | 28.821261 | 0.000147 | 5455.465000 | 5455.463098 | 0.001902 |
| 209 | 16.6291554 | 16.629 | 0.000155 | 29.772520 | 29.772359 | 0.000161 | 5409.630000 | 5409.628186 | 0.001814 |
| 210 | 16.6344503 | 16.634 | 0.000450 | 30.715473 | 30.715299 | 0.000175 | 5362.261000 | 5362.259118 | 0.001882 |
| 211 | 16.6399095 | 16.64 | -0.000090 | 31.650000 | 31.649812 | 0.000189 | 5313.366000 | 5313.363937 | 0.002063 |
| 212 | 16.6455316 | 16.646 | -0.000468 | 32.575835 | 32.575631 | 0.000203 | 5262.953000 | 5262.951019 | 0.001981 |
| 213 | 16.651315 | 16.651 | 0.000315 | 33.492712 | 33.492493 | 0.000218 | 5211.031000 | 5211.029079 | 0.001921 |
| 214 | 16.6572582 | 16.657 | 0.000258 | 34.400368 | 34.400134 | 0.000234 | 5157.608000 | 5157.607178 | 0.000822 |
| 215 | 16.6633594 | 16.663 | 0.000359 | 35.298541 | 35.298291 | 0.000249 | 5102.696000 | 5102.694724 | 0.001276 |
| 216 | 16.6696169 | 16.67 | -0.000383 | 36.186970 | 36.186705 | 0.000265 | 5046.303000 | 5046.301482 | 0.001518 |
| 217 | 16.6760292 | 16.676 | 0.000029 | 37.065398 | 37.065118 | 0.000281 | 4988.439000 | 4988.437575 | 0.001425 |
| 218 | 16.6825943 | 16.683 | -0.000406 | 37.933568 | 37.933272 | 0.000296 | 4929.116000 | 4929.113494 | 0.002506 |
| 219 | 16.6893105 | 16.689 | 0.000311 | 38.791226 | 38.790913 | 0.000312 | 4868.342000 | 4868.340101 | 0.001899 |
| 220 | 16.6961759 | 16.696 | 0.000176 | 39.638117 | 39.637789 | 0.000328 | 4806.131000 | 4806.128634 | 0.002366 |
| 221 | 16.7031887 | 16.703 | 0.000189 | 40.473992 | 40.473648 | 0.000344 | 4742.492000 | 4742.490714 | 0.001286 |
| 222 | 16.7103467 | 16.71 | 0.000347 | 41.298601 | 41.298242 | 0.000359 | 4677.440000 | 4677.438348 | 0.001652 |
| 223 | 16.7176482 | 16.718 | -0.000352 | 42.111699 | 42.111325 | 0.000374 | 4610.986000 | 4610.983939 | 0.002061 |
| 224 | 16.7250909 | 16.725 | 0.000091 | 42.913040 | 42.912651 | 0.000389 | 4543.142000 | 4543.140285 | 0.001715 |
| 225 | 16.7326729 | 16.733 | -0.000327 | 43.702383 | 43.701980 | 0.000403 | 4473.922000 | 4473.920587 | 0.001413 |
| 226 | 16.740392 | 16.74 | 0.000392 | 44.479488 | 44.479071 | 0.000417 | 4403.339000 | 4403.338457 | 0.000543 |

| | | | | | | | | | |
|-----|------------|--------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|-------------|-----------|
| 227 | 16.7482461 | 16.748 | 0.000246 | 45.244117 | 45.243686 | 0.000430 | 4331.409000 | 4331.407918 | 0.001082 |
| 228 | 16.7562329 | 16.756 | 0.000233 | 45.996035 | 45.995592 | 0.000443 | 4258.145000 | 4258.143412 | 0.001588 |
| 229 | 16.7643502 | 16.764 | 0.000350 | 46.735011 | 46.734556 | 0.000455 | 4183.561000 | 4183.559804 | 0.001196 |
| 230 | 16.7725958 | 16.773 | -0.000404 | 47.460814 | 47.460348 | 0.000466 | 4107.673000 | 4107.672385 | 0.000615 |
| 231 | 16.7809672 | 16.781 | -0.000033 | 48.173218 | 48.172742 | 0.000476 | 4030.498000 | 4030.496878 | 0.001122 |
| 232 | 16.7894622 | 16.789 | 0.000462 | 48.871998 | 48.871512 | 0.000486 | 3952.051000 | 3952.049445 | 0.001555 |
| 233 | 16.7980783 | 16.798 | 0.000078 | 49.556933 | 49.556439 | 0.000494 | 3872.348000 | 3872.346683 | 0.001317 |
| 234 | 16.8068131 | 16.807 | -0.000187 | 50.227805 | 50.227304 | 0.000502 | 3791.406000 | 3791.405637 | 0.000363 |
| 235 | 16.815664 | 16.816 | -0.000336 | 50.884399 | 50.883891 | 0.000508 | 3709.244000 | 3709.243798 | 0.000202 |
| 236 | 16.8246287 | 16.825 | -0.000371 | 51.526502 | 51.525988 | 0.000514 | 3625.880000 | 3625.879108 | 0.000892 |
| 237 | 16.8337045 | 16.834 | -0.000296 | 52.153905 | 52.153387 | 0.000518 | 3541.332000 | 3541.329964 | 0.002036 |
| 238 | 16.8428888 | 16.843 | -0.000111 | 52.766403 | 52.765882 | 0.000521 | 3455.617000 | 3455.615220 | 0.001780 |
| 239 | 16.8521791 | 16.852 | 0.000179 | 53.363793 | 53.363270 | 0.000523 | 3368.754000 | 3368.754190 | -0.000190 |
| 240 | 16.8615725 | 16.862 | -0.000427 | 53.945875 | 53.945352 | 0.000524 | 3280.767000 | 3280.766649 | 0.000351 |
| 241 | 16.8710666 | 16.871 | 0.000067 | 54.512456 | 54.511933 | 0.000523 | 3191.674000 | 3191.672839 | 0.001161 |
| 242 | 16.8806584 | 16.881 | -0.000342 | 55.063342 | 55.062821 | 0.000521 | 3101.495000 | 3101.493467 | 0.001533 |
| 243 | 16.8903453 | 16.89 | 0.000345 | 55.598346 | 55.597828 | 0.000518 | 3010.252000 | 3010.249709 | 0.002291 |
| 244 | 16.9001245 | 16.9 | 0.000125 | 56.117282 | 56.116769 | 0.000513 | 2917.963000 | 2917.963211 | -0.000211 |
| 245 | 16.9099931 | 16.91 | -0.000007 | 56.619971 | 56.619464 | 0.000507 | 2824.656000 | 2824.656088 | -0.000088 |
| 246 | 16.9199483 | 16.92 | -0.000052 | 57.106236 | 57.105736 | 0.000500 | 2730.352000 | 2730.350926 | 0.001074 |
| 247 | 16.9299872 | 16.93 | -0.000013 | 57.575904 | 57.575412 | 0.000491 | 2635.073000 | 2635.070785 | 0.002215 |
| 248 | 16.9401068 | 16.94 | 0.000107 | 58.028806 | 58.028324 | 0.000481 | 2538.841000 | 2538.839193 | 0.001807 |
| 249 | 16.9503042 | 16.95 | 0.000304 | 58.464778 | 58.464308 | 0.000470 | 2441.680000 | 2441.680152 | -0.000152 |
| 250 | 16.9605765 | 16.961 | -0.000424 | 58.883659 | 58.883202 | 0.000458 | 2343.618000 | 2343.618132 | -0.000132 |
| 251 | 16.9709206 | 16.971 | -0.000079 | 59.285295 | 59.284851 | 0.000444 | 2244.679000 | 2244.678074 | 0.000926 |
| 252 | 16.9813335 | 16.981 | 0.000333 | 59.669532 | 59.669104 | 0.000429 | 2144.887000 | 2144.885385 | 0.001615 |
| 253 | 16.9918121 | 16.992 | -0.000188 | 60.036225 | 60.035813 | 0.000412 | 2044.267000 | 2044.265939 | 0.001061 |
| 254 | 17.0023534 | 17.002 | 0.000353 | 60.385231 | 60.384836 | 0.000395 | 1942.846000 | 1942.846074 | -0.000074 |
| 255 | 17.0129542 | 17.013 | -0.000046 | 60.716412 | 60.716036 | 0.000376 | 1840.653000 | 1840.652588 | 0.000412 |

| | | | | | | | | | |
|-----|------------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|-----------|
| 256 | 17.0236115 | 17.024 | -0.000389 | 61.029635 | 61.029279 | 0.000356 | 1737.713000 | 1737.712735 | 0.000265 |
| 257 | 17.0343219 | 17.034 | 0.000322 | 61.324772 | 61.324437 | 0.000335 | 1634.056000 | 1634.054227 | 0.001773 |
| 258 | 17.0450825 | 17.045 | 0.000083 | 61.601700 | 61.601387 | 0.000314 | 1529.708000 | 1529.705224 | 0.002776 |
| 259 | 17.05589 | 17.056 | -0.000110 | 61.860300 | 61.860009 | 0.000291 | 1424.694000 | 1424.694332 | -0.000332 |
| 260 | 17.0667411 | 17.067 | -0.000259 | 62.100460 | 62.100192 | 0.000267 | 1319.051000 | 1319.050598 | 0.000402 |
| 261 | 17.0776327 | 17.078 | -0.000367 | 62.322070 | 62.321827 | 0.000243 | 1212.805000 | 1212.803506 | 0.001494 |
| 262 | 17.0885614 | 17.089 | -0.000439 | 62.525028 | 62.524810 | 0.000218 | 1105.985000 | 1105.982971 | 0.002029 |
| 263 | 17.099524 | 17.1 | -0.000476 | 62.709236 | 62.709044 | 0.000192 | 998.618000 | 998.619330 | -0.001330 |
| 264 | 17.1105172 | 17.111 | -0.000483 | 62.874602 | 62.874437 | 0.000166 | 890.743000 | 890.743339 | -0.000339 |
| 265 | 17.1215378 | 17.122 | -0.000462 | 63.021040 | 63.020901 | 0.000139 | 782.386000 | 782.386166 | -0.000166 |
| 266 | 17.1325823 | 17.133 | -0.000418 | 63.148467 | 63.148355 | 0.000112 | 673.580000 | 673.579382 | 0.000618 |
| 267 | 17.1436474 | 17.144 | -0.000353 | 63.256808 | 63.256724 | 0.000084 | 564.357000 | 564.354951 | 0.002049 |
| 268 | 17.1547299 | 17.155 | -0.000270 | 63.345992 | 63.345936 | 0.000056 | 454.744000 | 454.745228 | -0.001228 |
| 269 | 17.1658263 | 17.166 | -0.000174 | 63.415956 | 63.415927 | 0.000028 | 344.782000 | 344.782944 | -0.000944 |
| 270 | 17.1769332 | 17.177 | -0.000067 | 63.466640 | 63.466640 | 0.000000 | 234.502000 | 234.501202 | 0.000798 |
| 271 | 17.1880473 | 17.188 | 0.000047 | 63.497991 | 63.498019 | -0.000028 | 123.934000 | 123.933463 | 0.000537 |
| 272 | 17.1991653 | 17.199 | 0.000165 | 63.509963 | 63.510019 | -0.000056 | 13.115000 | 13.113538 | 0.001462 |
| 273 | 17.2102836 | 17.21 | 0.000284 | 63.502514 | 63.502598 | -0.000084 | -97.925000 | -97.924422 | -0.000578 |
| 274 | 17.2213989 | 17.221 | 0.000399 | 63.475609 | 63.475721 | -0.000112 | -209.147000 | -209.145938 | -0.001062 |
| 275 | 17.2325079 | 17.233 | -0.000492 | 63.429220 | 63.429359 | -0.000139 | -320.517000 | -320.516214 | -0.000786 |
| 276 | 17.243607 | 17.244 | -0.000393 | 63.363323 | 63.363489 | -0.000166 | -432.000000 | -432.000146 | 0.000146 |
| 277 | 17.2546928 | 17.255 | -0.000307 | 63.277902 | 63.278094 | -0.000192 | -543.561000 | -543.562340 | 0.001340 |
| 278 | 17.265762 | 17.266 | -0.000238 | 63.172945 | 63.173163 | -0.000218 | -655.168000 | -655.167120 | -0.000880 |
| 279 | 17.2768111 | 17.277 | -0.000189 | 63.048450 | 63.048693 | -0.000243 | -766.779000 | -766.778543 | -0.000457 |
| 280 | 17.2878368 | 17.288 | -0.000163 | 62.904418 | 62.904685 | -0.000267 | -878.361000 | -878.360409 | -0.000591 |
| 281 | 17.2988354 | 17.299 | -0.000165 | 62.740857 | 62.741148 | -0.000291 | -989.875000 | -989.876281 | 0.001281 |
| 282 | 17.3098038 | 17.31 | -0.000196 | 62.557782 | 62.558096 | -0.000314 | -1101.288000 | -1101.289492 | 0.001492 |
| 283 | 17.3207384 | 17.321 | -0.000262 | 62.355215 | 62.355550 | -0.000335 | -1212.564000 | -1212.563166 | -0.000834 |
| 284 | 17.3316358 | 17.332 | -0.000364 | 62.133183 | 62.133539 | -0.000356 | -1323.661000 | -1323.660228 | -0.000772 |

| | | | | | | | | | |
|-----|------------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|-----------|
| 285 | 17.3424927 | 17.343 | -0.000507 | 61.891720 | 61.892096 | -0.000376 | -1434.544000 | -1434.543421 | -0.000579 |
| 286 | 17.3533056 | 17.353 | 0.000306 | 61.630868 | 61.631263 | -0.000395 | -1545.175000 | -1545.175324 | 0.000324 |
| 287 | 17.3640712 | 17.364 | 0.000071 | 61.350673 | 61.351085 | -0.000412 | -1655.518000 | -1655.518364 | 0.000364 |
| 288 | 17.374786 | 17.375 | -0.000214 | 61.051190 | 61.051618 | -0.000429 | -1765.536000 | -1765.534833 | -0.001167 |
| 289 | 17.3854467 | 17.385 | 0.000447 | 60.732479 | 60.732922 | -0.000444 | -1875.188000 | -1875.186907 | -0.001093 |
| 290 | 17.3960499 | 17.396 | 0.000050 | 60.394606 | 60.395064 | -0.000458 | -1984.437000 | -1984.436660 | -0.000340 |
| 291 | 17.4065923 | 17.407 | -0.000408 | 60.037647 | 60.038117 | -0.000470 | -2093.246000 | -2093.246085 | 0.000085 |
| 292 | 17.4170705 | 17.417 | 0.000071 | 59.661681 | 59.662162 | -0.000481 | -2201.579000 | -2201.577105 | -0.001895 |
| 293 | 17.4274813 | 17.427 | 0.000481 | 59.266796 | 59.267287 | -0.000491 | -2309.393000 | -2309.391599 | -0.001401 |
| 294 | 17.4378213 | 17.438 | -0.000179 | 58.853084 | 58.853584 | -0.000500 | -2416.653000 | -2416.651411 | -0.001589 |
| 295 | 17.4480872 | 17.448 | 0.000087 | 58.420648 | 58.421155 | -0.000507 | -2523.319000 | -2523.318377 | -0.000623 |
| 296 | 17.4582758 | 17.458 | 0.000276 | 57.969593 | 57.970106 | -0.000513 | -2629.354000 | -2629.354336 | 0.000336 |
| 297 | 17.4683838 | 17.468 | 0.000384 | 57.500034 | 57.500552 | -0.000518 | -2734.723000 | -2734.721153 | -0.001847 |
| 298 | 17.4784079 | 17.478 | 0.000408 | 57.012091 | 57.012612 | -0.000521 | -2839.383000 | -2839.380738 | -0.002262 |
| 299 | 17.4883451 | 17.488 | 0.000345 | 56.505891 | 56.506414 | -0.000523 | -2943.296000 | -2943.295060 | -0.000940 |
| 300 | 17.498192 | 17.498 | 0.000192 | 55.981569 | 55.982092 | -0.000524 | -3046.427000 | -3046.426174 | -0.000826 |
| 301 | 17.5079456 | 17.508 | -0.000054 | 55.439264 | 55.439787 | -0.000523 | -3148.737000 | -3148.736232 | -0.000768 |
| 302 | 17.5176027 | 17.518 | -0.000397 | 54.879123 | 54.879644 | -0.000521 | -3250.190000 | -3250.187510 | -0.002490 |
| 303 | 17.5271601 | 17.527 | 0.000160 | 54.301300 | 54.301818 | -0.000518 | -3350.744000 | -3350.742422 | -0.001578 |
| 304 | 17.5366149 | 17.537 | -0.000385 | 53.705955 | 53.706469 | -0.000514 | -3450.365000 | -3450.363542 | -0.001458 |
| 305 | 17.5459639 | 17.546 | -0.000036 | 53.093256 | 53.093764 | -0.000508 | -3549.014000 | -3549.013625 | -0.000375 |
| 306 | 17.5552042 | 17.555 | 0.000204 | 52.463374 | 52.463876 | -0.000502 | -3646.656000 | -3646.655622 | -0.000378 |
| 307 | 17.5643326 | 17.564 | 0.000333 | 51.816491 | 51.816985 | -0.000494 | -3743.256000 | -3743.252707 | -0.003293 |
| 308 | 17.5733464 | 17.573 | 0.000346 | 51.152791 | 51.153277 | -0.000486 | -3838.771000 | -3838.768291 | -0.002709 |
| 309 | 17.5822425 | 17.582 | 0.000242 | 50.472467 | 50.472944 | -0.000476 | -3933.167000 | -3933.166044 | -0.000956 |
| 310 | 17.591018 | 17.591 | 0.000018 | 49.775719 | 49.776185 | -0.000466 | -4026.411000 | -4026.409916 | -0.001084 |
| 311 | 17.5996702 | 17.6 | -0.000330 | 49.062751 | 49.063206 | -0.000455 | -4118.464000 | -4118.464155 | 0.000155 |
| 312 | 17.6081961 | 17.608 | 0.000196 | 48.333774 | 48.334217 | -0.000443 | -4209.295000 | -4209.293327 | -0.001673 |
| 313 | 17.616593 | 17.617 | -0.000407 | 47.589007 | 47.589437 | -0.000430 | -4298.865000 | -4298.862339 | -0.002661 |

| | | | | | | | | | |
|-----|------------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|-----------|
| 314 | 17.6248581 | 17.625 | -0.000142 | 46.828672 | 46.829089 | -0.000417 | -4387.138000 | -4387.136454 | -0.001546 |
| 315 | 17.6329888 | 17.633 | -0.000011 | 46.052999 | 46.053402 | -0.000403 | -4474.083000 | -4474.081314 | -0.001686 |
| 316 | 17.6409824 | 17.641 | -0.000018 | 45.262225 | 45.262613 | -0.000389 | -4559.666000 | -4559.662959 | -0.003041 |
| 317 | 17.6488362 | 17.649 | -0.000164 | 44.456589 | 44.456963 | -0.000374 | -4643.850000 | -4643.847844 | -0.002156 |
| 318 | 17.6565477 | 17.657 | -0.000452 | 43.636341 | 43.636700 | -0.000359 | -4726.605000 | -4726.602863 | -0.002137 |
| 319 | 17.6641143 | 17.664 | 0.000114 | 42.801732 | 42.802076 | -0.000344 | -4807.897000 | -4807.895365 | -0.001635 |
| 320 | 17.6715336 | 17.672 | -0.000466 | 41.953022 | 41.953350 | -0.000328 | -4887.694000 | -4887.693171 | -0.000829 |
| 321 | 17.6788031 | 17.679 | -0.000197 | 41.090475 | 41.090788 | -0.000312 | -4965.967000 | -4965.964598 | -0.002402 |
| 322 | 17.6859203 | 17.686 | -0.000080 | 40.214361 | 40.214658 | -0.000296 | -5042.681000 | -5042.678475 | -0.002525 |
| 323 | 17.6928831 | 17.693 | -0.000117 | 39.324956 | 39.325236 | -0.000281 | -5117.806000 | -5117.804159 | -0.001841 |
| 324 | 17.6996889 | 17.7 | -0.000311 | 38.422539 | 38.422804 | -0.000265 | -5191.313000 | -5191.311559 | -0.001441 |
| 325 | 17.7063357 | 17.706 | 0.000336 | 37.507397 | 37.507647 | -0.000249 | -5263.173000 | -5263.171146 | -0.001854 |
| 326 | 17.7128211 | 17.713 | -0.000179 | 36.579821 | 36.580055 | -0.000234 | -5333.357000 | -5333.353979 | -0.003021 |
| 327 | 17.7191431 | 17.719 | 0.000143 | 35.640107 | 35.640325 | -0.000218 | -5401.834000 | -5401.831717 | -0.002283 |
| 328 | 17.7252995 | 17.725 | 0.000300 | 34.688555 | 34.688758 | -0.000203 | -5468.579000 | -5468.576636 | -0.002364 |
| 329 | 17.7312884 | 17.731 | 0.000288 | 33.725471 | 33.725660 | -0.000189 | -5533.563000 | -5533.561649 | -0.001351 |
| 330 | 17.7371076 | 17.737 | 0.000108 | 32.751166 | 32.751341 | -0.000175 | -5596.762000 | -5596.760320 | -0.001680 |
| 331 | 17.7427553 | 17.743 | -0.000245 | 31.765955 | 31.766116 | -0.000161 | -5658.150000 | -5658.146881 | -0.003119 |
| 332 | 17.7482296 | 17.748 | 0.000230 | 30.770157 | 30.770304 | -0.000147 | -5717.699000 | -5717.696246 | -0.002754 |
| 333 | 17.7535286 | 17.754 | -0.000471 | 29.764096 | 29.764230 | -0.000134 | -5775.386000 | -5775.384030 | -0.001970 |
| 334 | 17.7586506 | 17.759 | -0.000349 | 28.748099 | 28.748221 | -0.000122 | -5831.188000 | -5831.186560 | -0.001440 |
| 335 | 17.7635939 | 17.764 | -0.000406 | 27.722499 | 27.722609 | -0.000110 | -5885.083000 | -5885.080891 | -0.002109 |
| 336 | 17.7683569 | 17.768 | 0.000357 | 26.687632 | 26.687731 | -0.000099 | -5937.048000 | -5937.044821 | -0.003179 |
| 337 | 17.7729379 | 17.773 | -0.000062 | 25.643838 | 25.643926 | -0.000089 | -5987.059000 | -5987.056904 | -0.002096 |
| 338 | 17.7773354 | 17.777 | 0.000335 | 24.591459 | 24.591538 | -0.000079 | -6035.099000 | -6035.096464 | -0.002536 |
| 339 | 17.7815479 | 17.782 | -0.000452 | 23.530844 | 23.530913 | -0.000069 | -6081.146000 | -6081.143607 | -0.002393 |
| 340 | 17.785574 | 17.786 | -0.000426 | 22.462343 | 22.462403 | -0.000061 | -6125.181000 | -6125.179231 | -0.001769 |
| 341 | 17.7894124 | 17.789 | 0.000412 | 21.386309 | 21.386361 | -0.000053 | -6167.188000 | -6167.185045 | -0.002955 |
| 342 | 17.7930618 | 17.793 | 0.000062 | 20.303099 | 20.303144 | -0.000045 | -6207.146000 | -6207.143572 | -0.002428 |

| | | | | | | | | | |
|-----|------------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|-----------|
| 343 | 17.796521 | 17.797 | -0.000479 | 19.213074 | 19.213112 | -0.000039 | -6245.041000 | -6245.038166 | -0.002834 |
| 344 | 17.7997887 | 17.8 | -0.000211 | 18.116595 | 18.116628 | -0.000032 | -6280.855000 | -6280.853020 | -0.001980 |
| 345 | 17.802864 | 17.803 | -0.000136 | 17.014029 | 17.014056 | -0.000027 | -6314.576000 | -6314.573175 | -0.002825 |
| 346 | 17.8057457 | 17.806 | -0.000254 | 15.905743 | 15.905766 | -0.000022 | -6346.187000 | -6346.184531 | -0.002469 |
| 347 | 17.8084329 | 17.808 | 0.000433 | 14.792109 | 14.792127 | -0.000018 | -6375.676000 | -6375.673858 | -0.002142 |
| 348 | 17.8109247 | 17.811 | -0.000075 | 13.673497 | 13.673511 | -0.000014 | -6403.031000 | -6403.028797 | -0.002203 |
| 349 | 17.8132203 | 17.813 | 0.000220 | 12.550284 | 12.550295 | -0.000011 | -6428.240000 | -6428.237878 | -0.002122 |
| 350 | 17.8153188 | 17.815 | 0.000319 | 11.422845 | 11.422854 | -0.000008 | -6451.293000 | -6451.290517 | -0.002483 |
| 351 | 17.8172197 | 17.817 | 0.000220 | 10.291560 | 10.291566 | -0.000006 | -6472.180000 | -6472.177030 | -0.002970 |
| 352 | 17.8189221 | 17.819 | -0.000078 | 9.156808 | 9.156812 | -0.000004 | -6490.891000 | -6490.888638 | -0.002362 |
| 353 | 17.8204256 | 17.82 | 0.000426 | 8.018970 | 8.018973 | -0.000003 | -6507.420000 | -6507.417468 | -0.002532 |
| 354 | 17.8217297 | 17.822 | -0.000270 | 6.878431 | 6.878432 | -0.000002 | -6521.759000 | -6521.756563 | -0.002437 |
| 355 | 17.8228339 | 17.823 | -0.000166 | 5.735572 | 5.735573 | -0.000001 | -6533.902000 | -6533.899886 | -0.002114 |
| 356 | 17.8237379 | 17.824 | -0.000262 | 4.590780 | 4.590781 | -0.000001 | -6543.845000 | -6543.842319 | -0.002681 |
| 357 | 17.8244412 | 17.824 | 0.000441 | 3.444440 | 3.444441 | 0.000000 | -6551.582000 | -6551.579674 | -0.002326 |
| 358 | 17.8249438 | 17.825 | -0.000056 | 2.296939 | 2.296939 | 0.000000 | -6557.111000 | -6557.108687 | -0.002313 |
| 359 | 17.8252454 | 17.825 | 0.000245 | 1.148663 | 1.148663 | 0.000000 | -6560.429000 | -6560.427028 | -0.001972 |
| 360 | 17.825346 | 17.825 | 0.000346 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | -6561.536000 | -6561.533298 | -0.002702 |

C. Anexo C: Modelo integrado efecto doble expansión.

Tabla 49. Parámetros iniciales sistema de potencia con corrida de datos del efecto de expansión.

| Parámetros iniciales sistema de potencia | | |
|--|---------|-----------|
| l [pul] - [mm] | 11.33 | 287.95 |
| r [pul] - [mm] | 1.91 | 48.70 |
| $r/l=$ | 0.169 | 0.169 |
| $r/2l$ | 0.084 | 0.084 |
| $r/4l$ | 0.042 | 0.042 |
| $r^2/4l$ | 0.081 | 2.059 |
| W mín. (min^{-1}) | 155 | |
| W máx. (min^{-1}) | 153 | |
| w prom (min^{-1}) | 154 | |
| w prom (rad/s) | 16.126 | |
| w^2 | 260.075 | |
| t/ciclo (s) | 0.389 | |
| t por grados | 0.0010 | |
| Diámetro pistón (in) - (cm) | 3.93 | 10.00 |
| Area del pistón efecto externo (in^2) (cm^2) | 12.17 | 78.53 |
| Area del pistón efecto interno (in^2) (cm^2) | 11.41 | 73.63 |
| Presión atmosférica local (PSI) - (PA) | 10.82 | 74601.30 |
| Presión absoluta admisión efecto externo (PSI) - (PA) | 24.78 | 170886.31 |
| Presión absoluta escape efecto externo (PSI) - (PA) | 15.61 | 107632.94 |
| Presión absoluta admisión efecto interno (PSI) - (PA) | 27 | 189037 |
| Presión absoluta escape efecto interno (PSI) - (PA) | 15.11 | 104196.08 |
| Diámetro vástago (in) - (cm) | 0.984 | 2.5 |
| Área del vástago (in^2) - (cm^2) | 0.760 | 4.90 |
| Masa manivela (m2) (lbm) - (Kg) | 22.27 | 10.10 |
| CG2 (in) | 0.958 | 24.35 |
| Masa biela (m3) (lbm) - (Kg) | 2.096 | 0.950 |
| CG3 (in) | 5.668 | 143.97 |

| | | |
|---|-------|--------|
| Masa Pistón (m4) (lbm) - (Kg) | 6.46 | 2.93 |
| La [pul] - [mm] | 5.66 | 143.97 |
| Lb [pul] - [mm] | 5.66 | 143.97 |
| RG2 [pul] - [mm] | 0.95 | 24.35 |
| m2a (lbm) - (Kg) | 11.13 | 5.05 |
| m3a (lbm) - (Kg) | 1.04 | 0.47 |
| m3b (lbm) - (Kg) | 1.04 | 0.47 |
| mA (lbm) - (Kg) | 12.18 | 5.52 |
| mB (lbm) - (Kg) | 7.51 | 3.40 |
| Volumen muerto efecto externo (in ³) - (cm ³) | 10.09 | 165.44 |
| Volumen muerto efecto interno (in ³) - (cm ³) | 10.09 | 165.44 |

Tabla 50. Análisis cinemático sistema de potencia

| Análisis cinemático sistema de potencia | | | | | | | | | | | |
|---|------------|---------------|---------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Grados | tiempo (s) | Posición (in) | Posición (mm) | Posición desde PMS EE (in) | Posición desde PMS EE (mm) | Posición desde PMI EE (in) | Posición desde PMI EE (mm) | Velocidad (in/s) | Velocidad (mm/s) | Aceleración (in/s ²) | Aceleración (mm/s ²) |
| 0 | 0.000000 | 13.253937 | 336.650000 | 0.000000 | 0.000000 | 3.834646 | 97.400000 | 0.000000 | 0.000000 | -260.788518 | 6624.028350 |
| 1 | 0.001618 | 13.253596 | 336.641328 | 0.000341 | 0.008672 | 3.834304 | 97.391328 | -0.421957 | -10.717719 | -260.732055 | 6622.594209 |
| 2 | 0.003236 | 13.252572 | 336.615317 | 0.001365 | 0.034683 | 3.833280 | 97.365317 | -0.843732 | -21.430797 | -260.562704 | 6618.292682 |
| 3 | 0.004854 | 13.250865 | 336.571978 | 0.003072 | 0.078022 | 3.831574 | 97.321978 | -1.265142 | -32.134597 | -260.280569 | 6611.126463 |
| 4 | 0.006472 | 13.248478 | 336.511329 | 0.005459 | 0.138671 | 3.829186 | 97.261329 | -1.686003 | -42.824486 | -259.885828 | 6601.100037 |
| 5 | 0.008091 | 13.245409 | 336.433397 | 0.008528 | 0.216603 | 3.826118 | 97.183397 | -2.106135 | -53.495841 | -259.378728 | 6588.219683 |
| 6 | 0.009709 | 13.241662 | 336.338216 | 0.012275 | 0.311784 | 3.822371 | 97.088216 | -2.525356 | -64.144050 | -258.759585 | 6572.493463 |
| 7 | 0.011327 | 13.237237 | 336.225827 | 0.016700 | 0.424173 | 3.817946 | 96.975827 | -2.943485 | -74.764516 | -258.028788 | 6553.931222 |
| 8 | 0.012945 | 13.232137 | 336.096277 | 0.021800 | 0.553723 | 3.812846 | 96.846277 | -3.360341 | -85.352660 | -257.186795 | 6532.544582 |
| 9 | 0.014563 | 13.226363 | 335.949624 | 0.027574 | 0.700376 | 3.807072 | 96.699624 | -3.775745 | -95.903921 | -256.234131 | 6508.346930 |
| 10 | 0.016181 | 13.219919 | 335.785931 | 0.034018 | 0.864069 | 3.800627 | 96.535931 | -4.189518 | -106.413763 | -255.171394 | 6481.353417 |
| 11 | 0.017799 | 13.212806 | 335.605268 | 0.041131 | 1.044732 | 3.793514 | 96.355268 | -4.601483 | -116.877676 | -253.999250 | 6451.580939 |
| 12 | 0.019417 | 13.205028 | 335.407713 | 0.048909 | 1.242287 | 3.785737 | 96.157713 | -5.011464 | -127.291177 | -252.718431 | 6419.048136 |
| 13 | 0.021036 | 13.196589 | 335.193352 | 0.057348 | 1.456648 | 3.777297 | 95.943352 | -5.419284 | -137.649817 | -251.329739 | 6383.775373 |
| 14 | 0.022654 | 13.187491 | 334.962276 | 0.066446 | 1.687724 | 3.768200 | 95.712276 | -5.824771 | -147.949178 | -249.834044 | 6345.784729 |
| 15 | 0.024272 | 13.177740 | 334.714586 | 0.076197 | 1.935414 | 3.758448 | 95.464586 | -6.227751 | -158.184884 | -248.232283 | 6305.099982 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|----------|-----------|------------|----------|-----------|----------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 16 | 0.025890 | 13.167338 | 334.450388 | 0.086599 | 2.199612 | 3.748047 | 95.200388 | -6.628055 | -168.352593 | -246.525457 | 6261.746597 |
| 17 | 0.027508 | 13.156291 | 334.169795 | 0.097646 | 2.480205 | 3.737000 | 94.919795 | -7.025512 | -178.448011 | -244.714634 | 6215.751703 |
| 18 | 0.029126 | 13.144603 | 333.872928 | 0.109334 | 2.777072 | 3.725312 | 94.622928 | -7.419956 | -188.466885 | -242.800948 | 6167.144079 |
| 19 | 0.030744 | 13.132280 | 333.559913 | 0.121657 | 3.090087 | 3.712989 | 94.309913 | -7.811221 | -198.405013 | -240.785596 | 6115.954134 |
| 20 | 0.032362 | 13.119326 | 333.230886 | 0.134611 | 3.419114 | 3.700035 | 93.980886 | -8.199143 | -208.258241 | -238.669838 | 6062.213885 |
| 21 | 0.033981 | 13.105747 | 332.885986 | 0.148190 | 3.764014 | 3.686456 | 93.635986 | -8.583562 | -218.022471 | -236.454997 | 6005.956936 |
| 22 | 0.035599 | 13.091550 | 332.525362 | 0.162387 | 4.124638 | 3.672258 | 93.275362 | -8.964317 | -227.693657 | -234.142459 | 5947.218453 |
| 23 | 0.037217 | 13.076739 | 332.149166 | 0.177198 | 4.500834 | 3.657447 | 92.899166 | -9.341253 | -237.267814 | -231.733667 | 5886.035143 |
| 24 | 0.038835 | 13.061321 | 331.757559 | 0.192616 | 4.892441 | 3.642030 | 92.507559 | -9.714213 | -246.741016 | -229.230127 | 5822.445221 |
| 25 | 0.040453 | 13.045303 | 331.350708 | 0.208634 | 5.299292 | 3.626012 | 92.100708 | -10.083047 | -256.109402 | -226.633401 | 5756.488392 |
| 26 | 0.042071 | 13.028692 | 330.928785 | 0.225245 | 5.721215 | 3.609401 | 91.678785 | -10.447605 | -265.369174 | -223.945111 | 5688.205812 |
| 27 | 0.043689 | 13.011495 | 330.491969 | 0.242442 | 6.158031 | 3.592203 | 91.241969 | -10.807740 | -274.516603 | -221.166932 | 5617.640066 |
| 28 | 0.045307 | 12.993718 | 330.040444 | 0.260219 | 6.609556 | 3.574427 | 90.790444 | -11.163308 | -283.548031 | -218.300596 | 5544.835131 |
| 29 | 0.046926 | 12.975370 | 329.574402 | 0.278567 | 7.075598 | 3.556079 | 90.324402 | -11.514168 | -292.459870 | -215.347888 | 5469.836345 |
| 30 | 0.048544 | 12.956458 | 329.094039 | 0.297479 | 7.555961 | 3.537167 | 89.844039 | -11.860181 | -301.248609 | -212.310645 | 5392.690373 |
| 31 | 0.050162 | 12.936990 | 328.599556 | 0.316947 | 8.050444 | 3.517699 | 89.349556 | -12.201213 | -309.910810 | -209.190755 | 5313.445168 |
| 32 | 0.051780 | 12.916975 | 328.091161 | 0.336962 | 8.558839 | 3.497684 | 88.841161 | -12.537131 | -318.443118 | -205.990155 | 5232.149938 |
| 33 | 0.053398 | 12.896420 | 327.569067 | 0.357517 | 9.080933 | 3.477129 | 88.319067 | -12.867805 | -326.842256 | -202.710831 | 5148.855106 |
| 34 | 0.055016 | 12.875334 | 327.033493 | 0.378603 | 9.616507 | 3.456043 | 87.783493 | -13.193111 | -335.105029 | -199.354814 | 5063.612266 |
| 35 | 0.056634 | 12.853727 | 326.484660 | 0.400210 | 10.165340 | 3.434435 | 87.234660 | -13.512926 | -343.228328 | -195.924179 | 4976.474145 |
| 36 | 0.058252 | 12.831606 | 325.922798 | 0.422331 | 10.727202 | 3.412315 | 86.672798 | -13.827131 | -351.209130 | -192.421046 | 4887.494563 |
| 37 | 0.059871 | 12.808982 | 325.348139 | 0.444955 | 11.301861 | 3.389691 | 86.098139 | -14.135610 | -359.044499 | -188.847574 | 4796.728381 |
| 38 | 0.061489 | 12.785863 | 324.760922 | 0.468074 | 11.889078 | 3.366572 | 85.510922 | -14.438252 | -366.731589 | -185.205963 | 4704.231460 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|----------|-----------|------------|----------|-----------|----------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 39 | 0.063107 | 12.762259 | 324.161387 | 0.491678 | 12.488613 | 3.342968 | 84.911387 | -14.734947 | -374.267646 | -181.498449 | - |
| 40 | 0.064725 | 12.738180 | 323.549783 | 0.515757 | 13.100217 | 3.318889 | 84.299783 | -15.025591 | -381.650008 | -177.727306 | 4514.273570 |
| 41 | 0.066343 | 12.713636 | 322.926358 | 0.540301 | 13.723642 | 3.294345 | 83.676358 | -15.310083 | -388.876106 | -173.894838 | 4416.928893 |
| 42 | 0.067961 | 12.688637 | 322.291369 | 0.565300 | 14.358631 | 3.269345 | 83.041369 | -15.588326 | -395.943468 | -170.003384 | 4318.085964 |
| 43 | 0.069579 | 12.663192 | 321.645075 | 0.590745 | 15.004925 | 3.243901 | 82.395075 | -15.860225 | -402.849718 | -166.055312 | 4217.804916 |
| 44 | 0.071197 | 12.637312 | 320.987737 | 0.616625 | 15.662263 | 3.218021 | 81.737737 | -16.125692 | -409.592579 | -162.053015 | 4116.146577 |
| 45 | 0.072816 | 12.611009 | 320.319622 | 0.642928 | 16.330378 | 3.191717 | 81.069622 | -16.384641 | -416.169871 | -157.998914 | 4013.172425 |
| 46 | 0.074434 | 12.584291 | 319.640999 | 0.669646 | 17.009001 | 3.165000 | 80.390999 | -16.636989 | -422.579516 | -153.895454 | 3908.944525 |
| 47 | 0.076052 | 12.557171 | 318.952142 | 0.696766 | 17.697858 | 3.137880 | 79.702142 | -16.882659 | -428.819535 | -149.745098 | 3803.525478 |
| 48 | 0.077670 | 12.529659 | 318.253326 | 0.724278 | 18.396674 | 3.110367 | 79.003326 | -17.121577 | -434.888051 | -145.550329 | 3696.978362 |
| 49 | 0.079288 | 12.501765 | 317.544831 | 0.752172 | 19.105169 | 3.082474 | 78.294831 | -17.353673 | -440.783292 | -141.313649 | 3589.366675 |
| 50 | 0.080906 | 12.473501 | 316.826937 | 0.780436 | 19.823063 | 3.054210 | 77.576937 | -17.578881 | -446.503585 | -137.037570 | 3480.754276 |
| 51 | 0.082524 | 12.444879 | 316.099931 | 0.809058 | 20.550069 | 3.025588 | 76.849931 | -17.797140 | -452.047364 | -132.724619 | 3371.205326 |
| 52 | 0.084142 | 12.415909 | 315.364097 | 0.838028 | 21.285903 | 2.996618 | 76.114097 | -18.008392 | -457.413164 | -128.377332 | 3260.784228 |
| 53 | 0.085761 | 12.386603 | 314.619726 | 0.867334 | 22.030274 | 2.967312 | 75.369726 | -18.212584 | -462.599628 | -123.998251 | 3149.555565 |
| 54 | 0.087379 | 12.356973 | 313.867108 | 0.896964 | 22.782892 | 2.937681 | 74.617108 | -18.409665 | -467.605500 | -119.589923 | 3037.584043 |
| 55 | 0.088997 | 12.327029 | 313.106537 | 0.926908 | 23.543463 | 2.907738 | 73.856537 | -18.599592 | -472.429631 | -115.154899 | 2924.934427 |
| 56 | 0.090615 | 12.296784 | 312.338308 | 0.957153 | 24.311692 | 2.877492 | 73.088308 | -18.782322 | -477.070976 | -110.695728 | 2811.671479 |
| 57 | 0.092233 | 12.266249 | 311.562717 | 0.987688 | 25.087283 | 2.846957 | 72.312717 | -18.957819 | -481.528596 | -106.214957 | 2697.859898 |
| 58 | 0.093851 | 12.235436 | 310.780063 | 1.018501 | 25.869937 | 2.816144 | 71.530063 | -19.126049 | -485.801653 | -101.715128 | 2583.564256 |
| 59 | 0.095469 | 12.204356 | 309.990644 | 1.049581 | 26.659356 | 2.785065 | 70.740644 | -19.286985 | -489.889419 | -97.198777 | 2468.848938 |
| 60 | 0.097087 | 12.173022 | 309.194761 | 1.080915 | 27.455239 | 2.753731 | 69.944761 | -19.440601 | -493.791264 | -92.668428 | 2353.778082 |
| 61 | 0.098706 | 12.141445 | 308.392714 | 1.112492 | 28.257286 | 2.722154 | 69.142714 | -19.586877 | -497.506666 | -88.126595 | 2238.415512 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|----------|-----------|------------|----------|-----------|----------|-----------|------------|-------------|------------|-------------|
| 62 | 0.100324 | 12.109638 | 307.584807 | 1.144299 | 29.065193 | 2.690347 | 68.334807 | -19.725795 | -501.035204 | -83.575775 | 2122.824682 |
| 63 | 0.101942 | 12.077612 | 306.771342 | 1.176325 | 29.878658 | 2.658321 | 67.521342 | -19.857345 | -504.376560 | -79.018449 | 2007.068611 |
| 64 | 0.103560 | 12.045379 | 305.952622 | 1.208558 | 30.697378 | 2.626087 | 66.702622 | -19.981516 | -507.530516 | -74.457080 | 1891.209827 |
| 65 | 0.105178 | 12.012951 | 305.128950 | 1.240986 | 31.521050 | 2.593659 | 65.878950 | -20.098305 | -510.496958 | -69.894106 | 1775.310304 |
| 66 | 0.106796 | 11.980340 | 304.300629 | 1.273597 | 32.349371 | 2.561048 | 65.050629 | -20.207711 | -513.275868 | -65.331945 | 1659.431403 |
| 67 | 0.108414 | 11.947558 | 303.467964 | 1.306379 | 33.182036 | 2.528266 | 64.217964 | -20.309737 | -515.867330 | -60.772985 | 1543.633815 |
| 68 | 0.110032 | 11.914616 | 302.631257 | 1.339321 | 34.018743 | 2.495325 | 63.381257 | -20.404391 | -518.271523 | -56.219587 | 1427.977504 |
| 69 | 0.111650 | 11.881528 | 301.790811 | 1.372409 | 34.859189 | 2.462237 | 62.540811 | -20.491682 | -520.488725 | -51.674081 | 1312.521649 |
| 70 | 0.113269 | 11.848304 | 300.946928 | 1.405633 | 35.703072 | 2.429013 | 61.696928 | -20.571626 | -522.519306 | -47.138763 | 1197.324591 |
| 71 | 0.114887 | 11.814957 | 300.099910 | 1.438980 | 36.550090 | 2.395666 | 60.849910 | -20.644241 | -524.363732 | -42.615897 | 1082.443777 |
| 72 | 0.116505 | 11.781498 | 299.250058 | 1.472439 | 37.399942 | 2.362207 | 60.000058 | -20.709550 | -526.022561 | -38.107705 | -967.935707 |
| 73 | 0.118123 | 11.747940 | 298.397671 | 1.505997 | 38.252329 | 2.328648 | 59.147671 | -20.767576 | -527.496441 | -33.616374 | -853.855887 |
| 74 | 0.119741 | 11.714293 | 297.543049 | 1.539644 | 39.106951 | 2.295002 | 58.293049 | -20.818351 | -528.786109 | -29.144046 | -740.258773 |
| 75 | 0.121359 | 11.680570 | 296.686488 | 1.573367 | 39.963512 | 2.261279 | 57.436488 | -20.861905 | -529.892390 | -24.692824 | -627.197728 |
| 76 | 0.122977 | 11.646783 | 295.828285 | 1.607154 | 40.821715 | 2.227492 | 56.578285 | -20.898275 | -530.816192 | -20.264763 | -514.724974 |
| 77 | 0.124595 | 11.612942 | 294.968735 | 1.640995 | 41.681265 | 2.193651 | 55.718735 | -20.927500 | -531.558511 | -15.861872 | -402.891545 |
| 78 | 0.126214 | 11.579060 | 294.108129 | 1.674877 | 42.541871 | 2.159769 | 54.858129 | -20.949623 | -532.120420 | -11.486112 | -291.747249 |
| 79 | 0.127832 | 11.545148 | 293.246759 | 1.708789 | 43.403241 | 2.125857 | 53.996759 | -20.964688 | -532.503075 | -7.139395 | -181.340622 |
| 80 | 0.129450 | 11.511217 | 292.384914 | 1.742720 | 44.265086 | 2.091926 | 53.134914 | -20.972744 | -532.707707 | -2.823579 | -71.718895 |
| 81 | 0.131068 | 11.477279 | 291.522881 | 1.776658 | 45.127119 | 2.057987 | 52.272881 | -20.973843 | -532.735623 | 1.459529 | 37.072049 |
| 82 | 0.132686 | 11.443344 | 290.660945 | 1.810593 | 45.989055 | 2.024053 | 51.410945 | -20.968040 | -532.588204 | 5.708177 | 144.987705 |
| 83 | 0.134304 | 11.409425 | 289.799388 | 1.844512 | 46.850612 | 1.990133 | 50.549388 | -20.955390 | -532.266902 | 9.920669 | 251.984980 |
| 84 | 0.135922 | 11.375531 | 288.938491 | 1.878406 | 47.711509 | 1.956240 | 49.688491 | -20.935954 | -531.773237 | 14.095363 | 358.022223 |
| 85 | 0.137540 | 11.341674 | 288.078531 | 1.912263 | 48.571469 | 1.922383 | 48.828531 | -20.909795 | -531.108794 | 18.230679 | 463.059253 |
| 86 | 0.139159 | 11.307866 | 287.219784 | 1.946072 | 49.430216 | 1.888574 | 47.969784 | -20.876977 | -530.275224 | 22.325094 | 567.057381 |
| 87 | 0.140777 | 11.274115 | 286.362521 | 1.979822 | 50.287479 | 1.854824 | 47.112521 | -20.837568 | -529.274237 | 26.377143 | 669.979440 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|-----------|------------|----------|-----------|----------|-----------|------------|-------------|------------|-------------|
| 88 | 0.142395 | 11.240434 | 285.507011 | 2.013503 | 51.142989 | 1.821142 | 46.257011 | -20.791638 | -528.107605 | 30.385425 | 771.789799 |
| 89 | 0.144013 | 11.206832 | 284.653523 | 2.047105 | 51.996477 | 1.787540 | 45.403523 | -20.739258 | -526.777154 | 34.348598 | 872.454383 |
| 90 | 0.145631 | 11.173320 | 283.802318 | 2.080617 | 52.847682 | 1.754028 | 44.552318 | -20.680503 | -525.284764 | 38.265382 | 971.940690 |
| 91 | 0.147249 | 11.139908 | 282.953658 | 2.114029 | 53.696342 | 1.720616 | 43.703658 | -20.615448 | -523.632367 | 42.134559 | 1070.217802 |
| 92 | 0.148867 | 11.106606 | 282.107801 | 2.147331 | 54.542199 | 1.687315 | 42.857801 | -20.544171 | -521.821944 | 45.954976 | 1167.256396 |
| 93 | 0.150485 | 11.073425 | 281.264998 | 2.180512 | 55.385002 | 1.654134 | 42.014998 | -20.466753 | -519.855521 | 49.725541 | 1263.028752 |
| 94 | 0.152104 | 11.040374 | 280.425503 | 2.213563 | 56.224497 | 1.621083 | 41.175503 | -20.383274 | -517.735169 | 53.445227 | 1357.508759 |
| 95 | 0.153722 | 11.007463 | 279.589562 | 2.246474 | 57.060438 | 1.588172 | 40.339562 | -20.293819 | -515.462999 | 57.113068 | 1450.671917 |
| 96 | 0.155340 | 10.974702 | 278.757419 | 2.279235 | 57.892581 | 1.555410 | 39.507419 | -20.198471 | -513.041161 | 60.728163 | 1542.495339 |
| 97 | 0.156958 | 10.942099 | 277.929314 | 2.311838 | 58.720686 | 1.522808 | 38.679314 | -20.097316 | -510.471839 | 64.289675 | 1632.957745 |
| 98 | 0.158576 | 10.909665 | 277.105485 | 2.344272 | 59.544515 | 1.490373 | 37.855485 | -19.990443 | -507.757252 | 67.796829 | 1722.039461 |
| 99 | 0.160194 | 10.877408 | 276.286164 | 2.376529 | 60.363836 | 1.458117 | 37.036164 | -19.877939 | -504.899650 | 71.248914 | 1809.722411 |
| 100 | 0.161812 | 10.845338 | 275.471581 | 2.408599 | 61.178419 | 1.426047 | 36.221581 | -19.759894 | -501.901309 | 74.645280 | 1895.990106 |
| 101 | 0.163430 | 10.813463 | 274.661963 | 2.440474 | 61.988037 | 1.394172 | 35.411963 | -19.636399 | -498.764531 | 77.985340 | 1980.827635 |
| 102 | 0.165049 | 10.781793 | 273.857530 | 2.472144 | 62.792470 | 1.362501 | 34.607530 | -19.507545 | -495.491642 | 81.268569 | 2064.221647 |
| 103 | 0.166667 | 10.750335 | 273.058502 | 2.503602 | 63.591498 | 1.331043 | 33.808502 | -19.373425 | -492.084987 | 84.494502 | 2146.160339 |
| 104 | 0.168285 | 10.719098 | 272.265093 | 2.534839 | 64.384907 | 1.299807 | 33.015093 | -19.234131 | -488.546930 | 87.662734 | 2226.633432 |
| 105 | 0.169903 | 10.688091 | 271.477513 | 2.565846 | 65.172487 | 1.268800 | 32.227513 | -19.089758 | -484.879849 | 90.772919 | 2305.632155 |
| 106 | 0.171521 | 10.657322 | 270.695971 | 2.596615 | 65.954029 | 1.238030 | 31.445971 | -18.940399 | -481.086136 | 93.824772 | 2383.149220 |
| 107 | 0.173139 | 10.626798 | 269.920667 | 2.627139 | 66.729333 | 1.207507 | 30.670667 | -18.786149 | -477.168194 | 96.818063 | 2459.178795 |
| 108 | 0.174757 | 10.596528 | 269.151803 | 2.657409 | 67.498197 | 1.177236 | 29.901803 | -18.627104 | -473.128434 | 99.752617 | 2533.716481 |
| 109 | 0.176375 | 10.566519 | 268.389572 | 2.687418 | 68.260428 | 1.147227 | 29.139572 | -18.463357 | -468.969271 | 102.628318 | 2606.759281 |
| 110 | 0.177994 | 10.536778 | 267.634166 | 2.717159 | 69.015834 | 1.117487 | 28.384166 | -18.295005 | -464.693127 | 105.445101 | 2678.305569 |
| 111 | 0.179612 | 10.507314 | 266.885772 | 2.746623 | 69.764228 | 1.088023 | 27.635772 | -18.122143 | -460.302423 | 108.202955 | 2748.355058 |
| 112 | 0.181230 | 10.478133 | 266.144575 | 2.775804 | 70.505425 | 1.058842 | 26.894575 | -17.944865 | -455.799581 | 110.901920 | 2816.908769 |
| 113 | 0.182848 | 10.449242 | 265.410752 | 2.804695 | 71.239248 | 1.029951 | 26.160752 | -17.763268 | -451.187019 | 113.542086 | 2883.968990 |
| 114 | 0.184466 | 10.420649 | 264.684480 | 2.833288 | 71.965520 | 1.001357 | 25.434480 | -17.577447 | -446.467151 | 116.123592 | 2949.539243 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|-----------|------------|----------|-----------|----------|-----------|------------|-------------|------------|-------------|
| 115 | 0.186084 | 10.392359 | 263.965931 | 2.861578 | 72.684069 | 0.973068 | 24.715931 | -17.387495 | -441.642386 | 118.646624 | 3013.624246 |
| 116 | 0.187702 | 10.364381 | 263.255272 | 2.889556 | 73.394728 | 0.945089 | 24.005272 | -17.193509 | -436.715120 | 121.111412 | 3076.229871 |
| 117 | 0.189320 | 10.336719 | 262.552668 | 2.917218 | 74.097332 | 0.917428 | 23.302668 | -16.995580 | -431.687743 | 123.518232 | 3137.363105 |
| 118 | 0.190939 | 10.309381 | 261.858277 | 2.944556 | 74.791723 | 0.890090 | 22.608277 | -16.793804 | -426.562631 | 125.867402 | 3197.032009 |
| 119 | 0.192557 | 10.282372 | 261.172257 | 2.971565 | 75.477743 | 0.863081 | 21.922257 | -16.588273 | -421.342146 | 128.159278 | 3255.245673 |
| 120 | 0.194175 | 10.255699 | 260.494761 | 2.998238 | 76.155239 | 0.836408 | 21.244761 | -16.379080 | -416.028635 | 130.394259 | 3312.014175 |
| 121 | 0.195793 | 10.229368 | 259.825935 | 3.024569 | 76.824065 | 0.810076 | 20.575935 | -16.166316 | -410.624427 | 132.572777 | 3367.348536 |
| 122 | 0.197411 | 10.203383 | 259.165927 | 3.050554 | 77.484073 | 0.784092 | 19.915927 | -15.950072 | -405.131834 | 134.695302 | 3421.260673 |
| 123 | 0.199029 | 10.177751 | 258.514875 | 3.076186 | 78.135125 | 0.758460 | 19.264875 | -15.730439 | -399.553147 | 136.762337 | 3473.763357 |
| 124 | 0.200647 | 10.152477 | 257.872920 | 3.101460 | 78.777080 | 0.733186 | 18.622920 | -15.507505 | -393.890634 | 138.774416 | 3524.870166 |
| 125 | 0.202265 | 10.127567 | 257.240193 | 3.126370 | 79.409807 | 0.708275 | 17.990193 | -15.281360 | -388.146545 | 140.732104 | 3574.595437 |
| 126 | 0.203883 | 10.103025 | 256.616825 | 3.150912 | 80.033175 | 0.683733 | 17.366825 | -15.052091 | -382.323101 | 142.635993 | 3622.954219 |
| 127 | 0.205502 | 10.078856 | 256.002943 | 3.175081 | 80.647057 | 0.659565 | 16.752943 | -14.819784 | -376.422503 | 144.486702 | 3669.962232 |
| 128 | 0.207120 | 10.055066 | 255.398669 | 3.198871 | 81.251331 | 0.635774 | 16.148669 | -14.584524 | -370.446921 | 146.284875 | 3715.635812 |
| 129 | 0.208738 | 10.031658 | 254.804124 | 3.222279 | 81.845876 | 0.612367 | 15.554124 | -14.346398 | -364.398502 | 148.031176 | 3759.991872 |
| 130 | 0.210356 | 10.008639 | 254.219424 | 3.245298 | 82.430576 | 0.589347 | 14.969424 | -14.105487 | -358.279364 | 149.726293 | 3803.047848 |
| 131 | 0.211974 | 9.986011 | 253.644681 | 3.267926 | 83.005319 | 0.566720 | 14.394681 | -13.861874 | -352.091595 | 151.370931 | 3844.821659 |
| 132 | 0.213592 | 9.963780 | 253.080005 | 3.290157 | 83.569995 | 0.544488 | 13.830005 | -13.615640 | -345.837257 | 152.965813 | 3885.331656 |
| 133 | 0.215210 | 9.941949 | 252.525502 | 3.311988 | 84.124498 | 0.522658 | 13.275502 | -13.366865 | -339.518378 | 154.511676 | 3924.596578 |
| 134 | 0.216828 | 9.920523 | 251.981274 | 3.333414 | 84.668726 | 0.501231 | 12.731274 | -13.115628 | -333.136958 | 156.009272 | 3962.635509 |
| 135 | 0.218447 | 9.899505 | 251.447421 | 3.354432 | 85.202579 | 0.480213 | 12.197421 | -12.862007 | -326.694966 | 157.459363 | 3999.467827 |
| 136 | 0.220065 | 9.878899 | 250.924040 | 3.375038 | 85.725960 | 0.459608 | 11.674040 | -12.606076 | -320.194337 | 158.862723 | 4035.113165 |
| 137 | 0.221683 | 9.858710 | 250.411224 | 3.395227 | 86.238776 | 0.439418 | 11.161224 | -12.347912 | -313.636976 | 160.220132 | 4069.591364 |
| 138 | 0.223301 | 9.838940 | 249.909063 | 3.414998 | 86.740937 | 0.419648 | 10.659063 | -12.087589 | -307.024757 | 161.532379 | 4102.922432 |
| 139 | 0.224919 | 9.819592 | 249.417645 | 3.434345 | 87.232355 | 0.400301 | 10.167645 | -11.825178 | -300.359518 | 162.800256 | 4135.126500 |
| 140 | 0.226537 | 9.800671 | 248.937054 | 3.453266 | 87.712946 | 0.381380 | 9.687054 | -11.560751 | -293.643068 | 164.024558 | 4166.223779 |
| 141 | 0.228155 | 9.782180 | 248.467371 | 3.471757 | 88.182629 | 0.362889 | 9.217371 | -11.294377 | -286.877179 | 165.206084 | 4196.234525 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|------------|----------|-----------|----------|----------|------------|-------------|------------|-------------|
| 142 | 0.229773 | 9.764121 | 248.008674 | 3.489816 | 88.641326 | 0.344830 | 8.758674 | -11.026126 | -280.063596 | 166.345630 | 4225.178993 |
| 143 | 0.231392 | 9.746498 | 247.561041 | 3.507439 | 89.088959 | 0.327206 | 8.311041 | -10.756064 | -273.204025 | 167.443992 | 4253.077398 |
| 144 | 0.233010 | 9.729313 | 247.124543 | 3.524624 | 89.525457 | 0.310021 | 7.874543 | -10.484258 | -266.300144 | 168.501964 | 4279.949882 |
| 145 | 0.234628 | 9.712569 | 246.699251 | 3.541368 | 89.950749 | 0.293278 | 7.449251 | -10.210772 | -259.353597 | 169.520334 | 4305.816475 |
| 146 | 0.236246 | 9.696269 | 246.285233 | 3.557668 | 90.364767 | 0.276978 | 7.035233 | -9.935669 | -252.365995 | 170.499884 | 4330.697054 |
| 147 | 0.237864 | 9.680416 | 245.882554 | 3.573521 | 90.767446 | 0.261124 | 6.632554 | -9.659013 | -245.338918 | 171.441390 | 4354.611315 |
| 148 | 0.239482 | 9.665011 | 245.491276 | 3.588926 | 91.158724 | 0.245720 | 6.241276 | -9.380863 | -238.273913 | 172.345620 | 4377.578736 |
| 149 | 0.241100 | 9.650058 | 245.111461 | 3.603880 | 91.538539 | 0.230766 | 5.861461 | -9.101279 | -231.172497 | 173.213328 | 4399.618543 |
| 150 | 0.242718 | 9.635558 | 244.743164 | 3.618379 | 91.906836 | 0.216266 | 5.493164 | -8.820321 | -224.036155 | 174.045263 | 4420.749682 |
| 151 | 0.244337 | 9.621513 | 244.386443 | 3.632424 | 92.263557 | 0.202222 | 5.136443 | -8.538045 | -216.866343 | 174.842157 | 4440.990784 |
| 152 | 0.245955 | 9.607927 | 244.041349 | 3.646010 | 92.608651 | 0.188636 | 4.791349 | -8.254507 | -209.664487 | 175.604730 | 4460.360139 |
| 153 | 0.247573 | 9.594801 | 243.707933 | 3.659136 | 92.942067 | 0.175509 | 4.457933 | -7.969763 | -202.431981 | 176.333688 | 4478.875665 |
| 154 | 0.249191 | 9.582136 | 243.386245 | 3.671801 | 93.263755 | 0.162844 | 4.136245 | -7.683866 | -195.170195 | 177.029720 | 4496.554884 |
| 155 | 0.250809 | 9.569934 | 243.076330 | 3.684003 | 93.573670 | 0.150643 | 3.826330 | -7.396869 | -187.880466 | 177.693500 | 4513.414893 |
| 156 | 0.252427 | 9.558198 | 242.778232 | 3.695739 | 93.871768 | 0.138907 | 3.528232 | -7.108823 | -180.564107 | 178.325683 | 4529.472340 |
| 157 | 0.254045 | 9.546929 | 242.491993 | 3.707008 | 94.158007 | 0.127638 | 3.241993 | -6.819780 | -173.222403 | 178.926906 | 4544.743400 |
| 158 | 0.255663 | 9.536128 | 242.217654 | 3.717809 | 94.432346 | 0.116837 | 2.967654 | -6.529788 | -165.856615 | 179.497786 | 4559.243755 |
| 159 | 0.257282 | 9.525797 | 241.955253 | 3.728140 | 94.694747 | 0.106506 | 2.705253 | -6.238897 | -158.467977 | 180.038920 | 4572.988568 |
| 160 | 0.258900 | 9.515938 | 241.704825 | 3.737999 | 94.945175 | 0.096647 | 2.454825 | -5.947153 | -151.057699 | 180.550884 | 4585.992465 |
| 161 | 0.260518 | 9.506551 | 241.466404 | 3.747386 | 95.183596 | 0.087260 | 2.216404 | -5.654605 | -143.626969 | 181.034233 | 4598.269515 |
| 162 | 0.262136 | 9.497639 | 241.240023 | 3.756298 | 95.409977 | 0.078347 | 1.990023 | -5.361297 | -136.176952 | 181.489497 | 4609.833213 |
| 163 | 0.263754 | 9.489201 | 241.025712 | 3.764736 | 95.624288 | 0.069910 | 1.775712 | -5.067275 | -128.708793 | 181.917183 | 4620.696461 |
| 164 | 0.265372 | 9.481240 | 240.823499 | 3.772697 | 95.826501 | 0.061949 | 1.573499 | -4.772583 | -121.223613 | 182.317778 | 4630.871551 |
| 165 | 0.266990 | 9.473756 | 240.633411 | 3.780181 | 96.016589 | 0.054465 | 1.383411 | -4.477265 | -113.722518 | 182.691738 | 4640.370153 |
| 166 | 0.268608 | 9.466751 | 240.455473 | 3.787186 | 96.194527 | 0.047460 | 1.205473 | -4.181362 | -106.206593 | 183.039500 | 4649.203298 |
| 167 | 0.270227 | 9.460225 | 240.289708 | 3.793712 | 96.360292 | 0.040933 | 1.039708 | -3.884918 | -98.676906 | 183.361471 | 4657.381365 |
| 168 | 0.271845 | 9.454179 | 240.136137 | 3.799758 | 96.513863 | 0.034887 | 0.886137 | -3.587973 | -91.134510 | 183.658034 | 4664.914069 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|------------|----------|-----------|----------|----------|-----------|------------|------------|-------------|
| 169 | 0.273463 | 9.448613 | 239.994780 | 3.805324 | 96.655220 | 0.029322 | 0.744780 | -3.290569 | -83.580440 | 183.929545 | 4671.810452 |
| 170 | 0.275081 | 9.443530 | 239.865656 | 3.810407 | 96.784344 | 0.024238 | 0.615656 | -2.992745 | -76.015721 | 184.176333 | 4678.078867 |
| 171 | 0.276699 | 9.438928 | 239.748780 | 3.815009 | 96.901220 | 0.019637 | 0.498780 | -2.694542 | -68.441361 | 184.398700 | 4683.726975 |
| 172 | 0.278317 | 9.434810 | 239.644167 | 3.819127 | 97.005833 | 0.015518 | 0.394167 | -2.395998 | -60.858359 | 184.596919 | 4688.761731 |
| 173 | 0.279935 | 9.431174 | 239.551831 | 3.822763 | 97.098169 | 0.011883 | 0.301831 | -2.097154 | -53.267702 | 184.771235 | 4693.189380 |
| 174 | 0.281553 | 9.428023 | 239.471784 | 3.825914 | 97.178216 | 0.008732 | 0.221784 | -1.798046 | -45.670368 | 184.921868 | 4697.015446 |
| 175 | 0.283172 | 9.425356 | 239.404034 | 3.828581 | 97.245966 | 0.006064 | 0.154034 | -1.498714 | -38.067327 | 185.049005 | 4700.244731 |
| 176 | 0.284790 | 9.423173 | 239.348591 | 3.830764 | 97.301409 | 0.003882 | 0.098591 | -1.199194 | -30.459540 | 185.152807 | 4702.881307 |
| 177 | 0.286408 | 9.421475 | 239.305461 | 3.832462 | 97.344539 | 0.002184 | 0.055461 | -0.899526 | -22.847964 | 185.233406 | 4704.928509 |
| 178 | 0.288026 | 9.420262 | 239.274651 | 3.833675 | 97.375349 | 0.000971 | 0.024651 | -0.599746 | -15.233551 | 185.290903 | 4706.388938 |
| 179 | 0.289644 | 9.419534 | 239.256163 | 3.834403 | 97.393837 | 0.000243 | 0.006163 | -0.299892 | -7.617247 | 185.325372 | 4707.264451 |
| 180 | 0.291262 | 9.419291 | 239.250000 | 3.834646 | 97.400000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 185.336857 | 4707.556164 |
| 181 | 0.292880 | 9.419534 | 239.256163 | 3.834403 | 97.393837 | 0.000243 | 0.006163 | 0.299892 | 7.617247 | 185.325372 | 4707.264451 |
| 182 | 0.294498 | 9.420262 | 239.274651 | 3.833675 | 97.375349 | 0.000971 | 0.024651 | 0.599746 | 15.233551 | 185.290903 | 4706.388938 |
| 183 | 0.296117 | 9.421475 | 239.305461 | 3.832462 | 97.344539 | 0.002184 | 0.055461 | 0.899526 | 22.847964 | 185.233406 | 4704.928509 |
| 184 | 0.297735 | 9.423173 | 239.348591 | 3.830764 | 97.301409 | 0.003882 | 0.098591 | 1.199194 | 30.459540 | 185.152807 | 4702.881307 |
| 185 | 0.299353 | 9.425356 | 239.404034 | 3.828581 | 97.245966 | 0.006064 | 0.154034 | 1.498714 | 38.067327 | 185.049005 | 4700.244731 |
| 186 | 0.300971 | 9.428023 | 239.471784 | 3.825914 | 97.178216 | 0.008732 | 0.221784 | 1.798046 | 45.670368 | 184.921868 | 4697.015446 |
| 187 | 0.302589 | 9.431174 | 239.551831 | 3.822763 | 97.098169 | 0.011883 | 0.301831 | 2.097154 | 53.267702 | 184.771235 | 4693.189380 |
| 188 | 0.304207 | 9.434810 | 239.644167 | 3.819127 | 97.005833 | 0.015518 | 0.394167 | 2.395998 | 60.858359 | 184.596919 | 4688.761731 |
| 189 | 0.305825 | 9.438928 | 239.748780 | 3.815009 | 96.901220 | 0.019637 | 0.498780 | 2.694542 | 68.441361 | 184.398700 | 4683.726975 |
| 190 | 0.307443 | 9.443530 | 239.865656 | 3.810407 | 96.784344 | 0.024238 | 0.615656 | 2.992745 | 76.015721 | 184.176333 | 4678.078867 |
| 191 | 0.309061 | 9.448613 | 239.994780 | 3.805324 | 96.655220 | 0.029322 | 0.744780 | 3.290569 | 83.580440 | 183.929545 | 4671.810452 |
| 192 | 0.310680 | 9.454179 | 240.136137 | 3.799758 | 96.513863 | 0.034887 | 0.886137 | 3.587973 | 91.134510 | 183.658034 | 4664.914069 |
| 193 | 0.312298 | 9.460225 | 240.289708 | 3.793712 | 96.360292 | 0.040933 | 1.039708 | 3.884918 | 98.676906 | 183.361471 | 4657.381365 |
| 194 | 0.313916 | 9.466751 | 240.455473 | 3.787186 | 96.194527 | 0.047460 | 1.205473 | 4.181362 | 106.206593 | 183.039500 | 4649.203298 |
| 195 | 0.315534 | 9.473756 | 240.633411 | 3.780181 | 96.016589 | 0.054465 | 1.383411 | 4.477265 | 113.722518 | 182.691738 | 4640.370153 |
| 196 | 0.317152 | 9.481240 | 240.823499 | 3.772697 | 95.826501 | 0.061949 | 1.573499 | 4.772583 | 121.223613 | 182.317778 | 4630.871551 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|------------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|
| 197 | 0.318770 | 9.489201 | 241.025712 | 3.764736 | 95.624288 | 0.069910 | 1.775712 | 5.067275 | 128.708793 | 181.917183 | 4620.696461 |
| 198 | 0.320388 | 9.497639 | 241.240023 | 3.756298 | 95.409977 | 0.078347 | 1.990023 | 5.361297 | 136.176952 | 181.489497 | 4609.833213 |
| 199 | 0.322006 | 9.506551 | 241.466404 | 3.747386 | 95.183596 | 0.087260 | 2.216404 | 5.654605 | 143.626969 | 181.034233 | 4598.269515 |
| 200 | 0.323625 | 9.515938 | 241.704825 | 3.737999 | 94.945175 | 0.096647 | 2.454825 | 5.947153 | 151.057699 | 180.550884 | 4585.992465 |
| 201 | 0.325243 | 9.525797 | 241.955253 | 3.728140 | 94.694747 | 0.106506 | 2.705253 | 6.238897 | 158.467977 | 180.038920 | 4572.988568 |
| 202 | 0.326861 | 9.536128 | 242.217654 | 3.717809 | 94.432346 | 0.116837 | 2.967654 | 6.529788 | 165.856615 | 179.497786 | 4559.243755 |
| 203 | 0.328479 | 9.546929 | 242.491993 | 3.707008 | 94.158007 | 0.127638 | 3.241993 | 6.819780 | 173.222403 | 178.926906 | 4544.743400 |
| 204 | 0.330097 | 9.558198 | 242.778232 | 3.695739 | 93.871768 | 0.138907 | 3.528232 | 7.108823 | 180.564107 | 178.325683 | 4529.472340 |
| 205 | 0.331715 | 9.569934 | 243.076330 | 3.684003 | 93.573670 | 0.150643 | 3.826330 | 7.396869 | 187.880466 | 177.693500 | 4513.414893 |
| 206 | 0.333333 | 9.582136 | 243.386245 | 3.671801 | 93.263755 | 0.162844 | 4.136245 | 7.683866 | 195.170195 | 177.029720 | 4496.554884 |
| 207 | 0.334951 | 9.594801 | 243.707933 | 3.659136 | 92.942067 | 0.175509 | 4.457933 | 7.969763 | 202.431981 | 176.333688 | 4478.875665 |
| 208 | 0.336570 | 9.607927 | 244.041349 | 3.646010 | 92.608651 | 0.188636 | 4.791349 | 8.254507 | 209.664487 | 175.604730 | 4460.360139 |
| 209 | 0.338188 | 9.621513 | 244.386443 | 3.632424 | 92.263557 | 0.202222 | 5.136443 | 8.538045 | 216.866343 | 174.842157 | 4440.990784 |
| 210 | 0.339806 | 9.635558 | 244.743164 | 3.618379 | 91.906836 | 0.216266 | 5.493164 | 8.820321 | 224.036155 | 174.045263 | 4420.749682 |
| 211 | 0.341424 | 9.650058 | 245.111461 | 3.603880 | 91.538539 | 0.230766 | 5.861461 | 9.101279 | 231.172497 | 173.213328 | 4399.618543 |
| 212 | 0.343042 | 9.665011 | 245.491276 | 3.588926 | 91.158724 | 0.245720 | 6.241276 | 9.380863 | 238.273913 | 172.345620 | 4377.578736 |
| 213 | 0.344660 | 9.680416 | 245.882554 | 3.573521 | 90.767446 | 0.261124 | 6.632554 | 9.659013 | 245.338918 | 171.441390 | 4354.611315 |
| 214 | 0.346278 | 9.696269 | 246.285233 | 3.557668 | 90.364767 | 0.276978 | 7.035233 | 9.935669 | 252.365995 | 170.499884 | 4330.697054 |
| 215 | 0.347896 | 9.712569 | 246.699251 | 3.541368 | 89.950749 | 0.293278 | 7.449251 | 10.210772 | 259.353597 | 169.520334 | 4305.816475 |
| 216 | 0.349515 | 9.729313 | 247.124543 | 3.524624 | 89.525457 | 0.310021 | 7.874543 | 10.484258 | 266.300144 | 168.501964 | 4279.949882 |
| 217 | 0.351133 | 9.746498 | 247.561041 | 3.507439 | 89.088959 | 0.327206 | 8.311041 | 10.756064 | 273.204025 | 167.443992 | 4253.077398 |
| 218 | 0.352751 | 9.764121 | 248.008674 | 3.489816 | 88.641326 | 0.344830 | 8.758674 | 11.026126 | 280.063596 | 166.345630 | 4225.178993 |
| 219 | 0.354369 | 9.782180 | 248.467371 | 3.471757 | 88.182629 | 0.362889 | 9.217371 | 11.294377 | 286.877179 | 165.206084 | 4196.234525 |
| 220 | 0.355987 | 9.800671 | 248.937054 | 3.453266 | 87.712946 | 0.381380 | 9.687054 | 11.560751 | 293.643068 | 164.024558 | 4166.223779 |
| 221 | 0.357605 | 9.819592 | 249.417645 | 3.434345 | 87.232355 | 0.400301 | 10.167645 | 11.825178 | 300.359518 | 162.800256 | 4135.126500 |
| 222 | 0.359223 | 9.838940 | 249.909063 | 3.414998 | 86.740937 | 0.419648 | 10.659063 | 12.087589 | 307.024757 | 161.532379 | 4102.922432 |
| 223 | 0.360841 | 9.858710 | 250.411224 | 3.395227 | 86.238776 | 0.439418 | 11.161224 | 12.347912 | 313.636976 | 160.220132 | 4069.591364 |
| 224 | 0.362460 | 9.878899 | 250.924040 | 3.375038 | 85.725960 | 0.459608 | 11.674040 | 12.606076 | 320.194337 | 158.862723 | 4035.113165 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|-----------|------------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|
| 225 | 0.364078 | 9.899505 | 251.447421 | 3.354432 | 85.202579 | 0.480213 | 12.197421 | 12.862007 | 326.694966 | 157.459363 | 3999.467827 |
| 226 | 0.365696 | 9.920523 | 251.981274 | 3.333414 | 84.668726 | 0.501231 | 12.731274 | 13.115628 | 333.136958 | 156.009272 | 3962.635509 |
| 227 | 0.367314 | 9.941949 | 252.525502 | 3.311988 | 84.124498 | 0.522658 | 13.275502 | 13.366865 | 339.518378 | 154.511676 | 3924.596578 |
| 228 | 0.368932 | 9.963780 | 253.080005 | 3.290157 | 83.569995 | 0.544488 | 13.830005 | 13.615640 | 345.837257 | 152.965813 | 3885.331656 |
| 229 | 0.370550 | 9.986011 | 253.644681 | 3.267926 | 83.005319 | 0.566720 | 14.394681 | 13.861874 | 352.091595 | 151.370931 | 3844.821659 |
| 230 | 0.372168 | 10.008639 | 254.219424 | 3.245298 | 82.430576 | 0.589347 | 14.969424 | 14.105487 | 358.279364 | 149.726293 | 3803.047848 |
| 231 | 0.373786 | 10.031658 | 254.804124 | 3.222279 | 81.845876 | 0.612367 | 15.554124 | 14.346398 | 364.398502 | 148.031176 | 3759.991872 |
| 232 | 0.375405 | 10.055066 | 255.398669 | 3.198871 | 81.251331 | 0.635774 | 16.148669 | 14.584524 | 370.446921 | 146.284875 | 3715.635812 |
| 233 | 0.377023 | 10.078856 | 256.002943 | 3.175081 | 80.647057 | 0.659565 | 16.752943 | 14.819784 | 376.422503 | 144.486702 | 3669.962232 |
| 234 | 0.378641 | 10.103025 | 256.616825 | 3.150912 | 80.033175 | 0.683733 | 17.366825 | 15.052091 | 382.323101 | 142.635993 | 3622.954219 |
| 235 | 0.380259 | 10.127567 | 257.240193 | 3.126370 | 79.409807 | 0.708275 | 17.990193 | 15.281360 | 388.146545 | 140.732104 | 3574.595437 |
| 236 | 0.381877 | 10.152477 | 257.872920 | 3.101460 | 78.777080 | 0.733186 | 18.622920 | 15.507505 | 393.890634 | 138.774416 | 3524.870166 |
| 237 | 0.383495 | 10.177751 | 258.514875 | 3.076186 | 78.135125 | 0.758460 | 19.264875 | 15.730439 | 399.553147 | 136.762337 | 3473.763357 |
| 238 | 0.385113 | 10.203383 | 259.165927 | 3.050554 | 77.484073 | 0.784092 | 19.915927 | 15.950072 | 405.131834 | 134.695302 | 3421.260673 |
| 239 | 0.386731 | 10.229368 | 259.825935 | 3.024569 | 76.824065 | 0.810076 | 20.575935 | 16.166316 | 410.624427 | 132.572777 | 3367.348536 |
| 240 | 0.388350 | 10.255699 | 260.494761 | 2.998238 | 76.155239 | 0.836408 | 21.244761 | 16.379080 | 416.028635 | 130.394259 | 3312.014175 |
| 241 | 0.389968 | 10.282372 | 261.172257 | 2.971565 | 75.477743 | 0.863081 | 21.922257 | 16.588273 | 421.342146 | 128.159278 | 3255.245673 |
| 242 | 0.391586 | 10.309381 | 261.858277 | 2.944556 | 74.791723 | 0.890090 | 22.608277 | 16.793804 | 426.562631 | 125.867402 | 3197.032009 |
| 243 | 0.393204 | 10.336719 | 262.552668 | 2.917218 | 74.097332 | 0.917428 | 23.302668 | 16.995580 | 431.687743 | 123.518232 | 3137.363105 |
| 244 | 0.394822 | 10.364381 | 263.255272 | 2.889556 | 73.394728 | 0.945089 | 24.005272 | 17.193509 | 436.715120 | 121.111412 | 3076.229871 |
| 245 | 0.396440 | 10.392359 | 263.965931 | 2.861578 | 72.684069 | 0.973068 | 24.715931 | 17.387495 | 441.642386 | 118.646624 | 3013.624246 |
| 246 | 0.398058 | 10.420649 | 264.684480 | 2.833288 | 71.965520 | 1.001357 | 25.434480 | 17.577447 | 446.467151 | 116.123592 | 2949.539243 |
| 247 | 0.399676 | 10.449242 | 265.410752 | 2.804695 | 71.239248 | 1.029951 | 26.160752 | 17.763268 | 451.187019 | 113.542086 | 2883.968990 |
| 248 | 0.401294 | 10.478133 | 266.144575 | 2.775804 | 70.505425 | 1.058842 | 26.894575 | 17.944865 | 455.799581 | 110.901920 | 2816.908769 |
| 249 | 0.402913 | 10.507314 | 266.885772 | 2.746623 | 69.764228 | 1.088023 | 27.635772 | 18.122143 | 460.302423 | 108.202955 | 2748.355058 |
| 250 | 0.404531 | 10.536778 | 267.634166 | 2.717159 | 69.015834 | 1.117487 | 28.384166 | 18.295005 | 464.693127 | 105.445101 | 2678.305569 |
| 251 | 0.406149 | 10.566519 | 268.389572 | 2.687418 | 68.260428 | 1.147227 | 29.139572 | 18.463357 | 468.969271 | 102.628318 | 2606.759281 |
| 252 | 0.407767 | 10.596528 | 269.151803 | 2.657409 | 67.498197 | 1.177236 | 29.901803 | 18.627104 | 473.128434 | 99.752617 | 2533.716481 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|-----------|------------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|-------------|
| 253 | 0.409385 | 10.626798 | 269.920667 | 2.627139 | 66.729333 | 1.207507 | 30.670667 | 18.786149 | 477.168194 | 96.818063 | 2459.178795 |
| 254 | 0.411003 | 10.657322 | 270.695971 | 2.596615 | 65.954029 | 1.238030 | 31.445971 | 18.940399 | 481.086136 | 93.824772 | 2383.149220 |
| 255 | 0.412621 | 10.688091 | 271.477513 | 2.565846 | 65.172487 | 1.268800 | 32.227513 | 19.089758 | 484.879849 | 90.772919 | 2305.632155 |
| 256 | 0.414239 | 10.719098 | 272.265093 | 2.534839 | 64.384907 | 1.299807 | 33.015093 | 19.234131 | 488.546930 | 87.662734 | 2226.633432 |
| 257 | 0.415858 | 10.750335 | 273.058502 | 2.503602 | 63.591498 | 1.331043 | 33.808502 | 19.373425 | 492.084987 | 84.494502 | 2146.160339 |
| 258 | 0.417476 | 10.781793 | 273.857530 | 2.472144 | 62.792470 | 1.362501 | 34.607530 | 19.507545 | 495.491642 | 81.268569 | 2064.221647 |
| 259 | 0.419094 | 10.813463 | 274.661963 | 2.440474 | 61.988037 | 1.394172 | 35.411963 | 19.636399 | 498.764531 | 77.985340 | 1980.827635 |
| 260 | 0.420712 | 10.845338 | 275.471581 | 2.408599 | 61.178419 | 1.426047 | 36.221581 | 19.759894 | 501.901309 | 74.645280 | 1895.990106 |
| 261 | 0.422330 | 10.877408 | 276.286164 | 2.376529 | 60.363836 | 1.458117 | 37.036164 | 19.877939 | 504.899650 | 71.248914 | 1809.722411 |
| 262 | 0.423948 | 10.909665 | 277.105485 | 2.344272 | 59.544515 | 1.490373 | 37.855485 | 19.990443 | 507.757252 | 67.796829 | 1722.039461 |
| 263 | 0.425566 | 10.942099 | 277.929314 | 2.311838 | 58.720686 | 1.522808 | 38.679314 | 20.097316 | 510.471839 | 64.289675 | 1632.957745 |
| 264 | 0.427184 | 10.974702 | 278.757419 | 2.279235 | 57.892581 | 1.555410 | 39.507419 | 20.198471 | 513.041161 | 60.728163 | 1542.495339 |
| 265 | 0.428803 | 11.007463 | 279.589562 | 2.246474 | 57.060438 | 1.588172 | 40.339562 | 20.293819 | 515.462999 | 57.113068 | 1450.671917 |
| 266 | 0.430421 | 11.040374 | 280.425503 | 2.213563 | 56.224497 | 1.621083 | 41.175503 | 20.383274 | 517.735169 | 53.445227 | 1357.508759 |
| 267 | 0.432039 | 11.073425 | 281.264998 | 2.180512 | 55.385002 | 1.654134 | 42.014998 | 20.466753 | 519.855521 | 49.725541 | 1263.028752 |
| 268 | 0.433657 | 11.106606 | 282.107801 | 2.147331 | 54.542199 | 1.687315 | 42.857801 | 20.544171 | 521.821944 | 45.954976 | 1167.256396 |
| 269 | 0.435275 | 11.139908 | 282.953658 | 2.114029 | 53.696342 | 1.720616 | 43.703658 | 20.615448 | 523.632367 | 42.134559 | 1070.217802 |
| 270 | 0.436893 | 11.173320 | 283.802318 | 2.080617 | 52.847682 | 1.754028 | 44.552318 | 20.680503 | 525.284764 | 38.265382 | 971.940690 |
| 271 | 0.438511 | 11.206832 | 284.653523 | 2.047105 | 51.996477 | 1.787540 | 45.403523 | 20.739258 | 526.777154 | 34.348598 | 872.454383 |
| 272 | 0.440129 | 11.240434 | 285.507011 | 2.013503 | 51.142989 | 1.821142 | 46.257011 | 20.791638 | 528.107605 | 30.385425 | 771.789799 |
| 273 | 0.441748 | 11.274115 | 286.362521 | 1.979822 | 50.287479 | 1.854824 | 47.112521 | 20.837568 | 529.274237 | 26.377143 | 669.979440 |
| 274 | 0.443366 | 11.307866 | 287.219784 | 1.946072 | 49.430216 | 1.888574 | 47.969784 | 20.876977 | 530.275224 | 22.325094 | 567.057381 |
| 275 | 0.444984 | 11.341674 | 288.078531 | 1.912263 | 48.571469 | 1.922383 | 48.828531 | 20.909795 | 531.108794 | 18.230679 | 463.059253 |
| 276 | 0.446602 | 11.375531 | 288.938491 | 1.878406 | 47.711509 | 1.956240 | 49.688491 | 20.935954 | 531.773237 | 14.095363 | 358.022223 |
| 277 | 0.448220 | 11.409425 | 289.799388 | 1.844512 | 46.850612 | 1.990133 | 50.549388 | 20.955390 | 532.266902 | 9.920669 | 251.984980 |
| 278 | 0.449838 | 11.443344 | 290.660945 | 1.810593 | 45.989055 | 2.024053 | 51.410945 | 20.968040 | 532.588204 | 5.708177 | 144.987705 |
| 279 | 0.451456 | 11.477279 | 291.522881 | 1.776658 | 45.127119 | 2.057987 | 52.272881 | 20.973843 | 532.735623 | 1.459529 | 37.072049 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|-----------|------------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|
| 280 | 0.453074 | 11.511217 | 292.384914 | 1.742720 | 44.265086 | 2.091926 | 53.134914 | 20.972744 | 532.707707 | -2.823579 | -71.718895 |
| 281 | 0.454693 | 11.545148 | 293.246759 | 1.708789 | 43.403241 | 2.125857 | 53.996759 | 20.964688 | 532.503075 | -7.139395 | -181.340622 |
| 282 | 0.456311 | 11.579060 | 294.108129 | 1.674877 | 42.541871 | 2.159769 | 54.858129 | 20.949623 | 532.120420 | -11.486112 | -291.747249 |
| 283 | 0.457929 | 11.612942 | 294.968735 | 1.640995 | 41.681265 | 2.193651 | 55.718735 | 20.927500 | 531.558511 | -15.861872 | -402.891545 |
| 284 | 0.459547 | 11.646783 | 295.828285 | 1.607154 | 40.821715 | 2.227492 | 56.578285 | 20.898275 | 530.816192 | -20.264763 | -514.724974 |
| 285 | 0.461165 | 11.680570 | 296.686488 | 1.573367 | 39.963512 | 2.261279 | 57.436488 | 20.861905 | 529.892390 | -24.692824 | -627.197728 |
| 286 | 0.462783 | 11.714293 | 297.543049 | 1.539644 | 39.106951 | 2.295002 | 58.293049 | 20.818351 | 528.786109 | -29.144046 | -740.258773 |
| 287 | 0.464401 | 11.747940 | 298.397671 | 1.505997 | 38.252329 | 2.328648 | 59.147671 | 20.767576 | 527.496441 | -33.616374 | -853.855887 |
| 288 | 0.466019 | 11.781498 | 299.250058 | 1.472439 | 37.399942 | 2.362207 | 60.000058 | 20.709550 | 526.022561 | -38.107705 | -967.935707 |
| 289 | 0.467638 | 11.814957 | 300.099910 | 1.438980 | 36.550090 | 2.395666 | 60.849910 | 20.644241 | 524.363732 | -42.615897 | 1082.443777 |
| 290 | 0.469256 | 11.848304 | 300.946928 | 1.405633 | 35.703072 | 2.429013 | 61.696928 | 20.571626 | 522.519306 | -47.138763 | 1197.324591 |
| 291 | 0.470874 | 11.881528 | 301.790811 | 1.372409 | 34.859189 | 2.462237 | 62.540811 | 20.491682 | 520.488725 | -51.674081 | 1312.521649 |
| 292 | 0.472492 | 11.914616 | 302.631257 | 1.339321 | 34.018743 | 2.495325 | 63.381257 | 20.404391 | 518.271523 | -56.219587 | 1427.977504 |
| 293 | 0.474110 | 11.947558 | 303.467964 | 1.306379 | 33.182036 | 2.528266 | 64.217964 | 20.309737 | 515.867330 | -60.772985 | 1543.633815 |
| 294 | 0.475728 | 11.980340 | 304.300629 | 1.273597 | 32.349371 | 2.561048 | 65.050629 | 20.207711 | 513.275868 | -65.331945 | 1659.431403 |
| 295 | 0.477346 | 12.012951 | 305.128950 | 1.240986 | 31.521050 | 2.593659 | 65.878950 | 20.098305 | 510.496958 | -69.894106 | 1775.310304 |
| 296 | 0.478964 | 12.045379 | 305.952622 | 1.208558 | 30.697378 | 2.626087 | 66.702622 | 19.981516 | 507.530516 | -74.457080 | 1891.209827 |
| 297 | 0.480583 | 12.077612 | 306.771342 | 1.176325 | 29.878658 | 2.658321 | 67.521342 | 19.857345 | 504.376560 | -79.018449 | 2007.068611 |
| 298 | 0.482201 | 12.109638 | 307.584807 | 1.144299 | 29.065193 | 2.690347 | 68.334807 | 19.725795 | 501.035204 | -83.575775 | 2122.824682 |
| 299 | 0.483819 | 12.141445 | 308.392714 | 1.112492 | 28.257286 | 2.722154 | 69.142714 | 19.586877 | 497.506666 | -88.126595 | 2238.415512 |
| 300 | 0.485437 | 12.173022 | 309.194761 | 1.080915 | 27.455239 | 2.753731 | 69.944761 | 19.440601 | 493.791264 | -92.668428 | 2353.778082 |
| 301 | 0.487055 | 12.204356 | 309.990644 | 1.049581 | 26.659356 | 2.785065 | 70.740644 | 19.286985 | 489.889419 | -97.198777 | 2468.848938 |
| 302 | 0.488673 | 12.235436 | 310.780063 | 1.018501 | 25.869937 | 2.816144 | 71.530063 | 19.126049 | 485.801653 | -101.715128 | 2583.564256 |
| 303 | 0.490291 | 12.266249 | 311.562717 | 0.987688 | 25.087283 | 2.846957 | 72.312717 | 18.957819 | 481.528596 | -106.214957 | 2697.859898 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|-----------|------------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|
| 304 | 0.491909 | 12.296784 | 312.338308 | 0.957153 | 24.311692 | 2.877492 | 73.088308 | 18.782322 | 477.070976 | -110.695728 | 2811.671479 |
| 305 | 0.493528 | 12.327029 | 313.106537 | 0.926908 | 23.543463 | 2.907738 | 73.856537 | 18.599592 | 472.429631 | -115.154899 | 2924.934427 |
| 306 | 0.495146 | 12.356973 | 313.867108 | 0.896964 | 22.782892 | 2.937681 | 74.617108 | 18.409665 | 467.605500 | -119.589923 | 3037.584043 |
| 307 | 0.496764 | 12.386603 | 314.619726 | 0.867334 | 22.030274 | 2.967312 | 75.369726 | 18.212584 | 462.599628 | -123.998251 | 3149.555565 |
| 308 | 0.498382 | 12.415909 | 315.364097 | 0.838028 | 21.285903 | 2.996618 | 76.114097 | 18.008392 | 457.413164 | -128.377332 | 3260.784228 |
| 309 | 0.500000 | 12.444879 | 316.099931 | 0.809058 | 20.550069 | 3.025588 | 76.849931 | 17.797140 | 452.047364 | -132.724619 | 3371.205326 |
| 310 | 0.501618 | 12.473501 | 316.826937 | 0.780436 | 19.823063 | 3.054210 | 77.576937 | 17.578881 | 446.503585 | -137.037570 | 3480.754276 |
| 311 | 0.503236 | 12.501765 | 317.544831 | 0.752172 | 19.105169 | 3.082474 | 78.294831 | 17.353673 | 440.783292 | -141.313649 | 3589.366675 |
| 312 | 0.504854 | 12.529659 | 318.253326 | 0.724278 | 18.396674 | 3.110367 | 79.003326 | 17.121577 | 434.888051 | -145.550329 | 3696.978362 |
| 313 | 0.506472 | 12.557171 | 318.952142 | 0.696766 | 17.697858 | 3.137880 | 79.702142 | 16.882659 | 428.819535 | -149.745098 | 3803.525478 |
| 314 | 0.508091 | 12.584291 | 319.640999 | 0.669646 | 17.009001 | 3.165000 | 80.390999 | 16.636989 | 422.579516 | -153.895454 | 3908.944525 |
| 315 | 0.509709 | 12.611009 | 320.319622 | 0.642928 | 16.330378 | 3.191717 | 81.069622 | 16.384641 | 416.169871 | -157.998914 | 4013.172425 |
| 316 | 0.511327 | 12.637312 | 320.987737 | 0.616625 | 15.662263 | 3.218021 | 81.737737 | 16.125692 | 409.592579 | -162.053015 | 4116.146577 |
| 317 | 0.512945 | 12.663192 | 321.645075 | 0.590745 | 15.004925 | 3.243901 | 82.395075 | 15.860225 | 402.849718 | -166.055312 | 4217.804916 |
| 318 | 0.514563 | 12.688637 | 322.291369 | 0.565300 | 14.358631 | 3.269345 | 83.041369 | 15.588326 | 395.943468 | -170.003384 | 4318.085964 |
| 319 | 0.516181 | 12.713636 | 322.926358 | 0.540301 | 13.723642 | 3.294345 | 83.676358 | 15.310083 | 388.876106 | -173.894838 | 4416.928893 |
| 320 | 0.517799 | 12.738180 | 323.549783 | 0.515757 | 13.100217 | 3.318889 | 84.299783 | 15.025591 | 381.650008 | -177.727306 | 4514.273570 |
| 321 | 0.519417 | 12.762259 | 324.161387 | 0.491678 | 12.488613 | 3.342968 | 84.911387 | 14.734947 | 374.267646 | -181.498449 | 4610.060617 |
| 322 | 0.521036 | 12.785863 | 324.760922 | 0.468074 | 11.889078 | 3.366572 | 85.510922 | 14.438252 | 366.731589 | -185.205963 | 4704.231460 |
| 323 | 0.522654 | 12.808982 | 325.348139 | 0.444955 | 11.301861 | 3.389691 | 86.098139 | 14.135610 | 359.044499 | -188.847574 | 4796.728381 |
| 324 | 0.524272 | 12.831606 | 325.922798 | 0.422331 | 10.727202 | 3.412315 | 86.672798 | 13.827131 | 351.209130 | -192.421046 | 4887.494563 |
| 325 | 0.525890 | 12.853727 | 326.484660 | 0.400210 | 10.165340 | 3.434435 | 87.234660 | 13.512926 | 343.228328 | -195.924179 | 4976.474145 |
| 326 | 0.527508 | 12.875334 | 327.033493 | 0.378603 | 9.616507 | 3.456043 | 87.783493 | 13.193111 | 335.105029 | -199.354814 | 5063.612266 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|-----------|------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|
| 327 | 0.529126 | 12.896420 | 327.569067 | 0.357517 | 9.080933 | 3.477129 | 88.319067 | 12.867805 | 326.842256 | -202.710831 | 5148.855106 |
| 328 | 0.530744 | 12.916975 | 328.091161 | 0.336962 | 8.558839 | 3.497684 | 88.841161 | 12.537131 | 318.443118 | -205.990155 | 5232.149938 |
| 329 | 0.532362 | 12.936990 | 328.599556 | 0.316947 | 8.050444 | 3.517699 | 89.349556 | 12.201213 | 309.910810 | -209.190755 | 5313.445168 |
| 330 | 0.533981 | 12.956458 | 329.094039 | 0.297479 | 7.555961 | 3.537167 | 89.844039 | 11.860181 | 301.248609 | -212.310645 | 5392.690373 |
| 331 | 0.535599 | 12.975370 | 329.574402 | 0.278567 | 7.075598 | 3.556079 | 90.324402 | 11.514168 | 292.459870 | -215.347888 | 5469.836345 |
| 332 | 0.537217 | 12.993718 | 330.040444 | 0.260219 | 6.609556 | 3.574427 | 90.790444 | 11.163308 | 283.548031 | -218.300596 | 5544.835131 |
| 333 | 0.538835 | 13.011495 | 330.491969 | 0.242442 | 6.158031 | 3.592203 | 91.241969 | 10.807740 | 274.516603 | -221.166932 | 5617.640066 |
| 334 | 0.540453 | 13.028692 | 330.928785 | 0.225245 | 5.721215 | 3.609401 | 91.678785 | 10.447605 | 265.369174 | -223.945111 | 5688.205812 |
| 335 | 0.542071 | 13.045303 | 331.350708 | 0.208634 | 5.299292 | 3.626012 | 92.100708 | 10.083047 | 256.109402 | -226.633401 | 5756.488392 |
| 336 | 0.543689 | 13.061321 | 331.757559 | 0.192616 | 4.892441 | 3.642030 | 92.507559 | 9.714213 | 246.741016 | -229.230127 | 5822.445221 |
| 337 | 0.545307 | 13.076739 | 332.149166 | 0.177198 | 4.500834 | 3.657447 | 92.899166 | 9.341253 | 237.267814 | -231.733667 | 5886.035143 |
| 338 | 0.546926 | 13.091550 | 332.525362 | 0.162387 | 4.124638 | 3.672258 | 93.275362 | 8.964317 | 227.693657 | -234.142459 | 5947.218453 |
| 339 | 0.548544 | 13.105747 | 332.885986 | 0.148190 | 3.764014 | 3.686456 | 93.635986 | 8.583562 | 218.022471 | -236.454997 | 6005.956936 |
| 340 | 0.550162 | 13.119326 | 333.230886 | 0.134611 | 3.419114 | 3.700035 | 93.980886 | 8.199143 | 208.258241 | -238.669838 | 6062.213885 |
| 341 | 0.551780 | 13.132280 | 333.559913 | 0.121657 | 3.090087 | 3.712989 | 94.309913 | 7.811221 | 198.405013 | -240.785596 | 6115.954134 |
| 342 | 0.553398 | 13.144603 | 333.872928 | 0.109334 | 2.777072 | 3.725312 | 94.622928 | 7.419956 | 188.466885 | -242.800948 | 6167.144079 |
| 343 | 0.555016 | 13.156291 | 334.169795 | 0.097646 | 2.480205 | 3.737000 | 94.919795 | 7.025512 | 178.448011 | -244.714634 | 6215.751703 |
| 344 | 0.556634 | 13.167338 | 334.450388 | 0.086599 | 2.199612 | 3.748047 | 95.200388 | 6.628055 | 168.352593 | -246.525457 | 6261.746597 |
| 345 | 0.558252 | 13.177740 | 334.714586 | 0.076197 | 1.935414 | 3.758448 | 95.464586 | 6.227751 | 158.184884 | -248.232283 | 6305.099982 |
| 346 | 0.559871 | 13.187491 | 334.962276 | 0.066446 | 1.687724 | 3.768200 | 95.712276 | 5.824771 | 147.949178 | -249.834044 | 6345.784729 |
| 347 | 0.561489 | 13.196589 | 335.193352 | 0.057348 | 1.456648 | 3.777297 | 95.943352 | 5.419284 | 137.649817 | -251.329739 | 6383.775373 |
| 348 | 0.563107 | 13.205028 | 335.407713 | 0.048909 | 1.242287 | 3.785737 | 96.157713 | 5.011464 | 127.291177 | -252.718431 | 6419.048136 |
| 349 | 0.564725 | 13.212806 | 335.605268 | 0.041131 | 1.044732 | 3.793514 | 96.355268 | 4.601483 | 116.877676 | -253.999250 | 6451.580939 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|-----------|------------|----------|----------|----------|-----------|----------|------------|-------------|---|-------------|
| 350 | 0.566343 | 13.219919 | 335.785931 | 0.034018 | 0.864069 | 3.800627 | 96.535931 | 4.189518 | 106.413763 | -255.171394 | - | 6481.353417 |
| 351 | 0.567961 | 13.226363 | 335.949624 | 0.027574 | 0.700376 | 3.807072 | 96.699624 | 3.775745 | 95.903921 | -256.234131 | - | 6508.346930 |
| 352 | 0.569579 | 13.232137 | 336.096277 | 0.021800 | 0.553723 | 3.812846 | 96.846277 | 3.360341 | 85.352660 | -257.186795 | - | 6532.544582 |
| 353 | 0.571197 | 13.237237 | 336.225827 | 0.016700 | 0.424173 | 3.817946 | 96.975827 | 2.943485 | 74.764516 | -258.028788 | - | 6553.931222 |
| 354 | 0.572816 | 13.241662 | 336.338216 | 0.012275 | 0.311784 | 3.822371 | 97.088216 | 2.525356 | 64.144050 | -258.759585 | - | 6572.493463 |
| 355 | 0.574434 | 13.245409 | 336.433397 | 0.008528 | 0.216603 | 3.826118 | 97.183397 | 2.106135 | 53.495841 | -259.378728 | - | 6588.219683 |
| 356 | 0.576052 | 13.248478 | 336.511329 | 0.005459 | 0.138671 | 3.829186 | 97.261329 | 1.686003 | 42.824486 | -259.885828 | - | 6601.100037 |
| 357 | 0.577670 | 13.250865 | 336.571978 | 0.003072 | 0.078022 | 3.831574 | 97.321978 | 1.265142 | 32.134597 | -260.280569 | - | 6611.126463 |
| 358 | 0.579288 | 13.252572 | 336.615317 | 0.001365 | 0.034683 | 3.833280 | 97.365317 | 0.843732 | 21.430797 | -260.562704 | - | 6618.292682 |
| 359 | 0.580906 | 13.253596 | 336.641328 | 0.000341 | 0.008672 | 3.834304 | 97.391328 | 0.421957 | 10.717719 | -260.732055 | - | 6622.594209 |
| 360 | 0.582524 | 13.253937 | 336.650000 | 0.000000 | 0.000000 | 3.834646 | 97.400000 | 0.000000 | 0.000000 | -260.788518 | - | 6624.028350 |

Tabla 51. Análisis cinemático sistema de distribución, efecto interno.

| Grados | Velocidad (mm/s) | Aceleración (in/s ²) | Aceleración (mm/s ²) | Y(ive1) (in) | Y(ive1) (mm) | Y(ive2) (in) | Y(ive2) (mm) | | Y(ive3) (in) | Y(ive3) (mm) | | Estado |
|--------|------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---|--------------|--------------|---|---------|
| 1 | -3.158920 | -76.850139 | 1951.993537 | 2.931010 | 74.447645 | 3.568805 | 90.647645 | 1 | 4.553057 | 115.647645 | 1 | Abierto |
| 2 | -6.316777 | -76.811382 | 1951.009093 | 2.930708 | 74.439979 | 3.568503 | 90.639979 | 1 | 4.552755 | 115.639979 | 1 | Abierto |
| 3 | -9.472511 | -76.746804 | 1949.368811 | 2.930205 | 74.427204 | 3.568000 | 90.627204 | 1 | 4.552252 | 115.627204 | 1 | Abierto |
| 4 | -12.625061 | -76.656432 | 1947.073378 | 2.929501 | 74.409325 | 3.567296 | 90.609325 | 1 | 4.551548 | 115.609325 | 1 | Abierto |
| 5 | -15.773367 | -76.540305 | 1944.123754 | 2.928596 | 74.386348 | 3.566392 | 90.586348 | 1 | 4.550644 | 115.586348 | 1 | Abierto |
| 6 | -18.916371 | -76.398471 | 1940.521172 | 2.927491 | 74.358281 | 3.565287 | 90.558281 | 1 | 4.549539 | 115.558281 | 1 | Abierto |
| 7 | -22.053019 | -76.230990 | 1936.267139 | 2.926186 | 74.325134 | 3.563982 | 90.525134 | 1 | 4.548234 | 115.525134 | 1 | Abierto |
| 8 | -25.182257 | -76.037930 | 1931.363433 | 2.924682 | 74.286916 | 3.562477 | 90.486916 | 1 | 4.546729 | 115.486916 | 1 | Abierto |
| 9 | -28.303037 | -75.819374 | 1925.812102 | 2.922978 | 74.243642 | 3.560773 | 90.443642 | 1 | 4.545025 | 115.443642 | 1 | Abierto |
| 10 | -31.414311 | -75.575412 | 1919.615464 | 2.921076 | 74.195326 | 3.558871 | 90.395326 | 1 | 4.543123 | 115.395326 | 1 | Abierto |
| 11 | -34.515038 | -75.306146 | 1912.776105 | 2.918976 | 74.141983 | 3.556771 | 90.341983 | 1 | 4.541023 | 115.341983 | 1 | Abierto |
| 12 | -37.604180 | -75.011688 | 1905.296875 | 2.916678 | 74.083633 | 3.554474 | 90.283633 | 1 | 4.538726 | 115.283633 | 1 | Abierto |
| 13 | -40.680704 | -74.692161 | 1897.180892 | 2.914185 | 74.020294 | 3.551980 | 90.220294 | 1 | 4.536232 | 115.220294 | 1 | Abierto |
| 14 | -43.743582 | -74.347698 | 1888.431533 | 2.911496 | 73.951987 | 3.549291 | 90.151987 | 1 | 4.533543 | 115.151987 | 1 | Abierto |
| 15 | -46.791793 | -73.978442 | 1879.052438 | 2.908612 | 73.878737 | 3.546407 | 90.078737 | 1 | 4.530659 | 115.078737 | 1 | Abierto |
| 16 | -49.824320 | -73.584547 | 1869.047502 | 2.905534 | 73.800566 | 3.543329 | 90.000566 | 1 | 4.527581 | 115.000566 | 1 | Abierto |
| 17 | -52.840155 | -73.166176 | 1858.420878 | 2.902264 | 73.717502 | 3.540059 | 89.917502 | 1 | 4.524311 | 114.917502 | 1 | Abierto |
| 18 | -55.838295 | -72.723503 | 1847.176972 | 2.898802 | 73.629572 | 3.536597 | 89.829572 | 1 | 4.520849 | 114.829572 | 1 | Abierto |
| 19 | -58.817744 | -72.256710 | 1835.320439 | 2.895150 | 73.536806 | 3.532945 | 89.736806 | 1 | 4.517197 | 114.736806 | 1 | Abierto |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------------|------------|---|-------------|----------|-----------|----------|-----------|---|----------|------------|---|---------|
| 20 | -61.777515 | -71.765991 | - | 1822.856182 | 2.891308 | 73.439234 | 3.529104 | 89.639234 | 1 | 4.513356 | 114.639234 | 1 | Abierto |
| 21 | -64.716630 | -71.251549 | - | 1809.789348 | 2.887279 | 73.336890 | 3.525074 | 89.536890 | 1 | 4.509326 | 114.536890 | 1 | Abierto |
| 22 | -67.634116 | -70.713596 | - | 1796.125326 | 2.883063 | 73.229807 | 3.520859 | 89.429807 | 1 | 4.505110 | 114.429807 | 1 | Abierto |
| 23 | -70.529014 | -70.152352 | - | 1781.869742 | 2.878662 | 73.118021 | 3.516458 | 89.318021 | 1 | 4.500709 | 114.318021 | 1 | Abierto |
| 24 | -73.400369 | -69.568049 | - | 1767.028456 | 2.874078 | 73.001570 | 3.511873 | 89.201570 | 1 | 4.496125 | 114.201570 | 1 | Abierto |
| 25 | -76.247240 | -68.960928 | - | 1751.607560 | 2.869311 | 72.880493 | 3.507106 | 89.080493 | 1 | 4.491358 | 114.080493 | 1 | Abierto |
| 26 | -79.068693 | -68.331235 | - | 1735.613372 | 2.864363 | 72.754829 | 3.502159 | 88.954829 | 1 | 4.486411 | 113.954829 | 1 | Abierto |
| 27 | -81.863806 | -67.679230 | - | 1719.052433 | 2.859237 | 72.624621 | 3.497032 | 88.824621 | 1 | 4.481284 | 113.824621 | 1 | Abierto |
| 28 | -84.631667 | -67.005177 | - | 1701.931504 | 2.853934 | 72.489912 | 3.491729 | 88.689912 | 1 | 4.475981 | 113.689912 | 1 | Abierto |
| 29 | -87.371377 | -66.309353 | - | 1684.257560 | 2.848455 | 72.350747 | 3.486250 | 88.550747 | 1 | 4.470502 | 113.550747 | 1 | Abierto |
| 30 | -90.082045 | -65.592039 | - | 1666.037787 | 2.842802 | 72.207173 | 3.480597 | 88.407173 | 1 | 4.464849 | 113.407173 | 1 | Abierto |
| 31 | -92.762794 | -64.853527 | - | 1647.279578 | 2.836978 | 72.059236 | 3.474773 | 88.259236 | 1 | 4.459025 | 113.259236 | 1 | Abierto |
| 32 | -95.412760 | -64.094115 | - | 1627.990527 | 2.830984 | 71.906986 | 3.468779 | 88.106986 | 1 | 4.453031 | 113.106986 | 1 | Abierto |
| 33 | -98.031090 | -63.314111 | - | 1608.178426 | 2.824822 | 71.750474 | 3.462617 | 87.950474 | 1 | 4.446869 | 112.950474 | 1 | Abierto |
| 34 | -100.616943 | -62.513829 | - | 1587.851259 | 2.818494 | 71.589751 | 3.456289 | 87.789751 | 1 | 4.440541 | 112.789751 | 1 | Abierto |
| 35 | -103.169494 | -61.693591 | - | 1567.017199 | 2.812003 | 71.424871 | 3.449798 | 87.624871 | 1 | 4.434050 | 112.624871 | 1 | Abierto |
| 36 | -105.687928 | -60.853724 | - | 1545.684601 | 2.805350 | 71.255887 | 3.443145 | 87.455887 | 1 | 4.427397 | 112.455887 | 1 | Abierto |
| 37 | -108.171445 | -59.994567 | - | 1523.861998 | 2.798538 | 71.082857 | 3.436333 | 87.282857 | 1 | 4.420585 | 112.282857 | 1 | Abierto |
| 38 | -110.619260 | -59.116460 | - | 1501.558095 | 2.791568 | 70.905837 | 3.429364 | 87.105837 | 1 | 4.413616 | 112.105837 | 1 | Abierto |
| 39 | -113.030601 | -58.219755 | - | 1478.781767 | 2.784444 | 70.724886 | 3.422240 | 86.924886 | 1 | 4.406492 | 111.924886 | 1 | Abierto |
| 40 | -115.404712 | -57.304805 | - | 1455.542050 | 2.777168 | 70.540063 | 3.414963 | 86.740063 | 1 | 4.399215 | 111.740063 | 1 | Abierto |
| 41 | -117.740849 | -56.371974 | - | 1431.848138 | 2.769741 | 70.351428 | 3.407537 | 86.551428 | 1 | 4.391789 | 111.551428 | 1 | Abierto |
| 42 | -120.038285 | -55.421629 | - | 1407.709376 | 2.762167 | 70.159045 | 3.399962 | 86.359045 | 1 | 4.384214 | 111.359045 | 1 | Abierto |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------------|------------|---|-------------|----------|-----------|----------|-----------|---|----------|------------|---|---------|
| 43 | -122.296307 | -54.454144 | - | 1383.135256 | 2.754448 | 69.962976 | 3.392243 | 86.162976 | 1 | 4.376495 | 111.162976 | 1 | Abierto |
| 44 | -124.514221 | -53.469898 | - | 1358.135411 | 2.746586 | 69.763286 | 3.384381 | 85.963286 | 1 | 4.368633 | 110.963286 | 1 | Abierto |
| 45 | -126.691343 | -52.469276 | - | 1332.719609 | 2.738584 | 69.560039 | 3.376380 | 85.760039 | 1 | 4.360631 | 110.760039 | 1 | Abierto |
| 46 | -128.827010 | -51.452667 | - | 1306.897748 | 2.730445 | 69.353304 | 3.368240 | 85.553304 | 1 | 4.352492 | 110.553304 | 1 | Abierto |
| 47 | -130.920572 | -50.420467 | - | 1280.679852 | 2.722171 | 69.143146 | 3.359966 | 85.343146 | 1 | 4.344218 | 110.343146 | 1 | Abierto |
| 48 | -132.971397 | -49.373073 | - | 1254.076059 | 2.713765 | 68.929636 | 3.351560 | 85.129636 | 1 | 4.335812 | 110.129636 | 1 | Abierto |
| 49 | -134.978868 | -48.310891 | - | 1227.096625 | 2.705230 | 68.712842 | 3.343025 | 84.912842 | 1 | 4.327277 | 109.912842 | 1 | Abierto |
| 50 | -136.942386 | -47.234327 | - | 1199.751910 | 2.696568 | 68.492835 | 3.334364 | 84.692835 | 1 | 4.318616 | 109.692835 | 1 | Abierto |
| 51 | -138.861369 | -46.143794 | - | 1172.052374 | 2.687783 | 68.269686 | 3.325578 | 84.469686 | 1 | 4.309830 | 109.469686 | 1 | Abierto |
| 52 | -140.735251 | -45.039708 | - | 1144.008577 | 2.678877 | 68.043469 | 3.316672 | 84.243469 | 1 | 4.300924 | 109.243469 | 1 | Abierto |
| 53 | -142.563482 | -43.922487 | - | 1115.631164 | 2.669853 | 67.814257 | 3.307648 | 84.014257 | 1 | 4.291900 | 109.014257 | 1 | Abierto |
| 54 | -144.345533 | -42.792554 | - | 1086.930867 | 2.660714 | 67.582124 | 3.298509 | 83.782124 | 1 | 4.282761 | 108.782124 | 1 | Abierto |
| 55 | -146.080890 | -41.650334 | - | 1057.918494 | 2.651462 | 67.347145 | 3.289258 | 83.547145 | 1 | 4.273510 | 108.547145 | 1 | Abierto |
| 56 | -147.769055 | -40.496257 | - | 1028.604926 | 2.642102 | 67.109396 | 3.279897 | 83.309396 | 1 | 4.264149 | 108.309396 | 1 | Abierto |
| 57 | -149.409552 | -39.330752 | - | 999.001112 | 2.632636 | 66.868953 | 3.270431 | 83.068953 | 1 | 4.254683 | 108.068953 | 1 | Abierto |
| 58 | -151.001918 | -38.154254 | - | 969.118057 | 2.623067 | 66.625895 | 3.260862 | 82.825895 | 1 | 4.245114 | 107.825895 | 1 | Abierto |
| 59 | -152.545711 | -36.967198 | - | 938.966826 | 2.613398 | 66.380300 | 3.251193 | 82.580300 | 1 | 4.235445 | 107.580300 | 1 | Abierto |
| 60 | -154.040507 | -35.770021 | - | 908.558530 | 2.603632 | 66.132246 | 3.241427 | 82.332246 | 1 | 4.225679 | 107.332246 | 1 | Abierto |
| 61 | -155.485898 | -34.563162 | - | 877.904324 | 2.593772 | 65.881814 | 3.231567 | 82.081814 | 1 | 4.215819 | 107.081814 | 1 | Abierto |
| 62 | -156.881495 | -33.347063 | - | 847.015401 | 2.583822 | 65.629083 | 3.221617 | 81.829083 | 1 | 4.205869 | 106.829083 | 1 | Abierto |
| 63 | -158.226927 | -32.122165 | - | 815.902983 | 2.573785 | 65.374134 | 3.211580 | 81.574134 | 1 | 4.195832 | 106.574134 | 1 | Abierto |
| 64 | -159.521843 | -30.888910 | - | 784.578323 | 2.563663 | 65.117049 | 3.201459 | 81.317049 | 1 | 4.185711 | 106.317049 | 1 | Abierto |
| 65 | -160.765907 | -29.647744 | - | 753.052691 | 2.553461 | 64.857909 | 3.191256 | 81.057909 | 1 | 4.175508 | 106.057909 | 1 | Abierto |
| 66 | -161.958804 | -28.399109 | - | 721.337372 | 2.543181 | 64.596798 | 3.180976 | 80.796798 | 1 | 4.165228 | 105.796798 | 1 | Abierto |
| 67 | -163.100236 | -27.143451 | - | 689.443663 | 2.532827 | 64.333799 | 3.170622 | 80.533799 | 1 | 4.154874 | 105.533799 | 1 | Abierto |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-------------|------------|-------------|----------|-----------|----------|-----------|---|----------|------------|---|---------|
| 68 | -164.189923 | -25.881215 | -657.382862 | 2.522401 | 64.068994 | 3.160197 | 80.268994 | 1 | 4.144449 | 105.268994 | 1 | Abierto |
| 69 | -165.227605 | -24.612845 | -625.166268 | 2.511908 | 63.802468 | 3.149703 | 80.002468 | 1 | 4.133955 | 105.002468 | 1 | Abierto |
| 70 | -166.213037 | -23.338786 | -592.805173 | 2.501351 | 63.534305 | 3.139146 | 79.734305 | 1 | 4.123398 | 104.734305 | 1 | Abierto |
| 71 | -167.145996 | -22.059482 | -560.310854 | 2.490732 | 63.264590 | 3.128527 | 79.464590 | 1 | 4.112779 | 104.464590 | 1 | Abierto |
| 72 | -168.026275 | -20.775377 | -527.694575 | 2.480055 | 62.993408 | 3.117851 | 79.193408 | 1 | 4.102103 | 104.193408 | 1 | Abierto |
| 73 | -168.853686 | -19.486912 | -494.967575 | 2.469325 | 62.720844 | 3.107120 | 78.920844 | 1 | 4.091372 | 103.920844 | 1 | Abierto |
| 74 | -169.628058 | -18.194530 | -462.141068 | 2.458543 | 62.446984 | 3.096338 | 78.646984 | 1 | 4.080590 | 103.646984 | 1 | Abierto |
| 75 | -170.349240 | -16.898671 | -429.226233 | 2.447713 | 62.171914 | 3.085508 | 78.371914 | 1 | 4.069760 | 103.371914 | 1 | Abierto |
| 76 | -171.017098 | -15.599772 | -396.234213 | 2.436839 | 61.895721 | 3.074635 | 78.095721 | 1 | 4.058887 | 103.095721 | 1 | Abierto |
| 77 | -171.631516 | -14.298272 | -363.176109 | 2.425925 | 61.618490 | 3.063720 | 77.818490 | 1 | 4.047972 | 102.818490 | 1 | Abierto |
| 78 | -172.192396 | -12.994605 | -330.062977 | 2.414973 | 61.340308 | 3.052768 | 77.540308 | 1 | 4.037020 | 102.540308 | 1 | Abierto |
| 79 | -172.699657 | -11.689206 | -296.905820 | 2.403987 | 61.061262 | 3.041782 | 77.261262 | 1 | 4.026034 | 102.261262 | 1 | Abierto |
| 80 | -173.153238 | -10.382503 | -263.715584 | 2.392970 | 60.781438 | 3.030765 | 76.981438 | 1 | 4.015017 | 101.981438 | 1 | Abierto |
| 81 | -173.553094 | -9.074928 | -230.503159 | 2.381926 | 60.500924 | 3.019721 | 76.700924 | 1 | 4.003973 | 101.700924 | 1 | Abierto |
| 82 | -173.899197 | -7.766904 | -197.279367 | 2.370859 | 60.219807 | 3.008654 | 76.419807 | 1 | 3.992906 | 101.419807 | 1 | Abierto |
| 83 | -174.191538 | -6.458857 | -164.054962 | 2.359771 | 59.938173 | 2.997566 | 76.138173 | 1 | 3.981818 | 101.138173 | 1 | Abierto |
| 84 | -174.430125 | -5.151206 | -130.840628 | 2.348666 | 59.656109 | 2.986461 | 75.856109 | 1 | 3.970713 | 100.856109 | 1 | Abierto |
| 85 | -174.614982 | -3.844369 | -97.646970 | 2.337547 | 59.373703 | 2.975343 | 75.573703 | 1 | 3.959595 | 100.573703 | 1 | Abierto |
| 86 | -174.746151 | -2.538760 | -64.484512 | 2.326419 | 59.091041 | 2.964214 | 75.291041 | 1 | 3.948466 | 100.291041 | 1 | Abierto |
| 87 | -174.823692 | -1.234791 | -31.363697 | 2.315284 | 58.808210 | 2.953079 | 75.008210 | 1 | 3.937331 | 100.008210 | 1 | Abierto |
| 88 | -174.847680 | 0.067131 | 1.705123 | 2.304146 | 58.525297 | 2.941941 | 74.725297 | 1 | 3.926193 | 99.725297 | 1 | Abierto |
| 89 | -174.818207 | 1.366602 | 34.711685 | 2.293007 | 58.242389 | 2.930803 | 74.442389 | 1 | 3.915055 | 99.442389 | 1 | Abierto |
| 90 | -174.735383 | 2.663221 | 67.645822 | 2.281873 | 57.959572 | 2.919668 | 74.159572 | 0 | 3.903920 | 99.159572 | 0 | Cerrado |
| 91 | -174.599333 | 3.956593 | 100.497463 | 2.270745 | 57.676931 | 2.908541 | 73.876931 | 0 | 3.892793 | 98.876931 | 0 | Cerrado |
| 92 | -174.410199 | 5.246324 | 133.256640 | 2.259628 | 57.394554 | 2.897423 | 73.594554 | 0 | 3.881675 | 98.594554 | 0 | Cerrado |
| 93 | -174.168137 | 6.532027 | 165.913487 | 2.248525 | 57.112525 | 2.886320 | 73.312525 | 0 | 3.870572 | 98.312525 | 0 | Cerrado |
| 94 | -173.873322 | 7.813317 | 198.458246 | 2.237438 | 56.830931 | 2.875234 | 73.030931 | 0 | 3.859485 | 98.030931 | 0 | Cerrado |
| 95 | -173.525943 | 9.089814 | 230.881268 | 2.226372 | 56.549857 | 2.864168 | 72.749857 | 0 | 3.848420 | 97.749857 | 0 | Cerrado |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------------|-----------|-------------|----------|-----------|----------|-----------|---|----------|-----------|---|---------|
| 96 | -173.126205 | 10.361142 | 263.173016 | 2.215330 | 56.269387 | 2.853125 | 72.469387 | 0 | 3.837377 | 97.469387 | 0 | Cerrado |
| 97 | -172.674327 | 11.626932 | 295.324068 | 2.204315 | 55.989606 | 2.842110 | 72.189606 | 0 | 3.826362 | 97.189606 | 0 | Cerrado |
| 98 | -172.170544 | 12.886816 | 327.325119 | 2.193331 | 55.710598 | 2.831126 | 71.910598 | 0 | 3.815378 | 96.910598 | 0 | Cerrado |
| 99 | -171.615108 | 14.140432 | 359.166982 | 2.182380 | 55.432448 | 2.820175 | 71.632448 | 0 | 3.804427 | 96.632448 | 0 | Cerrado |
| 100 | -171.008282 | 15.387425 | 390.840593 | 2.171466 | 55.155237 | 2.809261 | 71.355237 | 0 | 3.793513 | 96.355237 | 0 | Cerrado |
| 101 | -170.350347 | 16.627441 | 422.337009 | 2.160593 | 54.879050 | 2.798388 | 71.079050 | 0 | 3.782640 | 96.079050 | 0 | Cerrado |
| 102 | -169.641596 | 17.860134 | 453.647415 | 2.149763 | 54.603969 | 2.787558 | 70.803969 | 0 | 3.771810 | 95.803969 | 0 | Cerrado |
| 103 | -168.882337 | 19.085162 | 484.763121 | 2.138979 | 54.330076 | 2.776775 | 70.530076 | 0 | 3.761027 | 95.530076 | 0 | Cerrado |
| 104 | -168.072893 | 20.302188 | 515.675565 | 2.128246 | 54.057451 | 2.766041 | 70.257451 | 0 | 3.750293 | 95.257451 | 0 | Cerrado |
| 105 | -167.213599 | 21.510879 | 546.376316 | 2.117566 | 53.786177 | 2.755361 | 69.986177 | 0 | 3.739613 | 94.986177 | 0 | Cerrado |
| 106 | -166.304804 | 22.710908 | 576.857073 | 2.106942 | 53.516334 | 2.744738 | 69.716334 | 0 | 3.728990 | 94.716334 | 0 | Cerrado |
| 107 | -165.346870 | 23.901956 | 607.109670 | 2.096378 | 53.248001 | 2.734173 | 69.448001 | 0 | 3.718425 | 94.448001 | 0 | Cerrado |
| 108 | -164.340175 | 25.083704 | 637.126071 | 2.085876 | 52.981257 | 2.723672 | 69.181257 | 0 | 3.707924 | 94.181257 | 0 | Cerrado |
| 109 | -163.285105 | 26.255842 | 666.898377 | 2.075440 | 52.716181 | 2.713235 | 68.916181 | 0 | 3.697487 | 93.916181 | 0 | Cerrado |
| 110 | -162.182063 | 27.418064 | 696.418823 | 2.065073 | 52.452852 | 2.702868 | 68.652852 | 0 | 3.687120 | 93.652852 | 0 | Cerrado |
| 111 | -161.031463 | 28.570070 | 725.679782 | 2.054777 | 52.191346 | 2.692573 | 68.391346 | 0 | 3.676825 | 93.391346 | 0 | Cerrado |
| 112 | -159.833729 | 29.711565 | 754.673762 | 2.044557 | 51.931740 | 2.682352 | 68.131740 | 0 | 3.666604 | 93.131740 | 0 | Cerrado |
| 113 | -158.589301 | 30.842260 | 783.393410 | 2.034414 | 51.674110 | 2.672209 | 67.874110 | 0 | 3.656461 | 92.874110 | 0 | Cerrado |
| 114 | -157.298627 | 31.961870 | 811.831508 | 2.024352 | 51.418531 | 2.662147 | 67.618531 | 0 | 3.646399 | 92.618531 | 0 | Cerrado |
| 115 | -155.962170 | 33.070117 | 839.980979 | 2.014373 | 51.165078 | 2.652168 | 67.365078 | 0 | 3.636420 | 92.365078 | 0 | Cerrado |
| 116 | -154.580402 | 34.166728 | 867.834882 | 2.004481 | 50.913823 | 2.642277 | 67.113823 | 0 | 3.626528 | 92.113823 | 0 | Cerrado |
| 117 | -153.153806 | 35.251434 | 895.386417 | 1.994679 | 50.664842 | 2.632474 | 66.864842 | 0 | 3.616726 | 91.864842 | 0 | Cerrado |
| 118 | -151.682878 | 36.323973 | 922.628920 | 1.984969 | 50.418204 | 2.622764 | 66.618204 | 0 | 3.607016 | 91.618204 | 0 | Cerrado |
| 119 | -150.168122 | 37.384089 | 949.555865 | 1.975354 | 50.173982 | 2.613149 | 66.373982 | 0 | 3.597401 | 91.373982 | 0 | Cerrado |
| 120 | -148.610055 | 38.431530 | 976.160865 | 1.965836 | 49.932246 | 2.603632 | 66.132246 | 0 | 3.587884 | 91.132246 | 0 | Cerrado |
| 121 | -147.009203 | 39.466050 | 1002.437672 | 1.956420 | 49.693067 | 2.594215 | 65.893067 | 0 | 3.578467 | 90.893067 | 0 | Cerrado |
| 122 | -145.366101 | 40.487408 | 1028.380174 | 1.947107 | 49.456511 | 2.584902 | 65.656511 | 0 | 3.569154 | 90.656511 | 0 | Cerrado |
| 123 | -143.681295 | 41.495370 | 1053.982394 | 1.937900 | 49.222649 | 2.575695 | 65.422649 | 0 | 3.559947 | 90.422649 | 0 | Cerrado |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------------|-----------|-------------|----------|-----------|----------|-----------|---|----------|-----------|---|---------|
| 124 | -141.955341 | 42.489705 | 1079.238496 | 1.928801 | 48.991545 | 2.566596 | 65.191545 | 0 | 3.550848 | 90.191545 | 0 | Cerrado |
| 125 | -140.188803 | 43.470188 | 1104.142775 | 1.919814 | 48.763268 | 2.557609 | 64.963268 | 0 | 3.541861 | 89.963268 | 0 | Cerrado |
| 126 | -138.382256 | 44.436601 | 1128.689664 | 1.910940 | 48.537882 | 2.548735 | 64.737882 | 0 | 3.532987 | 89.737882 | 0 | Cerrado |
| 127 | -136.536282 | 45.388729 | 1152.873729 | 1.902183 | 48.315450 | 2.539978 | 64.515450 | 0 | 3.524230 | 89.515450 | 0 | Cerrado |
| 128 | -134.651472 | 46.326365 | 1176.689670 | 1.893545 | 48.096038 | 2.531340 | 64.296038 | 0 | 3.515592 | 89.296038 | 0 | Cerrado |
| 129 | -132.728426 | 47.249304 | 1200.132320 | 1.885028 | 47.879706 | 2.522823 | 64.079706 | 0 | 3.507075 | 89.079706 | 0 | Cerrado |
| 130 | -130.767752 | 48.157348 | 1223.196641 | 1.876634 | 47.666516 | 2.514430 | 63.866516 | 0 | 3.498682 | 88.866516 | 0 | Cerrado |
| 131 | -128.770067 | 49.050304 | 1245.877728 | 1.868367 | 47.456529 | 2.506163 | 63.656529 | 0 | 3.490415 | 88.656529 | 0 | Cerrado |
| 132 | -126.735995 | 49.927984 | 1268.170805 | 1.860229 | 47.249804 | 2.498024 | 63.449804 | 0 | 3.482276 | 88.449804 | 0 | Cerrado |
| 133 | -124.666167 | 50.790206 | 1290.071222 | 1.852220 | 47.046399 | 2.490016 | 63.246399 | 0 | 3.474268 | 88.246399 | 0 | Cerrado |
| 134 | -122.561221 | 51.636790 | 1311.574460 | 1.844345 | 46.846373 | 2.482141 | 63.046373 | 0 | 3.466393 | 88.046373 | 0 | Cerrado |
| 135 | -120.421806 | 52.467564 | 1332.676122 | 1.836606 | 46.649780 | 2.474401 | 62.849780 | 0 | 3.458653 | 87.849780 | 0 | Cerrado |
| 136 | -118.248573 | 53.282360 | 1353.371937 | 1.829003 | 46.456676 | 2.466798 | 62.656676 | 0 | 3.451050 | 87.656676 | 0 | Cerrado |
| 137 | -116.042182 | 54.081014 | 1373.657757 | 1.821540 | 46.267116 | 2.459335 | 62.467116 | 0 | 3.443587 | 87.467116 | 0 | Cerrado |
| 138 | -113.803302 | 54.863368 | 1393.529557 | 1.814219 | 46.081153 | 2.452014 | 62.281153 | 0 | 3.436266 | 87.281153 | 0 | Cerrado |
| 139 | -111.532603 | 55.629269 | 1412.983430 | 1.807041 | 45.898838 | 2.444836 | 62.098838 | 0 | 3.429088 | 87.098838 | 0 | Cerrado |
| 140 | -109.230767 | 56.378567 | 1432.015590 | 1.800009 | 45.720223 | 2.437804 | 61.920223 | 0 | 3.422056 | 86.920223 | 0 | Cerrado |
| 141 | -106.898478 | 57.111117 | 1450.622367 | 1.793124 | 45.545357 | 2.430920 | 61.745357 | 0 | 3.415172 | 86.745357 | 0 | Cerrado |
| 142 | -104.536428 | 57.826780 | 1468.800208 | 1.786389 | 45.374289 | 2.424185 | 61.574289 | 0 | 3.408437 | 86.574289 | 0 | Cerrado |
| 143 | -102.145313 | 58.525420 | 1486.545674 | 1.779806 | 45.207067 | 2.417601 | 61.407067 | 0 | 3.401853 | 86.407067 | 0 | Cerrado |
| 144 | -99.725835 | 59.206907 | 1503.855440 | 1.773375 | 45.043737 | 2.411171 | 61.243737 | 0 | 3.395423 | 86.243737 | 0 | Cerrado |
| 145 | -97.278703 | 59.871114 | 1520.726292 | 1.767100 | 44.884344 | 2.404895 | 61.084344 | 0 | 3.389147 | 86.084344 | 0 | Cerrado |
| 146 | -94.804629 | 60.517918 | 1537.155126 | 1.760982 | 44.728934 | 2.398777 | 60.928934 | 0 | 3.383029 | 85.928934 | 0 | Cerrado |
| 147 | -92.304331 | 61.147203 | 1553.138946 | 1.755022 | 44.577547 | 2.392817 | 60.777547 | 0 | 3.377069 | 85.777547 | 0 | Cerrado |
| 148 | -89.778531 | 61.758853 | 1568.674864 | 1.749222 | 44.430228 | 2.387017 | 60.630228 | 0 | 3.371269 | 85.630228 | 0 | Cerrado |
| 149 | -87.227957 | 62.352760 | 1583.760096 | 1.743583 | 44.287015 | 2.381379 | 60.487015 | 0 | 3.365631 | 85.487015 | 0 | Cerrado |
| 150 | -84.653339 | 62.928818 | 1598.391965 | 1.738108 | 44.147950 | 2.375904 | 60.347950 | 0 | 3.360155 | 85.347950 | 0 | Cerrado |
| 151 | -82.055413 | 63.486925 | 1612.567892 | 1.732798 | 44.013069 | 2.370593 | 60.213069 | 0 | 3.354845 | 85.213069 | 0 | Cerrado |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|------------|-----------|-------------|----------|-----------|----------|-----------|---|----------|-----------|---|---------|
| 152 | -79.434920 | 64.026984 | 1626.285404 | 1.727654 | 43.882410 | 2.365449 | 60.082410 | 0 | 3.349701 | 85.082410 | 0 | Cerrado |
| 153 | -76.792602 | 64.548902 | 1639.542123 | 1.722678 | 43.756010 | 2.360473 | 59.956010 | 0 | 3.344725 | 84.956010 | 0 | Cerrado |
| 154 | -74.129208 | 65.052589 | 1652.335772 | 1.717870 | 43.633902 | 2.355665 | 59.833902 | 0 | 3.339917 | 84.833902 | 0 | Cerrado |
| 155 | -71.445488 | 65.537959 | 1664.664169 | 1.713233 | 43.516120 | 2.351028 | 59.716120 | 0 | 3.335280 | 84.716120 | 0 | Cerrado |
| 156 | -68.742197 | 66.004930 | 1676.525229 | 1.708768 | 43.402697 | 2.346563 | 59.602697 | 0 | 3.330815 | 84.602697 | 0 | Cerrado |
| 157 | -66.020093 | 66.453424 | 1687.916960 | 1.704475 | 43.293664 | 2.342270 | 59.493664 | 0 | 3.326522 | 84.493664 | 0 | Cerrado |
| 158 | -63.279937 | 66.883365 | 1698.837462 | 1.700356 | 43.189050 | 2.338152 | 59.389050 | 0 | 3.322404 | 84.389050 | 0 | Cerrado |
| 159 | -60.522492 | 67.294682 | 1709.284926 | 1.696413 | 43.088884 | 2.334208 | 59.288884 | 0 | 3.318460 | 84.288884 | 0 | Cerrado |
| 160 | -57.748527 | 67.687308 | 1719.257635 | 1.692645 | 42.993193 | 2.330441 | 59.193193 | 0 | 3.314693 | 84.193193 | 0 | Cerrado |
| 161 | -54.958809 | 68.061179 | 1728.753958 | 1.689055 | 42.902004 | 2.326851 | 59.102004 | 0 | 3.311103 | 84.102004 | 0 | Cerrado |
| 162 | -52.154111 | 68.416234 | 1737.772353 | 1.685643 | 42.815341 | 2.323439 | 59.015341 | 0 | 3.307691 | 84.015341 | 0 | Cerrado |
| 163 | -49.335209 | 68.752416 | 1746.311365 | 1.682411 | 42.733228 | 2.320206 | 58.933228 | 0 | 3.304458 | 83.933228 | 0 | Cerrado |
| 164 | -46.502878 | 69.069670 | 1754.369623 | 1.679358 | 42.655687 | 2.317153 | 58.855687 | 0 | 3.301405 | 83.855687 | 0 | Cerrado |
| 165 | -43.657897 | 69.367947 | 1761.945842 | 1.676486 | 42.582740 | 2.314281 | 58.782740 | 0 | 3.298533 | 83.782740 | 0 | Cerrado |
| 166 | -40.801048 | 69.647197 | 1769.038816 | 1.673796 | 42.514406 | 2.311591 | 58.714406 | 0 | 3.295843 | 83.714406 | 0 | Cerrado |
| 167 | -37.933114 | 69.907379 | 1775.647427 | 1.671288 | 42.450704 | 2.309083 | 58.650704 | 0 | 3.293335 | 83.650704 | 0 | Cerrado |
| 168 | -35.054878 | 70.148450 | 1781.770635 | 1.668963 | 42.391651 | 2.306758 | 58.591651 | 0 | 3.291010 | 83.591651 | 0 | Cerrado |
| 169 | -32.167128 | 70.370373 | 1787.407479 | 1.666821 | 42.337263 | 2.304617 | 58.537263 | 0 | 3.288869 | 83.537263 | 0 | Cerrado |
| 170 | -29.270651 | 70.573113 | 1792.557082 | 1.664864 | 42.287555 | 2.302660 | 58.487555 | 0 | 3.286912 | 83.487555 | 0 | Cerrado |
| 171 | -26.366236 | 70.756639 | 1797.218643 | 1.663092 | 42.242540 | 2.300887 | 58.442540 | 0 | 3.285139 | 83.442540 | 0 | Cerrado |
| 172 | -23.454673 | 70.920923 | 1801.391439 | 1.661505 | 42.202231 | 2.299300 | 58.402231 | 0 | 3.283552 | 83.402231 | 0 | Cerrado |
| 173 | -20.536754 | 71.065938 | 1805.074827 | 1.660104 | 42.166638 | 2.297899 | 58.366638 | 0 | 3.282151 | 83.366638 | 0 | Cerrado |
| 174 | -17.613271 | 71.191663 | 1808.268239 | 1.658889 | 42.135772 | 2.296684 | 58.335772 | 0 | 3.280936 | 83.335772 | 0 | Cerrado |
| 175 | -14.685018 | 71.298078 | 1810.971185 | 1.657860 | 42.109640 | 2.295655 | 58.309640 | 0 | 3.279907 | 83.309640 | 0 | Cerrado |
| 176 | -11.752788 | 71.385167 | 1813.183250 | 1.657018 | 42.088250 | 2.294813 | 58.288250 | 0 | 3.279065 | 83.288250 | 0 | Cerrado |
| 177 | -8.817376 | 71.452917 | 1814.904095 | 1.656362 | 42.071607 | 2.294158 | 58.271607 | 0 | 3.278410 | 83.271607 | 0 | Cerrado |
| 178 | -5.879577 | 71.501317 | 1816.133458 | 1.655894 | 42.059716 | 2.293690 | 58.259716 | 0 | 3.277942 | 83.259716 | 0 | Cerrado |
| 179 | -2.940186 | 71.530360 | 1816.871151 | 1.655613 | 42.052580 | 2.293409 | 58.252580 | 0 | 3.277661 | 83.252580 | 0 | Cerrado |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|-----------|-------------|----------|-----------|----------|-----------|---|----------|-----------|---|---------|
| 180 | 0.000000 | 71.540042 | 1817.117061 | 1.655520 | 42.050201 | 2.293315 | 58.250201 | 0 | 3.277567 | 83.250201 | 0 | Cerrado |
| 181 | 2.940186 | 71.530360 | 1816.871151 | 1.655613 | 42.052580 | 2.293409 | 58.252580 | 0 | 3.277661 | 83.252580 | 0 | Cerrado |
| 182 | 5.879577 | 71.501317 | 1816.133458 | 1.655894 | 42.059716 | 2.293690 | 58.259716 | 0 | 3.277942 | 83.259716 | 0 | Cerrado |
| 183 | 8.817376 | 71.452917 | 1814.904095 | 1.656362 | 42.071607 | 2.294158 | 58.271607 | 0 | 3.278410 | 83.271607 | 0 | Cerrado |
| 184 | 11.752788 | 71.385167 | 1813.183250 | 1.657018 | 42.088250 | 2.294813 | 58.288250 | 0 | 3.279065 | 83.288250 | 0 | Cerrado |
| 185 | 14.685018 | 71.298078 | 1810.971185 | 1.657860 | 42.109640 | 2.295655 | 58.309640 | 0 | 3.279907 | 83.309640 | 0 | Cerrado |
| 186 | 17.613271 | 71.191663 | 1808.268239 | 1.658889 | 42.135772 | 2.296684 | 58.335772 | 0 | 3.280936 | 83.335772 | 0 | Cerrado |
| 187 | 20.536754 | 71.065938 | 1805.074827 | 1.660104 | 42.166638 | 2.297899 | 58.366638 | 0 | 3.282151 | 83.366638 | 0 | Cerrado |
| 188 | 23.454673 | 70.920923 | 1801.391439 | 1.661505 | 42.202231 | 2.299300 | 58.402231 | 0 | 3.283552 | 83.402231 | 0 | Cerrado |
| 189 | 26.366236 | 70.756639 | 1797.218643 | 1.663092 | 42.242540 | 2.300887 | 58.442540 | 0 | 3.285139 | 83.442540 | 0 | Cerrado |
| 190 | 29.270651 | 70.573113 | 1792.557082 | 1.664864 | 42.287555 | 2.302660 | 58.487555 | 0 | 3.286912 | 83.487555 | 0 | Cerrado |
| 191 | 32.167128 | 70.370373 | 1787.407479 | 1.666821 | 42.337263 | 2.304617 | 58.537263 | 0 | 3.288869 | 83.537263 | 0 | Cerrado |
| 192 | 35.054878 | 70.148450 | 1781.770635 | 1.668963 | 42.391651 | 2.306758 | 58.591651 | 0 | 3.291010 | 83.591651 | 0 | Cerrado |
| 193 | 37.933114 | 69.907379 | 1775.647427 | 1.671288 | 42.450704 | 2.309083 | 58.650704 | 0 | 3.293335 | 83.650704 | 0 | Cerrado |
| 194 | 40.801048 | 69.647197 | 1769.038816 | 1.673796 | 42.514406 | 2.311591 | 58.714406 | 0 | 3.295843 | 83.714406 | 0 | Cerrado |
| 195 | 43.657897 | 69.367947 | 1761.945842 | 1.676486 | 42.582740 | 2.314281 | 58.782740 | 0 | 3.298533 | 83.782740 | 0 | Cerrado |
| 196 | 46.502878 | 69.069670 | 1754.369623 | 1.679358 | 42.655687 | 2.317153 | 58.855687 | 0 | 3.301405 | 83.855687 | 0 | Cerrado |
| 197 | 49.335209 | 68.752416 | 1746.311365 | 1.682411 | 42.733228 | 2.320206 | 58.933228 | 0 | 3.304458 | 83.933228 | 0 | Cerrado |
| 198 | 52.154111 | 68.416234 | 1737.772353 | 1.685643 | 42.815341 | 2.323439 | 59.015341 | 0 | 3.307691 | 84.015341 | 0 | Cerrado |
| 199 | 54.958809 | 68.061179 | 1728.753958 | 1.689055 | 42.902004 | 2.326851 | 59.102004 | 0 | 3.311103 | 84.102004 | 0 | Cerrado |
| 200 | 57.748527 | 67.687308 | 1719.257635 | 1.692645 | 42.993193 | 2.330441 | 59.193193 | 0 | 3.314693 | 84.193193 | 0 | Cerrado |
| 201 | 60.522492 | 67.294682 | 1709.284926 | 1.696413 | 43.088884 | 2.334208 | 59.288884 | 0 | 3.318460 | 84.288884 | 0 | Cerrado |
| 202 | 63.279937 | 66.883365 | 1698.837462 | 1.700356 | 43.189050 | 2.338152 | 59.389050 | 0 | 3.322404 | 84.389050 | 0 | Cerrado |
| 203 | 66.020093 | 66.453424 | 1687.916960 | 1.704475 | 43.293664 | 2.342270 | 59.493664 | 0 | 3.326522 | 84.493664 | 0 | Cerrado |
| 204 | 68.742197 | 66.004930 | 1676.525229 | 1.708768 | 43.402697 | 2.346563 | 59.602697 | 0 | 3.330815 | 84.602697 | 0 | Cerrado |
| 205 | 71.445488 | 65.537959 | 1664.664169 | 1.713233 | 43.516120 | 2.351028 | 59.716120 | 0 | 3.335280 | 84.716120 | 0 | Cerrado |
| 206 | 74.129208 | 65.052589 | 1652.335772 | 1.717870 | 43.633902 | 2.355665 | 59.833902 | 0 | 3.339917 | 84.833902 | 0 | Cerrado |
| 207 | 76.792602 | 64.548902 | 1639.542123 | 1.722678 | 43.756010 | 2.360473 | 59.956010 | 0 | 3.344725 | 84.956010 | 0 | Cerrado |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|------------|-----------|-------------|----------|-----------|----------|-----------|---|----------|-----------|---|---------|
| 208 | 79.434920 | 64.026984 | 1626.285404 | 1.727654 | 43.882410 | 2.365449 | 60.082410 | 0 | 3.349701 | 85.082410 | 0 | Cerrado |
| 209 | 82.055413 | 63.486925 | 1612.567892 | 1.732798 | 44.013069 | 2.370593 | 60.213069 | 0 | 3.354845 | 85.213069 | 0 | Cerrado |
| 210 | 84.653339 | 62.928818 | 1598.391965 | 1.738108 | 44.147950 | 2.375904 | 60.347950 | 0 | 3.360155 | 85.347950 | 0 | Cerrado |
| 211 | 87.227957 | 62.352760 | 1583.760096 | 1.743583 | 44.287015 | 2.381379 | 60.487015 | 0 | 3.365631 | 85.487015 | 0 | Cerrado |
| 212 | 89.778531 | 61.758853 | 1568.674864 | 1.749222 | 44.430228 | 2.387017 | 60.630228 | 0 | 3.371269 | 85.630228 | 0 | Cerrado |
| 213 | 92.304331 | 61.147203 | 1553.138946 | 1.755022 | 44.577547 | 2.392817 | 60.777547 | 0 | 3.377069 | 85.777547 | 0 | Cerrado |
| 214 | 94.804629 | 60.517918 | 1537.155126 | 1.760982 | 44.728934 | 2.398777 | 60.928934 | 0 | 3.383029 | 85.928934 | 0 | Cerrado |
| 215 | 97.278703 | 59.871114 | 1520.726292 | 1.767100 | 44.884344 | 2.404895 | 61.084344 | 0 | 3.389147 | 86.084344 | 0 | Cerrado |
| 216 | 99.725835 | 59.206907 | 1503.855440 | 1.773375 | 45.043737 | 2.411171 | 61.243737 | 0 | 3.395423 | 86.243737 | 0 | Cerrado |
| 217 | 102.145313 | 58.525420 | 1486.545674 | 1.779806 | 45.207067 | 2.417601 | 61.407067 | 0 | 3.401853 | 86.407067 | 0 | Cerrado |
| 218 | 104.536428 | 57.826780 | 1468.800208 | 1.786389 | 45.374289 | 2.424185 | 61.574289 | 0 | 3.408437 | 86.574289 | 0 | Cerrado |
| 219 | 106.898478 | 57.111117 | 1450.622367 | 1.793124 | 45.545357 | 2.430920 | 61.745357 | 0 | 3.415172 | 86.745357 | 0 | Cerrado |
| 220 | 109.230767 | 56.378567 | 1432.015590 | 1.800009 | 45.720223 | 2.437804 | 61.920223 | 0 | 3.422056 | 86.920223 | 0 | Cerrado |
| 221 | 111.532603 | 55.629269 | 1412.983430 | 1.807041 | 45.898838 | 2.444836 | 62.098838 | 0 | 3.429088 | 87.098838 | 0 | Cerrado |
| 222 | 113.803302 | 54.863368 | 1393.529557 | 1.814219 | 46.081153 | 2.452014 | 62.281153 | 0 | 3.436266 | 87.281153 | 0 | Cerrado |
| 223 | 116.042182 | 54.081014 | 1373.657757 | 1.821540 | 46.267116 | 2.459335 | 62.467116 | 0 | 3.443587 | 87.467116 | 0 | Cerrado |
| 224 | 118.248573 | 53.282360 | 1353.371937 | 1.829003 | 46.456676 | 2.466798 | 62.656676 | 0 | 3.451050 | 87.656676 | 0 | Cerrado |
| 225 | 120.421806 | 52.467564 | 1332.676122 | 1.836606 | 46.649780 | 2.474401 | 62.849780 | 0 | 3.458653 | 87.849780 | 0 | Cerrado |
| 226 | 122.561221 | 51.636790 | 1311.574460 | 1.844345 | 46.846373 | 2.482141 | 63.046373 | 0 | 3.466393 | 88.046373 | 0 | Cerrado |
| 227 | 124.666167 | 50.790206 | 1290.071222 | 1.852220 | 47.046399 | 2.490016 | 63.246399 | 0 | 3.474268 | 88.246399 | 0 | Cerrado |
| 228 | 126.735995 | 49.927984 | 1268.170805 | 1.860229 | 47.249804 | 2.498024 | 63.449804 | 0 | 3.482276 | 88.449804 | 0 | Cerrado |
| 229 | 128.770067 | 49.050304 | 1245.877728 | 1.868367 | 47.456529 | 2.506163 | 63.656529 | 0 | 3.490415 | 88.656529 | 0 | Cerrado |
| 230 | 130.767752 | 48.157348 | 1223.196641 | 1.876634 | 47.666516 | 2.514430 | 63.866516 | 0 | 3.498682 | 88.866516 | 0 | Cerrado |
| 231 | 132.728426 | 47.249304 | 1200.132320 | 1.885028 | 47.879706 | 2.522823 | 64.079706 | 0 | 3.507075 | 89.079706 | 0 | Cerrado |
| 232 | 134.651472 | 46.326365 | 1176.689670 | 1.893545 | 48.096038 | 2.531340 | 64.296038 | 0 | 3.515592 | 89.296038 | 0 | Cerrado |
| 233 | 136.536282 | 45.388729 | 1152.873729 | 1.902183 | 48.315450 | 2.539978 | 64.515450 | 0 | 3.524230 | 89.515450 | 0 | Cerrado |
| 234 | 138.382256 | 44.436601 | 1128.689664 | 1.910940 | 48.537882 | 2.548735 | 64.737882 | 0 | 3.532987 | 89.737882 | 0 | Cerrado |
| 235 | 140.188803 | 43.470188 | 1104.142775 | 1.919814 | 48.763268 | 2.557609 | 64.963268 | 0 | 3.541861 | 89.963268 | 0 | Cerrado |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|------------|-----------|-------------|----------|-----------|----------|-----------|---|----------|-----------|---|---------|
| 236 | 141.955341 | 42.489705 | 1079.238496 | 1.928801 | 48.991545 | 2.566596 | 65.191545 | 0 | 3.550848 | 90.191545 | 0 | Cerrado |
| 237 | 143.681295 | 41.495370 | 1053.982394 | 1.937900 | 49.222649 | 2.575695 | 65.422649 | 0 | 3.559947 | 90.422649 | 0 | Cerrado |
| 238 | 145.366101 | 40.487408 | 1028.380174 | 1.947107 | 49.456511 | 2.584902 | 65.656511 | 0 | 3.569154 | 90.656511 | 0 | Cerrado |
| 239 | 147.009203 | 39.466050 | 1002.437672 | 1.956420 | 49.693067 | 2.594215 | 65.893067 | 0 | 3.578467 | 90.893067 | 0 | Cerrado |
| 240 | 148.610055 | 38.431530 | 976.160865 | 1.965836 | 49.932246 | 2.603632 | 66.132246 | 0 | 3.587884 | 91.132246 | 0 | Cerrado |
| 241 | 150.168122 | 37.384089 | 949.555865 | 1.975354 | 50.173982 | 2.613149 | 66.373982 | 0 | 3.597401 | 91.373982 | 0 | Cerrado |
| 242 | 151.682878 | 36.323973 | 922.628920 | 1.984969 | 50.418204 | 2.622764 | 66.618204 | 0 | 3.607016 | 91.618204 | 0 | Cerrado |
| 243 | 153.153806 | 35.251434 | 895.386417 | 1.994679 | 50.664842 | 2.632474 | 66.864842 | 0 | 3.616726 | 91.864842 | 0 | Cerrado |
| 244 | 154.580402 | 34.166728 | 867.834882 | 2.004481 | 50.913823 | 2.642277 | 67.113823 | 0 | 3.626528 | 92.113823 | 0 | Cerrado |
| 245 | 155.962170 | 33.070117 | 839.980979 | 2.014373 | 51.165078 | 2.652168 | 67.365078 | 0 | 3.636420 | 92.365078 | 0 | Cerrado |
| 246 | 157.298627 | 31.961870 | 811.831508 | 2.024352 | 51.418531 | 2.662147 | 67.618531 | 0 | 3.646399 | 92.618531 | 0 | Cerrado |
| 247 | 158.589301 | 30.842260 | 783.393410 | 2.034414 | 51.674110 | 2.672209 | 67.874110 | 0 | 3.656461 | 92.874110 | 0 | Cerrado |
| 248 | 159.833729 | 29.711565 | 754.673762 | 2.044557 | 51.931740 | 2.682352 | 68.131740 | 0 | 3.666604 | 93.131740 | 0 | Cerrado |
| 249 | 161.031463 | 28.570070 | 725.679782 | 2.054777 | 52.191346 | 2.692573 | 68.391346 | 0 | 3.676825 | 93.391346 | 0 | Cerrado |
| 250 | 162.182063 | 27.418064 | 696.418823 | 2.065073 | 52.452852 | 2.702868 | 68.652852 | 0 | 3.687120 | 93.652852 | 0 | Cerrado |
| 251 | 163.285105 | 26.255842 | 666.898377 | 2.075440 | 52.716181 | 2.713235 | 68.916181 | 0 | 3.697487 | 93.916181 | 0 | Cerrado |
| 252 | 164.340175 | 25.083704 | 637.126071 | 2.085876 | 52.981257 | 2.723672 | 69.181257 | 0 | 3.707924 | 94.181257 | 0 | Cerrado |
| 253 | 165.346870 | 23.901956 | 607.109670 | 2.096378 | 53.248001 | 2.734173 | 69.448001 | 0 | 3.718425 | 94.448001 | 0 | Cerrado |
| 254 | 166.304804 | 22.710908 | 576.857073 | 2.106942 | 53.516334 | 2.744738 | 69.716334 | 0 | 3.728990 | 94.716334 | 0 | Cerrado |
| 255 | 167.213599 | 21.510879 | 546.376316 | 2.117566 | 53.786177 | 2.755361 | 69.986177 | 0 | 3.739613 | 94.986177 | 0 | Cerrado |
| 256 | 168.072893 | 20.302188 | 515.675565 | 2.128246 | 54.057451 | 2.766041 | 70.257451 | 0 | 3.750293 | 95.257451 | 0 | Cerrado |
| 257 | 168.882337 | 19.085162 | 484.763121 | 2.138979 | 54.330076 | 2.776775 | 70.530076 | 0 | 3.761027 | 95.530076 | 0 | Cerrado |
| 258 | 169.641596 | 17.860134 | 453.647415 | 2.149763 | 54.603969 | 2.787558 | 70.803969 | 0 | 3.771810 | 95.803969 | 0 | Cerrado |
| 259 | 170.350347 | 16.627441 | 422.337009 | 2.160593 | 54.879050 | 2.798388 | 71.079050 | 0 | 3.782640 | 96.079050 | 0 | Cerrado |
| 260 | 171.008282 | 15.387425 | 390.840593 | 2.171466 | 55.155237 | 2.809261 | 71.355237 | 0 | 3.793513 | 96.355237 | 0 | Cerrado |
| 261 | 171.615108 | 14.140432 | 359.166982 | 2.182380 | 55.432448 | 2.820175 | 71.632448 | 0 | 3.804427 | 96.632448 | 0 | Cerrado |
| 262 | 172.170544 | 12.886816 | 327.325119 | 2.193331 | 55.710598 | 2.831126 | 71.910598 | 0 | 3.815378 | 96.910598 | 0 | Cerrado |
| 263 | 172.674327 | 11.626932 | 295.324068 | 2.204315 | 55.989606 | 2.842110 | 72.189606 | 0 | 3.826362 | 97.189606 | 0 | Cerrado |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|------------|------------|-------------|----------|-----------|----------|-----------|---|----------|------------|---|---------|
| 264 | 173.126205 | 10.361142 | 263.173016 | 2.215330 | 56.269387 | 2.853125 | 72.469387 | 0 | 3.837377 | 97.469387 | 0 | Cerrado |
| 265 | 173.525943 | 9.089814 | 230.881268 | 2.226372 | 56.549857 | 2.864168 | 72.749857 | 0 | 3.848420 | 97.749857 | 0 | Cerrado |
| 266 | 173.873322 | 7.813317 | 198.458246 | 2.237438 | 56.830931 | 2.875234 | 73.030931 | 0 | 3.859485 | 98.030931 | 0 | Cerrado |
| 267 | 174.168137 | 6.532027 | 165.913487 | 2.248525 | 57.112525 | 2.886320 | 73.312525 | 0 | 3.870572 | 98.312525 | 0 | Cerrado |
| 268 | 174.410199 | 5.246324 | 133.256640 | 2.259628 | 57.394554 | 2.897423 | 73.594554 | 0 | 3.881675 | 98.594554 | 0 | Cerrado |
| 269 | 174.599333 | 3.956593 | 100.497463 | 2.270745 | 57.676931 | 2.908541 | 73.876931 | 0 | 3.892793 | 98.876931 | 0 | Cerrado |
| 270 | 174.735383 | 2.663221 | 67.645822 | 2.281873 | 57.959572 | 2.919668 | 74.159572 | 0 | 3.903920 | 99.159572 | 0 | Cerrado |
| 271 | 174.818207 | 1.366602 | 34.711685 | 2.293007 | 58.242389 | 2.930803 | 74.442389 | 1 | 3.915055 | 99.442389 | 1 | Abierto |
| 272 | 174.847680 | 0.067131 | 1.705123 | 2.304146 | 58.525297 | 2.941941 | 74.725297 | 1 | 3.926193 | 99.725297 | 1 | Abierto |
| 273 | 174.823692 | -1.234791 | -31.363697 | 2.315284 | 58.808210 | 2.953079 | 75.008210 | 1 | 3.937331 | 100.008210 | 1 | Abierto |
| 274 | 174.746151 | -2.538760 | -64.484512 | 2.326419 | 59.091041 | 2.964214 | 75.291041 | 1 | 3.948466 | 100.291041 | 1 | Abierto |
| 275 | 174.614982 | -3.844369 | -97.646970 | 2.337547 | 59.373703 | 2.975343 | 75.573703 | 1 | 3.959595 | 100.573703 | 1 | Abierto |
| 276 | 174.430125 | -5.151206 | -130.840628 | 2.348666 | 59.656109 | 2.986461 | 75.856109 | 1 | 3.970713 | 100.856109 | 1 | Abierto |
| 277 | 174.191538 | -6.458857 | -164.054962 | 2.359771 | 59.938173 | 2.997566 | 76.138173 | 1 | 3.981818 | 101.138173 | 1 | Abierto |
| 278 | 173.899197 | -7.766904 | -197.279367 | 2.370859 | 60.219807 | 3.008654 | 76.419807 | 1 | 3.992906 | 101.419807 | 1 | Abierto |
| 279 | 173.553094 | -9.074928 | -230.503159 | 2.381926 | 60.500924 | 3.019721 | 76.700924 | 1 | 4.003973 | 101.700924 | 1 | Abierto |
| 280 | 173.153238 | -10.382503 | -263.715584 | 2.392970 | 60.781438 | 3.030765 | 76.981438 | 1 | 4.015017 | 101.981438 | 1 | Abierto |
| 281 | 172.699657 | -11.689206 | -296.905820 | 2.403987 | 61.061262 | 3.041782 | 77.261262 | 1 | 4.026034 | 102.261262 | 1 | Abierto |
| 282 | 172.192396 | -12.994605 | -330.062977 | 2.414973 | 61.340308 | 3.052768 | 77.540308 | 1 | 4.037020 | 102.540308 | 1 | Abierto |
| 283 | 171.631516 | -14.298272 | -363.176109 | 2.425925 | 61.618490 | 3.063720 | 77.818490 | 1 | 4.047972 | 102.818490 | 1 | Abierto |
| 284 | 171.017098 | -15.599772 | -396.234213 | 2.436839 | 61.895721 | 3.074635 | 78.095721 | 1 | 4.058887 | 103.095721 | 1 | Abierto |
| 285 | 170.349240 | -16.898671 | -429.226233 | 2.447713 | 62.171914 | 3.085508 | 78.371914 | 1 | 4.069760 | 103.371914 | 1 | Abierto |
| 286 | 169.628058 | -18.194530 | -462.141068 | 2.458543 | 62.446984 | 3.096338 | 78.646984 | 1 | 4.080590 | 103.646984 | 1 | Abierto |
| 287 | 168.853686 | -19.486912 | -494.967575 | 2.469325 | 62.720844 | 3.107120 | 78.920844 | 1 | 4.091372 | 103.920844 | 1 | Abierto |
| 288 | 168.026275 | -20.775377 | -527.694575 | 2.480055 | 62.993408 | 3.117851 | 79.193408 | 1 | 4.102103 | 104.193408 | 1 | Abierto |
| 289 | 167.145996 | -22.059482 | -560.310854 | 2.490732 | 63.264590 | 3.128527 | 79.464590 | 1 | 4.112779 | 104.464590 | 1 | Abierto |
| 290 | 166.213037 | -23.338786 | -592.805173 | 2.501351 | 63.534305 | 3.139146 | 79.734305 | 1 | 4.123398 | 104.734305 | 1 | Abierto |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|------------|------------|-------------|----------|-----------|----------|-----------|---|----------|------------|---|---------|
| 291 | 165.227605 | -24.612845 | -625.166268 | 2.511908 | 63.802468 | 3.149703 | 80.002468 | 1 | 4.133955 | 105.002468 | 1 | Abierto |
| 292 | 164.189923 | -25.881215 | -657.382862 | 2.522401 | 64.068994 | 3.160197 | 80.268994 | 1 | 4.144449 | 105.268994 | 1 | Abierto |
| 293 | 163.100236 | -27.143451 | -689.443663 | 2.532827 | 64.333799 | 3.170622 | 80.533799 | 1 | 4.154874 | 105.533799 | 1 | Abierto |
| 294 | 161.958804 | -28.399109 | -721.337372 | 2.543181 | 64.596798 | 3.180976 | 80.796798 | 1 | 4.165228 | 105.796798 | 1 | Abierto |
| 295 | 160.765907 | -29.647744 | -753.052691 | 2.553461 | 64.857909 | 3.191256 | 81.057909 | 1 | 4.175508 | 106.057909 | 1 | Abierto |
| 296 | 159.521843 | -30.888910 | -784.578323 | 2.563663 | 65.117049 | 3.201459 | 81.317049 | 1 | 4.185711 | 106.317049 | 1 | Abierto |
| 297 | 158.226927 | -32.122165 | -815.902983 | 2.573785 | 65.374134 | 3.211580 | 81.574134 | 1 | 4.195832 | 106.574134 | 1 | Abierto |
| 298 | 156.881495 | -33.347063 | -847.015401 | 2.583822 | 65.629083 | 3.221617 | 81.829083 | 1 | 4.205869 | 106.829083 | 1 | Abierto |
| 299 | 155.485898 | -34.563162 | -877.904324 | 2.593772 | 65.881814 | 3.231567 | 82.081814 | 1 | 4.215819 | 107.081814 | 1 | Abierto |
| 300 | 154.040507 | -35.770021 | -908.558530 | 2.603632 | 66.132246 | 3.241427 | 82.332246 | 1 | 4.225679 | 107.332246 | 1 | Abierto |
| 301 | 152.545711 | -36.967198 | -938.966826 | 2.613398 | 66.380300 | 3.251193 | 82.580300 | 1 | 4.235445 | 107.580300 | 1 | Abierto |
| 302 | 151.001918 | -38.154254 | -969.118057 | 2.623067 | 66.625895 | 3.260862 | 82.825895 | 1 | 4.245114 | 107.825895 | 1 | Abierto |
| 303 | 149.409552 | -39.330752 | -999.001112 | 2.632636 | 66.868953 | 3.270431 | 83.068953 | 1 | 4.254683 | 108.068953 | 1 | Abierto |
| 304 | 147.769055 | -40.496257 | 1028.604926 | 2.642102 | 67.109396 | 3.279897 | 83.309396 | 1 | 4.264149 | 108.309396 | 1 | Abierto |
| 305 | 146.080890 | -41.650334 | 1057.918494 | 2.651462 | 67.347145 | 3.289258 | 83.547145 | 1 | 4.273510 | 108.547145 | 1 | Abierto |
| 306 | 144.345533 | -42.792554 | 1086.930867 | 2.660714 | 67.582124 | 3.298509 | 83.782124 | 1 | 4.282761 | 108.782124 | 1 | Abierto |
| 307 | 142.563482 | -43.922487 | 1115.631164 | 2.669853 | 67.814257 | 3.307648 | 84.014257 | 1 | 4.291900 | 109.014257 | 1 | Abierto |
| 308 | 140.735251 | -45.039708 | 1144.008577 | 2.678877 | 68.043469 | 3.316672 | 84.243469 | 1 | 4.300924 | 109.243469 | 1 | Abierto |
| 309 | 138.861369 | -46.143794 | 1172.052374 | 2.687783 | 68.269686 | 3.325578 | 84.469686 | 1 | 4.309830 | 109.469686 | 1 | Abierto |
| 310 | 136.942386 | -47.234327 | 1199.751910 | 2.696568 | 68.492835 | 3.334364 | 84.692835 | 1 | 4.318616 | 109.692835 | 1 | Abierto |
| 311 | 134.978868 | -48.310891 | 1227.096625 | 2.705230 | 68.712842 | 3.343025 | 84.912842 | 1 | 4.327277 | 109.912842 | 1 | Abierto |
| 312 | 132.971397 | -49.373073 | 1254.076059 | 2.713765 | 68.929636 | 3.351560 | 85.129636 | 1 | 4.335812 | 110.129636 | 1 | Abierto |
| 313 | 130.920572 | -50.420467 | 1280.679852 | 2.722171 | 69.143146 | 3.359966 | 85.343146 | 1 | 4.344218 | 110.343146 | 1 | Abierto |
| 314 | 128.827010 | -51.452667 | 1306.897748 | 2.730445 | 69.353304 | 3.368240 | 85.553304 | 1 | 4.352492 | 110.553304 | 1 | Abierto |
| 315 | 126.691343 | -52.469276 | 1332.719609 | 2.738584 | 69.560039 | 3.376380 | 85.760039 | 1 | 4.360631 | 110.760039 | 1 | Abierto |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------------|------------|---|-------------|----------|-----------|----------|-----------|---|----------|------------|---|---------|
| 316 | 124.514221 | -53.469898 | - | 1358.135411 | 2.746586 | 69.763286 | 3.384381 | 85.963286 | 1 | 4.368633 | 110.963286 | 1 | Abierto |
| 317 | 122.296307 | -54.454144 | - | 1383.135256 | 2.754448 | 69.962976 | 3.392243 | 86.162976 | 1 | 4.376495 | 111.162976 | 1 | Abierto |
| 318 | 120.038285 | -55.421629 | - | 1407.709376 | 2.762167 | 70.159045 | 3.399962 | 86.359045 | 1 | 4.384214 | 111.359045 | 1 | Abierto |
| 319 | 117.740849 | -56.371974 | - | 1431.848138 | 2.769741 | 70.351428 | 3.407537 | 86.551428 | 1 | 4.391789 | 111.551428 | 1 | Abierto |
| 320 | 115.404712 | -57.304805 | - | 1455.542050 | 2.777168 | 70.540063 | 3.414963 | 86.740063 | 1 | 4.399215 | 111.740063 | 1 | Abierto |
| 321 | 113.030601 | -58.219755 | - | 1478.781767 | 2.784444 | 70.724886 | 3.422240 | 86.924886 | 1 | 4.406492 | 111.924886 | 1 | Abierto |
| 322 | 110.619260 | -59.116460 | - | 1501.558095 | 2.791568 | 70.905837 | 3.429364 | 87.105837 | 1 | 4.413616 | 112.105837 | 1 | Abierto |
| 323 | 108.171445 | -59.994567 | - | 1523.861998 | 2.798538 | 71.082857 | 3.436333 | 87.282857 | 1 | 4.420585 | 112.282857 | 1 | Abierto |
| 324 | 105.687928 | -60.853724 | - | 1545.684601 | 2.805350 | 71.255887 | 3.443145 | 87.455887 | 1 | 4.427397 | 112.455887 | 1 | Abierto |
| 325 | 103.169494 | -61.693591 | - | 1567.017199 | 2.812003 | 71.424871 | 3.449798 | 87.624871 | 1 | 4.434050 | 112.624871 | 1 | Abierto |
| 326 | 100.616943 | -62.513829 | - | 1587.851259 | 2.818494 | 71.589751 | 3.456289 | 87.789751 | 1 | 4.440541 | 112.789751 | 1 | Abierto |
| 327 | 98.031090 | -63.314111 | - | 1608.178426 | 2.824822 | 71.750474 | 3.462617 | 87.950474 | 1 | 4.446869 | 112.950474 | 1 | Abierto |
| 328 | 95.412760 | -64.094115 | - | 1627.990527 | 2.830984 | 71.906986 | 3.468779 | 88.106986 | 1 | 4.453031 | 113.106986 | 1 | Abierto |
| 329 | 92.762794 | -64.853527 | - | 1647.279578 | 2.836978 | 72.059236 | 3.474773 | 88.259236 | 1 | 4.459025 | 113.259236 | 1 | Abierto |
| 330 | 90.082045 | -65.592039 | - | 1666.037787 | 2.842802 | 72.207173 | 3.480597 | 88.407173 | 1 | 4.464849 | 113.407173 | 1 | Abierto |
| 331 | 87.371377 | -66.309353 | - | 1684.257560 | 2.848455 | 72.350747 | 3.486250 | 88.550747 | 1 | 4.470502 | 113.550747 | 1 | Abierto |
| 332 | 84.631667 | -67.005177 | - | 1701.931504 | 2.853934 | 72.489912 | 3.491729 | 88.689912 | 1 | 4.475981 | 113.689912 | 1 | Abierto |
| 333 | 81.863806 | -67.679230 | - | 1719.052433 | 2.859237 | 72.624621 | 3.497032 | 88.824621 | 1 | 4.481284 | 113.824621 | 1 | Abierto |
| 334 | 79.068693 | -68.331235 | - | 1735.613372 | 2.864363 | 72.754829 | 3.502159 | 88.954829 | 1 | 4.486411 | 113.954829 | 1 | Abierto |
| 335 | 76.247240 | -68.960928 | - | 1751.607560 | 2.869311 | 72.880493 | 3.507106 | 89.080493 | 1 | 4.491358 | 114.080493 | 1 | Abierto |
| 336 | 73.400369 | -69.568049 | - | 1767.028456 | 2.874078 | 73.001570 | 3.511873 | 89.201570 | 1 | 4.496125 | 114.201570 | 1 | Abierto |
| 337 | 70.529014 | -70.152352 | - | 1781.869742 | 2.878662 | 73.118021 | 3.516458 | 89.318021 | 1 | 4.500709 | 114.318021 | 1 | Abierto |
| 338 | 67.634116 | -70.713596 | - | 1796.125326 | 2.883063 | 73.229807 | 3.520859 | 89.429807 | 1 | 4.505110 | 114.429807 | 1 | Abierto |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|-------------|----------|-----------|----------|-----------|---|----------|------------|---|---------|
| 339 | 64.716630 | -71.251549 | 1809.789348 | 2.887279 | 73.336890 | 3.525074 | 89.536890 | 1 | 4.509326 | 114.536890 | 1 | Abierto |
| 340 | 61.777515 | -71.765991 | 1822.856182 | 2.891308 | 73.439234 | 3.529104 | 89.639234 | 1 | 4.513356 | 114.639234 | 1 | Abierto |
| 341 | 58.817744 | -72.256710 | 1835.320439 | 2.895150 | 73.536806 | 3.532945 | 89.736806 | 1 | 4.517197 | 114.736806 | 1 | Abierto |
| 342 | 55.838295 | -72.723503 | 1847.176972 | 2.898802 | 73.629572 | 3.536597 | 89.829572 | 1 | 4.520849 | 114.829572 | 1 | Abierto |
| 343 | 52.840155 | -73.166176 | 1858.420878 | 2.902264 | 73.717502 | 3.540059 | 89.917502 | 1 | 4.524311 | 114.917502 | 1 | Abierto |
| 344 | 49.824320 | -73.584547 | 1869.047502 | 2.905534 | 73.800566 | 3.543329 | 90.000566 | 1 | 4.527581 | 115.000566 | 1 | Abierto |
| 345 | 46.791793 | -73.978442 | 1879.052438 | 2.908612 | 73.878737 | 3.546407 | 90.078737 | 1 | 4.530659 | 115.078737 | 1 | Abierto |
| 346 | 43.743582 | -74.347698 | 1888.431533 | 2.911496 | 73.951987 | 3.549291 | 90.151987 | 1 | 4.533543 | 115.151987 | 1 | Abierto |
| 347 | 40.680704 | -74.692161 | 1897.180892 | 2.914185 | 74.020294 | 3.551980 | 90.220294 | 1 | 4.536232 | 115.220294 | 1 | Abierto |
| 348 | 37.604180 | -75.011688 | 1905.296875 | 2.916678 | 74.083633 | 3.554474 | 90.283633 | 1 | 4.538726 | 115.283633 | 1 | Abierto |
| 349 | 34.515038 | -75.306146 | 1912.776105 | 2.918976 | 74.141983 | 3.556771 | 90.341983 | 1 | 4.541023 | 115.341983 | 1 | Abierto |
| 350 | 31.414311 | -75.575412 | 1919.615464 | 2.921076 | 74.195326 | 3.558871 | 90.395326 | 1 | 4.543123 | 115.395326 | 1 | Abierto |
| 351 | 28.303037 | -75.819374 | 1925.812102 | 2.922978 | 74.243642 | 3.560773 | 90.443642 | 1 | 4.545025 | 115.443642 | 1 | Abierto |
| 352 | 25.182257 | -76.037930 | 1931.363433 | 2.924682 | 74.286916 | 3.562477 | 90.486916 | 1 | 4.546729 | 115.486916 | 1 | Abierto |
| 353 | 22.053019 | -76.230990 | 1936.267139 | 2.926186 | 74.325134 | 3.563982 | 90.525134 | 1 | 4.548234 | 115.525134 | 1 | Abierto |
| 354 | 18.916371 | -76.398471 | 1940.521172 | 2.927491 | 74.358281 | 3.565287 | 90.558281 | 1 | 4.549539 | 115.558281 | 1 | Abierto |
| 355 | 15.773367 | -76.540305 | 1944.123754 | 2.928596 | 74.386348 | 3.566392 | 90.586348 | 1 | 4.550644 | 115.586348 | 1 | Abierto |
| 356 | 12.625061 | -76.656432 | 1947.073378 | 2.929501 | 74.409325 | 3.567296 | 90.609325 | 1 | 4.551548 | 115.609325 | 1 | Abierto |
| 357 | 9.472511 | -76.746804 | 1949.368811 | 2.930205 | 74.427204 | 3.568000 | 90.627204 | 1 | 4.552252 | 115.627204 | 1 | Abierto |
| 358 | 6.316777 | -76.811382 | 1951.009093 | 2.930708 | 74.439979 | 3.568503 | 90.639979 | 1 | 4.552755 | 115.639979 | 1 | Abierto |
| 359 | 3.158920 | -76.850139 | 1951.993537 | 2.931010 | 74.447645 | 3.568805 | 90.647645 | 1 | 4.553057 | 115.647645 | 1 | Abierto |

Tabla 52. Distancias efecto interno

| Grados | Y(iva1) (in) | Y(iva1) (mm) | | Y(iva2) (in) | Y(iva2) (mm) | | Y(iva3) (in) | Y(iva3) (mm) | Estado |
|--------|-----------------|-----------------|---|-----------------|-----------------|---|-----------------|-----------------|---------|
| 1 | 5.151482 | 130.847645 | 0 | 5.871955 | 149.147645 | 0 | 6.509750 | 165.347645 | Cerrado |
| 2 | 5.151180 | 130.839979 | 0 | 5.871653 | 149.139979 | 0 | 6.509448 | 165.339979 | Cerrado |
| 3 | 5.150677 | 130.827204 | 0 | 5.871150 | 149.127204 | 0 | 6.508945 | 165.327204 | Cerrado |
| 4 | 5.149973 | 130.809325 | 0 | 5.870446 | 149.109325 | 0 | 6.508241 | 165.309325 | Cerrado |
| 5 | 5.149069 | 130.786348 | 0 | 5.869541 | 149.086348 | 0 | 6.507337 | 165.286348 | Cerrado |
| 6 | 5.147964 | 130.758281 | 0 | 5.868436 | 149.058281 | 0 | 6.506232 | 165.258281 | Cerrado |
| 7 | 5.146659 | 130.725134 | 0 | 5.867131 | 149.025134 | 0 | 6.504927 | 165.225134 | Cerrado |
| 8 | 5.145154 | 130.686916 | 0 | 5.865627 | 148.986916 | 0 | 6.503422 | 165.186916 | Cerrado |
| 9 | 5.143450 | 130.643642 | 0 | 5.863923 | 148.943642 | 0 | 6.501718 | 165.143642 | Cerrado |
| 10 | 5.141548 | 130.595326 | 0 | 5.862021 | 148.895326 | 0 | 6.499816 | 165.095326 | Cerrado |
| 11 | 5.139448 | 130.541983 | 0 | 5.859921 | 148.841983 | 0 | 6.497716 | 165.041983 | Cerrado |
| 12 | 5.137151 | 130.483633 | 0 | 5.857623 | 148.783633 | 0 | 6.495419 | 164.983633 | Cerrado |
| 13 | 5.134657 | 130.420294 | 0 | 5.855130 | 148.720294 | 0 | 6.492925 | 164.920294 | Cerrado |
| 14 | 5.131968 | 130.351987 | 0 | 5.852440 | 148.651987 | 0 | 6.490236 | 164.851987 | Cerrado |
| 15 | 5.129084 | 130.278737 | 0 | 5.849557 | 148.578737 | 0 | 6.487352 | 164.778737 | Cerrado |
| 16 | 5.126007 | 130.200566 | 0 | 5.846479 | 148.500566 | 0 | 6.484274 | 164.700566 | Cerrado |
| 17 | 5.122736 | 130.117502 | 0 | 5.843209 | 148.417502 | 0 | 6.481004 | 164.617502 | Cerrado |
| 18 | 5.119274 | 130.029572 | 0 | 5.839747 | 148.329572 | 0 | 6.477542 | 164.529572 | Cerrado |
| 19 | 5.115622 | 129.936806 | 0 | 5.836095 | 148.236806 | 0 | 6.473890 | 164.436806 | Cerrado |
| 20 | 5.111781 | 129.839234 | 0 | 5.832253 | 148.139234 | 0 | 6.470049 | 164.339234 | Cerrado |
| 21 | 5.107752 | 129.736890 | 0 | 5.828224 | 148.036890 | 0 | 6.466019 | 164.236890 | Cerrado |
| 22 | 5.103536 | 129.629807 | 0 | 5.824008 | 147.929807 | 0 | 6.461803 | 164.129807 | Cerrado |
| 23 | 5.099135 | 129.518021 | 0 | 5.819607 | 147.818021 | 0 | 6.457402 | 164.018021 | Cerrado |
| 24 | 5.094550 | 129.401570 | 0 | 5.815022 | 147.701570 | 0 | 6.452818 | 163.901570 | Cerrado |
| 25 | 5.089783 | 129.280493 | 0 | 5.810256 | 147.580493 | 0 | 6.448051 | 163.780493 | Cerrado |
| 26 | 5.084836 | 129.154829 | 0 | 5.805308 | 147.454829 | 0 | 6.443104 | 163.654829 | Cerrado |
| 27 | 5.079709 | 129.024621 | 0 | 5.800182 | 147.324621 | 0 | 6.437977 | 163.524621 | Cerrado |
| 28 | 5.074406 | 128.889912 | 0 | 5.794878 | 147.189912 | 0 | 6.432674 | 163.389912 | Cerrado |
| 29 | 5.068927 | 128.750747 | 0 | 5.789400 | 147.050747 | 0 | 6.427195 | 163.250747 | Cerrado |
| 30 | 5.063275 | 128.607173 | 0 | 5.783747 | 146.907173 | 0 | 6.421542 | 163.107173 | Cerrado |
| 31 | 5.057450 | 128.459236 | 0 | 5.777923 | 146.759236 | 0 | 6.415718 | 162.959236 | Cerrado |
| 32 | 5.051456 | 128.306986 | 0 | 5.771929 | 146.606986 | 0 | 6.409724 | 162.806986 | Cerrado |
| 33 | 5.045294 | 128.150474 | 0 | 5.765767 | 146.450474 | 0 | 6.403562 | 162.650474 | Cerrado |
| 34 | 5.038967 | 127.989751 | 0 | 5.759439 | 146.289751 | 0 | 6.397234 | 162.489751 | Cerrado |
| 35 | 5.032475 | 127.824871 | 0 | 5.752948 | 146.124871 | 0 | 6.390743 | 162.324871 | Cerrado |
| 36 | 5.025822 | 127.655887 | 0 | 5.746295 | 145.955887 | 0 | 6.384090 | 162.155887 | Cerrado |
| 37 | 5.019010 | 127.482857 | 0 | 5.739483 | 145.782857 | 0 | 6.377278 | 161.982857 | Cerrado |

| | | | | | | | | | |
|----|----------|------------|---|----------|------------|---|----------|------------|---------|
| 38 | 5.012041 | 127.305837 | 0 | 5.732513 | 145.605837 | 0 | 6.370309 | 161.805837 | Cerrado |
| 39 | 5.004917 | 127.124886 | 0 | 5.725389 | 145.424886 | 0 | 6.363184 | 161.624886 | Cerrado |
| 40 | 4.997640 | 126.940063 | 0 | 5.718113 | 145.240063 | 0 | 6.355908 | 161.440063 | Cerrado |
| 41 | 4.990214 | 126.751428 | 0 | 5.710686 | 145.051428 | 0 | 6.348481 | 161.251428 | Cerrado |
| 42 | 4.982640 | 126.559045 | 0 | 5.703112 | 144.859045 | 0 | 6.340907 | 161.059045 | Cerrado |
| 43 | 4.974920 | 126.362976 | 0 | 5.695393 | 144.662976 | 0 | 6.333188 | 160.862976 | Cerrado |
| 44 | 4.967058 | 126.163286 | 0 | 5.687531 | 144.463286 | 0 | 6.325326 | 160.663286 | Cerrado |
| 45 | 4.959057 | 125.960039 | 0 | 5.679529 | 144.260039 | 0 | 6.317324 | 160.460039 | Cerrado |
| 46 | 4.950917 | 125.753304 | 0 | 5.671390 | 144.053304 | 0 | 6.309185 | 160.253304 | Cerrado |
| 47 | 4.942644 | 125.543146 | 0 | 5.663116 | 143.843146 | 0 | 6.300911 | 160.043146 | Cerrado |
| 48 | 4.934238 | 125.329636 | 0 | 5.654710 | 143.629636 | 0 | 6.292505 | 159.829636 | Cerrado |
| 49 | 4.925702 | 125.112842 | 0 | 5.646175 | 143.412842 | 0 | 6.283970 | 159.612842 | Cerrado |
| 50 | 4.917041 | 124.892835 | 0 | 5.637513 | 143.192835 | 0 | 6.275308 | 159.392835 | Cerrado |
| 51 | 4.908255 | 124.669686 | 0 | 5.628728 | 142.969686 | 0 | 6.266523 | 159.169686 | Cerrado |
| 52 | 4.899349 | 124.443469 | 0 | 5.619822 | 142.743469 | 0 | 6.257617 | 158.943469 | Cerrado |
| 53 | 4.890325 | 124.214257 | 0 | 5.610798 | 142.514257 | 0 | 6.248593 | 158.714257 | Cerrado |
| 54 | 4.881186 | 123.982124 | 0 | 5.601658 | 142.282124 | 0 | 6.239454 | 158.482124 | Cerrado |
| 55 | 4.871935 | 123.747145 | 0 | 5.592407 | 142.047145 | 0 | 6.230203 | 158.247145 | Cerrado |
| 56 | 4.862575 | 123.509396 | 0 | 5.583047 | 141.809396 | 0 | 6.220842 | 158.009396 | Cerrado |
| 57 | 4.853108 | 123.268953 | 0 | 5.573581 | 141.568953 | 0 | 6.211376 | 157.768953 | Cerrado |
| 58 | 4.843539 | 123.025895 | 0 | 5.564012 | 141.325895 | 0 | 6.201807 | 157.525895 | Cerrado |
| 59 | 4.833870 | 122.780300 | 0 | 5.554343 | 141.080300 | 0 | 6.192138 | 157.280300 | Cerrado |
| 60 | 4.824104 | 122.532246 | 0 | 5.544577 | 140.832246 | 0 | 6.182372 | 157.032246 | Cerrado |
| 61 | 4.814245 | 122.281814 | 0 | 5.534717 | 140.581814 | 0 | 6.172512 | 156.781814 | Cerrado |
| 62 | 4.804295 | 122.029083 | 0 | 5.524767 | 140.329083 | 0 | 6.162562 | 156.529083 | Cerrado |
| 63 | 4.794257 | 121.774134 | 0 | 5.514730 | 140.074134 | 0 | 6.152525 | 156.274134 | Cerrado |
| 64 | 4.784136 | 121.517049 | 0 | 5.504608 | 139.817049 | 0 | 6.142403 | 156.017049 | Cerrado |
| 65 | 4.773933 | 121.257909 | 0 | 5.494406 | 139.557909 | 0 | 6.132201 | 155.757909 | Cerrado |
| 66 | 4.763653 | 120.996798 | 0 | 5.484126 | 139.296798 | 0 | 6.121921 | 155.496798 | Cerrado |
| 67 | 4.753299 | 120.733799 | 0 | 5.473772 | 139.033799 | 0 | 6.111567 | 155.233799 | Cerrado |
| 68 | 4.742874 | 120.468994 | 0 | 5.463346 | 138.768994 | 0 | 6.101141 | 154.968994 | Cerrado |
| 69 | 4.732381 | 120.202468 | 0 | 5.452853 | 138.502468 | 0 | 6.090648 | 154.702468 | Cerrado |
| 70 | 4.721823 | 119.934305 | 0 | 5.442295 | 138.234305 | 0 | 6.080091 | 154.434305 | Cerrado |
| 71 | 4.711204 | 119.664590 | 0 | 5.431677 | 137.964590 | 0 | 6.069472 | 154.164590 | Cerrado |
| 72 | 4.700528 | 119.393408 | 0 | 5.421000 | 137.693408 | 0 | 6.058796 | 153.893408 | Cerrado |
| 73 | 4.689797 | 119.120844 | 0 | 5.410269 | 137.420844 | 0 | 6.048065 | 153.620844 | Cerrado |
| 74 | 4.679015 | 118.846984 | 0 | 5.399488 | 137.146984 | 0 | 6.037283 | 153.346984 | Cerrado |
| 75 | 4.668186 | 118.571914 | 0 | 5.388658 | 136.871914 | 0 | 6.026453 | 153.071914 | Cerrado |
| 76 | 4.657312 | 118.295721 | 0 | 5.377784 | 136.595721 | 0 | 6.015580 | 152.795721 | Cerrado |
| 77 | 4.646397 | 118.018490 | 0 | 5.366870 | 136.318490 | 0 | 6.004665 | 152.518490 | Cerrado |

| | | | | | | | | | |
|-----|----------|------------|---|----------|------------|---|----------|------------|---------|
| 78 | 4.635445 | 117.740308 | 0 | 5.355918 | 136.040308 | 0 | 5.993713 | 152.240308 | Cerrado |
| 79 | 4.624459 | 117.461262 | 0 | 5.344932 | 135.761262 | 0 | 5.982727 | 151.961262 | Cerrado |
| 80 | 4.613442 | 117.181438 | 0 | 5.333915 | 135.481438 | 0 | 5.971710 | 151.681438 | Cerrado |
| 81 | 4.602399 | 116.900924 | 0 | 5.322871 | 135.200924 | 0 | 5.960666 | 151.400924 | Cerrado |
| 82 | 4.591331 | 116.619807 | 0 | 5.311803 | 134.919807 | 0 | 5.949599 | 151.119807 | Cerrado |
| 83 | 4.580243 | 116.338173 | 0 | 5.300715 | 134.638173 | 0 | 5.938511 | 150.838173 | Cerrado |
| 84 | 4.569138 | 116.056109 | 0 | 5.289611 | 134.356109 | 0 | 5.927406 | 150.556109 | Cerrado |
| 85 | 4.558020 | 115.773703 | 0 | 5.278492 | 134.073703 | 0 | 5.916288 | 150.273703 | Cerrado |
| 86 | 4.546891 | 115.491041 | 0 | 5.267364 | 133.791041 | 0 | 5.905159 | 149.991041 | Cerrado |
| 87 | 4.535756 | 115.208210 | 0 | 5.256229 | 133.508210 | 0 | 5.894024 | 149.708210 | Cerrado |
| 88 | 4.524618 | 114.925297 | 0 | 5.245090 | 133.225297 | 0 | 5.882886 | 149.425297 | Cerrado |
| 89 | 4.513480 | 114.642389 | 0 | 5.233952 | 132.942389 | 1 | 5.871748 | 149.142389 | Cerrado |
| 90 | 4.502345 | 114.359572 | 0 | 5.222818 | 132.659572 | 1 | 5.860613 | 148.859572 | Cerrado |
| 91 | 4.491218 | 114.076931 | 1 | 5.211690 | 132.376931 | 1 | 5.849485 | 148.576931 | Abierto |
| 92 | 4.480101 | 113.794554 | 1 | 5.200573 | 132.094554 | 1 | 5.838368 | 148.294554 | Abierto |
| 93 | 4.468997 | 113.512525 | 1 | 5.189470 | 131.812525 | 1 | 5.827265 | 148.012525 | Abierto |
| 94 | 4.457911 | 113.230931 | 1 | 5.178383 | 131.530931 | 1 | 5.816178 | 147.730931 | Abierto |
| 95 | 4.446845 | 112.949857 | 1 | 5.167317 | 131.249857 | 1 | 5.805112 | 147.449857 | Abierto |
| 96 | 4.435803 | 112.669387 | 1 | 5.156275 | 130.969387 | 1 | 5.794070 | 147.169387 | Abierto |
| 97 | 4.424788 | 112.389606 | 1 | 5.145260 | 130.689606 | 1 | 5.783055 | 146.889606 | Abierto |
| 98 | 4.413803 | 112.110598 | 1 | 5.134276 | 130.410598 | 1 | 5.772071 | 146.610598 | Abierto |
| 99 | 4.402852 | 111.832448 | 1 | 5.123325 | 130.132448 | 1 | 5.761120 | 146.332448 | Abierto |
| 100 | 4.391938 | 111.555237 | 1 | 5.112411 | 129.855237 | 1 | 5.750206 | 146.055237 | Abierto |
| 101 | 4.381065 | 111.279050 | 1 | 5.101537 | 129.579050 | 1 | 5.739333 | 145.779050 | Abierto |
| 102 | 4.370235 | 111.003969 | 1 | 5.090707 | 129.303969 | 1 | 5.728503 | 145.503969 | Abierto |
| 103 | 4.359452 | 110.730076 | 1 | 5.079924 | 129.030076 | 1 | 5.717720 | 145.230076 | Abierto |
| 104 | 4.348719 | 110.457451 | 1 | 5.069191 | 128.757451 | 1 | 5.706986 | 144.957451 | Abierto |
| 105 | 4.338038 | 110.186177 | 1 | 5.058511 | 128.486177 | 1 | 5.696306 | 144.686177 | Abierto |
| 106 | 4.327415 | 109.916334 | 1 | 5.047887 | 128.216334 | 1 | 5.685682 | 144.416334 | Abierto |
| 107 | 4.316850 | 109.648001 | 1 | 5.037323 | 127.948001 | 1 | 5.675118 | 144.148001 | Abierto |
| 108 | 4.306349 | 109.381257 | 1 | 5.026821 | 127.681257 | 1 | 5.664616 | 143.881257 | Abierto |
| 109 | 4.295913 | 109.116181 | 1 | 5.016385 | 127.416181 | 1 | 5.654180 | 143.616181 | Abierto |
| 110 | 4.285545 | 108.852852 | 1 | 5.006018 | 127.152852 | 1 | 5.643813 | 143.352852 | Abierto |
| 111 | 4.275250 | 108.591346 | 1 | 4.995722 | 126.891346 | 1 | 5.633518 | 143.091346 | Abierto |
| 112 | 4.265029 | 108.331740 | 1 | 4.985502 | 126.631740 | 1 | 5.623297 | 142.831740 | Abierto |
| 113 | 4.254886 | 108.074110 | 1 | 4.975359 | 126.374110 | 1 | 5.613154 | 142.574110 | Abierto |
| 114 | 4.244824 | 107.818531 | 1 | 4.965296 | 126.118531 | 1 | 5.603092 | 142.318531 | Abierto |
| 115 | 4.234846 | 107.565078 | 1 | 4.955318 | 125.865078 | 1 | 5.593113 | 142.065078 | Abierto |
| 116 | 4.224954 | 107.313823 | 1 | 4.945426 | 125.613823 | 1 | 5.583221 | 141.813823 | Abierto |
| 117 | 4.215151 | 107.064842 | 1 | 4.935624 | 125.364842 | 1 | 5.573419 | 141.564842 | Abierto |

| | | | | | | | | | |
|-----|----------|------------|---|----------|------------|---|----------|------------|---------|
| 118 | 4.205441 | 106.818204 | 1 | 4.925914 | 125.118204 | 1 | 5.563709 | 141.318204 | Abierto |
| 119 | 4.195826 | 106.573982 | 1 | 4.916299 | 124.873982 | 1 | 5.554094 | 141.073982 | Abierto |
| 120 | 4.186309 | 106.332246 | 1 | 4.906781 | 124.632246 | 1 | 5.544577 | 140.832246 | Abierto |
| 121 | 4.176892 | 106.093067 | 1 | 4.897365 | 124.393067 | 1 | 5.535160 | 140.593067 | Abierto |
| 122 | 4.167579 | 105.856511 | 1 | 4.888052 | 124.156511 | 1 | 5.525847 | 140.356511 | Abierto |
| 123 | 4.158372 | 105.622649 | 1 | 4.878844 | 123.922649 | 1 | 5.516640 | 140.122649 | Abierto |
| 124 | 4.149273 | 105.391545 | 1 | 4.869746 | 123.691545 | 1 | 5.507541 | 139.891545 | Abierto |
| 125 | 4.140286 | 105.163268 | 1 | 4.860759 | 123.463268 | 1 | 5.498554 | 139.663268 | Abierto |
| 126 | 4.131413 | 104.937882 | 1 | 4.851885 | 123.237882 | 1 | 5.489680 | 139.437882 | Abierto |
| 127 | 4.122656 | 104.715450 | 1 | 4.843128 | 123.015450 | 1 | 5.480923 | 139.215450 | Abierto |
| 128 | 4.114017 | 104.496038 | 1 | 4.834490 | 122.796038 | 1 | 5.472285 | 138.996038 | Abierto |
| 129 | 4.105500 | 104.279706 | 1 | 4.825973 | 122.579706 | 1 | 5.463768 | 138.779706 | Abierto |
| 130 | 4.097107 | 104.066516 | 1 | 4.817579 | 122.366516 | 1 | 5.455375 | 138.566516 | Abierto |
| 131 | 4.088840 | 103.856529 | 1 | 4.809312 | 122.156529 | 1 | 5.447107 | 138.356529 | Abierto |
| 132 | 4.080701 | 103.649804 | 1 | 4.801173 | 121.949804 | 1 | 5.438969 | 138.149804 | Abierto |
| 133 | 4.072693 | 103.446399 | 1 | 4.793165 | 121.746399 | 1 | 5.430961 | 137.946399 | Abierto |
| 134 | 4.064818 | 103.246373 | 1 | 4.785290 | 121.546373 | 1 | 5.423086 | 137.746373 | Abierto |
| 135 | 4.057078 | 103.049780 | 1 | 4.777550 | 121.349780 | 1 | 5.415346 | 137.549780 | Abierto |
| 136 | 4.049475 | 102.856676 | 1 | 4.769948 | 121.156676 | 1 | 5.407743 | 137.356676 | Abierto |
| 137 | 4.042012 | 102.667116 | 1 | 4.762485 | 120.967116 | 1 | 5.400280 | 137.167116 | Abierto |
| 138 | 4.034691 | 102.481153 | 1 | 4.755163 | 120.781153 | 1 | 5.392959 | 136.981153 | Abierto |
| 139 | 4.027513 | 102.298838 | 1 | 4.747986 | 120.598838 | 1 | 5.385781 | 136.798838 | Abierto |
| 140 | 4.020481 | 102.120223 | 1 | 4.740954 | 120.420223 | 1 | 5.378749 | 136.620223 | Abierto |
| 141 | 4.013597 | 101.945357 | 1 | 4.734069 | 120.245357 | 1 | 5.371864 | 136.445357 | Abierto |
| 142 | 4.006862 | 101.774289 | 1 | 4.727334 | 120.074289 | 1 | 5.365129 | 136.274289 | Abierto |
| 143 | 4.000278 | 101.607067 | 1 | 4.720751 | 119.907067 | 1 | 5.358546 | 136.107067 | Abierto |
| 144 | 3.993848 | 101.443737 | 1 | 4.714320 | 119.743737 | 1 | 5.352116 | 135.943737 | Abierto |
| 145 | 3.987573 | 101.284344 | 1 | 4.708045 | 119.584344 | 1 | 5.345840 | 135.784344 | Abierto |
| 146 | 3.981454 | 101.128934 | 1 | 4.701927 | 119.428934 | 1 | 5.339722 | 135.628934 | Abierto |
| 147 | 3.975494 | 100.977547 | 1 | 4.695966 | 119.277547 | 1 | 5.333762 | 135.477547 | Abierto |
| 148 | 3.969694 | 100.830228 | 1 | 4.690166 | 119.130228 | 1 | 5.327962 | 135.330228 | Abierto |
| 149 | 3.964056 | 100.687015 | 1 | 4.684528 | 118.987015 | 1 | 5.322323 | 135.187015 | Abierto |
| 150 | 3.958581 | 100.547950 | 1 | 4.679053 | 118.847950 | 1 | 5.316848 | 135.047950 | Abierto |
| 151 | 3.953270 | 100.413069 | 1 | 4.673743 | 118.713069 | 1 | 5.311538 | 134.913069 | Abierto |
| 152 | 3.948126 | 100.282410 | 1 | 4.668599 | 118.582410 | 1 | 5.306394 | 134.782410 | Abierto |
| 153 | 3.943150 | 100.156010 | 1 | 4.663622 | 118.456010 | 1 | 5.301418 | 134.656010 | Abierto |
| 154 | 3.938343 | 100.033902 | 1 | 4.658815 | 118.333902 | 1 | 5.296610 | 134.533902 | Abierto |
| 155 | 3.933706 | 99.916120 | 1 | 4.654178 | 118.216120 | 1 | 5.291973 | 134.416120 | Abierto |
| 156 | 3.929240 | 99.802697 | 1 | 4.649712 | 118.102697 | 1 | 5.287508 | 134.302697 | Abierto |
| 157 | 3.924947 | 99.693664 | 1 | 4.645420 | 117.993664 | 1 | 5.283215 | 134.193664 | Abierto |

| | | | | | | | | | |
|-----|----------|-----------|---|----------|------------|---|----------|------------|---------|
| 158 | 3.920829 | 99.589050 | 1 | 4.641301 | 117.889050 | 1 | 5.279096 | 134.089050 | Abierto |
| 159 | 3.916885 | 99.488884 | 1 | 4.637358 | 117.788884 | 1 | 5.275153 | 133.988884 | Abierto |
| 160 | 3.913118 | 99.393193 | 1 | 4.633590 | 117.693193 | 1 | 5.271386 | 133.893193 | Abierto |
| 161 | 3.909528 | 99.302004 | 1 | 4.630000 | 117.602004 | 1 | 5.267795 | 133.802004 | Abierto |
| 162 | 3.906116 | 99.215341 | 1 | 4.626588 | 117.515341 | 1 | 5.264383 | 133.715341 | Abierto |
| 163 | 3.902883 | 99.133228 | 1 | 4.623355 | 117.433228 | 1 | 5.261151 | 133.633228 | Abierto |
| 164 | 3.899830 | 99.055687 | 1 | 4.620303 | 117.355687 | 1 | 5.258098 | 133.555687 | Abierto |
| 165 | 3.896958 | 98.982740 | 1 | 4.617431 | 117.282740 | 1 | 5.255226 | 133.482740 | Abierto |
| 166 | 3.894268 | 98.914406 | 1 | 4.614740 | 117.214406 | 1 | 5.252536 | 133.414406 | Abierto |
| 167 | 3.891760 | 98.850704 | 1 | 4.612232 | 117.150704 | 1 | 5.250028 | 133.350704 | Abierto |
| 168 | 3.889435 | 98.791651 | 1 | 4.609908 | 117.091651 | 1 | 5.247703 | 133.291651 | Abierto |
| 169 | 3.887294 | 98.737263 | 1 | 4.607766 | 117.037263 | 1 | 5.245562 | 133.237263 | Abierto |
| 170 | 3.885337 | 98.687555 | 1 | 4.605809 | 116.987555 | 1 | 5.243605 | 133.187555 | Abierto |
| 171 | 3.883565 | 98.642540 | 1 | 4.604037 | 116.942540 | 1 | 5.241832 | 133.142540 | Abierto |
| 172 | 3.881978 | 98.602231 | 1 | 4.602450 | 116.902231 | 1 | 5.240245 | 133.102231 | Abierto |
| 173 | 3.880576 | 98.566638 | 1 | 4.601049 | 116.866638 | 1 | 5.238844 | 133.066638 | Abierto |
| 174 | 3.879361 | 98.535772 | 1 | 4.599834 | 116.835772 | 1 | 5.237629 | 133.035772 | Abierto |
| 175 | 3.878332 | 98.509640 | 1 | 4.598805 | 116.809640 | 1 | 5.236600 | 133.009640 | Abierto |
| 176 | 3.877490 | 98.488250 | 1 | 4.597963 | 116.788250 | 1 | 5.235758 | 132.988250 | Abierto |
| 177 | 3.876835 | 98.471607 | 1 | 4.597307 | 116.771607 | 1 | 5.235103 | 132.971607 | Abierto |
| 178 | 3.876367 | 98.459716 | 1 | 4.596839 | 116.759716 | 1 | 5.234634 | 132.959716 | Abierto |
| 179 | 3.876086 | 98.452580 | 1 | 4.596558 | 116.752580 | 1 | 5.234354 | 132.952580 | Abierto |
| 180 | 3.875992 | 98.450201 | 1 | 4.596465 | 116.750201 | 1 | 5.234260 | 132.950201 | Abierto |
| 181 | 3.876086 | 98.452580 | 1 | 4.596558 | 116.752580 | 1 | 5.234354 | 132.952580 | Abierto |
| 182 | 3.876367 | 98.459716 | 1 | 4.596839 | 116.759716 | 1 | 5.234634 | 132.959716 | Abierto |
| 183 | 3.876835 | 98.471607 | 1 | 4.597307 | 116.771607 | 1 | 5.235103 | 132.971607 | Abierto |
| 184 | 3.877490 | 98.488250 | 1 | 4.597963 | 116.788250 | 1 | 5.235758 | 132.988250 | Abierto |
| 185 | 3.878332 | 98.509640 | 1 | 4.598805 | 116.809640 | 1 | 5.236600 | 133.009640 | Abierto |
| 186 | 3.879361 | 98.535772 | 1 | 4.599834 | 116.835772 | 1 | 5.237629 | 133.035772 | Abierto |
| 187 | 3.880576 | 98.566638 | 1 | 4.601049 | 116.866638 | 1 | 5.238844 | 133.066638 | Abierto |
| 188 | 3.881978 | 98.602231 | 1 | 4.602450 | 116.902231 | 1 | 5.240245 | 133.102231 | Abierto |
| 189 | 3.883565 | 98.642540 | 1 | 4.604037 | 116.942540 | 1 | 5.241832 | 133.142540 | Abierto |
| 190 | 3.885337 | 98.687555 | 1 | 4.605809 | 116.987555 | 1 | 5.243605 | 133.187555 | Abierto |
| 191 | 3.887294 | 98.737263 | 1 | 4.607766 | 117.037263 | 1 | 5.245562 | 133.237263 | Abierto |
| 192 | 3.889435 | 98.791651 | 1 | 4.609908 | 117.091651 | 1 | 5.247703 | 133.291651 | Abierto |
| 193 | 3.891760 | 98.850704 | 1 | 4.612232 | 117.150704 | 1 | 5.250028 | 133.350704 | Abierto |
| 194 | 3.894268 | 98.914406 | 1 | 4.614740 | 117.214406 | 1 | 5.252536 | 133.414406 | Abierto |
| 195 | 3.896958 | 98.982740 | 1 | 4.617431 | 117.282740 | 1 | 5.255226 | 133.482740 | Abierto |
| 196 | 3.899830 | 99.055687 | 1 | 4.620303 | 117.355687 | 1 | 5.258098 | 133.555687 | Abierto |
| 197 | 3.902883 | 99.133228 | 1 | 4.623355 | 117.433228 | 1 | 5.261151 | 133.633228 | Abierto |

| | | | | | | | | | |
|-----|----------|------------|---|----------|------------|---|----------|------------|---------|
| 198 | 3.906116 | 99.215341 | 1 | 4.626588 | 117.515341 | 1 | 5.264383 | 133.715341 | Abierto |
| 199 | 3.909528 | 99.302004 | 1 | 4.630000 | 117.602004 | 1 | 5.267795 | 133.802004 | Abierto |
| 200 | 3.913118 | 99.393193 | 1 | 4.633590 | 117.693193 | 1 | 5.271386 | 133.893193 | Abierto |
| 201 | 3.916885 | 99.488884 | 1 | 4.637358 | 117.788884 | 1 | 5.275153 | 133.988884 | Abierto |
| 202 | 3.920829 | 99.589050 | 1 | 4.641301 | 117.889050 | 1 | 5.279096 | 134.089050 | Abierto |
| 203 | 3.924947 | 99.693664 | 1 | 4.645420 | 117.993664 | 1 | 5.283215 | 134.193664 | Abierto |
| 204 | 3.929240 | 99.802697 | 1 | 4.649712 | 118.102697 | 1 | 5.287508 | 134.302697 | Abierto |
| 205 | 3.933706 | 99.916120 | 1 | 4.654178 | 118.216120 | 1 | 5.291973 | 134.416120 | Abierto |
| 206 | 3.938343 | 100.033902 | 1 | 4.658815 | 118.333902 | 1 | 5.296610 | 134.533902 | Abierto |
| 207 | 3.943150 | 100.156010 | 1 | 4.663622 | 118.456010 | 1 | 5.301418 | 134.656010 | Abierto |
| 208 | 3.948126 | 100.282410 | 1 | 4.668599 | 118.582410 | 1 | 5.306394 | 134.782410 | Abierto |
| 209 | 3.953270 | 100.413069 | 1 | 4.673743 | 118.713069 | 1 | 5.311538 | 134.913069 | Abierto |
| 210 | 3.958581 | 100.547950 | 1 | 4.679053 | 118.847950 | 1 | 5.316848 | 135.047950 | Abierto |
| 211 | 3.964056 | 100.687015 | 1 | 4.684528 | 118.987015 | 1 | 5.322323 | 135.187015 | Abierto |
| 212 | 3.969694 | 100.830228 | 1 | 4.690166 | 119.130228 | 1 | 5.327962 | 135.330228 | Abierto |
| 213 | 3.975494 | 100.977547 | 1 | 4.695966 | 119.277547 | 1 | 5.333762 | 135.477547 | Abierto |
| 214 | 3.981454 | 101.128934 | 1 | 4.701927 | 119.428934 | 1 | 5.339722 | 135.628934 | Abierto |
| 215 | 3.987573 | 101.284344 | 1 | 4.708045 | 119.584344 | 1 | 5.345840 | 135.784344 | Abierto |
| 216 | 3.993848 | 101.443737 | 1 | 4.714320 | 119.743737 | 1 | 5.352116 | 135.943737 | Abierto |
| 217 | 4.000278 | 101.607067 | 1 | 4.720751 | 119.907067 | 1 | 5.358546 | 136.107067 | Abierto |
| 218 | 4.006862 | 101.774289 | 1 | 4.727334 | 120.074289 | 1 | 5.365129 | 136.274289 | Abierto |
| 219 | 4.013597 | 101.945357 | 1 | 4.734069 | 120.245357 | 1 | 5.371864 | 136.445357 | Abierto |
| 220 | 4.020481 | 102.120223 | 1 | 4.740954 | 120.420223 | 1 | 5.378749 | 136.620223 | Abierto |
| 221 | 4.027513 | 102.298838 | 1 | 4.747986 | 120.598838 | 1 | 5.385781 | 136.798838 | Abierto |
| 222 | 4.034691 | 102.481153 | 1 | 4.755163 | 120.781153 | 1 | 5.392959 | 136.981153 | Abierto |
| 223 | 4.042012 | 102.667116 | 1 | 4.762485 | 120.967116 | 1 | 5.400280 | 137.167116 | Abierto |
| 224 | 4.049475 | 102.856676 | 1 | 4.769948 | 121.156676 | 1 | 5.407743 | 137.356676 | Abierto |
| 225 | 4.057078 | 103.049780 | 1 | 4.777550 | 121.349780 | 1 | 5.415346 | 137.549780 | Abierto |
| 226 | 4.064818 | 103.246373 | 1 | 4.785290 | 121.546373 | 1 | 5.423086 | 137.746373 | Abierto |
| 227 | 4.072693 | 103.446399 | 1 | 4.793165 | 121.746399 | 1 | 5.430961 | 137.946399 | Abierto |
| 228 | 4.080701 | 103.649804 | 1 | 4.801173 | 121.949804 | 1 | 5.438969 | 138.149804 | Abierto |
| 229 | 4.088840 | 103.856529 | 1 | 4.809312 | 122.156529 | 1 | 5.447107 | 138.356529 | Abierto |
| 230 | 4.097107 | 104.066516 | 1 | 4.817579 | 122.366516 | 1 | 5.455375 | 138.566516 | Abierto |
| 231 | 4.105500 | 104.279706 | 1 | 4.825973 | 122.579706 | 1 | 5.463768 | 138.779706 | Abierto |
| 232 | 4.114017 | 104.496038 | 1 | 4.834490 | 122.796038 | 1 | 5.472285 | 138.996038 | Abierto |
| 233 | 4.122656 | 104.715450 | 1 | 4.843128 | 123.015450 | 1 | 5.480923 | 139.215450 | Abierto |
| 234 | 4.131413 | 104.937882 | 1 | 4.851885 | 123.237882 | 1 | 5.489680 | 139.437882 | Abierto |
| 235 | 4.140286 | 105.163268 | 1 | 4.860759 | 123.463268 | 1 | 5.498554 | 139.663268 | Abierto |
| 236 | 4.149273 | 105.391545 | 1 | 4.869746 | 123.691545 | 1 | 5.507541 | 139.891545 | Abierto |
| 237 | 4.158372 | 105.622649 | 1 | 4.878844 | 123.922649 | 1 | 5.516640 | 140.122649 | Abierto |

| | | | | | | | | | |
|-----|----------|------------|---|----------|------------|---|----------|------------|---------|
| 238 | 4.167579 | 105.856511 | 1 | 4.888052 | 124.156511 | 1 | 5.525847 | 140.356511 | Abierto |
| 239 | 4.176892 | 106.093067 | 1 | 4.897365 | 124.393067 | 1 | 5.535160 | 140.593067 | Abierto |
| 240 | 4.186309 | 106.332246 | 1 | 4.906781 | 124.632246 | 1 | 5.544577 | 140.832246 | Abierto |
| 241 | 4.195826 | 106.573982 | 1 | 4.916299 | 124.873982 | 1 | 5.554094 | 141.073982 | Abierto |
| 242 | 4.205441 | 106.818204 | 1 | 4.925914 | 125.118204 | 1 | 5.563709 | 141.318204 | Abierto |
| 243 | 4.215151 | 107.064842 | 1 | 4.935624 | 125.364842 | 1 | 5.573419 | 141.564842 | Abierto |
| 244 | 4.224954 | 107.313823 | 1 | 4.945426 | 125.613823 | 1 | 5.583221 | 141.813823 | Abierto |
| 245 | 4.234846 | 107.565078 | 1 | 4.955318 | 125.865078 | 1 | 5.593113 | 142.065078 | Abierto |
| 246 | 4.244824 | 107.818531 | 1 | 4.965296 | 126.118531 | 1 | 5.603092 | 142.318531 | Abierto |
| 247 | 4.254886 | 108.074110 | 1 | 4.975359 | 126.374110 | 1 | 5.613154 | 142.574110 | Abierto |
| 248 | 4.265029 | 108.331740 | 1 | 4.985502 | 126.631740 | 1 | 5.623297 | 142.831740 | Abierto |
| 249 | 4.275250 | 108.591346 | 1 | 4.995722 | 126.891346 | 1 | 5.633518 | 143.091346 | Abierto |
| 250 | 4.285545 | 108.852852 | 1 | 5.006018 | 127.152852 | 1 | 5.643813 | 143.352852 | Abierto |
| 251 | 4.295913 | 109.116181 | 1 | 5.016385 | 127.416181 | 1 | 5.654180 | 143.616181 | Abierto |
| 252 | 4.306349 | 109.381257 | 1 | 5.026821 | 127.681257 | 1 | 5.664616 | 143.881257 | Abierto |
| 253 | 4.316850 | 109.648001 | 1 | 5.037323 | 127.948001 | 1 | 5.675118 | 144.148001 | Abierto |
| 254 | 4.327415 | 109.916334 | 1 | 5.047887 | 128.216334 | 1 | 5.685682 | 144.416334 | Abierto |
| 255 | 4.338038 | 110.186177 | 1 | 5.058511 | 128.486177 | 1 | 5.696306 | 144.686177 | Abierto |
| 256 | 4.348719 | 110.457451 | 1 | 5.069191 | 128.757451 | 1 | 5.706986 | 144.957451 | Abierto |
| 257 | 4.359452 | 110.730076 | 1 | 5.079924 | 129.030076 | 1 | 5.717720 | 145.230076 | Abierto |
| 258 | 4.370235 | 111.003969 | 1 | 5.090707 | 129.303969 | 1 | 5.728503 | 145.503969 | Abierto |
| 259 | 4.381065 | 111.279050 | 1 | 5.101537 | 129.579050 | 1 | 5.739333 | 145.779050 | Abierto |
| 260 | 4.391938 | 111.555237 | 1 | 5.112411 | 129.855237 | 1 | 5.750206 | 146.055237 | Abierto |
| 261 | 4.402852 | 111.832448 | 1 | 5.123325 | 130.132448 | 1 | 5.761120 | 146.332448 | Abierto |
| 262 | 4.413803 | 112.110598 | 1 | 5.134276 | 130.410598 | 1 | 5.772071 | 146.610598 | Abierto |
| 263 | 4.424788 | 112.389606 | 1 | 5.145260 | 130.689606 | 1 | 5.783055 | 146.889606 | Abierto |
| 264 | 4.435803 | 112.669387 | 1 | 5.156275 | 130.969387 | 1 | 5.794070 | 147.169387 | Abierto |
| 265 | 4.446845 | 112.949857 | 1 | 5.167317 | 131.249857 | 1 | 5.805112 | 147.449857 | Abierto |
| 266 | 4.457911 | 113.230931 | 1 | 5.178383 | 131.530931 | 1 | 5.816178 | 147.730931 | Abierto |
| 267 | 4.468997 | 113.512525 | 1 | 5.189470 | 131.812525 | 1 | 5.827265 | 148.012525 | Abierto |
| 268 | 4.480101 | 113.794554 | 1 | 5.200573 | 132.094554 | 1 | 5.838368 | 148.294554 | Abierto |
| 269 | 4.491218 | 114.076931 | 1 | 5.211690 | 132.376931 | 1 | 5.849485 | 148.576931 | Abierto |
| 270 | 4.502345 | 114.359572 | 0 | 5.222818 | 132.659572 | 1 | 5.860613 | 148.859572 | Cerrado |
| 271 | 4.513480 | 114.642389 | 0 | 5.233952 | 132.942389 | 1 | 5.871748 | 149.142389 | Cerrado |
| 272 | 4.524618 | 114.925297 | 0 | 5.245090 | 133.225297 | 0 | 5.882886 | 149.425297 | Cerrado |
| 273 | 4.535756 | 115.208210 | 0 | 5.256229 | 133.508210 | 0 | 5.894024 | 149.708210 | Cerrado |
| 274 | 4.546891 | 115.491041 | 0 | 5.267364 | 133.791041 | 0 | 5.905159 | 149.991041 | Cerrado |
| 275 | 4.558020 | 115.773703 | 0 | 5.278492 | 134.073703 | 0 | 5.916288 | 150.273703 | Cerrado |
| 276 | 4.569138 | 116.056109 | 0 | 5.289611 | 134.356109 | 0 | 5.927406 | 150.556109 | Cerrado |

| | | | | | | | | | |
|-----|----------|------------|---|----------|------------|---|----------|------------|---------|
| 277 | 4.580243 | 116.338173 | 0 | 5.300715 | 134.638173 | 0 | 5.938511 | 150.838173 | Cerrado |
| 278 | 4.591331 | 116.619807 | 0 | 5.311803 | 134.919807 | 0 | 5.949599 | 151.119807 | Cerrado |
| 279 | 4.602399 | 116.900924 | 0 | 5.322871 | 135.200924 | 0 | 5.960666 | 151.400924 | Cerrado |
| 280 | 4.613442 | 117.181438 | 0 | 5.333915 | 135.481438 | 0 | 5.971710 | 151.681438 | Cerrado |
| 281 | 4.624459 | 117.461262 | 0 | 5.344932 | 135.761262 | 0 | 5.982727 | 151.961262 | Cerrado |
| 282 | 4.635445 | 117.740308 | 0 | 5.355918 | 136.040308 | 0 | 5.993713 | 152.240308 | Cerrado |
| 283 | 4.646397 | 118.018490 | 0 | 5.366870 | 136.318490 | 0 | 6.004665 | 152.518490 | Cerrado |
| 284 | 4.657312 | 118.295721 | 0 | 5.377784 | 136.595721 | 0 | 6.015580 | 152.795721 | Cerrado |
| 285 | 4.668186 | 118.571914 | 0 | 5.388658 | 136.871914 | 0 | 6.026453 | 153.071914 | Cerrado |
| 286 | 4.679015 | 118.846984 | 0 | 5.399488 | 137.146984 | 0 | 6.037283 | 153.346984 | Cerrado |
| 287 | 4.689797 | 119.120844 | 0 | 5.410269 | 137.420844 | 0 | 6.048065 | 153.620844 | Cerrado |
| 288 | 4.700528 | 119.393408 | 0 | 5.421000 | 137.693408 | 0 | 6.058796 | 153.893408 | Cerrado |
| 289 | 4.711204 | 119.664590 | 0 | 5.431677 | 137.964590 | 0 | 6.069472 | 154.164590 | Cerrado |
| 290 | 4.721823 | 119.934305 | 0 | 5.442295 | 138.234305 | 0 | 6.080091 | 154.434305 | Cerrado |
| 291 | 4.732381 | 120.202468 | 0 | 5.452853 | 138.502468 | 0 | 6.090648 | 154.702468 | Cerrado |
| 292 | 4.742874 | 120.468994 | 0 | 5.463346 | 138.768994 | 0 | 6.101141 | 154.968994 | Cerrado |
| 293 | 4.753299 | 120.733799 | 0 | 5.473772 | 139.033799 | 0 | 6.111567 | 155.233799 | Cerrado |
| 294 | 4.763653 | 120.996798 | 0 | 5.484126 | 139.296798 | 0 | 6.121921 | 155.496798 | Cerrado |
| 295 | 4.773933 | 121.257909 | 0 | 5.494406 | 139.557909 | 0 | 6.132201 | 155.757909 | Cerrado |
| 296 | 4.784136 | 121.517049 | 0 | 5.504608 | 139.817049 | 0 | 6.142403 | 156.017049 | Cerrado |
| 297 | 4.794257 | 121.774134 | 0 | 5.514730 | 140.074134 | 0 | 6.152525 | 156.274134 | Cerrado |
| 298 | 4.804295 | 122.029083 | 0 | 5.524767 | 140.329083 | 0 | 6.162562 | 156.529083 | Cerrado |
| 299 | 4.814245 | 122.281814 | 0 | 5.534717 | 140.581814 | 0 | 6.172512 | 156.781814 | Cerrado |
| 300 | 4.824104 | 122.532246 | 0 | 5.544577 | 140.832246 | 0 | 6.182372 | 157.032246 | Cerrado |
| 301 | 4.833870 | 122.780300 | 0 | 5.554343 | 141.080300 | 0 | 6.192138 | 157.280300 | Cerrado |
| 302 | 4.843539 | 123.025895 | 0 | 5.564012 | 141.325895 | 0 | 6.201807 | 157.525895 | Cerrado |
| 303 | 4.853108 | 123.268953 | 0 | 5.573581 | 141.568953 | 0 | 6.211376 | 157.768953 | Cerrado |
| 304 | 4.862575 | 123.509396 | 0 | 5.583047 | 141.809396 | 0 | 6.220842 | 158.009396 | Cerrado |
| 305 | 4.871935 | 123.747145 | 0 | 5.592407 | 142.047145 | 0 | 6.230203 | 158.247145 | Cerrado |
| 306 | 4.881186 | 123.982124 | 0 | 5.601658 | 142.282124 | 0 | 6.239454 | 158.482124 | Cerrado |
| 307 | 4.890325 | 124.214257 | 0 | 5.610798 | 142.514257 | 0 | 6.248593 | 158.714257 | Cerrado |
| 308 | 4.899349 | 124.443469 | 0 | 5.619822 | 142.743469 | 0 | 6.257617 | 158.943469 | Cerrado |
| 309 | 4.908255 | 124.669686 | 0 | 5.628728 | 142.969686 | 0 | 6.266523 | 159.169686 | Cerrado |
| 310 | 4.917041 | 124.892835 | 0 | 5.637513 | 143.192835 | 0 | 6.275308 | 159.392835 | Cerrado |
| 311 | 4.925702 | 125.112842 | 0 | 5.646175 | 143.412842 | 0 | 6.283970 | 159.612842 | Cerrado |
| 312 | 4.934238 | 125.329636 | 0 | 5.654710 | 143.629636 | 0 | 6.292505 | 159.829636 | Cerrado |
| 313 | 4.942644 | 125.543146 | 0 | 5.663116 | 143.843146 | 0 | 6.300911 | 160.043146 | Cerrado |
| 314 | 4.950917 | 125.753304 | 0 | 5.671390 | 144.053304 | 0 | 6.309185 | 160.253304 | Cerrado |

| | | | | | | | | | |
|-----|----------|------------|---|----------|------------|---|----------|------------|---------|
| 315 | 4.959057 | 125.960039 | 0 | 5.679529 | 144.260039 | 0 | 6.317324 | 160.460039 | Cerrado |
| 316 | 4.967058 | 126.163286 | 0 | 5.687531 | 144.463286 | 0 | 6.325326 | 160.663286 | Cerrado |
| 317 | 4.974920 | 126.362976 | 0 | 5.695393 | 144.662976 | 0 | 6.333188 | 160.862976 | Cerrado |
| 318 | 4.982640 | 126.559045 | 0 | 5.703112 | 144.859045 | 0 | 6.340907 | 161.059045 | Cerrado |
| 319 | 4.990214 | 126.751428 | 0 | 5.710686 | 145.051428 | 0 | 6.348481 | 161.251428 | Cerrado |
| 320 | 4.997640 | 126.940063 | 0 | 5.718113 | 145.240063 | 0 | 6.355908 | 161.440063 | Cerrado |
| 321 | 5.004917 | 127.124886 | 0 | 5.725389 | 145.424886 | 0 | 6.363184 | 161.624886 | Cerrado |
| 322 | 5.012041 | 127.305837 | 0 | 5.732513 | 145.605837 | 0 | 6.370309 | 161.805837 | Cerrado |
| 323 | 5.019010 | 127.482857 | 0 | 5.739483 | 145.782857 | 0 | 6.377278 | 161.982857 | Cerrado |
| 324 | 5.025822 | 127.655887 | 0 | 5.746295 | 145.955887 | 0 | 6.384090 | 162.155887 | Cerrado |
| 325 | 5.032475 | 127.824871 | 0 | 5.752948 | 146.124871 | 0 | 6.390743 | 162.324871 | Cerrado |
| 326 | 5.038967 | 127.989751 | 0 | 5.759439 | 146.289751 | 0 | 6.397234 | 162.489751 | Cerrado |
| 327 | 5.045294 | 128.150474 | 0 | 5.765767 | 146.450474 | 0 | 6.403562 | 162.650474 | Cerrado |
| 328 | 5.051456 | 128.306986 | 0 | 5.771929 | 146.606986 | 0 | 6.409724 | 162.806986 | Cerrado |
| 329 | 5.057450 | 128.459236 | 0 | 5.777923 | 146.759236 | 0 | 6.415718 | 162.959236 | Cerrado |
| 330 | 5.063275 | 128.607173 | 0 | 5.783747 | 146.907173 | 0 | 6.421542 | 163.107173 | Cerrado |
| 331 | 5.068927 | 128.750747 | 0 | 5.789400 | 147.050747 | 0 | 6.427195 | 163.250747 | Cerrado |
| 332 | 5.074406 | 128.889912 | 0 | 5.794878 | 147.189912 | 0 | 6.432674 | 163.389912 | Cerrado |
| 333 | 5.079709 | 129.024621 | 0 | 5.800182 | 147.324621 | 0 | 6.437977 | 163.524621 | Cerrado |
| 334 | 5.084836 | 129.154829 | 0 | 5.805308 | 147.454829 | 0 | 6.443104 | 163.654829 | Cerrado |
| 335 | 5.089783 | 129.280493 | 0 | 5.810256 | 147.580493 | 0 | 6.448051 | 163.780493 | Cerrado |
| 336 | 5.094550 | 129.401570 | 0 | 5.815022 | 147.701570 | 0 | 6.452818 | 163.901570 | Cerrado |
| 337 | 5.099135 | 129.518021 | 0 | 5.819607 | 147.818021 | 0 | 6.457402 | 164.018021 | Cerrado |
| 338 | 5.103536 | 129.629807 | 0 | 5.824008 | 147.929807 | 0 | 6.461803 | 164.129807 | Cerrado |
| 339 | 5.107752 | 129.736890 | 0 | 5.828224 | 148.036890 | 0 | 6.466019 | 164.236890 | Cerrado |
| 340 | 5.111781 | 129.839234 | 0 | 5.832253 | 148.139234 | 0 | 6.470049 | 164.339234 | Cerrado |
| 341 | 5.115622 | 129.936806 | 0 | 5.836095 | 148.236806 | 0 | 6.473890 | 164.436806 | Cerrado |
| 342 | 5.119274 | 130.029572 | 0 | 5.839747 | 148.329572 | 0 | 6.477542 | 164.529572 | Cerrado |
| 343 | 5.122736 | 130.117502 | 0 | 5.843209 | 148.417502 | 0 | 6.481004 | 164.617502 | Cerrado |
| 344 | 5.126007 | 130.200566 | 0 | 5.846479 | 148.500566 | 0 | 6.484274 | 164.700566 | Cerrado |
| 345 | 5.129084 | 130.278737 | 0 | 5.849557 | 148.578737 | 0 | 6.487352 | 164.778737 | Cerrado |
| 346 | 5.131968 | 130.351987 | 0 | 5.852440 | 148.651987 | 0 | 6.490236 | 164.851987 | Cerrado |
| 347 | 5.134657 | 130.420294 | 0 | 5.855130 | 148.720294 | 0 | 6.492925 | 164.920294 | Cerrado |
| 348 | 5.137151 | 130.483633 | 0 | 5.857623 | 148.783633 | 0 | 6.495419 | 164.983633 | Cerrado |
| 349 | 5.139448 | 130.541983 | 0 | 5.859921 | 148.841983 | 0 | 6.497716 | 165.041983 | Cerrado |
| 350 | 5.141548 | 130.595326 | 0 | 5.862021 | 148.895326 | 0 | 6.499816 | 165.095326 | Cerrado |
| 351 | 5.143450 | 130.643642 | 0 | 5.863923 | 148.943642 | 0 | 6.501718 | 165.143642 | Cerrado |
| 352 | 5.145154 | 130.686916 | 0 | 5.865627 | 148.986916 | 0 | 6.503422 | 165.186916 | Cerrado |

| | | | | | | | | | |
|-----|----------|------------|---|----------|------------|---|----------|------------|---------|
| 353 | 5.146659 | 130.725134 | 0 | 5.867131 | 149.025134 | 0 | 6.504927 | 165.225134 | Cerrado |
| 354 | 5.147964 | 130.758281 | 0 | 5.868436 | 149.058281 | 0 | 6.506232 | 165.258281 | Cerrado |
| 355 | 5.149069 | 130.786348 | 0 | 5.869541 | 149.086348 | 0 | 6.507337 | 165.286348 | Cerrado |
| 356 | 5.149973 | 130.809325 | 0 | 5.870446 | 149.109325 | 0 | 6.508241 | 165.309325 | Cerrado |
| 357 | 5.150677 | 130.827204 | 0 | 5.871150 | 149.127204 | 0 | 6.508945 | 165.327204 | Cerrado |
| 358 | 5.151180 | 130.839979 | 0 | 5.871653 | 149.139979 | 0 | 6.509448 | 165.339979 | Cerrado |
| 359 | 5.151482 | 130.847645 | 0 | 5.871955 | 149.147645 | 0 | 6.509750 | 165.347645 | Cerrado |
| 360 | 5.151583 | 130.850201 | 0 | 5.872055 | 149.150201 | 0 | 6.509850 | 165.350201 | Cerrado |

Tabla 53. Modelo 0D Efecto interno- Cinética simplificada, efecto interno

| Grados | Volumen (in ³) | Volumen (cm ³) | Presión vapor (psi) | Presión vapor (Pa) | Fuerza de vapor (lb) | Fuerza de vapor (N) | Tangente | Torque de vapor (lb-in) | Torque de vapor (N-m) | Torque de inercia ((lbm*in/s ²)-in) | Torque de inercia (lbf-in) | Torque de inercia (N-m) |
|--------|----------------------------|----------------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|----------|-------------------------|-----------------------|---|----------------------------|-------------------------|
| 1 | 30.496679 | 499.751033 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.171570 | -258.464917 | 29.202623 | 496.431346 | 1.285357 | 0.145275 |
| 2 | 30.114212 | 493.483522 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.171597 | -259.269565 | 29.293536 | 551.472298 | 1.427869 | 0.161383 |
| 3 | 29.732889 | 487.234748 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.171570 | -259.995238 | 29.375526 | 605.323296 | 1.567300 | 0.177141 |
| 4 | 29.352824 | 481.006604 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.171490 | -260.641014 | 29.448489 | 657.925832 | 1.703498 | 0.192535 |
| 5 | 28.974132 | 474.800962 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.171355 | -261.205999 | 29.512324 | 709.224689 | 1.836321 | 0.207547 |
| 6 | 28.596927 | 468.619668 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.171167 | -261.689325 | 29.566932 | 759.167962 | 1.965634 | 0.222162 |
| 7 | 28.221318 | 462.464543 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.170925 | -262.090149 | 29.612219 | 807.707080 | 2.091311 | 0.236367 |
| 8 | 27.847416 | 456.337383 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.170630 | -262.407659 | 29.648093 | 854.796814 | 2.213235 | 0.250147 |
| 9 | 27.475328 | 450.239959 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.170281 | -262.641071 | 29.674465 | 900.395274 | 2.331299 | 0.263491 |
| 10 | 27.105161 | 444.174015 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.169879 | -262.789635 | 29.691251 | 944.463905 | 2.445401 | 0.276387 |
| 11 | 26.737021 | 438.141267 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.169424 | -262.852628 | 29.698368 | 986.967469 | 2.555451 | 0.288826 |
| 12 | 26.371009 | 432.143407 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.168915 | -262.829363 | 29.695739 | 1027.874017 | 2.661366 | 0.300796 |
| 13 | 26.007227 | 426.182097 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.168354 | -262.719186 | 29.683291 | 1067.154859 | 2.763072 | 0.312292 |
| 14 | 25.645776 | 420.258973 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.167741 | -262.521477 | 29.660953 | 1104.784525 | 2.860502 | 0.323303 |
| 15 | 25.286753 | 414.375643 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.167075 | -262.235654 | 29.628659 | 1140.740716 | 2.953600 | 0.333826 |
| 16 | 24.930255 | 408.533687 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.166357 | -261.861169 | 29.586348 | 1175.004250 | 3.042315 | 0.343853 |
| 17 | 24.576377 | 402.734655 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.165587 | -261.397513 | 29.533962 | 1207.559005 | 3.126605 | 0.353379 |
| 18 | 24.225210 | 396.980071 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.164766 | -260.844217 | 29.471448 | 1238.391850 | 3.206438 | 0.362402 |
| 19 | 23.876848 | 391.271430 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.163893 | -260.200848 | 29.398757 | 1267.492576 | 3.281785 | 0.370918 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----------|------------|-------|-------------|-----|------------|----------|-------------|---|-----------|-------------|----------|----------|
| 20 | 23.531378 | 385.610196 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.162970 | -259.467018 | - | 29.315845 | 1294.853819 | 3.352629 | 0.378925 |
| 21 | 23.188889 | 379.997808 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.161996 | -258.642376 | - | 29.222673 | 1320.470979 | 3.418956 | 0.386422 |
| 22 | 22.849467 | 374.435673 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.160972 | -257.726615 | - | 29.119206 | 1344.342134 | 3.480764 | 0.393407 |
| 23 | 22.513195 | 368.925171 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.159898 | -256.719471 | - | 29.005414 | 1366.467952 | 3.538052 | 0.399882 |
| 24 | 22.180157 | 363.467651 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.158775 | -255.620723 | - | 28.881272 | 1386.851599 | 3.590829 | 0.405847 |
| 25 | 21.850433 | 358.064437 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.157603 | -254.430194 | - | 28.746761 | 1405.498644 | 3.639110 | 0.411304 |
| 26 | 21.524101 | 352.716820 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.156382 | -253.147752 | - | 28.601864 | 1422.416959 | 3.682914 | 0.416255 |
| 27 | 21.201239 | 347.426064 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.155113 | -251.773311 | - | 28.446573 | 1437.616621 | 3.722269 | 0.420703 |
| 28 | 20.881923 | 342.193406 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.153797 | -250.306832 | - | 28.280883 | 1451.109807 | 3.757206 | 0.424652 |
| 29 | 20.566225 | 337.020053 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.152433 | -248.748319 | - | 28.104795 | 1462.910697 | 3.787761 | 0.428105 |
| 30 | 20.254219 | 331.907182 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.151023 | -247.097829 | - | 27.918314 | 1473.035364 | 3.813975 | 0.431068 |
| 31 | 19.945973 | 326.855944 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.149566 | -245.355461 | - | 27.721453 | 1481.501669 | 3.835896 | 0.433546 |
| 32 | 19.641558 | 321.867462 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.148064 | -243.521367 | - | 27.514228 | 1488.329163 | 3.853574 | 0.435544 |
| 33 | 19.341038 | 316.942829 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.146517 | -241.595744 | - | 27.296662 | 1493.538972 | 3.867063 | 0.437068 |
| 34 | 19.044480 | 312.083114 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.144925 | -239.578840 | - | 27.068782 | 1497.153702 | 3.876422 | 0.438126 |
| 35 | 18.751947 | 307.289355 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.143290 | -237.470953 | - | 26.830623 | 1499.197327 | 3.881714 | 0.438724 |
| 36 | 18.463500 | 302.562564 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.141611 | -235.272428 | - | 26.582223 | 1499.695094 | 3.883003 | 0.438870 |
| 37 | 18.179201 | 297.903726 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.139889 | -232.983662 | - | 26.323627 | 1498.673415 | 3.880357 | 0.438571 |
| 38 | 17.899106 | 293.313802 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.138125 | -230.605102 | - | 26.054886 | 1496.159770 | 3.873849 | 0.437835 |
| 39 | 17.623274 | 288.793722 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.136319 | -228.137244 | - | 25.776055 | 1492.182610 | 3.863551 | 0.436671 |
| 40 | 17.351759 | 284.344392 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.134473 | -225.580637 | - | 25.487197 | 1486.771260 | 3.849540 | 0.435088 |
| 41 | 17.084616 | 279.966695 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.132586 | -222.935877 | - | 25.188379 | 1479.955826 | 3.831894 | 0.433093 |
| 42 | 16.821896 | 275.661484 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.130660 | -220.203613 | - | 24.879675 | 1471.767101 | 3.810692 | 0.430697 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-----------|------------|-------|-------------|-----|------------|----------|-------------|-----------|-------------|----------|----------|
| 43 | 16.563650 | 271.429590 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.128694 | -217.384543 | 24.561163 | 1462.236482 | 3.786015 | 0.427908 |
| 44 | 16.309927 | 267.271819 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.126690 | -214.479418 | 24.232928 | 1451.395881 | 3.757947 | 0.424736 |
| 45 | 16.060775 | 263.188950 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.124648 | -211.489037 | 23.895060 | 1439.277644 | 3.726570 | 0.421189 |
| 46 | 15.816240 | 259.181742 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.122570 | -208.414249 | 23.547655 | 1425.914470 | 3.691970 | 0.417279 |
| 47 | 15.576367 | 255.250927 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.120455 | -205.255956 | 23.190816 | 1411.339337 | 3.654232 | 0.413014 |
| 48 | 15.341199 | 251.397217 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.118304 | -202.015106 | 22.824649 | 1395.585426 | 3.613442 | 0.408403 |
| 49 | 15.110779 | 247.621297 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.116119 | -198.692699 | 22.449267 | 1378.686059 | 3.569687 | 0.403458 |
| 50 | 14.885146 | 243.923833 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.113899 | -195.289784 | 22.064789 | 1360.674625 | 3.523052 | 0.398187 |
| 51 | 14.664339 | 240.305468 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.111646 | -191.807458 | 21.671339 | 1341.584521 | 3.473624 | 0.392601 |
| 52 | 14.448398 | 236.766821 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.109361 | -188.246867 | 21.269046 | 1321.449097 | 3.421489 | 0.386708 |
| 53 | 14.237358 | 233.308494 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.107043 | -184.609205 | 20.858046 | 1300.301595 | 3.366734 | 0.380519 |
| 54 | 14.031254 | 229.931064 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.104694 | -180.895714 | 20.438477 | 1278.175103 | 3.309444 | 0.374044 |
| 55 | 13.830122 | 226.635089 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.102314 | -177.107682 | 20.010487 | 1255.102505 | 3.249705 | 0.367292 |
| 56 | 13.633993 | 223.421108 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.099905 | -173.246444 | 19.574226 | 1231.116434 | 3.187600 | 0.360273 |
| 57 | 13.442899 | 220.289638 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.097467 | -169.313381 | 19.129849 | 1206.249241 | 3.123214 | 0.352996 |
| 58 | 13.256870 | 217.241179 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.095000 | -165.309918 | 18.677518 | 1180.532946 | 3.056630 | 0.345470 |
| 59 | 13.075937 | 214.276209 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.092506 | -161.237525 | 18.217400 | 1153.999214 | 2.987929 | 0.337706 |
| 60 | 12.900126 | 211.395191 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.089986 | -157.097716 | 17.749664 | 1126.679323 | 2.917192 | 0.329711 |
| 61 | 12.729466 | 208.598566 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.087439 | -152.892048 | 17.274487 | 1098.604134 | 2.844500 | 0.321495 |
| 62 | 12.563981 | 205.886760 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.084867 | -148.622119 | 16.792050 | 1069.804072 | 2.769931 | 0.313067 |
| 63 | 12.403697 | 203.260180 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.082271 | -144.289569 | 16.302537 | 1040.309104 | 2.693563 | 0.304435 |
| 64 | 12.248638 | 200.719216 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.079652 | -139.896078 | 15.806139 | 1010.148726 | 2.615472 | 0.295609 |
| 65 | 12.098826 | 198.264243 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.077009 | -135.443365 | 15.303050 | 979.351943 | 2.535733 | 0.286597 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-----------|------------|-------|-------------|-----|------------|----------|-------------|-----------|------------|----------|----------|
| 66 | 11.954284 | 195.895616 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.074345 | -130.933187 | 14.793468 | 947.947265 | 2.454420 | 0.277407 |
| 67 | 11.815031 | 193.613677 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.071659 | -126.367338 | 14.277596 | 915.962696 | 2.371606 | 0.268047 |
| 68 | 11.681089 | 191.418750 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.068953 | -121.747651 | 13.755642 | 883.425729 | 2.287361 | 0.258525 |
| 69 | 11.552475 | 189.311146 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.066228 | -117.075991 | 13.227815 | 850.363345 | 2.201756 | 0.248850 |
| 70 | 11.429208 | 187.291159 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.063483 | -112.354257 | 12.694330 | 816.802016 | 2.114859 | 0.239028 |
| 71 | 11.311304 | 185.359068 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.060721 | -107.584382 | 12.155407 | 782.767702 | 2.026738 | 0.229069 |
| 72 | 11.198781 | 183.515139 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.057942 | -102.768332 | 11.611266 | 748.285862 | 1.937458 | 0.218978 |
| 73 | 11.091653 | 181.759622 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.055146 | -97.908100 | 11.062133 | 713.381459 | 1.847083 | 0.208764 |
| 74 | 10.989934 | 180.092753 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.052335 | -93.005710 | 10.508237 | 678.078971 | 1.755678 | 0.198433 |
| 75 | 10.893639 | 178.514757 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.049508 | -88.063215 | -9.949810 | 642.402401 | 1.663305 | 0.187992 |
| 76 | 10.802780 | 177.025841 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.046668 | -83.082692 | -9.387087 | 606.375293 | 1.570024 | 0.177449 |
| 77 | 10.717368 | 175.626203 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.043815 | -78.066245 | -8.820304 | 570.020748 | 1.475895 | 0.166811 |
| 78 | 10.637417 | 174.316026 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.040950 | -73.016002 | -8.249703 | 533.361438 | 1.380977 | 0.156083 |
| 79 | 10.562934 | 173.095479 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.038073 | -67.934113 | -7.675526 | 496.419630 | 1.285327 | 0.145272 |
| 80 | 10.493931 | 171.964721 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.035185 | -62.822748 | -7.098020 | 459.217202 | 1.189003 | 0.134385 |
| 81 | 10.430416 | 170.923897 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.032288 | -57.684098 | -6.517430 | 421.775667 | 1.092059 | 0.123428 |
| 82 | 10.372397 | 169.973140 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.029381 | -52.520372 | -5.934007 | 384.116197 | 0.994552 | 0.112408 |
| 83 | 10.319882 | 169.112570 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.026466 | -47.333797 | -5.348003 | 346.259646 | 0.896534 | 0.101329 |
| 84 | 10.272877 | 168.342297 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.023544 | -42.126612 | -4.759670 | 308.226575 | 0.798059 | 0.090199 |
| 85 | 10.231388 | 167.662417 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.020616 | -36.901074 | -4.169263 | 270.037280 | 0.699179 | 0.079024 |
| 86 | 10.195421 | 167.073016 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.017681 | -31.659448 | -3.577038 | 231.711820 | 0.599947 | 0.067808 |
| 87 | 10.164979 | 166.574168 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.014742 | -26.404014 | -2.983254 | 193.270041 | 0.500414 | 0.056558 |
| 88 | 10.140068 | 166.165935 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.011798 | -21.137057 | -2.388168 | 154.731611 | 0.400630 | 0.045281 |
| 89 | 10.120688 | 165.848368 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.008852 | -15.860875 | -1.792039 | 116.116042 | 0.300647 | 0.033980 |
| 90 | 10.106844 | 165.621506 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.005903 | -10.577766 | -1.195127 | 77.442728 | 0.200514 | 0.022663 |
| 91 | 10.098537 | 165.485378 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.002952 | -8.173897 | -0.923526 | 38.730968 | 0.100282 | 0.011334 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|-------|-------------|-----|------------|----------|------------|-----------|-------------|-----------|----------|
| 92 | 10.095768 | 165.440000 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| 93 | 10.098537 | 165.485378 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 8.173897 | 0.923526 | -38.730968 | -0.100282 | 0.011334 |
| 94 | 10.106844 | 165.621506 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 16.344224 | 1.846650 | -77.442728 | -0.200514 | 0.022663 |
| 95 | 10.120688 | 165.848368 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 24.507413 | 2.768966 | -116.116042 | -0.300647 | 0.033980 |
| 96 | 10.140068 | 166.165935 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 32.659901 | 3.690074 | -154.731611 | -0.400630 | 0.045281 |
| 97 | 10.164979 | 166.574168 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 40.798133 | 4.609571 | -193.270041 | -0.500414 | 0.056558 |
| 98 | 10.195421 | 167.073016 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 48.918562 | 5.527056 | -231.711820 | -0.599947 | 0.067808 |
| 99 | 10.231388 | 167.662417 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 57.017654 | 6.442130 | -270.037280 | -0.699179 | 0.079024 |
| 100 | 10.272877 | 168.342297 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 65.091889 | 7.354397 | -308.226575 | -0.798059 | 0.090199 |
| 101 | 10.319882 | 169.112570 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 73.137765 | 8.263459 | -346.259646 | -0.896534 | 0.101329 |
| 102 | 10.372397 | 169.973140 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 81.151796 | 9.168923 | -384.116197 | -0.994552 | 0.112408 |
| 103 | 10.430416 | 170.923897 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 89.130521 | 10.070398 | -421.775667 | -1.092059 | 0.123428 |
| 104 | 10.493931 | 171.964721 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 97.070500 | 10.967495 | -459.217202 | -1.189003 | 0.134385 |
| 105 | 10.562934 | 173.095479 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 104.968320 | 11.859829 | -496.419630 | -1.285327 | 0.145272 |
| 106 | 10.637417 | 174.316026 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 112.820596 | 12.747017 | -533.361438 | -1.380977 | 0.156083 |
| 107 | 10.717368 | 175.626203 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 120.623974 | 13.628680 | -570.020748 | -1.475895 | 0.166811 |
| 108 | 10.802780 | 177.025841 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 128.375131 | 14.504444 | -606.375293 | -1.570024 | 0.177449 |
| 109 | 10.893639 | 178.514757 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 136.070780 | 15.373935 | -642.402401 | -1.663305 | 0.187992 |
| 110 | 10.989934 | 180.092753 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 143.707672 | 16.236788 | -678.078971 | -1.755678 | 0.198433 |
| 111 | 11.091653 | 181.759622 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 151.282594 | 17.092640 | -713.381459 | -1.847083 | 0.208764 |
| 112 | 11.198781 | 183.515139 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 158.792376 | 17.941131 | -748.285862 | -1.937458 | 0.218978 |
| 113 | 11.311304 | 185.359068 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 166.233891 | 18.781910 | -782.767702 | -2.026738 | 0.229069 |
| 114 | 11.429208 | 187.291159 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 173.604057 | 19.614627 | -816.802016 | -2.114859 | 0.239028 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|-------|-------------|-----|------------|----------|------------|-----------|--------------|-----------|----------|
| 115 | 11.552475 | 189.311146 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 180.899839 | 20.438939 | -850.363345 | -2.201756 | - |
| 116 | 11.681089 | 191.418750 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.066228 | 188.118251 | 21.254510 | -883.425729 | -2.287361 | 0.248850 |
| 117 | 11.815031 | 193.613677 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.068953 | 195.256355 | 22.061008 | -915.962696 | -2.371606 | 0.258525 |
| 118 | 11.954284 | 195.895616 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.071659 | 202.311271 | 22.858106 | -947.947265 | -2.454420 | 0.268047 |
| 119 | 12.098826 | 198.264243 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.074345 | 209.280168 | 23.645486 | -979.351943 | -2.535733 | 0.277407 |
| 120 | 12.248638 | 200.719216 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.077009 | 209.280168 | 23.645486 | -979.351943 | -2.535733 | 0.286597 |
| 121 | 12.403697 | 203.260180 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.079652 | 216.160273 | 24.422834 | -1010.148726 | -2.615472 | 0.295609 |
| 122 | 12.563981 | 205.886760 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.082271 | 222.948871 | 25.189842 | -1040.309104 | -2.693563 | 0.304435 |
| 123 | 12.729466 | 208.598566 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.084867 | 229.643306 | 25.946212 | -1069.804072 | -2.769931 | 0.313067 |
| 124 | 12.900126 | 211.395191 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.087439 | 236.240982 | 26.691649 | -1098.604134 | -2.844500 | 0.321495 |
| 125 | 13.075937 | 214.276209 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.089986 | 242.739365 | 27.425868 | -1126.679323 | -2.917192 | 0.329711 |
| 126 | 13.256870 | 217.241179 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.092506 | 249.135986 | 28.148589 | -1153.999214 | -2.987929 | 0.337706 |
| 127 | 13.442899 | 220.289638 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.095000 | 255.428440 | 28.859541 | -1180.532946 | -3.056630 | 0.345470 |
| 128 | 13.633993 | 223.421108 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.097467 | 261.614386 | 29.558459 | -1206.249241 | -3.123214 | 0.352996 |
| 129 | 13.830122 | 226.635089 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.099905 | 267.691555 | 30.245087 | -1231.116434 | -3.187600 | 0.360273 |
| 130 | 14.031254 | 229.931064 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.102314 | 273.657742 | 30.919176 | -1255.102505 | -3.249705 | 0.367292 |
| 131 | 14.237358 | 233.308494 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.104694 | 279.510816 | 31.580485 | -1278.175103 | -3.309444 | 0.374044 |
| 132 | 14.448398 | 236.766821 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.107043 | 285.248713 | 32.228780 | -1300.301595 | -3.366734 | 0.380519 |
| 133 | 14.664339 | 240.305468 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.109361 | 290.869442 | 32.863837 | -1321.449097 | -3.421489 | 0.386708 |
| 134 | 14.885146 | 243.923833 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.111646 | 296.371085 | 33.485439 | -1341.584521 | -3.473624 | 0.392601 |
| 135 | 15.110779 | 247.621297 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.113899 | 301.751797 | 34.093378 | -1360.674625 | -3.523052 | 0.398187 |
| 136 | 15.341199 | 251.397217 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.116119 | 307.009808 | 34.687454 | -1378.686059 | -3.569687 | 0.403458 |
| 137 | 15.576367 | 255.250927 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.118304 | 312.143421 | 35.267474 | -1395.585426 | -3.613442 | 0.408403 |
| | | | | | | | | | | | | |
| 137 | 15.576367 | 255.250927 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.120455 | 317.151017 | 35.833257 | -1411.339337 | -3.654232 | 0.413014 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|-------|-------------|-----|------------|----------|------------|-----------|--------------|-----------|----------|
| 138 | 15.816240 | 259.181742 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 322.031051 | 36.384627 | -1425.914470 | -3.691970 | - |
| 139 | 16.060775 | 263.188950 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.124648 | 326.782055 | 36.921418 | -1439.277644 | -3.726570 | 0.421189 |
| 140 | 16.309927 | 267.271819 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.126690 | 331.402640 | 37.443474 | -1451.395881 | -3.757947 | 0.424736 |
| 141 | 16.563650 | 271.429590 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.128694 | 335.891490 | 37.950646 | -1462.236482 | -3.786015 | 0.427908 |
| 142 | 16.821896 | 275.661484 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.130660 | 340.247372 | 38.442795 | -1471.767101 | -3.810692 | 0.430697 |
| 143 | 17.084616 | 279.966695 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.132586 | 344.469127 | 38.919789 | -1479.955826 | -3.831894 | 0.433093 |
| 144 | 17.351759 | 284.344392 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.134473 | 348.555675 | 39.381507 | -1486.771260 | -3.849540 | 0.435088 |
| 145 | 17.623274 | 288.793722 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.136319 | 352.506015 | 39.827835 | -1492.182610 | -3.863551 | 0.436671 |
| 146 | 17.899106 | 293.313802 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.138125 | 356.319222 | 40.258670 | -1496.159770 | -3.873849 | 0.437835 |
| 147 | 18.179201 | 297.903726 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.139889 | 359.994452 | 40.673915 | -1498.673415 | -3.880357 | 0.438571 |
| 148 | 18.463500 | 302.562564 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.141611 | 363.530936 | 41.073484 | -1499.695094 | -3.883003 | 0.438870 |
| 149 | 18.751947 | 307.289355 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.143290 | 366.927984 | 41.457299 | -1499.197327 | -3.881714 | 0.438724 |
| 150 | 19.044480 | 312.083114 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.144925 | 370.184984 | 41.825291 | -1497.153702 | -3.876422 | 0.438126 |
| 151 | 19.341038 | 316.942829 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.146517 | 373.301401 | 42.177399 | -1493.538972 | -3.867063 | 0.437068 |
| 152 | 19.641558 | 321.867462 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.148064 | 376.276775 | 42.513571 | -1488.329163 | -3.853574 | 0.435544 |
| 153 | 19.945973 | 326.855944 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.149566 | 379.110724 | 42.833764 | -1481.501669 | -3.835896 | 0.433546 |
| 154 | 20.254219 | 331.907182 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.151023 | 381.802941 | 43.137944 | -1473.035364 | -3.813975 | 0.431068 |
| 155 | 20.566225 | 337.020053 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.152433 | 384.353195 | 43.426084 | -1462.910697 | -3.787761 | 0.428105 |
| 156 | 20.881923 | 342.193406 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.153797 | 386.761328 | 43.698167 | -1451.109807 | -3.757206 | 0.424652 |
| 157 | 21.201239 | 347.426064 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.155113 | 389.027258 | 43.954182 | -1437.616621 | -3.722269 | 0.420703 |
| 158 | 21.524101 | 352.716820 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.156382 | 391.150974 | 44.194130 | -1422.416959 | -3.682914 | 0.416255 |
| 159 | 21.850433 | 358.064437 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.157603 | 393.132537 | 44.418017 | -1405.498644 | -3.639110 | 0.411304 |
| 160 | 22.180157 | 363.467651 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.158775 | 394.972082 | 44.625857 | -1386.851599 | -3.590829 | 0.405847 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|-------|-------------|-----|------------|---|----------|------------|-----------|--------------|-----------|----------|
| 161 | 22.513195 | 368.925171 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.159898 | 396.669811 | 44.817675 | -1366.467952 | -3.538052 | 0.399882 |
| 162 | 22.849467 | 374.435673 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.160972 | 398.225999 | 44.993501 | -1344.342134 | -3.480764 | 0.393407 |
| 163 | 23.188889 | 379.997808 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.161996 | 399.640986 | 45.153373 | -1320.470979 | -3.418956 | 0.386422 |
| 164 | 23.531378 | 385.610196 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.162970 | 400.915180 | 45.297337 | -1294.853819 | -3.352629 | 0.378925 |
| 165 | 23.876848 | 391.271430 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.163893 | 402.049058 | 45.425448 | -1267.492576 | -3.281785 | 0.370918 |
| 166 | 24.225210 | 396.980071 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.164766 | 403.043157 | 45.537766 | -1238.391850 | -3.206438 | 0.362402 |
| 167 | 24.576377 | 402.734655 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.165587 | 403.898083 | 45.634360 | -1207.559005 | -3.126605 | 0.353379 |
| 168 | 24.930255 | 408.533687 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.166357 | 404.614500 | 45.715304 | -1175.004250 | -3.042315 | 0.343853 |
| 169 | 25.286753 | 414.375643 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.167075 | 405.193135 | 45.780681 | -1140.740716 | -2.953600 | 0.333826 |
| 170 | 25.645776 | 420.258973 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.167741 | 405.634775 | 45.830580 | -1104.784525 | -2.860502 | 0.323303 |
| 171 | 26.007227 | 426.182097 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.168354 | 405.940264 | 45.865096 | -1067.154859 | -2.763072 | 0.312292 |
| 172 | 26.371009 | 432.143407 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.168915 | 406.110504 | 45.884330 | -1027.874017 | -2.661366 | 0.300796 |
| 173 | 26.737021 | 438.141267 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.169424 | 406.146452 | 45.888392 | -986.967469 | -2.555451 | 0.288826 |
| 174 | 27.105161 | 444.174015 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.169879 | 406.049118 | 45.877394 | -944.463905 | -2.445401 | 0.276387 |
| 175 | 27.475328 | 450.239959 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.170281 | 405.819566 | 45.851458 | -900.395274 | -2.331299 | 0.263491 |
| 176 | 27.847416 | 456.337383 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.170630 | 405.458908 | 45.810710 | -854.796814 | -2.213235 | 0.250147 |
| 177 | 28.221318 | 462.464543 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.170925 | 404.968308 | 45.755279 | -807.707080 | -2.091311 | 0.236367 |
| 178 | 28.596927 | 468.619668 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.171167 | 404.348975 | 45.685304 | -759.167962 | -1.965634 | 0.222162 |
| 179 | 28.974132 | 474.800962 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.171355 | 403.602166 | 45.600926 | -709.224689 | -1.836321 | 0.207547 |
| 180 | 29.352824 | 481.006604 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.171490 | 402.729179 | 45.502292 | -657.925832 | -1.703498 | 0.192535 |
| 181 | 29.732889 | 487.234748 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.171570 | 401.731359 | 45.389553 | -605.323296 | -1.567300 | 0.177141 |
| 182 | 30.114212 | 493.483522 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.171597 | 400.610087 | 45.262866 | -551.472298 | -1.427869 | 0.161383 |
| 183 | 30.496679 | 499.751033 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.171570 | 399.366785 | 45.122392 | -496.431346 | -1.285357 | 0.145275 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|-------|-------------|-----|------------|---|----------|------------|-----------|-------------|-----------|---|----------|
| 184 | 30.880172 | 506.035361 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.171490 | 398.002912 | 44.968295 | -440.262194 | -1.139925 | - | 0.128838 |
| 185 | 31.264574 | 512.334567 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.171355 | 396.519963 | 44.800744 | -383.029806 | -0.991739 | - | 0.112090 |
| 186 | 31.649763 | 518.646688 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.171167 | 394.919466 | 44.619912 | -324.802290 | -0.840976 | - | 0.095050 |
| 187 | 32.035619 | 524.969739 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.170925 | 393.202981 | 44.425976 | -265.650840 | -0.687822 | - | 0.077740 |
| 188 | 32.422020 | 531.301716 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.170630 | 391.372098 | 44.219114 | -205.649655 | -0.532467 | - | 0.060181 |
| 189 | 32.808842 | 537.640594 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.170281 | 389.428434 | 43.999509 | -144.875859 | -0.375112 | - | 0.042396 |
| 190 | 33.195960 | 543.984328 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.169879 | 387.373636 | 43.767348 | -83.409401 | -0.215963 | - | 0.024409 |
| 191 | 33.583249 | 550.330856 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.169424 | 385.209371 | 43.522819 | -21.332953 | -0.055235 | - | 0.006243 |
| 192 | 33.970582 | 556.678097 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.168915 | 382.937334 | 43.266113 | 41.268204 | 0.106851 | - | 0.012077 |
| 193 | 34.357830 | 563.023954 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.168354 | 380.559238 | 42.997424 | 104.306306 | 0.270069 | - | 0.030524 |
| 194 | 34.744864 | 569.366314 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.167741 | 378.076815 | 42.716948 | 167.691236 | 0.434185 | - | 0.049073 |
| 195 | 35.131555 | 575.703048 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.167075 | 375.491817 | 42.424883 | 231.330669 | 0.598960 | - | 0.067696 |
| 196 | 35.517773 | 582.032014 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.166357 | 372.806010 | 42.121427 | 295.130222 | 0.764150 | - | 0.086367 |
| 197 | 35.903384 | 588.351055 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.165587 | 370.021175 | 41.806783 | 358.993614 | 0.929504 | - | 0.105056 |
| 198 | 36.288258 | 594.658004 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.164766 | 367.139105 | 41.481153 | 422.822831 | 1.094771 | - | 0.123735 |
| 199 | 36.672261 | 600.950680 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.163893 | 364.161605 | 41.144740 | 486.518307 | 1.259691 | - | 0.142374 |
| 200 | 37.055259 | 607.226894 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.162970 | 361.090487 | 40.797751 | 549.979102 | 1.424003 | - | 0.160946 |
| 201 | 37.437118 | 613.484446 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.161996 | 357.927571 | 40.440389 | 613.103095 | 1.587443 | - | 0.179418 |
| 202 | 37.817704 | 619.721130 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.160972 | 354.674686 | 40.072862 | 675.787179 | 1.749745 | - | 0.197762 |
| 203 | 38.196881 | 625.934730 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.159898 | 351.333660 | 39.695377 | 737.927469 | 1.910638 | - | 0.215947 |
| 204 | 38.574514 | 632.123025 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.158775 | 347.906327 | 39.308140 | 799.419504 | 2.069853 | - | 0.233942 |
| 205 | 38.950467 | 638.283790 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.157603 | 344.394521 | 38.911360 | 860.158463 | 2.227118 | - | 0.251716 |
| 206 | 39.324604 | 644.414795 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.156382 | 340.800076 | 38.505242 | 920.039388 | 2.382161 | - | 0.269240 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|-------|-------------|-----|------------|---|----------|------------|-----------|-------------|----------|----------|
| 207 | 39.696788 | 650.513808 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.155113 | 337.124824 | 38.089994 | 978.957400 | 2.534711 | 0.286482 |
| 208 | 40.066884 | 656.578594 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.153797 | 333.370593 | 37.665823 | 1036.807930 | 2.684498 | 0.303411 |
| 209 | 40.434755 | 662.606920 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.152433 | 329.539207 | 37.232934 | 1093.486942 | 2.831251 | 0.319997 |
| 210 | 40.800265 | 668.596552 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.151023 | 325.632482 | 36.791534 | 1148.891170 | 2.974703 | 0.336211 |
| 211 | 41.163277 | 674.545258 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.149566 | 321.652229 | 36.341825 | 1202.918346 | 3.114590 | 0.352021 |
| 212 | 41.523656 | 680.450811 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.148064 | 317.600249 | 35.884013 | 1255.467436 | 3.250650 | 0.367399 |
| 213 | 41.881266 | 686.310985 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.146517 | 313.478332 | 35.418299 | 1306.438871 | 3.382625 | 0.382316 |
| 214 | 42.235971 | 692.123563 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.144925 | 309.288258 | 34.944884 | 1355.734781 | 3.510261 | 0.396741 |
| 215 | 42.587637 | 697.886333 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.143290 | 305.031794 | 34.463968 | 1403.259228 | 3.633311 | 0.410649 |
| 216 | 42.936129 | 703.597092 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.141611 | 300.710692 | 33.975749 | 1448.918434 | 3.751532 | 0.424011 |
| 217 | 43.281313 | 709.253645 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.139889 | 296.326691 | 33.480424 | 1492.621011 | 3.864686 | 0.436800 |
| 218 | 43.623056 | 714.853810 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.138125 | 291.881514 | 32.978186 | 1534.278180 | 3.972545 | 0.448990 |
| 219 | 43.961225 | 720.395414 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.136319 | 287.376867 | 32.469229 | 1573.804002 | 4.074885 | 0.460557 |
| 220 | 44.295690 | 725.876300 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.134473 | 282.814437 | 31.953744 | 1611.115582 | 4.171492 | 0.471476 |
| 221 | 44.626318 | 731.294322 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.132586 | 278.195895 | 31.431919 | 1646.133290 | 4.262160 | 0.481723 |
| 222 | 44.952979 | 736.647352 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.130660 | 273.522889 | 30.903940 | 1678.780960 | 4.346691 | 0.491277 |
| 223 | 45.275546 | 741.933278 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.128694 | 268.797050 | 30.369992 | 1708.986094 | 4.424898 | 0.500117 |
| 224 | 45.593891 | 747.150006 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.126690 | 264.019986 | 29.830256 | 1736.680050 | 4.496603 | 0.508221 |
| 225 | 45.907886 | 752.295462 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.124648 | 259.193284 | 29.284912 | 1761.798229 | 4.561639 | 0.515572 |
| 226 | 46.217406 | 757.367592 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.122570 | 254.318509 | 28.734136 | 1784.280252 | 4.619849 | 0.522151 |
| 227 | 46.522328 | 762.364363 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.120455 | 249.397201 | 28.178103 | 1804.070126 | 4.671089 | 0.527942 |
| 228 | 46.822528 | 767.283766 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.118304 | 244.430879 | 27.616984 | 1821.116408 | 4.715225 | 0.532930 |
| 229 | 47.117886 | 772.123816 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.116119 | 239.421037 | 27.050947 | 1835.372347 | 4.752136 | 0.537102 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|-------|-------------|-----|------------|----------|------------|-----------|-------------|----------|----------|
| 230 | 47.408282 | 776.882554 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.113899 | 234.369144 | 26.480160 | 1846.796029 | 4.781714 | 0.540445 |
| 231 | 47.693598 | 781.558045 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.111646 | 229.276644 | 25.904785 | 1855.350506 | 4.803864 | 0.542949 |
| 232 | 47.973718 | 786.148385 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.109361 | 224.144959 | 25.324982 | 1861.003913 | 4.818501 | 0.544603 |
| 233 | 48.248527 | 790.651697 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.107043 | 218.975480 | 24.740909 | 1863.729574 | 4.825559 | 0.545401 |
| 234 | 48.517912 | 795.066134 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.104694 | 213.769578 | 24.152721 | 1863.506099 | 4.824980 | 0.545335 |
| 235 | 48.781764 | 799.389881 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.102314 | 208.528595 | 23.560570 | 1860.317470 | 4.816724 | 0.544402 |
| 236 | 49.039972 | 803.621155 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.099905 | 203.253847 | 22.964603 | 1854.153109 | 4.800763 | 0.542598 |
| 237 | 49.292430 | 807.758205 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.097467 | 197.946626 | 22.364968 | 1845.007941 | 4.777085 | 0.539922 |
| 238 | 49.539034 | 811.799317 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.095000 | 192.608196 | 21.761806 | 1832.882438 | 4.745689 | 0.536374 |
| 239 | 49.779681 | 815.742811 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.092506 | 187.239796 | 21.155258 | 1817.782657 | 4.706593 | 0.531955 |
| 240 | 50.014270 | 819.587044 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.089986 | 181.842639 | 20.545461 | 1799.720259 | 4.659826 | 0.526669 |
| 241 | 50.242704 | 823.330409 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.087439 | 176.417914 | 19.932550 | 1778.712521 | 4.605433 | 0.520521 |
| 242 | 50.464887 | 826.971339 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.084867 | 170.966781 | 19.316654 | 1754.782329 | 4.543473 | 0.513518 |
| 243 | 50.680726 | 830.508307 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.082271 | 165.490377 | 18.697904 | 1727.958163 | 4.474020 | 0.505669 |
| 244 | 50.890131 | 833.939826 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.079652 | 159.989814 | 18.076423 | 1698.274070 | 4.397162 | 0.496982 |
| 245 | 51.093012 | 837.264450 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.077009 | 154.466179 | 17.452336 | 1665.769616 | 4.313002 | 0.487470 |
| 246 | 51.289284 | 840.480774 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.074345 | 148.920535 | 16.825763 | 1630.489836 | 4.221656 | 0.477146 |
| 247 | 51.478864 | 843.587440 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.071659 | 143.353921 | 16.196820 | 1592.485165 | 4.123254 | 0.466024 |
| 248 | 51.661672 | 846.583130 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.068953 | 137.767353 | 15.565622 | 1551.811358 | 4.017942 | 0.454121 |
| 249 | 51.837631 | 849.466573 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.066228 | 132.161823 | 14.932282 | 1508.529397 | 3.905876 | 0.441455 |
| 250 | 52.006665 | 852.236543 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.063483 | 126.538302 | 14.296910 | 1462.705387 | 3.787229 | 0.428045 |
| 251 | 52.168702 | 854.891860 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.060721 | 120.897739 | 13.659612 | 1414.410442 | 3.662184 | 0.413912 |
| 252 | 52.323674 | 857.431393 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | 0.057942 | 115.241063 | 13.020493 | 1363.720555 | 3.530938 | 0.399078 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|-------|-------------|-----|------------|---|----------|------------|-----------|-------------|-----------|----------|
| 253 | 52.471514 | 859.854056 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.055146 | 109.569180 | 12.379656 | 1310.716459 | 3.393700 | 0.383567 |
| 254 | 52.612159 | 862.158815 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.052335 | 103.882978 | 11.737202 | 1255.483480 | 3.250691 | 0.367404 |
| 255 | 52.745549 | 864.344681 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.049508 | 98.183328 | 11.093227 | 1198.111374 | 3.102144 | 0.350615 |
| 256 | 52.871626 | 866.410718 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.046668 | 92.471079 | 10.447830 | 1138.694161 | 2.948301 | 0.333227 |
| 257 | 52.990337 | 868.356039 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.043815 | 86.747066 | 9.801103 | 1077.329937 | 2.789417 | 0.315269 |
| 258 | 53.101630 | 870.179808 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.040950 | 81.012107 | 9.153140 | 1014.120694 | 2.625756 | 0.296772 |
| 259 | 53.205458 | 871.881241 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.038073 | 75.267002 | 8.504030 | 949.172113 | 2.457591 | 0.277765 |
| 260 | 53.301775 | 873.459606 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.035185 | 69.512541 | 7.853863 | 882.593365 | 2.285206 | 0.258282 |
| 261 | 53.390542 | 874.914223 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.032288 | 63.749495 | 7.202726 | 814.496890 | 2.108891 | 0.238354 |
| 262 | 53.471718 | 876.244464 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.029381 | 57.978627 | 6.550706 | 744.998178 | 1.928945 | 0.218016 |
| 263 | 53.545269 | 877.449756 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.026466 | 52.200684 | 5.897886 | 674.215540 | 1.745675 | 0.197302 |
| 264 | 53.611164 | 878.529578 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.023544 | 46.416407 | 5.244350 | 602.269870 | 1.559394 | 0.176248 |
| 265 | 53.669374 | 879.483463 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.020616 | 40.626522 | 4.590181 | 529.284407 | 1.370420 | 0.154889 |
| 266 | 53.719873 | 880.311000 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.017681 | 34.831752 | 3.935460 | 455.384485 | 1.179079 | 0.133263 |
| 267 | 53.762640 | 881.011830 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.014742 | 29.032806 | 3.280267 | 380.697283 | 0.985699 | 0.111407 |
| 268 | 53.797657 | 881.585651 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.011798 | 23.230393 | 2.624682 | 305.351571 | 0.790615 | 0.089358 |
| 269 | 53.824908 | 882.032214 | 18.31 | 126226.9049 | 209 | 929.422306 | - | 0.008852 | 17.425211 | 1.968785 | 229.477445 | 0.594162 | 0.067154 |
| 270 | 53.844382 | 882.351326 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | - | 0.005903 | 7.518988 | 0.849532 | 153.206073 | 0.396680 | 0.044834 |
| 271 | 53.856069 | 882.542848 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | - | 0.002952 | 3.759717 | 0.424791 | 76.669423 | 0.198512 | 0.022436 |
| 272 | 53.859965 | 882.606698 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | - | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| 273 | 53.856069 | 882.542848 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | - | 0.002952 | -3.759717 | -0.424791 | -76.669423 | -0.198512 | 0.022436 |
| 274 | 53.844382 | 882.351326 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | - | 0.005903 | -7.518988 | -0.849532 | -153.206073 | -0.396680 | 0.044834 |
| 275 | 53.824908 | 882.032214 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | - | 0.008852 | -11.277367 | -1.274172 | -229.477445 | -0.594162 | 0.067154 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|-------|-------------|-----|------------|----------|------------|-----------|--------------|-----------|---|----------|
| 276 | 53.797657 | 881.585651 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.011798 | -15.034404 | -1.698660 | -305.351571 | -0.790615 | - | 0.089358 |
| 277 | 53.762640 | 881.011830 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.014742 | -18.789649 | -2.122946 | -380.697283 | -0.985699 | - | 0.111407 |
| 278 | 53.719873 | 880.311000 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.017681 | -22.542650 | -2.546978 | -455.384485 | -1.179079 | - | 0.133263 |
| 279 | 53.669374 | 879.483463 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.020616 | -26.292950 | -2.970705 | -529.284407 | -1.370420 | - | 0.154889 |
| 280 | 53.611164 | 878.529578 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.023544 | -30.040086 | -3.394075 | -602.269870 | -1.559394 | - | 0.176248 |
| 281 | 53.545269 | 877.449756 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.026466 | -33.783595 | -3.817035 | -674.215540 | -1.745675 | - | 0.197302 |
| 282 | 53.471718 | 876.244464 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.029381 | -37.523003 | -4.239531 | -744.998178 | -1.928945 | - | 0.218016 |
| 283 | 53.390542 | 874.914223 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.032288 | -41.257833 | -4.661511 | -814.496890 | -2.108891 | - | 0.238354 |
| 284 | 53.301775 | 873.459606 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.035185 | -44.987600 | -5.082918 | -882.593365 | -2.285206 | - | 0.258282 |
| 285 | 53.205458 | 871.881241 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.038073 | -48.711811 | -5.503697 | -949.172113 | -2.457591 | - | 0.277765 |
| 286 | 53.101630 | 870.179808 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.040950 | -52.429967 | -5.923793 | -1014.120694 | -2.625756 | - | 0.296772 |
| 287 | 52.990337 | 868.356039 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.043815 | -56.141557 | -6.343146 | -1077.329937 | -2.789417 | - | 0.315269 |
| 288 | 52.871626 | 866.410718 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.046668 | -59.846063 | -6.761699 | -1138.694161 | -2.948301 | - | 0.333227 |
| 289 | 52.745549 | 864.344681 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.049508 | -63.542955 | -7.179392 | -1198.111374 | -3.102144 | - | 0.350615 |
| 290 | 52.612159 | 862.158815 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.052335 | -67.231694 | -7.596164 | -1255.483480 | -3.250691 | - | 0.367404 |
| 291 | 52.471514 | 859.854056 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.055146 | -70.911728 | -8.011952 | -1310.716459 | -3.393700 | - | 0.383567 |
| 292 | 52.323674 | 857.431393 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.057942 | -74.582496 | -8.426693 | -1363.720555 | -3.530938 | - | 0.399078 |
| 293 | 52.168702 | 854.891860 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.060721 | -78.243423 | -8.840322 | -1414.410442 | -3.662184 | - | 0.413912 |
| 294 | 52.006665 | 852.236543 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.063483 | -81.893921 | -9.252773 | -1462.705387 | -3.787229 | - | 0.428045 |
| 295 | 51.837631 | 849.466573 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.066228 | -85.533389 | -9.663978 | -1508.529397 | -3.905876 | - | 0.441455 |
| 296 | 51.661672 | 846.583130 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.068953 | -89.161214 | 10.073868 | -1551.811358 | -4.017942 | - | 0.454121 |
| 297 | 51.478864 | 843.587440 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.071659 | -92.776768 | 10.482370 | -1592.485165 | -4.123254 | - | 0.466024 |
| 298 | 51.289284 | 840.480774 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.074345 | -96.379407 | 10.889414 | -1630.489836 | -4.221656 | - | 0.477146 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|-------|-------------|-----|------------|----------|-------------|---|-----------|--------------|-----------|---|----------|
| 299 | 51.093012 | 837.264450 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.077009 | -99.968474 | - | 11.294924 | -1665.769616 | -4.313002 | - | 0.487470 |
| 300 | 50.890131 | 833.939826 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.079652 | -103.543298 | - | 11.698825 | -1698.274070 | -4.397162 | - | 0.496982 |
| 301 | 50.680726 | 830.508307 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.082271 | -107.103190 | - | 12.101039 | -1727.958163 | -4.474020 | - | 0.505669 |
| 302 | 50.464887 | 826.971339 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.084867 | -110.647446 | - | 12.501486 | -1754.782329 | -4.543473 | - | 0.513518 |
| 303 | 50.242704 | 823.330409 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.087439 | -114.175347 | - | 12.900086 | -1778.712521 | -4.605433 | - | 0.520521 |
| 304 | 50.014270 | 819.587044 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.089986 | -117.686158 | - | 13.296754 | -1799.720259 | -4.659826 | - | 0.526669 |
| 305 | 49.779681 | 815.742811 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.092506 | -121.179127 | - | 13.691407 | -1817.782657 | -4.706593 | - | 0.531955 |
| 306 | 49.539034 | 811.799317 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.095000 | -124.653484 | - | 14.083957 | -1832.882438 | -4.745689 | - | 0.536374 |
| 307 | 49.292430 | 807.758205 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.097467 | -128.108446 | - | 14.474315 | -1845.007941 | -4.777085 | - | 0.539922 |
| 308 | 49.039972 | 803.621155 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.099905 | -131.543209 | - | 14.862391 | -1854.153109 | -4.800763 | - | 0.542598 |
| 309 | 48.781764 | 799.389881 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.102314 | -134.956957 | - | 15.248093 | -1860.317470 | -4.816724 | - | 0.544402 |
| 310 | 48.517912 | 795.066134 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.104694 | -138.348852 | - | 15.631326 | -1863.506099 | -4.824980 | - | 0.545335 |
| 311 | 48.248527 | 790.651697 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.107043 | -141.718043 | - | 16.011994 | -1863.729574 | -4.825559 | - | 0.545401 |
| 312 | 47.973718 | 786.148385 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.109361 | -145.063661 | - | 16.389998 | -1861.003913 | -4.818501 | - | 0.544603 |
| 313 | 47.693598 | 781.558045 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.111646 | -148.384821 | - | 16.765239 | -1855.350506 | -4.803864 | - | 0.542949 |
| 314 | 47.408282 | 776.882554 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.113899 | -151.680619 | - | 17.137614 | -1846.796029 | -4.781714 | - | 0.540445 |
| 315 | 47.117886 | 772.123816 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.116119 | -154.950138 | - | 17.507020 | -1835.372347 | -4.752136 | - | 0.537102 |
| 316 | 46.822528 | 767.283766 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.118304 | -158.192442 | - | 17.873351 | -1821.116408 | -4.715225 | - | 0.532930 |
| 317 | 46.522328 | 762.364363 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.120455 | -161.406580 | - | 18.236500 | -1804.070126 | -4.671089 | - | 0.527942 |
| 318 | 46.217406 | 757.367592 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.122570 | -164.591585 | - | 18.596358 | -1784.280252 | -4.619849 | - | 0.522151 |
| 319 | 45.907886 | 752.295462 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.124648 | -167.746476 | - | 18.952813 | -1761.798229 | -4.561639 | - | 0.515572 |
| 320 | 45.593891 | 747.150006 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.126690 | -170.870254 | - | 19.305752 | -1736.680050 | -4.496603 | - | 0.508221 |
| 321 | 45.275546 | 741.933278 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.128694 | -173.961906 | - | 19.655062 | -1708.986094 | -4.424898 | - | 0.500117 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|-------|-------------|-----|------------|----------|-------------|---|-----------|--------------|-----------|----------|
| 322 | 44.952979 | 736.647352 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.130660 | -177.020407 | - | 20.000626 | -1678.780960 | -4.346691 | 0.491277 |
| 323 | 44.626318 | 731.294322 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.132586 | -180.044715 | - | 20.342327 | -1646.133290 | -4.262160 | 0.481723 |
| 324 | 44.295690 | 725.876300 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.134473 | -183.033775 | - | 20.680046 | -1611.115582 | -4.171492 | 0.471476 |
| 325 | 43.961225 | 720.395414 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.136319 | -185.986519 | - | 21.013661 | -1573.804002 | -4.074885 | 0.460557 |
| 326 | 43.623056 | 714.853810 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.138125 | -188.901867 | - | 21.343052 | -1534.278180 | -3.972545 | 0.448990 |
| 327 | 43.281313 | 709.253645 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.139889 | -191.778727 | - | 21.668093 | -1492.621011 | -3.864686 | 0.436800 |
| 328 | 42.936129 | 703.597092 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.141611 | -194.615994 | - | 21.988661 | -1448.918434 | -3.751532 | 0.424011 |
| 329 | 42.587637 | 697.886333 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.143290 | -197.412554 | - | 22.304630 | -1403.259228 | -3.633311 | 0.410649 |
| 330 | 42.235971 | 692.123563 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.144925 | -200.167282 | - | 22.615873 | -1355.734781 | -3.510261 | 0.396741 |
| 331 | 41.881266 | 686.310985 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.146517 | -202.879043 | - | 22.922261 | -1306.438871 | -3.382625 | 0.382316 |
| 332 | 41.523656 | 680.450811 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.148064 | -205.546693 | - | 23.223665 | -1255.467436 | -3.250650 | 0.367399 |
| 333 | 41.163277 | 674.545258 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.149566 | -208.169081 | - | 23.519955 | -1202.918346 | -3.114590 | 0.352021 |
| 334 | 40.800265 | 668.596552 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.151023 | -210.745049 | - | 23.811000 | -1148.891170 | -2.974703 | 0.336211 |
| 335 | 40.434755 | 662.606920 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.152433 | -213.273429 | - | 24.096669 | -1093.486942 | -2.831251 | 0.319997 |
| 336 | 40.066884 | 656.578594 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.153797 | -215.753052 | - | 24.376829 | -1036.807930 | -2.684498 | 0.303411 |
| 337 | 39.696788 | 650.513808 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.155113 | -218.182741 | - | 24.651347 | -978.957400 | -2.534711 | 0.286482 |
| 338 | 39.324604 | 644.414795 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.156382 | -220.561315 | - | 24.920090 | -920.039388 | -2.382161 | 0.269240 |
| 339 | 38.950467 | 638.283790 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.157603 | -222.887593 | - | 25.182924 | -860.158463 | -2.227118 | 0.251716 |
| 340 | 38.574514 | 632.123025 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.158775 | -225.160387 | - | 25.439715 | -799.419504 | -2.069853 | 0.233942 |
| 341 | 38.196881 | 625.934730 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.159898 | -227.378512 | - | 25.690330 | -737.927469 | -1.910638 | 0.215947 |
| 342 | 37.817704 | 619.721130 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.160972 | -229.540780 | - | 25.934633 | -675.787179 | -1.749745 | 0.197762 |
| 343 | 37.437118 | 613.484446 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.161996 | -231.646004 | - | 26.172492 | -613.103095 | -1.587443 | 0.179418 |
| 344 | 37.055259 | 607.226894 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.162970 | -233.693001 | - | 26.403772 | -549.979102 | -1.424003 | 0.160946 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|-------|-------------|-----|------------|----------|-------------|---|-----------|-------------|-----------|---|----------|
| 345 | 36.672261 | 600.950680 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.163893 | -235.680589 | - | 26.628339 | -486.518307 | -1.259691 | - | 0.142374 |
| 346 | 36.288258 | 594.658004 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.164766 | -237.607588 | - | 26.846061 | -422.822831 | -1.094771 | - | 0.123735 |
| 347 | 35.903384 | 588.351055 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.165587 | -239.472825 | - | 27.056804 | -358.993614 | -0.929504 | - | 0.105056 |
| 348 | 35.517773 | 582.032014 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.166357 | -241.275134 | - | 27.260438 | -295.130222 | -0.764150 | - | 0.086367 |
| 349 | 35.131555 | 575.703048 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.167075 | -243.013353 | - | 27.456830 | -231.330669 | -0.598960 | - | 0.067696 |
| 350 | 34.744864 | 569.366314 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.167741 | -244.686329 | - | 27.645851 | -167.691236 | -0.434185 | - | 0.049073 |
| 351 | 34.357830 | 563.023954 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.168354 | -246.292921 | - | 27.827372 | -104.306306 | -0.270069 | - | 0.030524 |
| 352 | 33.970582 | 556.678097 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.168915 | -247.831993 | - | 28.001264 | -41.268204 | -0.106851 | - | 0.012077 |
| 353 | 33.583249 | 550.330856 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.169424 | -249.302426 | - | 28.167400 | 21.332953 | 0.055235 | - | 0.006243 |
| 354 | 33.195960 | 543.984328 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.169879 | -250.703109 | - | 28.325656 | 83.409401 | 0.215963 | - | 0.024409 |
| 355 | 32.808842 | 537.640594 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.170281 | -252.032947 | - | 28.475908 | 144.875859 | 0.375112 | - | 0.042396 |
| 356 | 32.422020 | 531.301716 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.170630 | -253.290861 | - | 28.618033 | 205.649655 | 0.532467 | - | 0.060181 |
| 357 | 32.035619 | 524.969739 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.170925 | -254.475784 | - | 28.751912 | 265.650840 | 0.687822 | - | 0.077740 |
| 358 | 31.649763 | 518.646688 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.171167 | -255.586671 | - | 28.877425 | 324.802290 | 0.840976 | - | 0.095050 |
| 359 | 31.264574 | 512.334567 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.171355 | -256.622492 | - | 28.994457 | 383.029806 | 0.991739 | - | 0.112090 |
| 360 | 30.880172 | 506.035361 | 11.85 | 81692.40521 | 135 | 601.509984 | 0.171490 | -257.582236 | - | 29.102894 | 440.262194 | 1.139925 | - | 0.128838 |

Tabla 54. Análisis cinemático del sistema de distribución efecto externo.

| Grados | Y(eve1) (in) | Y(eve1) (mm) | Y(eve2) (in) | Y(eve2) (mm) | Y(eve3) (in) | Y(eve3) (mm) | Estado | Y(eva1) (in) | Y(eva1) (mm) | Y(eva2) (in) | Y(eva2) (mm) | Y(eva3) (in) | Y(eva3) (mm) | Estado |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|
| 1 | 13.93 | 353.95 | 14.92 | 378.85 | 15.56 | 395.25 | Cerrado | 11.97 | 304.15 | 12.61 | 320.35 | 13.32 | 338.35 | Abierto |
| 2 | 13.93 | 353.94 | 14.91 | 378.84 | 15.56 | 395.24 | Cerrado | 11.97 | 304.14 | 12.61 | 320.34 | 13.32 | 338.34 | Abierto |
| 3 | 13.93 | 353.93 | 14.91 | 378.83 | 15.56 | 395.23 | Cerrado | 11.97 | 304.13 | 12.61 | 320.33 | 13.32 | 338.33 | Abierto |
| 4 | 13.93 | 353.91 | 14.91 | 378.81 | 15.56 | 395.21 | Cerrado | 11.97 | 304.11 | 12.61 | 320.31 | 13.32 | 338.31 | Abierto |
| 5 | 13.93 | 353.89 | 14.91 | 378.79 | 15.56 | 395.19 | Cerrado | 11.97 | 304.09 | 12.61 | 320.29 | 13.32 | 338.29 | Abierto |
| 6 | 13.93 | 353.86 | 14.91 | 378.76 | 15.56 | 395.16 | Cerrado | 11.97 | 304.06 | 12.61 | 320.26 | 13.32 | 338.26 | Abierto |
| 7 | 13.93 | 353.83 | 14.91 | 378.73 | 15.56 | 395.13 | Cerrado | 11.97 | 304.03 | 12.61 | 320.23 | 13.32 | 338.23 | Abierto |
| 8 | 13.93 | 353.79 | 14.91 | 378.69 | 15.55 | 395.09 | Cerrado | 11.97 | 303.99 | 12.61 | 320.19 | 13.31 | 338.19 | Abierto |
| 9 | 13.93 | 353.74 | 14.91 | 378.64 | 15.55 | 395.04 | Cerrado | 11.97 | 303.94 | 12.60 | 320.14 | 13.31 | 338.14 | Abierto |
| 10 | 13.93 | 353.70 | 14.91 | 378.60 | 15.55 | 395.00 | Cerrado | 11.96 | 303.90 | 12.60 | 320.10 | 13.31 | 338.10 | Abierto |
| 11 | 13.92 | 353.64 | 14.90 | 378.54 | 15.55 | 394.94 | Cerrado | 11.96 | 303.84 | 12.60 | 320.04 | 13.31 | 338.04 | Abierto |
| 12 | 13.92 | 353.58 | 14.90 | 378.48 | 15.55 | 394.88 | Cerrado | 11.96 | 303.78 | 12.60 | 319.98 | 13.31 | 337.98 | Abierto |
| 13 | 13.92 | 353.52 | 14.90 | 378.42 | 15.54 | 394.82 | Cerrado | 11.96 | 303.72 | 12.60 | 319.92 | 13.30 | 337.92 | Abierto |
| 14 | 13.92 | 353.45 | 14.90 | 378.35 | 15.54 | 394.75 | Cerrado | 11.95 | 303.65 | 12.59 | 319.85 | 13.30 | 337.85 | Abierto |
| 15 | 13.91 | 353.38 | 14.89 | 378.28 | 15.54 | 394.68 | Cerrado | 11.95 | 303.58 | 12.59 | 319.78 | 13.30 | 337.78 | Abierto |
| 16 | 13.91 | 353.30 | 14.89 | 378.20 | 15.54 | 394.60 | Cerrado | 11.95 | 303.50 | 12.59 | 319.70 | 13.30 | 337.70 | Abierto |
| 17 | 13.91 | 353.22 | 14.89 | 378.12 | 15.53 | 394.52 | Cerrado | 11.95 | 303.42 | 12.58 | 319.62 | 13.29 | 337.62 | Abierto |
| 18 | 13.90 | 353.13 | 14.88 | 378.03 | 15.53 | 394.43 | Cerrado | 11.94 | 303.33 | 12.58 | 319.53 | 13.29 | 337.53 | Abierto |
| 19 | 13.90 | 353.04 | 14.88 | 377.94 | 15.53 | 394.34 | Cerrado | 11.94 | 303.24 | 12.58 | 319.44 | 13.28 | 337.44 | Abierto |
| 20 | 13.90 | 352.94 | 14.88 | 377.84 | 15.52 | 394.24 | Cerrado | 11.93 | 303.14 | 12.57 | 319.34 | 13.28 | 337.34 | Abierto |
| 21 | 13.89 | 352.84 | 14.87 | 377.74 | 15.52 | 394.14 | Cerrado | 11.93 | 303.04 | 12.57 | 319.24 | 13.28 | 337.24 | Abierto |
| 22 | 13.89 | 352.73 | 14.87 | 377.63 | 15.51 | 394.03 | Cerrado | 11.93 | 302.93 | 12.56 | 319.13 | 13.27 | 337.13 | Abierto |
| 23 | 13.88 | 352.62 | 14.86 | 377.52 | 15.51 | 393.92 | Cerrado | 11.92 | 302.82 | 12.56 | 319.02 | 13.27 | 337.02 | Abierto |
| 24 | 13.88 | 352.50 | 14.86 | 377.40 | 15.50 | 393.80 | Cerrado | 11.92 | 302.70 | 12.56 | 318.90 | 13.26 | 336.90 | Abierto |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 25 | 13.87 | 352.38 | 14.85 | 377.28 | 15.50 | 393.68 | Cerrado | 11.91 | 302.58 | 12.55 | 318.78 | 13.26 | 336.78 | Abierto |
| 26 | 13.87 | 352.25 | 14.85 | 377.15 | 15.49 | 393.55 | Cerrado | 11.91 | 302.45 | 12.55 | 318.65 | 13.25 | 336.65 | Abierto |
| 27 | 13.86 | 352.12 | 14.84 | 377.02 | 15.49 | 393.42 | Cerrado | 11.90 | 302.32 | 12.54 | 318.52 | 13.25 | 336.52 | Abierto |
| 28 | 13.86 | 351.99 | 14.84 | 376.89 | 15.48 | 393.29 | Cerrado | 11.90 | 302.19 | 12.54 | 318.39 | 13.24 | 336.39 | Abierto |
| 29 | 13.85 | 351.85 | 14.83 | 376.75 | 15.48 | 393.15 | Cerrado | 11.89 | 302.05 | 12.53 | 318.25 | 13.24 | 336.25 | Abierto |
| 30 | 13.85 | 351.71 | 14.83 | 376.61 | 15.47 | 393.01 | Cerrado | 11.89 | 301.91 | 12.52 | 318.11 | 13.23 | 336.11 | Abierto |
| 31 | 13.84 | 351.56 | 14.82 | 376.46 | 15.47 | 392.86 | Cerrado | 11.88 | 301.76 | 12.52 | 317.96 | 13.23 | 335.96 | Abierto |
| 32 | 13.83 | 351.41 | 14.82 | 376.31 | 15.46 | 392.71 | Cerrado | 11.87 | 301.61 | 12.51 | 317.81 | 13.22 | 335.81 | Abierto |
| 33 | 13.83 | 351.25 | 14.81 | 376.15 | 15.45 | 392.55 | Cerrado | 11.87 | 301.45 | 12.51 | 317.65 | 13.21 | 335.65 | Abierto |
| 34 | 13.82 | 351.09 | 14.80 | 375.99 | 15.45 | 392.39 | Cerrado | 11.86 | 301.29 | 12.50 | 317.49 | 13.21 | 335.49 | Abierto |
| 35 | 13.82 | 350.92 | 14.80 | 375.82 | 15.44 | 392.22 | Cerrado | 11.86 | 301.12 | 12.49 | 317.32 | 13.20 | 335.32 | Abierto |
| 36 | 13.81 | 350.76 | 14.79 | 375.66 | 15.44 | 392.06 | Cerrado | 11.85 | 300.96 | 12.49 | 317.16 | 13.20 | 335.16 | Abierto |
| 37 | 13.80 | 350.58 | 14.78 | 375.48 | 15.43 | 391.88 | Cerrado | 11.84 | 300.78 | 12.48 | 316.98 | 13.19 | 334.98 | Abierto |
| 38 | 13.80 | 350.41 | 14.78 | 375.31 | 15.42 | 391.71 | Cerrado | 11.83 | 300.61 | 12.47 | 316.81 | 13.18 | 334.81 | Abierto |
| 39 | 13.79 | 350.22 | 14.77 | 375.12 | 15.41 | 391.52 | Cerrado | 11.83 | 300.42 | 12.47 | 316.62 | 13.17 | 334.62 | Abierto |
| 40 | 13.78 | 350.04 | 14.76 | 374.94 | 15.41 | 391.34 | Cerrado | 11.82 | 300.24 | 12.46 | 316.44 | 13.17 | 334.44 | Abierto |
| 41 | 13.77 | 349.85 | 14.75 | 374.75 | 15.40 | 391.15 | Cerrado | 11.81 | 300.05 | 12.45 | 316.25 | 13.16 | 334.25 | Abierto |
| 42 | 13.77 | 349.66 | 14.75 | 374.56 | 15.39 | 390.96 | Cerrado | 11.81 | 299.86 | 12.44 | 316.06 | 13.15 | 334.06 | Abierto |
| 43 | 13.76 | 349.46 | 14.74 | 374.36 | 15.38 | 390.76 | Cerrado | 11.80 | 299.66 | 12.44 | 315.86 | 13.14 | 333.86 | Abierto |
| 44 | 13.75 | 349.26 | 14.73 | 374.16 | 15.38 | 390.56 | Cerrado | 11.79 | 299.46 | 12.43 | 315.66 | 13.14 | 333.66 | Abierto |
| 45 | 13.74 | 349.06 | 14.72 | 373.96 | 15.37 | 390.36 | Cerrado | 11.78 | 299.26 | 12.42 | 315.46 | 13.13 | 333.46 | Abierto |
| 46 | 13.73 | 348.85 | 14.71 | 373.75 | 15.36 | 390.15 | Cerrado | 11.77 | 299.05 | 12.41 | 315.25 | 13.12 | 333.25 | Abierto |
| 47 | 13.73 | 348.64 | 14.71 | 373.54 | 15.35 | 389.94 | Cerrado | 11.77 | 298.84 | 12.40 | 315.04 | 13.11 | 333.04 | Abierto |
| 48 | 13.72 | 348.43 | 14.70 | 373.33 | 15.34 | 389.73 | Cerrado | 11.76 | 298.63 | 12.39 | 314.83 | 13.10 | 332.83 | Abierto |
| 49 | 13.71 | 348.21 | 14.69 | 373.11 | 15.34 | 389.51 | Cerrado | 11.75 | 298.41 | 12.39 | 314.61 | 13.09 | 332.61 | Abierto |
| 50 | 13.70 | 347.99 | 14.68 | 372.89 | 15.33 | 389.29 | Cerrado | 11.74 | 298.19 | 12.38 | 314.39 | 13.09 | 332.39 | Abierto |
| 51 | 13.69 | 347.77 | 14.67 | 372.67 | 15.32 | 389.07 | Cerrado | 11.73 | 297.97 | 12.37 | 314.17 | 13.08 | 332.17 | Abierto |
| 52 | 13.68 | 347.54 | 14.66 | 372.44 | 15.31 | 388.84 | Cerrado | 11.72 | 297.74 | 12.36 | 313.94 | 13.07 | 331.94 | Abierto |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 53 | 13.67 | 347.31 | 14.65 | 372.21 | 15.30 | 388.61 | Cerrado | 11.71 | 297.51 | 12.35 | 313.71 | 13.06 | 331.71 | Abierto |
| 54 | 13.66 | 347.08 | 14.64 | 371.98 | 15.29 | 388.38 | Cerrado | 11.70 | 297.28 | 12.34 | 313.48 | 13.05 | 331.48 | Abierto |
| 55 | 13.66 | 346.85 | 14.64 | 371.75 | 15.28 | 388.15 | Cerrado | 11.69 | 297.05 | 12.33 | 313.25 | 13.04 | 331.25 | Abierto |
| 56 | 13.65 | 346.61 | 14.63 | 371.51 | 15.27 | 387.91 | Cerrado | 11.69 | 296.81 | 12.32 | 313.01 | 13.03 | 331.01 | Abierto |
| 57 | 13.64 | 346.37 | 14.62 | 371.27 | 15.26 | 387.67 | Cerrado | 11.68 | 296.57 | 12.31 | 312.77 | 13.02 | 330.77 | Abierto |
| 58 | 13.63 | 346.13 | 14.61 | 371.03 | 15.25 | 387.43 | Cerrado | 11.67 | 296.33 | 12.30 | 312.53 | 13.01 | 330.53 | Abierto |
| 59 | 13.62 | 345.88 | 14.60 | 370.78 | 15.24 | 387.18 | Cerrado | 11.66 | 296.08 | 12.29 | 312.28 | 13.00 | 330.28 | Abierto |
| 60 | 13.61 | 345.63 | 14.59 | 370.53 | 15.23 | 386.93 | Cerrado | 11.65 | 295.83 | 12.28 | 312.03 | 12.99 | 330.03 | Abierto |
| 61 | 13.60 | 345.38 | 14.58 | 370.28 | 15.22 | 386.68 | Cerrado | 11.64 | 295.58 | 12.27 | 311.78 | 12.98 | 329.78 | Abierto |
| 62 | 13.59 | 345.13 | 14.57 | 370.03 | 15.21 | 386.43 | Cerrado | 11.63 | 295.33 | 12.26 | 311.53 | 12.97 | 329.53 | Abierto |
| 63 | 13.58 | 344.87 | 14.56 | 369.77 | 15.20 | 386.17 | Cerrado | 11.62 | 295.07 | 12.25 | 311.27 | 12.96 | 329.27 | Abierto |
| 64 | 13.57 | 344.62 | 14.55 | 369.52 | 15.19 | 385.92 | Cerrado | 11.61 | 294.82 | 12.24 | 311.02 | 12.95 | 329.02 | Abierto |
| 65 | 13.56 | 344.36 | 14.54 | 369.26 | 15.18 | 385.66 | Cerrado | 11.60 | 294.56 | 12.23 | 310.76 | 12.94 | 328.76 | Abierto |
| 66 | 13.55 | 344.10 | 14.53 | 369.00 | 15.17 | 385.40 | Cerrado | 11.59 | 294.30 | 12.22 | 310.50 | 12.93 | 328.50 | Abierto |
| 67 | 13.54 | 343.83 | 14.52 | 368.73 | 15.16 | 385.13 | Cerrado | 11.58 | 294.03 | 12.21 | 310.23 | 12.92 | 328.23 | Abierto |
| 68 | 13.53 | 343.57 | 14.51 | 368.47 | 15.15 | 384.87 | Cerrado | 11.57 | 293.77 | 12.20 | 309.97 | 12.91 | 327.97 | Abierto |
| 69 | 13.52 | 343.30 | 14.50 | 368.20 | 15.14 | 384.60 | Cerrado | 11.56 | 293.50 | 12.19 | 309.70 | 12.90 | 327.70 | Abierto |
| 70 | 13.51 | 343.03 | 14.49 | 367.93 | 15.13 | 384.33 | Cerrado | 11.54 | 293.23 | 12.18 | 309.43 | 12.89 | 327.43 | Abierto |
| 71 | 13.49 | 342.76 | 14.47 | 367.66 | 15.12 | 384.06 | Cerrado | 11.53 | 292.96 | 12.17 | 309.16 | 12.88 | 327.16 | Abierto |
| 72 | 13.48 | 342.49 | 14.46 | 367.39 | 15.11 | 383.79 | Cerrado | 11.52 | 292.69 | 12.16 | 308.89 | 12.87 | 326.89 | Abierto |
| 73 | 13.47 | 342.22 | 14.45 | 367.12 | 15.10 | 383.52 | Cerrado | 11.51 | 292.42 | 12.15 | 308.62 | 12.86 | 326.62 | Abierto |
| 74 | 13.46 | 341.95 | 14.44 | 366.85 | 15.09 | 383.25 | Cerrado | 11.50 | 292.15 | 12.14 | 308.35 | 12.85 | 326.35 | Abierto |
| 75 | 13.45 | 341.67 | 14.43 | 366.57 | 15.08 | 382.97 | Cerrado | 11.49 | 291.87 | 12.13 | 308.07 | 12.84 | 326.07 | Abierto |
| 76 | 13.44 | 341.40 | 14.42 | 366.30 | 15.07 | 382.70 | Cerrado | 11.48 | 291.60 | 12.12 | 307.80 | 12.83 | 325.80 | Abierto |
| 77 | 13.43 | 341.12 | 14.41 | 366.02 | 15.06 | 382.42 | Cerrado | 11.47 | 291.32 | 12.11 | 307.52 | 12.82 | 325.52 | Abierto |
| 78 | 13.42 | 340.84 | 14.40 | 365.74 | 15.04 | 382.14 | Cerrado | 11.46 | 291.04 | 12.10 | 307.24 | 12.80 | 325.24 | Abierto |
| 79 | 13.41 | 340.56 | 14.39 | 365.46 | 15.03 | 381.86 | Cerrado | 11.45 | 290.76 | 12.09 | 306.96 | 12.79 | 324.96 | Abierto |
| 80 | 13.40 | 340.28 | 14.38 | 365.18 | 15.02 | 381.58 | Cerrado | 11.44 | 290.48 | 12.07 | 306.68 | 12.78 | 324.68 | Abierto |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 81 | 13.39 | 340.00 | 14.37 | 364.90 | 15.01 | 381.30 | Cerrado | 11.43 | 290.20 | 12.06 | 306.40 | 12.77 | 324.40 | Abierto |
| 82 | 13.37 | 339.72 | 14.36 | 364.62 | 15.00 | 381.02 | Cerrado | 11.41 | 289.92 | 12.05 | 306.12 | 12.76 | 324.12 | Abierto |
| 83 | 13.36 | 339.44 | 14.34 | 364.34 | 14.99 | 380.74 | Cerrado | 11.40 | 289.64 | 12.04 | 305.84 | 12.75 | 323.84 | Abierto |
| 84 | 13.35 | 339.16 | 14.33 | 364.06 | 14.98 | 380.46 | Cerrado | 11.39 | 289.36 | 12.03 | 305.56 | 12.74 | 323.56 | Abierto |
| 85 | 13.34 | 338.87 | 14.32 | 363.77 | 14.97 | 380.17 | Cerrado | 11.38 | 289.07 | 12.02 | 305.27 | 12.73 | 323.27 | Abierto |
| 86 | 13.33 | 338.59 | 14.31 | 363.49 | 14.96 | 379.89 | Cerrado | 11.37 | 288.79 | 12.01 | 304.99 | 12.72 | 322.99 | Abierto |
| 87 | 13.32 | 338.31 | 14.30 | 363.21 | 14.95 | 379.61 | Cerrado | 11.36 | 288.51 | 12.00 | 304.71 | 12.71 | 322.71 | Abierto |
| 88 | 13.31 | 338.03 | 14.29 | 362.93 | 14.93 | 379.33 | Cerrado | 11.35 | 288.23 | 11.99 | 304.43 | 12.69 | 322.43 | Cerrado |
| 89 | 13.30 | 337.74 | 14.28 | 362.64 | 14.92 | 379.04 | Cerrado | 11.34 | 287.94 | 11.97 | 304.14 | 12.68 | 322.14 | Cerrado |
| 90 | 13.29 | 337.46 | 14.27 | 362.36 | 14.91 | 378.76 | Abierto | 11.33 | 287.66 | 11.96 | 303.86 | 12.67 | 321.86 | Cerrado |
| 91 | 13.27 | 337.18 | 14.25 | 362.08 | 14.90 | 378.48 | Abierto | 11.31 | 287.38 | 11.95 | 303.58 | 12.66 | 321.58 | Cerrado |
| 92 | 13.26 | 336.89 | 14.24 | 361.79 | 14.89 | 378.19 | Abierto | 11.30 | 287.09 | 11.94 | 303.29 | 12.65 | 321.29 | Cerrado |
| 93 | 13.25 | 336.61 | 14.23 | 361.51 | 14.88 | 377.91 | Abierto | 11.29 | 286.81 | 11.93 | 303.01 | 12.64 | 321.01 | Cerrado |
| 94 | 13.24 | 336.33 | 14.22 | 361.23 | 14.87 | 377.63 | Abierto | 11.28 | 286.53 | 11.92 | 302.73 | 12.63 | 320.73 | Cerrado |
| 95 | 13.23 | 336.05 | 14.21 | 360.95 | 14.86 | 377.35 | Abierto | 11.27 | 286.25 | 11.91 | 302.45 | 12.62 | 320.45 | Cerrado |
| 96 | 13.22 | 335.77 | 14.20 | 360.67 | 14.85 | 377.07 | Abierto | 11.26 | 285.97 | 11.90 | 302.17 | 12.61 | 320.17 | Cerrado |
| 97 | 13.21 | 335.49 | 14.19 | 360.39 | 14.83 | 376.79 | Abierto | 11.25 | 285.69 | 11.89 | 301.89 | 12.59 | 319.89 | Cerrado |
| 98 | 13.20 | 335.21 | 14.18 | 360.11 | 14.82 | 376.51 | Abierto | 11.24 | 285.41 | 11.87 | 301.61 | 12.58 | 319.61 | Cerrado |
| 99 | 13.19 | 334.93 | 14.17 | 359.83 | 14.81 | 376.23 | Abierto | 11.23 | 285.13 | 11.86 | 301.33 | 12.57 | 319.33 | Cerrado |
| 100 | 13.18 | 334.66 | 14.16 | 359.56 | 14.80 | 375.96 | Abierto | 11.21 | 284.86 | 11.85 | 301.06 | 12.56 | 319.06 | Cerrado |
| 101 | 13.16 | 334.38 | 14.14 | 359.28 | 14.79 | 375.68 | Abierto | 11.20 | 284.58 | 11.84 | 300.78 | 12.55 | 318.78 | Cerrado |
| 102 | 13.15 | 334.10 | 14.13 | 359.00 | 14.78 | 375.40 | Abierto | 11.19 | 284.30 | 11.83 | 300.50 | 12.54 | 318.50 | Cerrado |
| 103 | 13.14 | 333.83 | 14.12 | 358.73 | 14.77 | 375.13 | Abierto | 11.18 | 284.03 | 11.82 | 300.23 | 12.53 | 318.23 | Cerrado |
| 104 | 13.13 | 333.56 | 14.11 | 358.46 | 14.76 | 374.86 | Abierto | 11.17 | 283.76 | 11.81 | 299.96 | 12.52 | 317.96 | Cerrado |
| 105 | 13.12 | 333.29 | 14.10 | 358.19 | 14.75 | 374.59 | Abierto | 11.16 | 283.49 | 11.80 | 299.69 | 12.51 | 317.69 | Cerrado |
| 106 | 13.11 | 333.02 | 14.09 | 357.92 | 14.74 | 374.32 | Abierto | 11.15 | 283.22 | 11.79 | 299.42 | 12.50 | 317.42 | Cerrado |
| 107 | 13.10 | 332.75 | 14.08 | 357.65 | 14.73 | 374.05 | Abierto | 11.14 | 282.95 | 11.78 | 299.15 | 12.49 | 317.15 | Cerrado |
| 108 | 13.09 | 332.48 | 14.07 | 357.38 | 14.72 | 373.78 | Abierto | 11.13 | 282.68 | 11.77 | 298.88 | 12.48 | 316.88 | Cerrado |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 109 | 13.08 | 332.22 | 14.06 | 357.12 | 14.71 | 373.52 | Abierto | 11.12 | 282.42 | 11.76 | 298.62 | 12.47 | 316.62 | Cerrado |
| 110 | 13.07 | 331.95 | 14.05 | 356.85 | 14.69 | 373.25 | Abierto | 11.11 | 282.15 | 11.75 | 298.35 | 12.45 | 316.35 | Cerrado |
| 111 | 13.06 | 331.69 | 14.04 | 356.59 | 14.68 | 372.99 | Abierto | 11.10 | 281.89 | 11.74 | 298.09 | 12.44 | 316.09 | Cerrado |
| 112 | 13.05 | 331.43 | 14.03 | 356.33 | 14.67 | 372.73 | Abierto | 11.09 | 281.63 | 11.73 | 297.83 | 12.43 | 315.83 | Cerrado |
| 113 | 13.04 | 331.17 | 14.02 | 356.07 | 14.66 | 372.47 | Abierto | 11.08 | 281.37 | 11.72 | 297.57 | 12.42 | 315.57 | Cerrado |
| 114 | 13.03 | 330.92 | 14.01 | 355.82 | 14.65 | 372.22 | Abierto | 11.07 | 281.12 | 11.71 | 297.32 | 12.41 | 315.32 | Cerrado |
| 115 | 13.02 | 330.67 | 14.00 | 355.57 | 14.64 | 371.97 | Abierto | 11.06 | 280.87 | 11.70 | 297.07 | 12.40 | 315.07 | Cerrado |
| 116 | 13.01 | 330.41 | 13.99 | 355.31 | 14.63 | 371.71 | Abierto | 11.05 | 280.61 | 11.69 | 296.81 | 12.39 | 314.81 | Cerrado |
| 117 | 13.00 | 330.16 | 13.98 | 355.06 | 14.62 | 371.46 | Abierto | 11.04 | 280.36 | 11.68 | 296.56 | 12.38 | 314.56 | Cerrado |
| 118 | 12.99 | 329.92 | 13.97 | 354.82 | 14.61 | 371.22 | Abierto | 11.03 | 280.12 | 11.67 | 296.32 | 12.37 | 314.32 | Cerrado |
| 119 | 12.98 | 329.67 | 13.96 | 354.57 | 14.61 | 370.97 | Abierto | 11.02 | 279.87 | 11.66 | 296.07 | 12.37 | 314.07 | Cerrado |
| 120 | 12.97 | 329.43 | 13.95 | 354.33 | 14.60 | 370.73 | Abierto | 11.01 | 279.63 | 11.65 | 295.83 | 12.36 | 313.83 | Cerrado |
| 121 | 12.96 | 329.19 | 13.94 | 354.09 | 14.59 | 370.49 | Abierto | 11.00 | 279.39 | 11.64 | 295.59 | 12.35 | 313.59 | Cerrado |
| 122 | 12.95 | 328.96 | 13.93 | 353.86 | 14.58 | 370.26 | Abierto | 10.99 | 279.16 | 11.63 | 295.36 | 12.34 | 313.36 | Cerrado |
| 123 | 12.94 | 328.72 | 13.92 | 353.62 | 14.57 | 370.02 | Abierto | 10.98 | 278.92 | 11.62 | 295.12 | 12.33 | 313.12 | Cerrado |
| 124 | 12.93 | 328.49 | 13.91 | 353.39 | 14.56 | 369.79 | Abierto | 10.97 | 278.69 | 11.61 | 294.89 | 12.32 | 312.89 | Cerrado |
| 125 | 12.92 | 328.26 | 13.90 | 353.16 | 14.55 | 369.56 | Abierto | 10.96 | 278.46 | 11.60 | 294.66 | 12.31 | 312.66 | Cerrado |
| 126 | 12.91 | 328.04 | 13.90 | 352.94 | 14.54 | 369.34 | Abierto | 10.95 | 278.24 | 11.59 | 294.44 | 12.30 | 312.44 | Cerrado |
| 127 | 12.91 | 327.82 | 13.89 | 352.72 | 14.53 | 369.12 | Abierto | 10.95 | 278.02 | 11.58 | 294.22 | 12.29 | 312.22 | Cerrado |
| 128 | 12.90 | 327.60 | 13.88 | 352.50 | 14.52 | 368.90 | Abierto | 10.94 | 277.80 | 11.57 | 294.00 | 12.28 | 312.00 | Cerrado |
| 129 | 12.89 | 327.38 | 13.87 | 352.28 | 14.51 | 368.68 | Abierto | 10.93 | 277.58 | 11.57 | 293.78 | 12.27 | 311.78 | Cerrado |
| 130 | 12.88 | 327.17 | 13.86 | 352.07 | 14.51 | 368.47 | Abierto | 10.92 | 277.37 | 11.56 | 293.57 | 12.27 | 311.57 | Cerrado |
| 131 | 12.87 | 326.96 | 13.85 | 351.86 | 14.50 | 368.26 | Abierto | 10.91 | 277.16 | 11.55 | 293.36 | 12.26 | 311.36 | Cerrado |
| 132 | 12.86 | 326.75 | 13.84 | 351.65 | 14.49 | 368.05 | Abierto | 10.90 | 276.95 | 11.54 | 293.15 | 12.25 | 311.15 | Cerrado |
| 133 | 12.86 | 326.55 | 13.84 | 351.45 | 14.48 | 367.85 | Abierto | 10.90 | 276.75 | 11.53 | 292.95 | 12.24 | 310.95 | Cerrado |
| 134 | 12.85 | 326.35 | 13.83 | 351.25 | 14.47 | 367.65 | Abierto | 10.89 | 276.55 | 11.53 | 292.75 | 12.23 | 310.75 | Cerrado |
| 135 | 12.84 | 326.15 | 13.82 | 351.05 | 14.47 | 367.45 | Abierto | 10.88 | 276.35 | 11.52 | 292.55 | 12.23 | 310.55 | Cerrado |
| 136 | 12.83 | 325.96 | 13.81 | 350.86 | 14.46 | 367.26 | Abierto | 10.87 | 276.16 | 11.51 | 292.36 | 12.22 | 310.36 | Cerrado |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 137 | 12.83 | 325.77 | 13.81 | 350.67 | 14.45 | 367.07 | Abierto | 10.86 | 275.97 | 11.50 | 292.17 | 12.21 | 310.17 | Cerrado |
| 138 | 12.82 | 325.58 | 13.80 | 350.48 | 14.44 | 366.88 | Abierto | 10.86 | 275.78 | 11.50 | 291.98 | 12.20 | 309.98 | Cerrado |
| 139 | 12.81 | 325.40 | 13.79 | 350.30 | 14.44 | 366.70 | Abierto | 10.85 | 275.60 | 11.49 | 291.80 | 12.20 | 309.80 | Cerrado |
| 140 | 12.80 | 325.22 | 13.78 | 350.12 | 14.43 | 366.52 | Abierto | 10.84 | 275.42 | 11.48 | 291.62 | 12.19 | 309.62 | Cerrado |
| 141 | 12.80 | 325.05 | 13.78 | 349.95 | 14.42 | 366.35 | Abierto | 10.84 | 275.25 | 11.47 | 291.45 | 12.18 | 309.45 | Cerrado |
| 142 | 12.79 | 324.87 | 13.77 | 349.77 | 14.42 | 366.17 | Abierto | 10.83 | 275.07 | 11.47 | 291.27 | 12.18 | 309.27 | Cerrado |
| 143 | 12.78 | 324.71 | 13.76 | 349.61 | 14.41 | 366.01 | Abierto | 10.82 | 274.91 | 11.46 | 291.11 | 12.17 | 309.11 | Cerrado |
| 144 | 12.78 | 324.54 | 13.76 | 349.44 | 14.40 | 365.84 | Abierto | 10.82 | 274.74 | 11.45 | 290.94 | 12.16 | 308.94 | Cerrado |
| 145 | 12.77 | 324.38 | 13.75 | 349.28 | 14.40 | 365.68 | Abierto | 10.81 | 274.58 | 11.45 | 290.78 | 12.16 | 308.78 | Cerrado |
| 146 | 12.76 | 324.23 | 13.75 | 349.13 | 14.39 | 365.53 | Abierto | 10.80 | 274.43 | 11.44 | 290.63 | 12.15 | 308.63 | Cerrado |
| 147 | 12.76 | 324.08 | 13.74 | 348.98 | 14.38 | 365.38 | Abierto | 10.80 | 274.28 | 11.44 | 290.48 | 12.14 | 308.48 | Cerrado |
| 148 | 12.75 | 323.93 | 13.73 | 348.83 | 14.38 | 365.23 | Abierto | 10.79 | 274.13 | 11.43 | 290.33 | 12.14 | 308.33 | Cerrado |
| 149 | 12.75 | 323.79 | 13.73 | 348.69 | 14.37 | 365.09 | Abierto | 10.79 | 273.99 | 11.42 | 290.19 | 12.13 | 308.19 | Cerrado |
| 150 | 12.74 | 323.65 | 13.72 | 348.55 | 14.37 | 364.95 | Abierto | 10.78 | 273.85 | 11.42 | 290.05 | 12.13 | 308.05 | Cerrado |
| 151 | 12.74 | 323.51 | 13.72 | 348.41 | 14.36 | 364.81 | Abierto | 10.78 | 273.71 | 11.41 | 289.91 | 12.12 | 307.91 | Cerrado |
| 152 | 12.73 | 323.38 | 13.71 | 348.28 | 14.36 | 364.68 | Abierto | 10.77 | 273.58 | 11.41 | 289.78 | 12.12 | 307.78 | Cerrado |
| 153 | 12.73 | 323.26 | 13.71 | 348.16 | 14.35 | 364.56 | Abierto | 10.77 | 273.46 | 11.40 | 289.66 | 12.11 | 307.66 | Cerrado |
| 154 | 12.72 | 323.13 | 13.70 | 348.03 | 14.35 | 364.43 | Abierto | 10.76 | 273.33 | 11.40 | 289.53 | 12.11 | 307.53 | Cerrado |
| 155 | 12.72 | 323.02 | 13.70 | 347.92 | 14.34 | 364.32 | Abierto | 10.76 | 273.22 | 11.39 | 289.42 | 12.10 | 307.42 | Cerrado |
| 156 | 12.71 | 322.90 | 13.69 | 347.80 | 14.34 | 364.20 | Abierto | 10.75 | 273.10 | 11.39 | 289.30 | 12.10 | 307.30 | Cerrado |
| 157 | 12.71 | 322.79 | 13.69 | 347.69 | 14.33 | 364.09 | Abierto | 10.75 | 272.99 | 11.39 | 289.19 | 12.09 | 307.19 | Cerrado |
| 158 | 12.70 | 322.69 | 13.68 | 347.59 | 14.33 | 363.99 | Abierto | 10.74 | 272.89 | 11.38 | 289.09 | 12.09 | 307.09 | Cerrado |
| 159 | 12.70 | 322.59 | 13.68 | 347.49 | 14.33 | 363.89 | Abierto | 10.74 | 272.79 | 11.38 | 288.99 | 12.09 | 306.99 | Cerrado |
| 160 | 12.70 | 322.49 | 13.68 | 347.39 | 14.32 | 363.79 | Abierto | 10.74 | 272.69 | 11.37 | 288.89 | 12.08 | 306.89 | Cerrado |
| 161 | 12.69 | 322.40 | 13.67 | 347.30 | 14.32 | 363.70 | Abierto | 10.73 | 272.60 | 11.37 | 288.80 | 12.08 | 306.80 | Cerrado |
| 162 | 12.69 | 322.32 | 13.67 | 347.22 | 14.32 | 363.62 | Abierto | 10.73 | 272.52 | 11.37 | 288.72 | 12.08 | 306.72 | Cerrado |
| 163 | 12.69 | 322.23 | 13.67 | 347.13 | 14.31 | 363.53 | Abierto | 10.73 | 272.43 | 11.36 | 288.63 | 12.07 | 306.63 | Cerrado |
| 164 | 12.68 | 322.16 | 13.66 | 347.06 | 14.31 | 363.46 | Abierto | 10.72 | 272.36 | 11.36 | 288.56 | 12.07 | 306.56 | Cerrado |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 165 | 12.68 | 322.08 | 13.66 | 346.98 | 14.31 | 363.38 | Abierto | 10.72 | 272.28 | 11.36 | 288.48 | 12.07 | 306.48 | Cerrado |
| 166 | 12.68 | 322.01 | 13.66 | 346.91 | 14.30 | 363.31 | Abierto | 10.72 | 272.21 | 11.35 | 288.41 | 12.06 | 306.41 | Cerrado |
| 167 | 12.68 | 321.95 | 13.66 | 346.85 | 14.30 | 363.25 | Abierto | 10.71 | 272.15 | 11.35 | 288.35 | 12.06 | 306.35 | Cerrado |
| 168 | 12.67 | 321.89 | 13.65 | 346.79 | 14.30 | 363.19 | Abierto | 10.71 | 272.09 | 11.35 | 288.29 | 12.06 | 306.29 | Cerrado |
| 169 | 12.67 | 321.84 | 13.65 | 346.74 | 14.30 | 363.14 | Abierto | 10.71 | 272.04 | 11.35 | 288.24 | 12.06 | 306.24 | Cerrado |
| 170 | 12.67 | 321.79 | 13.65 | 346.69 | 14.29 | 363.09 | Abierto | 10.71 | 271.99 | 11.35 | 288.19 | 12.05 | 306.19 | Cerrado |
| 171 | 12.67 | 321.74 | 13.65 | 346.64 | 14.29 | 363.04 | Abierto | 10.71 | 271.94 | 11.34 | 288.14 | 12.05 | 306.14 | Cerrado |
| 172 | 12.67 | 321.70 | 13.65 | 346.60 | 14.29 | 363.00 | Abierto | 10.70 | 271.90 | 11.34 | 288.10 | 12.05 | 306.10 | Cerrado |
| 173 | 12.66 | 321.67 | 13.64 | 346.57 | 14.29 | 362.97 | Abierto | 10.70 | 271.87 | 11.34 | 288.07 | 12.05 | 306.07 | Cerrado |
| 174 | 12.66 | 321.64 | 13.64 | 346.54 | 14.29 | 362.94 | Abierto | 10.70 | 271.84 | 11.34 | 288.04 | 12.05 | 306.04 | Cerrado |
| 175 | 12.66 | 321.61 | 13.64 | 346.51 | 14.29 | 362.91 | Abierto | 10.70 | 271.81 | 11.34 | 288.01 | 12.05 | 306.01 | Cerrado |
| 176 | 12.66 | 321.59 | 13.64 | 346.49 | 14.29 | 362.89 | Abierto | 10.70 | 271.79 | 11.34 | 287.99 | 12.05 | 305.99 | Cerrado |
| 177 | 12.66 | 321.57 | 13.64 | 346.47 | 14.29 | 362.87 | Abierto | 10.70 | 271.77 | 11.34 | 287.97 | 12.05 | 305.97 | Cerrado |
| 178 | 12.66 | 321.56 | 13.64 | 346.46 | 14.29 | 362.86 | Abierto | 10.70 | 271.76 | 11.34 | 287.96 | 12.05 | 305.96 | Cerrado |
| 179 | 12.66 | 321.55 | 13.64 | 346.45 | 14.29 | 362.85 | Abierto | 10.70 | 271.75 | 11.34 | 287.95 | 12.05 | 305.95 | Cerrado |
| 180 | 12.66 | 321.55 | 13.64 | 346.45 | 14.29 | 362.85 | Abierto | 10.70 | 271.75 | 11.34 | 287.95 | 12.05 | 305.95 | Cerrado |
| 181 | 12.66 | 321.55 | 13.64 | 346.45 | 14.29 | 362.85 | Abierto | 10.70 | 271.75 | 11.34 | 287.95 | 12.05 | 305.95 | Cerrado |
| 182 | 12.66 | 321.56 | 13.64 | 346.46 | 14.29 | 362.86 | Abierto | 10.70 | 271.76 | 11.34 | 287.96 | 12.05 | 305.96 | Cerrado |
| 183 | 12.66 | 321.57 | 13.64 | 346.47 | 14.29 | 362.87 | Abierto | 10.70 | 271.77 | 11.34 | 287.97 | 12.05 | 305.97 | Cerrado |
| 184 | 12.66 | 321.59 | 13.64 | 346.49 | 14.29 | 362.89 | Abierto | 10.70 | 271.79 | 11.34 | 287.99 | 12.05 | 305.99 | Cerrado |
| 185 | 12.66 | 321.61 | 13.64 | 346.51 | 14.29 | 362.91 | Abierto | 10.70 | 271.81 | 11.34 | 288.01 | 12.05 | 306.01 | Cerrado |
| 186 | 12.66 | 321.64 | 13.64 | 346.54 | 14.29 | 362.94 | Abierto | 10.70 | 271.84 | 11.34 | 288.04 | 12.05 | 306.04 | Cerrado |
| 187 | 12.66 | 321.67 | 13.64 | 346.57 | 14.29 | 362.97 | Abierto | 10.70 | 271.87 | 11.34 | 288.07 | 12.05 | 306.07 | Cerrado |
| 188 | 12.67 | 321.70 | 13.65 | 346.60 | 14.29 | 363.00 | Abierto | 10.70 | 271.90 | 11.34 | 288.10 | 12.05 | 306.10 | Cerrado |
| 189 | 12.67 | 321.74 | 13.65 | 346.64 | 14.29 | 363.04 | Abierto | 10.71 | 271.94 | 11.34 | 288.14 | 12.05 | 306.14 | Cerrado |
| 190 | 12.67 | 321.79 | 13.65 | 346.69 | 14.29 | 363.09 | Abierto | 10.71 | 271.99 | 11.35 | 288.19 | 12.05 | 306.19 | Cerrado |
| 191 | 12.67 | 321.84 | 13.65 | 346.74 | 14.30 | 363.14 | Abierto | 10.71 | 272.04 | 11.35 | 288.24 | 12.06 | 306.24 | Cerrado |
| 192 | 12.67 | 321.89 | 13.65 | 346.79 | 14.30 | 363.19 | Abierto | 10.71 | 272.09 | 11.35 | 288.29 | 12.06 | 306.29 | Cerrado |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 193 | 12.68 | 321.95 | 13.66 | 346.85 | 14.30 | 363.25 | Abierto | 10.71 | 272.15 | 11.35 | 288.35 | 12.06 | 306.35 | Cerrado |
| 194 | 12.68 | 322.01 | 13.66 | 346.91 | 14.30 | 363.31 | Abierto | 10.72 | 272.21 | 11.35 | 288.41 | 12.06 | 306.41 | Cerrado |
| 195 | 12.68 | 322.08 | 13.66 | 346.98 | 14.31 | 363.38 | Abierto | 10.72 | 272.28 | 11.36 | 288.48 | 12.07 | 306.48 | Cerrado |
| 196 | 12.68 | 322.16 | 13.66 | 347.06 | 14.31 | 363.46 | Abierto | 10.72 | 272.36 | 11.36 | 288.56 | 12.07 | 306.56 | Cerrado |
| 197 | 12.69 | 322.23 | 13.67 | 347.13 | 14.31 | 363.53 | Abierto | 10.73 | 272.43 | 11.36 | 288.63 | 12.07 | 306.63 | Cerrado |
| 198 | 12.69 | 322.32 | 13.67 | 347.22 | 14.32 | 363.62 | Abierto | 10.73 | 272.52 | 11.37 | 288.72 | 12.08 | 306.72 | Cerrado |
| 199 | 12.69 | 322.40 | 13.67 | 347.30 | 14.32 | 363.70 | Abierto | 10.73 | 272.60 | 11.37 | 288.80 | 12.08 | 306.80 | Cerrado |
| 200 | 12.70 | 322.49 | 13.68 | 347.39 | 14.32 | 363.79 | Abierto | 10.74 | 272.69 | 11.37 | 288.89 | 12.08 | 306.89 | Cerrado |
| 201 | 12.70 | 322.59 | 13.68 | 347.49 | 14.33 | 363.89 | Abierto | 10.74 | 272.79 | 11.38 | 288.99 | 12.09 | 306.99 | Cerrado |
| 202 | 12.70 | 322.69 | 13.68 | 347.59 | 14.33 | 363.99 | Abierto | 10.74 | 272.89 | 11.38 | 289.09 | 12.09 | 307.09 | Cerrado |
| 203 | 12.71 | 322.79 | 13.69 | 347.69 | 14.33 | 364.09 | Abierto | 10.75 | 272.99 | 11.39 | 289.19 | 12.09 | 307.19 | Cerrado |
| 204 | 12.71 | 322.90 | 13.69 | 347.80 | 14.34 | 364.20 | Abierto | 10.75 | 273.10 | 11.39 | 289.30 | 12.10 | 307.30 | Cerrado |
| 205 | 12.72 | 323.02 | 13.70 | 347.92 | 14.34 | 364.32 | Abierto | 10.76 | 273.22 | 11.39 | 289.42 | 12.10 | 307.42 | Cerrado |
| 206 | 12.72 | 323.13 | 13.70 | 348.03 | 14.35 | 364.43 | Abierto | 10.76 | 273.33 | 11.40 | 289.53 | 12.11 | 307.53 | Cerrado |
| 207 | 12.73 | 323.26 | 13.71 | 348.16 | 14.35 | 364.56 | Abierto | 10.77 | 273.46 | 11.40 | 289.66 | 12.11 | 307.66 | Cerrado |
| 208 | 12.73 | 323.38 | 13.71 | 348.28 | 14.36 | 364.68 | Abierto | 10.77 | 273.58 | 11.41 | 289.78 | 12.12 | 307.78 | Cerrado |
| 209 | 12.74 | 323.51 | 13.72 | 348.41 | 14.36 | 364.81 | Abierto | 10.78 | 273.71 | 11.41 | 289.91 | 12.12 | 307.91 | Cerrado |
| 210 | 12.74 | 323.65 | 13.72 | 348.55 | 14.37 | 364.95 | Abierto | 10.78 | 273.85 | 11.42 | 290.05 | 12.13 | 308.05 | Cerrado |
| 211 | 12.75 | 323.79 | 13.73 | 348.69 | 14.37 | 365.09 | Abierto | 10.79 | 273.99 | 11.42 | 290.19 | 12.13 | 308.19 | Cerrado |
| 212 | 12.75 | 323.93 | 13.73 | 348.83 | 14.38 | 365.23 | Abierto | 10.79 | 274.13 | 11.43 | 290.33 | 12.14 | 308.33 | Cerrado |
| 213 | 12.76 | 324.08 | 13.74 | 348.98 | 14.38 | 365.38 | Abierto | 10.80 | 274.28 | 11.44 | 290.48 | 12.14 | 308.48 | Cerrado |
| 214 | 12.76 | 324.23 | 13.75 | 349.13 | 14.39 | 365.53 | Abierto | 10.80 | 274.43 | 11.44 | 290.63 | 12.15 | 308.63 | Cerrado |
| 215 | 12.77 | 324.38 | 13.75 | 349.28 | 14.40 | 365.68 | Abierto | 10.81 | 274.58 | 11.45 | 290.78 | 12.16 | 308.78 | Cerrado |
| 216 | 12.78 | 324.54 | 13.76 | 349.44 | 14.40 | 365.84 | Abierto | 10.82 | 274.74 | 11.45 | 290.94 | 12.16 | 308.94 | Cerrado |
| 217 | 12.78 | 324.71 | 13.76 | 349.61 | 14.41 | 366.01 | Abierto | 10.82 | 274.91 | 11.46 | 291.11 | 12.17 | 309.11 | Cerrado |
| 218 | 12.79 | 324.87 | 13.77 | 349.77 | 14.42 | 366.17 | Abierto | 10.83 | 275.07 | 11.47 | 291.27 | 12.18 | 309.27 | Cerrado |
| 219 | 12.80 | 325.05 | 13.78 | 349.95 | 14.42 | 366.35 | Abierto | 10.84 | 275.25 | 11.47 | 291.45 | 12.18 | 309.45 | Cerrado |
| 220 | 12.80 | 325.22 | 13.78 | 350.12 | 14.43 | 366.52 | Abierto | 10.84 | 275.42 | 11.48 | 291.62 | 12.19 | 309.62 | Cerrado |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 221 | 12.81 | 325.40 | 13.79 | 350.30 | 14.44 | 366.70 | Abierto | 10.85 | 275.60 | 11.49 | 291.80 | 12.20 | 309.80 | Cerrado |
| 222 | 12.82 | 325.58 | 13.80 | 350.48 | 14.44 | 366.88 | Abierto | 10.86 | 275.78 | 11.50 | 291.98 | 12.20 | 309.98 | Cerrado |
| 223 | 12.83 | 325.77 | 13.81 | 350.67 | 14.45 | 367.07 | Abierto | 10.86 | 275.97 | 11.50 | 292.17 | 12.21 | 310.17 | Cerrado |
| 224 | 12.83 | 325.96 | 13.81 | 350.86 | 14.46 | 367.26 | Abierto | 10.87 | 276.16 | 11.51 | 292.36 | 12.22 | 310.36 | Cerrado |
| 225 | 12.84 | 326.15 | 13.82 | 351.05 | 14.47 | 367.45 | Abierto | 10.88 | 276.35 | 11.52 | 292.55 | 12.23 | 310.55 | Cerrado |
| 226 | 12.85 | 326.35 | 13.83 | 351.25 | 14.47 | 367.65 | Abierto | 10.89 | 276.55 | 11.53 | 292.75 | 12.23 | 310.75 | Cerrado |
| 227 | 12.86 | 326.55 | 13.84 | 351.45 | 14.48 | 367.85 | Abierto | 10.90 | 276.75 | 11.53 | 292.95 | 12.24 | 310.95 | Cerrado |
| 228 | 12.86 | 326.75 | 13.84 | 351.65 | 14.49 | 368.05 | Abierto | 10.90 | 276.95 | 11.54 | 293.15 | 12.25 | 311.15 | Cerrado |
| 229 | 12.87 | 326.96 | 13.85 | 351.86 | 14.50 | 368.26 | Abierto | 10.91 | 277.16 | 11.55 | 293.36 | 12.26 | 311.36 | Cerrado |
| 230 | 12.88 | 327.17 | 13.86 | 352.07 | 14.51 | 368.47 | Abierto | 10.92 | 277.37 | 11.56 | 293.57 | 12.27 | 311.57 | Cerrado |
| 231 | 12.89 | 327.38 | 13.87 | 352.28 | 14.51 | 368.68 | Abierto | 10.93 | 277.58 | 11.57 | 293.78 | 12.27 | 311.78 | Cerrado |
| 232 | 12.90 | 327.60 | 13.88 | 352.50 | 14.52 | 368.90 | Abierto | 10.94 | 277.80 | 11.57 | 294.00 | 12.28 | 312.00 | Cerrado |
| 233 | 12.91 | 327.82 | 13.89 | 352.72 | 14.53 | 369.12 | Abierto | 10.95 | 278.02 | 11.58 | 294.22 | 12.29 | 312.22 | Cerrado |
| 234 | 12.91 | 328.04 | 13.90 | 352.94 | 14.54 | 369.34 | Abierto | 10.95 | 278.24 | 11.59 | 294.44 | 12.30 | 312.44 | Cerrado |
| 235 | 12.92 | 328.26 | 13.90 | 353.16 | 14.55 | 369.56 | Abierto | 10.96 | 278.46 | 11.60 | 294.66 | 12.31 | 312.66 | Cerrado |
| 236 | 12.93 | 328.49 | 13.91 | 353.39 | 14.56 | 369.79 | Abierto | 10.97 | 278.69 | 11.61 | 294.89 | 12.32 | 312.89 | Cerrado |
| 237 | 12.94 | 328.72 | 13.92 | 353.62 | 14.57 | 370.02 | Abierto | 10.98 | 278.92 | 11.62 | 295.12 | 12.33 | 313.12 | Cerrado |
| 238 | 12.95 | 328.96 | 13.93 | 353.86 | 14.58 | 370.26 | Abierto | 10.99 | 279.16 | 11.63 | 295.36 | 12.34 | 313.36 | Cerrado |
| 239 | 12.96 | 329.19 | 13.94 | 354.09 | 14.59 | 370.49 | Abierto | 11.00 | 279.39 | 11.64 | 295.59 | 12.35 | 313.59 | Cerrado |
| 240 | 12.97 | 329.43 | 13.95 | 354.33 | 14.60 | 370.73 | Abierto | 11.01 | 279.63 | 11.65 | 295.83 | 12.36 | 313.83 | Cerrado |
| 241 | 12.98 | 329.67 | 13.96 | 354.57 | 14.61 | 370.97 | Abierto | 11.02 | 279.87 | 11.66 | 296.07 | 12.37 | 314.07 | Cerrado |
| 242 | 12.99 | 329.92 | 13.97 | 354.82 | 14.61 | 371.22 | Abierto | 11.03 | 280.12 | 11.67 | 296.32 | 12.37 | 314.32 | Cerrado |
| 243 | 13.00 | 330.16 | 13.98 | 355.06 | 14.62 | 371.46 | Abierto | 11.04 | 280.36 | 11.68 | 296.56 | 12.38 | 314.56 | Cerrado |
| 244 | 13.01 | 330.41 | 13.99 | 355.31 | 14.63 | 371.71 | Abierto | 11.05 | 280.61 | 11.69 | 296.81 | 12.39 | 314.81 | Cerrado |
| 245 | 13.02 | 330.67 | 14.00 | 355.57 | 14.64 | 371.97 | Abierto | 11.06 | 280.87 | 11.70 | 297.07 | 12.40 | 315.07 | Cerrado |
| 246 | 13.03 | 330.92 | 14.01 | 355.82 | 14.65 | 372.22 | Abierto | 11.07 | 281.12 | 11.71 | 297.32 | 12.41 | 315.32 | Cerrado |
| 247 | 13.04 | 331.17 | 14.02 | 356.07 | 14.66 | 372.47 | Abierto | 11.08 | 281.37 | 11.72 | 297.57 | 12.42 | 315.57 | Cerrado |
| 248 | 13.05 | 331.43 | 14.03 | 356.33 | 14.67 | 372.73 | Abierto | 11.09 | 281.63 | 11.73 | 297.83 | 12.43 | 315.83 | Cerrado |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|
| 249 | 13.06 | 331.69 | 14.04 | 356.59 | 14.68 | 372.99 | Abierto | 11.10 | 281.89 | 11.74 | 298.09 | 12.44 | 316.09 | Cerrado |
| 250 | 13.07 | 331.95 | 14.05 | 356.85 | 14.69 | 373.25 | Abierto | 11.11 | 282.15 | 11.75 | 298.35 | 12.45 | 316.35 | Cerrado |
| 251 | 13.08 | 332.22 | 14.06 | 357.12 | 14.71 | 373.52 | Abierto | 11.12 | 282.42 | 11.76 | 298.62 | 12.47 | 316.62 | Cerrado |
| 252 | 13.09 | 332.48 | 14.07 | 357.38 | 14.72 | 373.78 | Abierto | 11.13 | 282.68 | 11.77 | 298.88 | 12.48 | 316.88 | Cerrado |
| 253 | 13.10 | 332.75 | 14.08 | 357.65 | 14.73 | 374.05 | Abierto | 11.14 | 282.95 | 11.78 | 299.15 | 12.49 | 317.15 | Cerrado |
| 254 | 13.11 | 333.02 | 14.09 | 357.92 | 14.74 | 374.32 | Abierto | 11.15 | 283.22 | 11.79 | 299.42 | 12.50 | 317.42 | Cerrado |
| 255 | 13.12 | 333.29 | 14.10 | 358.19 | 14.75 | 374.59 | Abierto | 11.16 | 283.49 | 11.80 | 299.69 | 12.51 | 317.69 | Cerrado |
| 256 | 13.13 | 333.56 | 14.11 | 358.46 | 14.76 | 374.86 | Abierto | 11.17 | 283.76 | 11.81 | 299.96 | 12.52 | 317.96 | Cerrado |
| 257 | 13.14 | 333.83 | 14.12 | 358.73 | 14.77 | 375.13 | Abierto | 11.18 | 284.03 | 11.82 | 300.23 | 12.53 | 318.23 | Cerrado |
| 258 | 13.15 | 334.10 | 14.13 | 359.00 | 14.78 | 375.40 | Abierto | 11.19 | 284.30 | 11.83 | 300.50 | 12.54 | 318.50 | Cerrado |
| 259 | 13.16 | 334.38 | 14.14 | 359.28 | 14.79 | 375.68 | Abierto | 11.20 | 284.58 | 11.84 | 300.78 | 12.55 | 318.78 | Cerrado |
| 260 | 13.18 | 334.66 | 14.16 | 359.56 | 14.80 | 375.96 | Abierto | 11.21 | 284.86 | 11.85 | 301.06 | 12.56 | 319.06 | Cerrado |
| 261 | 13.19 | 334.93 | 14.17 | 359.83 | 14.81 | 376.23 | Abierto | 11.23 | 285.13 | 11.86 | 301.33 | 12.57 | 319.33 | Cerrado |
| 262 | 13.20 | 335.21 | 14.18 | 360.11 | 14.82 | 376.51 | Abierto | 11.24 | 285.41 | 11.87 | 301.61 | 12.58 | 319.61 | Cerrado |
| 263 | 13.21 | 335.49 | 14.19 | 360.39 | 14.83 | 376.79 | Abierto | 11.25 | 285.69 | 11.89 | 301.89 | 12.59 | 319.89 | Cerrado |
| 264 | 13.22 | 335.77 | 14.20 | 360.67 | 14.85 | 377.07 | Abierto | 11.26 | 285.97 | 11.90 | 302.17 | 12.61 | 320.17 | Cerrado |
| 265 | 13.23 | 336.05 | 14.21 | 360.95 | 14.86 | 377.35 | Abierto | 11.27 | 286.25 | 11.91 | 302.45 | 12.62 | 320.45 | Cerrado |
| 266 | 13.24 | 336.33 | 14.22 | 361.23 | 14.87 | 377.63 | Abierto | 11.28 | 286.53 | 11.92 | 302.73 | 12.63 | 320.73 | Cerrado |
| 267 | 13.25 | 336.61 | 14.23 | 361.51 | 14.88 | 377.91 | Abierto | 11.29 | 286.81 | 11.93 | 303.01 | 12.64 | 321.01 | Cerrado |
| 268 | 13.26 | 336.89 | 14.24 | 361.79 | 14.89 | 378.19 | Abierto | 11.30 | 287.09 | 11.94 | 303.29 | 12.65 | 321.29 | Cerrado |
| 269 | 13.27 | 337.18 | 14.25 | 362.08 | 14.90 | 378.48 | Abierto | 11.31 | 287.38 | 11.95 | 303.58 | 12.66 | 321.58 | Cerrado |
| 270 | 13.29 | 337.46 | 14.27 | 362.36 | 14.91 | 378.76 | Abierto | 11.33 | 287.66 | 11.96 | 303.86 | 12.67 | 321.86 | Cerrado |
| 271 | 13.30 | 337.74 | 14.28 | 362.64 | 14.92 | 379.04 | Cerrado | 11.34 | 287.94 | 11.97 | 304.14 | 12.68 | 322.14 | Cerrado |
| 272 | 13.31 | 338.03 | 14.29 | 362.93 | 14.93 | 379.33 | Cerrado | 11.35 | 288.23 | 11.99 | 304.43 | 12.69 | 322.43 | Cerrado |
| Grados | Y(eve1) (in) | Y(eve1) (mm) | Y(eve2) (in) | Y(eve2) (mm) | Y(eve3) (in) | Y(eve3) (mm) | Estado | Y(eva1) (in) | Y(eva1) (mm) | Y(eva2) (in) | Y(eva2) (mm) | Y(eva3) (in) | Y(eva3) (mm) | Estado |
| 272 | 13.31 | 338.08 | 14.29 | 362.98 | 14.94 | 379.38 | Cerrado | 11.35 | 288.28 | 11.99 | 304.48 | 12.70 | 322.48 | Abierto |
| 273 | 13.32 | 338.31 | 14.30 | 363.21 | 14.95 | 379.61 | Cerrado | 11.36 | 288.51 | 12.00 | 304.71 | 12.71 | 322.71 | Abierto |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 274 | 13.33 | 338.59 | 14.31 | 363.49 | 14.96 | 379.89 | Cerrado | 11.37 | 288.79 | 12.01 | 304.99 | 12.72 | 322.99 | Abierto |
| 275 | 13.34 | 338.87 | 14.32 | 363.77 | 14.97 | 380.17 | Cerrado | 11.38 | 289.07 | 12.02 | 305.27 | 12.73 | 323.27 | Abierto |
| 276 | 13.35 | 339.16 | 14.33 | 364.06 | 14.98 | 380.46 | Cerrado | 11.39 | 289.36 | 12.03 | 305.56 | 12.74 | 323.56 | Abierto |
| 277 | 13.36 | 339.44 | 14.34 | 364.34 | 14.99 | 380.74 | Cerrado | 11.40 | 289.64 | 12.04 | 305.84 | 12.75 | 323.84 | Abierto |
| 278 | 13.37 | 339.72 | 14.36 | 364.62 | 15.00 | 381.02 | Cerrado | 11.41 | 289.92 | 12.05 | 306.12 | 12.76 | 324.12 | Abierto |
| 279 | 13.39 | 340.00 | 14.37 | 364.90 | 15.01 | 381.30 | Cerrado | 11.43 | 290.20 | 12.06 | 306.40 | 12.77 | 324.40 | Abierto |
| 280 | 13.40 | 340.28 | 14.38 | 365.18 | 15.02 | 381.58 | Cerrado | 11.44 | 290.48 | 12.07 | 306.68 | 12.78 | 324.68 | Abierto |
| 281 | 13.41 | 340.56 | 14.39 | 365.46 | 15.03 | 381.86 | Cerrado | 11.45 | 290.76 | 12.09 | 306.96 | 12.79 | 324.96 | Abierto |
| 282 | 13.42 | 340.84 | 14.40 | 365.74 | 15.04 | 382.14 | Cerrado | 11.46 | 291.04 | 12.10 | 307.24 | 12.80 | 325.24 | Abierto |
| 283 | 13.43 | 341.12 | 14.41 | 366.02 | 15.06 | 382.42 | Cerrado | 11.47 | 291.32 | 12.11 | 307.52 | 12.82 | 325.52 | Abierto |
| 284 | 13.44 | 341.40 | 14.42 | 366.30 | 15.07 | 382.70 | Cerrado | 11.48 | 291.60 | 12.12 | 307.80 | 12.83 | 325.80 | Abierto |
| 285 | 13.45 | 341.67 | 14.43 | 366.57 | 15.08 | 382.97 | Cerrado | 11.49 | 291.87 | 12.13 | 308.07 | 12.84 | 326.07 | Abierto |
| 286 | 13.46 | 341.95 | 14.44 | 366.85 | 15.09 | 383.25 | Cerrado | 11.50 | 292.15 | 12.14 | 308.35 | 12.85 | 326.35 | Abierto |
| 287 | 13.47 | 342.22 | 14.45 | 367.12 | 15.10 | 383.52 | Cerrado | 11.51 | 292.42 | 12.15 | 308.62 | 12.86 | 326.62 | Abierto |
| 288 | 13.48 | 342.49 | 14.46 | 367.39 | 15.11 | 383.79 | Cerrado | 11.52 | 292.69 | 12.16 | 308.89 | 12.87 | 326.89 | Abierto |
| 289 | 13.49 | 342.76 | 14.47 | 367.66 | 15.12 | 384.06 | Cerrado | 11.53 | 292.96 | 12.17 | 309.16 | 12.88 | 327.16 | Abierto |
| 290 | 13.51 | 343.03 | 14.49 | 367.93 | 15.13 | 384.33 | Cerrado | 11.54 | 293.23 | 12.18 | 309.43 | 12.89 | 327.43 | Abierto |
| 291 | 13.52 | 343.30 | 14.50 | 368.20 | 15.14 | 384.60 | Cerrado | 11.56 | 293.50 | 12.19 | 309.70 | 12.90 | 327.70 | Abierto |
| 292 | 13.53 | 343.57 | 14.51 | 368.47 | 15.15 | 384.87 | Cerrado | 11.57 | 293.77 | 12.20 | 309.97 | 12.91 | 327.97 | Abierto |
| 293 | 13.54 | 343.83 | 14.52 | 368.73 | 15.16 | 385.13 | Cerrado | 11.58 | 294.03 | 12.21 | 310.23 | 12.92 | 328.23 | Abierto |
| 294 | 13.55 | 344.10 | 14.53 | 369.00 | 15.17 | 385.40 | Cerrado | 11.59 | 294.30 | 12.22 | 310.50 | 12.93 | 328.50 | Abierto |
| 295 | 13.56 | 344.36 | 14.54 | 369.26 | 15.18 | 385.66 | Cerrado | 11.60 | 294.56 | 12.23 | 310.76 | 12.94 | 328.76 | Abierto |
| 296 | 13.57 | 344.62 | 14.55 | 369.52 | 15.19 | 385.92 | Cerrado | 11.61 | 294.82 | 12.24 | 311.02 | 12.95 | 329.02 | Abierto |
| 297 | 13.58 | 344.87 | 14.56 | 369.77 | 15.20 | 386.17 | Cerrado | 11.62 | 295.07 | 12.25 | 311.27 | 12.96 | 329.27 | Abierto |
| 298 | 13.59 | 345.13 | 14.57 | 370.03 | 15.21 | 386.43 | Cerrado | 11.63 | 295.33 | 12.26 | 311.53 | 12.97 | 329.53 | Abierto |
| 299 | 13.60 | 345.38 | 14.58 | 370.28 | 15.22 | 386.68 | Cerrado | 11.64 | 295.58 | 12.27 | 311.78 | 12.98 | 329.78 | Abierto |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 300 | 13.61 | 345.63 | 14.59 | 370.53 | 15.23 | 386.93 | Cerrado | 11.65 | 295.83 | 12.28 | 312.03 | 12.99 | 330.03 | Abierto |
| 301 | 13.62 | 345.88 | 14.60 | 370.78 | 15.24 | 387.18 | Cerrado | 11.66 | 296.08 | 12.29 | 312.28 | 13.00 | 330.28 | Abierto |
| 302 | 13.63 | 346.13 | 14.61 | 371.03 | 15.25 | 387.43 | Cerrado | 11.67 | 296.33 | 12.30 | 312.53 | 13.01 | 330.53 | Abierto |
| 303 | 13.64 | 346.37 | 14.62 | 371.27 | 15.26 | 387.67 | Cerrado | 11.68 | 296.57 | 12.31 | 312.77 | 13.02 | 330.77 | Abierto |
| 304 | 13.65 | 346.61 | 14.63 | 371.51 | 15.27 | 387.91 | Cerrado | 11.69 | 296.81 | 12.32 | 313.01 | 13.03 | 331.01 | Abierto |
| 305 | 13.66 | 346.85 | 14.64 | 371.75 | 15.28 | 388.15 | Cerrado | 11.69 | 297.05 | 12.33 | 313.25 | 13.04 | 331.25 | Abierto |
| 306 | 13.66 | 347.08 | 14.64 | 371.98 | 15.29 | 388.38 | Cerrado | 11.70 | 297.28 | 12.34 | 313.48 | 13.05 | 331.48 | Abierto |
| 307 | 13.67 | 347.31 | 14.65 | 372.21 | 15.30 | 388.61 | Cerrado | 11.71 | 297.51 | 12.35 | 313.71 | 13.06 | 331.71 | Abierto |
| 308 | 13.68 | 347.54 | 14.66 | 372.44 | 15.31 | 388.84 | Cerrado | 11.72 | 297.74 | 12.36 | 313.94 | 13.07 | 331.94 | Abierto |
| 309 | 13.69 | 347.77 | 14.67 | 372.67 | 15.32 | 389.07 | Cerrado | 11.73 | 297.97 | 12.37 | 314.17 | 13.08 | 332.17 | Abierto |
| 310 | 13.70 | 347.99 | 14.68 | 372.89 | 15.33 | 389.29 | Cerrado | 11.74 | 298.19 | 12.38 | 314.39 | 13.09 | 332.39 | Abierto |
| 311 | 13.71 | 348.21 | 14.69 | 373.11 | 15.34 | 389.51 | Cerrado | 11.75 | 298.41 | 12.39 | 314.61 | 13.09 | 332.61 | Abierto |
| 312 | 13.72 | 348.43 | 14.70 | 373.33 | 15.34 | 389.73 | Cerrado | 11.76 | 298.63 | 12.39 | 314.83 | 13.10 | 332.83 | Abierto |
| 313 | 13.73 | 348.64 | 14.71 | 373.54 | 15.35 | 389.94 | Cerrado | 11.77 | 298.84 | 12.40 | 315.04 | 13.11 | 333.04 | Abierto |
| 314 | 13.73 | 348.85 | 14.71 | 373.75 | 15.36 | 390.15 | Cerrado | 11.77 | 299.05 | 12.41 | 315.25 | 13.12 | 333.25 | Abierto |
| 315 | 13.74 | 349.06 | 14.72 | 373.96 | 15.37 | 390.36 | Cerrado | 11.78 | 299.26 | 12.42 | 315.46 | 13.13 | 333.46 | Abierto |
| 316 | 13.75 | 349.26 | 14.73 | 374.16 | 15.38 | 390.56 | Cerrado | 11.79 | 299.46 | 12.43 | 315.66 | 13.14 | 333.66 | Abierto |
| 317 | 13.76 | 349.46 | 14.74 | 374.36 | 15.38 | 390.76 | Cerrado | 11.80 | 299.66 | 12.44 | 315.86 | 13.14 | 333.86 | Abierto |
| 318 | 13.77 | 349.66 | 14.75 | 374.56 | 15.39 | 390.96 | Cerrado | 11.81 | 299.86 | 12.44 | 316.06 | 13.15 | 334.06 | Abierto |
| 319 | 13.77 | 349.85 | 14.75 | 374.75 | 15.40 | 391.15 | Cerrado | 11.81 | 300.05 | 12.45 | 316.25 | 13.16 | 334.25 | Abierto |
| 320 | 13.78 | 350.04 | 14.76 | 374.94 | 15.41 | 391.34 | Cerrado | 11.82 | 300.24 | 12.46 | 316.44 | 13.17 | 334.44 | Abierto |
| 321 | 13.79 | 350.22 | 14.77 | 375.12 | 15.41 | 391.52 | Cerrado | 11.83 | 300.42 | 12.47 | 316.62 | 13.17 | 334.62 | Abierto |
| 322 | 13.80 | 350.41 | 14.78 | 375.31 | 15.42 | 391.71 | Cerrado | 11.83 | 300.61 | 12.47 | 316.81 | 13.18 | 334.81 | Abierto |
| 323 | 13.80 | 350.58 | 14.78 | 375.48 | 15.43 | 391.88 | Cerrado | 11.84 | 300.78 | 12.48 | 316.98 | 13.19 | 334.98 | Abierto |
| 324 | 13.81 | 350.76 | 14.79 | 375.66 | 15.44 | 392.06 | Cerrado | 11.85 | 300.96 | 12.49 | 317.16 | 13.20 | 335.16 | Abierto |
| 325 | 13.82 | 350.92 | 14.80 | 375.82 | 15.44 | 392.22 | Cerrado | 11.86 | 301.12 | 12.49 | 317.32 | 13.20 | 335.32 | Abierto |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 326 | 13.82 | 351.09 | 14.80 | 375.99 | 15.45 | 392.39 | Cerrado | 11.86 | 301.29 | 12.50 | 317.49 | 13.21 | 335.49 | Abierto |
| 327 | 13.83 | 351.25 | 14.81 | 376.15 | 15.45 | 392.55 | Cerrado | 11.87 | 301.45 | 12.51 | 317.65 | 13.21 | 335.65 | Abierto |
| 328 | 13.83 | 351.41 | 14.82 | 376.31 | 15.46 | 392.71 | Cerrado | 11.87 | 301.61 | 12.51 | 317.81 | 13.22 | 335.81 | Abierto |
| 329 | 13.84 | 351.56 | 14.82 | 376.46 | 15.47 | 392.86 | Cerrado | 11.88 | 301.76 | 12.52 | 317.96 | 13.23 | 335.96 | Abierto |
| 330 | 13.85 | 351.71 | 14.83 | 376.61 | 15.47 | 393.01 | Cerrado | 11.89 | 301.91 | 12.52 | 318.11 | 13.23 | 336.11 | Abierto |
| 331 | 13.85 | 351.85 | 14.83 | 376.75 | 15.48 | 393.15 | Cerrado | 11.89 | 302.05 | 12.53 | 318.25 | 13.24 | 336.25 | Abierto |
| 332 | 13.86 | 351.99 | 14.84 | 376.89 | 15.48 | 393.29 | Cerrado | 11.90 | 302.19 | 12.54 | 318.39 | 13.24 | 336.39 | Abierto |
| 333 | 13.86 | 352.12 | 14.84 | 377.02 | 15.49 | 393.42 | Cerrado | 11.90 | 302.32 | 12.54 | 318.52 | 13.25 | 336.52 | Abierto |
| 334 | 13.87 | 352.25 | 14.85 | 377.15 | 15.49 | 393.55 | Cerrado | 11.91 | 302.45 | 12.55 | 318.65 | 13.25 | 336.65 | Abierto |
| 335 | 13.87 | 352.38 | 14.85 | 377.28 | 15.50 | 393.68 | Cerrado | 11.91 | 302.58 | 12.55 | 318.78 | 13.26 | 336.78 | Abierto |
| 336 | 13.88 | 352.50 | 14.86 | 377.40 | 15.50 | 393.80 | Cerrado | 11.92 | 302.70 | 12.56 | 318.90 | 13.26 | 336.90 | Abierto |
| 337 | 13.88 | 352.62 | 14.86 | 377.52 | 15.51 | 393.92 | Cerrado | 11.92 | 302.82 | 12.56 | 319.02 | 13.27 | 337.02 | Abierto |
| 338 | 13.89 | 352.73 | 14.87 | 377.63 | 15.51 | 394.03 | Cerrado | 11.93 | 302.93 | 12.56 | 319.13 | 13.27 | 337.13 | Abierto |
| 339 | 13.89 | 352.84 | 14.87 | 377.74 | 15.52 | 394.14 | Cerrado | 11.93 | 303.04 | 12.57 | 319.24 | 13.28 | 337.24 | Abierto |
| 340 | 13.90 | 352.94 | 14.88 | 377.84 | 15.52 | 394.24 | Cerrado | 11.93 | 303.14 | 12.57 | 319.34 | 13.28 | 337.34 | Abierto |
| 341 | 13.90 | 353.04 | 14.88 | 377.94 | 15.53 | 394.34 | Cerrado | 11.94 | 303.24 | 12.58 | 319.44 | 13.28 | 337.44 | Abierto |
| 342 | 13.90 | 353.13 | 14.88 | 378.03 | 15.53 | 394.43 | Cerrado | 11.94 | 303.33 | 12.58 | 319.53 | 13.29 | 337.53 | Abierto |
| 343 | 13.91 | 353.22 | 14.89 | 378.12 | 15.53 | 394.52 | Cerrado | 11.95 | 303.42 | 12.58 | 319.62 | 13.29 | 337.62 | Abierto |
| 344 | 13.91 | 353.30 | 14.89 | 378.20 | 15.54 | 394.60 | Cerrado | 11.95 | 303.50 | 12.59 | 319.70 | 13.30 | 337.70 | Abierto |
| 345 | 13.91 | 353.38 | 14.89 | 378.28 | 15.54 | 394.68 | Cerrado | 11.95 | 303.58 | 12.59 | 319.78 | 13.30 | 337.78 | Abierto |
| 346 | 13.92 | 353.45 | 14.90 | 378.35 | 15.54 | 394.75 | Cerrado | 11.95 | 303.65 | 12.59 | 319.85 | 13.30 | 337.85 | Abierto |
| 347 | 13.92 | 353.52 | 14.90 | 378.42 | 15.54 | 394.82 | Cerrado | 11.96 | 303.72 | 12.60 | 319.92 | 13.30 | 337.92 | Abierto |
| 348 | 13.92 | 353.58 | 14.90 | 378.48 | 15.55 | 394.88 | Cerrado | 11.96 | 303.78 | 12.60 | 319.98 | 13.31 | 337.98 | Abierto |
| 349 | 13.92 | 353.64 | 14.90 | 378.54 | 15.55 | 394.94 | Cerrado | 11.96 | 303.84 | 12.60 | 320.04 | 13.31 | 338.04 | Abierto |
| 350 | 13.93 | 353.70 | 14.91 | 378.60 | 15.55 | 395.00 | Cerrado | 11.96 | 303.90 | 12.60 | 320.10 | 13.31 | 338.10 | Abierto |
| 351 | 13.93 | 353.74 | 14.91 | 378.64 | 15.55 | 395.04 | Cerrado | 11.97 | 303.94 | 12.60 | 320.14 | 13.31 | 338.14 | Abierto |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 352 | 13.93 | 353.79 | 14.91 | 378.69 | 15.55 | 395.09 | Cerrado | 11.97 | 303.99 | 12.61 | 320.19 | 13.31 | 338.19 | Abierto |
| 353 | 13.93 | 353.83 | 14.91 | 378.73 | 15.56 | 395.13 | Cerrado | 11.97 | 304.03 | 12.61 | 320.23 | 13.32 | 338.23 | Abierto |
| 354 | 13.93 | 353.86 | 14.91 | 378.76 | 15.56 | 395.16 | Cerrado | 11.97 | 304.06 | 12.61 | 320.26 | 13.32 | 338.26 | Abierto |
| 355 | 13.93 | 353.89 | 14.91 | 378.79 | 15.56 | 395.19 | Cerrado | 11.97 | 304.09 | 12.61 | 320.29 | 13.32 | 338.29 | Abierto |
| 356 | 13.93 | 353.91 | 14.91 | 378.81 | 15.56 | 395.21 | Cerrado | 11.97 | 304.11 | 12.61 | 320.31 | 13.32 | 338.31 | Abierto |
| 357 | 13.93 | 353.93 | 14.91 | 378.83 | 15.56 | 395.23 | Cerrado | 11.97 | 304.13 | 12.61 | 320.33 | 13.32 | 338.33 | Abierto |
| 358 | 13.93 | 353.94 | 14.91 | 378.84 | 15.56 | 395.24 | Cerrado | 11.97 | 304.14 | 12.61 | 320.34 | 13.32 | 338.34 | Abierto |
| 359 | 13.93 | 353.95 | 14.92 | 378.85 | 15.56 | 395.25 | Cerrado | 11.97 | 304.15 | 12.61 | 320.35 | 13.32 | 338.35 | Abierto |
| 360 | 13.94 | 353.95 | 14.92 | 378.85 | 15.56 | 395.25 | Cerrado | 11.97 | 304.15 | 12.61 | 320.35 | 13.32 | 338.35 | Abierto |

D. Anexo D: Simulación Dynacam comportamiento válvulas de vapor vivo, vapor en fase de expansión y corte rápido.

Tabla 55. Accionamiento excéntrica vapor vivo con resultados de la simulación.

| Numero de segmento | Función Usada | Ángulo de comienzo | Ángulo Final | Ángulo Delta |
|-------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------|--------------|
| 1 | Levantamiento simple armónico | 0 | 180 | 180 |
| 2 | Caida simple armónica | 180 | 360 | 180 |
| Velocidad en eje | 28,59 rad/s | Levantamiento total | 1.2755 | Pul |

| Angle Degrees | Displacement Inches VV | Velocity In/Sec VV | Acceleration In/Sec^2VV | Jerk In/Sec^3 VV |
|---------------|------------------------|--------------------|-------------------------|------------------|
| 0 | 0.000 | 0.00 | 521.30 | 0.00 |
| 1 | 0.000 | 0.32 | 521.20 | -260.00 |
| 2 | 0.000 | 0.64 | 521.00 | -520.00 |
| 3 | 0.001 | 0.95 | 520.60 | -780.00 |
| 4 | 0.002 | 1.27 | 520.00 | -1040.00 |
| 5 | 0.002 | 1.59 | 519.30 | -1300.00 |
| 6 | 0.003 | 1.91 | 518.40 | -1560.00 |
| 7 | 0.005 | 2.22 | 517.40 | -1820.00 |
| 8 | 0.006 | 2.54 | 516.20 | -2070.00 |
| 9 | 0.008 | 2.85 | 514.90 | -2330.00 |
| 10 | 0.010 | 3.17 | 513.40 | -2590.00 |
| 11 | 0.012 | 3.48 | 511.70 | -2840.00 |
| 12 | 0.014 | 3.79 | 509.90 | -3100.00 |
| 13 | 0.016 | 4.10 | 507.90 | -3350.00 |
| 14 | 0.019 | 4.41 | 505.80 | -3610.00 |
| 15 | 0.022 | 4.72 | 503.50 | -3860.00 |

| | | | | |
|----|-------|-------|--------|-----------|
| 16 | 0.025 | 5.03 | 501.10 | -4110.00 |
| 17 | 0.028 | 5.33 | 498.50 | -4360.00 |
| 18 | 0.031 | 5.63 | 495.80 | -4610.00 |
| 19 | 0.035 | 5.94 | 492.90 | -4850.00 |
| 20 | 0.038 | 6.24 | 489.90 | -5100.00 |
| 21 | 0.042 | 6.53 | 486.70 | -5340.00 |
| 22 | 0.046 | 6.83 | 483.30 | -5580.00 |
| 23 | 0.051 | 7.12 | 479.80 | -5820.00 |
| 24 | 0.055 | 7.42 | 476.20 | -6060.00 |
| 25 | 0.060 | 7.71 | 472.40 | -6300.00 |
| 26 | 0.065 | 7.99 | 468.50 | -6530.00 |
| 27 | 0.070 | 8.28 | 464.50 | -6770.00 |
| 28 | 0.075 | 8.56 | 460.30 | -7000.00 |
| 29 | 0.080 | 8.84 | 455.90 | -7230.00 |
| 30 | 0.085 | 9.12 | 451.40 | -7450.00 |
| 31 | 0.091 | 9.39 | 446.80 | -7680.00 |
| 32 | 0.097 | 9.66 | 442.10 | -7900.00 |
| 33 | 0.103 | 9.93 | 437.20 | -8120.00 |
| 34 | 0.109 | 10.20 | 432.20 | -8330.00 |
| 35 | 0.115 | 10.46 | 427.00 | -8550.00 |
| 36 | 0.122 | 10.72 | 421.70 | -8760.00 |
| 37 | 0.128 | 10.97 | 416.30 | -8970.00 |
| 38 | 0.135 | 11.23 | 410.80 | -9180.00 |
| 39 | 0.142 | 11.47 | 405.10 | -9380.00 |
| 40 | 0.149 | 11.72 | 399.30 | -9580.00 |
| 41 | 0.156 | 11.96 | 393.40 | -9780.00 |
| 42 | 0.164 | 12.20 | 387.40 | -9970.00 |
| 43 | 0.171 | 12.44 | 381.20 | -10200.00 |
| 44 | 0.179 | 12.67 | 375.00 | -10400.00 |
| 45 | 0.187 | 12.89 | 368.60 | -10500.00 |
| 46 | 0.195 | 13.12 | 362.10 | -10700.00 |
| 47 | 0.203 | 13.33 | 355.50 | -10900.00 |
| 48 | 0.211 | 13.55 | 348.80 | -11100.00 |
| 49 | 0.219 | 13.76 | 342.00 | -11200.00 |
| 50 | 0.228 | 13.97 | 335.10 | -11400.00 |
| 51 | 0.236 | 14.17 | 328.10 | -11600.00 |
| 52 | 0.245 | 14.37 | 320.90 | -11700.00 |
| 53 | 0.254 | 14.56 | 313.70 | -11900.00 |
| 54 | 0.263 | 14.75 | 306.40 | -12100.00 |
| 55 | 0.272 | 14.94 | 299.00 | -12200.00 |
| 56 | 0.281 | 15.12 | 291.50 | -12400.00 |
| 57 | 0.290 | 15.29 | 283.90 | -12500.00 |

| | | | | |
|----|-------|-------|--------|-----------|
| 58 | 0.300 | 15.46 | 276.20 | -12600.00 |
| 59 | 0.309 | 15.63 | 268.50 | -12800.00 |
| 60 | 0.319 | 15.79 | 260.60 | -12900.00 |
| 61 | 0.329 | 15.95 | 252.70 | -13000.00 |
| 62 | 0.338 | 16.10 | 244.70 | -13200.00 |
| 63 | 0.348 | 16.25 | 236.70 | -13300.00 |
| 64 | 0.358 | 16.39 | 228.50 | -13400.00 |
| 65 | 0.368 | 16.52 | 220.30 | -13500.00 |
| 66 | 0.378 | 16.66 | 212.00 | -13600.00 |
| 67 | 0.389 | 16.78 | 203.70 | -13700.00 |
| 68 | 0.399 | 16.91 | 195.30 | -13800.00 |
| 69 | 0.409 | 17.02 | 186.80 | -13900.00 |
| 70 | 0.420 | 17.13 | 178.30 | -14000.00 |
| 71 | 0.430 | 17.24 | 169.70 | -14100.00 |
| 72 | 0.441 | 17.34 | 161.10 | -14200.00 |
| 73 | 0.451 | 17.44 | 152.40 | -14300.00 |
| 74 | 0.462 | 17.53 | 143.70 | -14300.00 |
| 75 | 0.473 | 17.61 | 134.90 | -14400.00 |
| 76 | 0.483 | 17.69 | 126.10 | -14500.00 |
| 77 | 0.494 | 17.77 | 117.30 | -14500.00 |
| 78 | 0.505 | 17.83 | 108.40 | -14600.00 |
| 79 | 0.516 | 17.90 | 99.50 | -14600.00 |
| 80 | 0.527 | 17.96 | 90.50 | -14700.00 |
| 81 | 0.538 | 18.01 | 81.50 | -14700.00 |
| 82 | 0.549 | 18.06 | 72.50 | -14800.00 |
| 83 | 0.560 | 18.10 | 63.50 | -14800.00 |
| 84 | 0.571 | 18.13 | 54.50 | -14800.00 |
| 85 | 0.582 | 18.16 | 45.40 | -14800.00 |
| 86 | 0.593 | 18.19 | 36.40 | -14900.00 |
| 87 | 0.604 | 18.21 | 27.30 | -14900.00 |
| 88 | 0.615 | 18.22 | 18.20 | -14900.00 |
| 89 | 0.627 | 18.23 | 9.10 | -14900.00 |
| 90 | 0.638 | 18.23 | 0.00 | -14900.00 |
| 91 | 0.649 | 18.23 | -9.10 | -14900.00 |
| 92 | 0.660 | 18.22 | -18.20 | -14900.00 |
| 93 | 0.671 | 18.21 | -27.30 | -14900.00 |
| 94 | 0.682 | 18.19 | -36.40 | -14900.00 |
| 95 | 0.693 | 18.16 | -45.40 | -14800.00 |
| 96 | 0.704 | 18.13 | -54.50 | -14800.00 |
| 97 | 0.715 | 18.10 | -63.50 | -14800.00 |
| 98 | 0.727 | 18.06 | -72.50 | -14800.00 |

| | | | | |
|-----|-------|-------|---------|-----------|
| 99 | 0.738 | 18.01 | -81.50 | -14700.00 |
| 100 | 0.748 | 17.96 | -90.50 | -14700.00 |
| 101 | 0.759 | 17.90 | -99.50 | -14600.00 |
| 102 | 0.770 | 17.83 | -108.40 | -14600.00 |
| 103 | 0.781 | 17.77 | -117.30 | -14500.00 |
| 104 | 0.792 | 17.69 | -126.10 | -14500.00 |
| 105 | 0.803 | 17.61 | -134.90 | -14400.00 |
| 106 | 0.814 | 17.53 | -143.70 | -14300.00 |
| 107 | 0.824 | 17.44 | -152.40 | -14300.00 |
| 108 | 0.835 | 17.34 | -161.10 | -14200.00 |
| 109 | 0.845 | 17.24 | -169.70 | -14100.00 |
| 110 | 0.856 | 17.13 | -178.30 | -14000.00 |
| 111 | 0.866 | 17.02 | -186.80 | -13900.00 |
| 112 | 0.877 | 16.91 | -195.30 | -13800.00 |
| 113 | 0.887 | 16.78 | -203.70 | -13700.00 |
| 114 | 0.897 | 16.66 | -212.00 | -13600.00 |
| 115 | 0.907 | 16.52 | -220.30 | -13500.00 |
| 116 | 0.917 | 16.39 | -228.50 | -13400.00 |
| 117 | 0.927 | 16.25 | -236.70 | -13300.00 |
| 118 | 0.937 | 16.10 | -244.70 | -13200.00 |
| 119 | 0.947 | 15.95 | -252.70 | -13000.00 |
| 120 | 0.957 | 15.79 | -260.60 | -12900.00 |
| 121 | 0.966 | 15.63 | -268.50 | -12800.00 |
| 122 | 0.976 | 15.46 | -276.20 | -12600.00 |
| 123 | 0.985 | 15.29 | -283.90 | -12500.00 |
| 124 | 0.994 | 15.12 | -291.50 | -12400.00 |
| 125 | 1.004 | 14.94 | -299.00 | -12200.00 |
| 126 | 1.013 | 14.75 | -306.40 | -12100.00 |
| 127 | 1.022 | 14.56 | -313.70 | -11900.00 |
| 128 | 1.030 | 14.37 | -320.90 | -11700.00 |
| 129 | 1.039 | 14.17 | -328.10 | -11600.00 |
| 130 | 1.048 | 13.97 | -335.10 | -11400.00 |
| 131 | 1.056 | 13.76 | -342.00 | -11200.00 |
| 132 | 1.064 | 13.55 | -348.80 | -11100.00 |
| 133 | 1.073 | 13.33 | -355.50 | -10900.00 |
| 134 | 1.081 | 13.12 | -362.10 | -10700.00 |
| 135 | 1.089 | 12.89 | -368.60 | -10500.00 |
| 136 | 1.097 | 12.67 | -375.00 | -10400.00 |
| 137 | 1.104 | 12.44 | -381.20 | -10200.00 |
| 138 | 1.112 | 12.20 | -387.40 | -9970.00 |
| 139 | 1.119 | 11.96 | -393.40 | -9780.00 |
| 140 | 1.126 | 11.72 | -399.30 | -9580.00 |

| | | | | |
|-----|-------|-------|---------|----------|
| 141 | 1.133 | 11.47 | -405.10 | -9380.00 |
| 142 | 1.140 | 11.23 | -410.80 | -9180.00 |
| 143 | 1.147 | 10.97 | -416.30 | -8970.00 |
| 144 | 1.154 | 10.72 | -421.70 | -8760.00 |
| 145 | 1.160 | 10.46 | -427.00 | -8550.00 |
| 146 | 1.166 | 10.20 | -432.20 | -8330.00 |
| 147 | 1.173 | 9.93 | -437.20 | -8120.00 |
| 148 | 1.179 | 9.66 | -442.10 | -7900.00 |
| 149 | 1.184 | 9.39 | -446.80 | -7680.00 |
| 150 | 1.190 | 9.12 | -451.40 | -7450.00 |
| 151 | 1.196 | 8.84 | -455.90 | -7230.00 |
| 152 | 1.201 | 8.56 | -460.30 | -7000.00 |
| 153 | 1.206 | 8.28 | -464.50 | -6770.00 |
| 154 | 1.211 | 7.99 | -468.50 | -6530.00 |
| 155 | 1.216 | 7.71 | -472.40 | -6300.00 |
| 156 | 1.220 | 7.42 | -476.20 | -6060.00 |
| 157 | 1.225 | 7.12 | -479.80 | -5820.00 |
| 158 | 1.229 | 6.83 | -483.30 | -5580.00 |
| 159 | 1.233 | 6.53 | -486.70 | -5340.00 |
| 160 | 1.237 | 6.24 | -489.90 | -5100.00 |
| 161 | 1.241 | 5.94 | -492.90 | -4850.00 |
| 162 | 1.244 | 5.63 | -495.80 | -4610.00 |
| 163 | 1.248 | 5.33 | -498.50 | -4360.00 |
| 164 | 1.251 | 5.03 | -501.10 | -4110.00 |
| 165 | 1.254 | 4.72 | -503.50 | -3860.00 |
| 166 | 1.257 | 4.41 | -505.80 | -3610.00 |
| 167 | 1.259 | 4.10 | -507.90 | -3350.00 |
| 168 | 1.262 | 3.79 | -509.90 | -3100.00 |
| 169 | 1.264 | 3.48 | -511.70 | -2840.00 |
| 170 | 1.266 | 3.17 | -513.40 | -2590.00 |
| 171 | 1.268 | 2.85 | -514.90 | -2330.00 |
| 172 | 1.269 | 2.54 | -516.20 | -2070.00 |
| 173 | 1.271 | 2.22 | -517.40 | -1820.00 |
| 174 | 1.272 | 1.91 | -518.40 | -1560.00 |
| 175 | 1.273 | 1.59 | -519.30 | -1300.00 |
| 176 | 1.274 | 1.27 | -520.00 | -1040.00 |
| 177 | 1.275 | 0.95 | -520.60 | -780.00 |
| 178 | 1.275 | 0.64 | -521.00 | -520.00 |
| 179 | 1.275 | 0.32 | -521.20 | -260.00 |
| 180 | 1.276 | 0.00 | -521.30 | 0.00 |
| 181 | 1.275 | -0.32 | -521.20 | 260.00 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|---------|----------|
| 182 | 1.275 | -0.64 | -521.00 | 520.00 |
| 183 | 1.275 | -0.95 | -520.60 | 780.00 |
| 184 | 1.274 | -1.27 | -520.00 | 1040.00 |
| 185 | 1.273 | -1.59 | -519.30 | 1300.00 |
| 186 | 1.272 | -1.91 | -518.40 | 1560.00 |
| 187 | 1.271 | -2.22 | -517.40 | 1820.00 |
| 188 | 1.269 | -2.54 | -516.20 | 2070.00 |
| 189 | 1.268 | -2.85 | -514.90 | 2330.00 |
| 190 | 1.266 | -3.17 | -513.40 | 2590.00 |
| 191 | 1.264 | -3.48 | -511.70 | 2840.00 |
| 192 | 1.262 | -3.79 | -509.90 | 3100.00 |
| 193 | 1.259 | -4.10 | -507.90 | 3350.00 |
| 194 | 1.257 | -4.41 | -505.80 | 3610.00 |
| 195 | 1.254 | -4.72 | -503.50 | 3860.00 |
| 196 | 1.251 | -5.03 | -501.10 | 4110.00 |
| 197 | 1.248 | -5.33 | -498.50 | 4360.00 |
| 198 | 1.244 | -5.63 | -495.80 | 4610.00 |
| 199 | 1.241 | -5.94 | -492.90 | 4850.00 |
| 200 | 1.237 | -6.24 | -489.90 | 5100.00 |
| 201 | 1.233 | -6.53 | -486.70 | 5340.00 |
| 202 | 1.229 | -6.83 | -483.30 | 5580.00 |
| 203 | 1.225 | -7.12 | -479.80 | 5820.00 |
| 204 | 1.220 | -7.42 | -476.20 | 6060.00 |
| 205 | 1.216 | -7.71 | -472.40 | 6300.00 |
| 206 | 1.211 | -7.99 | -468.50 | 6530.00 |
| 207 | 1.206 | -8.28 | -464.50 | 6770.00 |
| 208 | 1.201 | -8.56 | -460.30 | 7000.00 |
| 209 | 1.196 | -8.84 | -455.90 | 7230.00 |
| 210 | 1.190 | -9.12 | -451.40 | 7450.00 |
| 211 | 1.184 | -9.39 | -446.80 | 7680.00 |
| 212 | 1.179 | -9.66 | -442.10 | 7900.00 |
| 213 | 1.173 | -9.93 | -437.20 | 8120.00 |
| 214 | 1.166 | -10.20 | -432.20 | 8330.00 |
| 215 | 1.160 | -10.46 | -427.00 | 8550.00 |
| 216 | 1.154 | -10.72 | -421.70 | 8760.00 |
| 217 | 1.147 | -10.97 | -416.30 | 8970.00 |
| 218 | 1.140 | -11.23 | -410.80 | 9180.00 |
| 219 | 1.133 | -11.47 | -405.10 | 9380.00 |
| 220 | 1.126 | -11.72 | -399.30 | 9580.00 |
| 221 | 1.119 | -11.96 | -393.40 | 9780.00 |
| 222 | 1.112 | -12.20 | -387.40 | 9970.00 |
| 223 | 1.104 | -12.44 | -381.20 | 10200.00 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|---------|----------|
| 224 | 1.097 | -12.67 | -375.00 | 10400.00 |
| 225 | 1.089 | -12.89 | -368.60 | 10500.00 |
| 226 | 1.081 | -13.12 | -362.10 | 10700.00 |
| 227 | 1.073 | -13.33 | -355.50 | 10900.00 |
| 228 | 1.064 | -13.55 | -348.80 | 11100.00 |
| 229 | 1.056 | -13.76 | -342.00 | 11200.00 |
| 230 | 1.048 | -13.97 | -335.10 | 11400.00 |
| 231 | 1.039 | -14.17 | -328.10 | 11600.00 |
| 232 | 1.030 | -14.37 | -320.90 | 11700.00 |
| 233 | 1.022 | -14.56 | -313.70 | 11900.00 |
| 234 | 1.013 | -14.75 | -306.40 | 12100.00 |
| 235 | 1.004 | -14.94 | -299.00 | 12200.00 |
| 236 | 0.994 | -15.12 | -291.50 | 12400.00 |
| 237 | 0.985 | -15.29 | -283.90 | 12500.00 |
| 238 | 0.976 | -15.46 | -276.20 | 12600.00 |
| 239 | 0.966 | -15.63 | -268.50 | 12800.00 |
| 240 | 0.957 | -15.79 | -260.60 | 12900.00 |
| 241 | 0.947 | -15.95 | -252.70 | 13000.00 |
| 242 | 0.937 | -16.10 | -244.70 | 13200.00 |
| 243 | 0.927 | -16.25 | -236.70 | 13300.00 |
| 244 | 0.917 | -16.39 | -228.50 | 13400.00 |
| 245 | 0.907 | -16.52 | -220.30 | 13500.00 |
| 246 | 0.897 | -16.66 | -212.00 | 13600.00 |
| 247 | 0.887 | -16.78 | -203.70 | 13700.00 |
| 248 | 0.877 | -16.91 | -195.30 | 13800.00 |
| 249 | 0.866 | -17.02 | -186.80 | 13900.00 |
| 250 | 0.856 | -17.13 | -178.30 | 14000.00 |
| 251 | 0.845 | -17.24 | -169.70 | 14100.00 |
| 252 | 0.835 | -17.34 | -161.10 | 14200.00 |
| 253 | 0.824 | -17.44 | -152.40 | 14300.00 |
| 254 | 0.814 | -17.53 | -143.70 | 14300.00 |
| 255 | 0.803 | -17.61 | -134.90 | 14400.00 |
| 256 | 0.792 | -17.69 | -126.10 | 14500.00 |
| 257 | 0.781 | -17.77 | -117.30 | 14500.00 |
| 258 | 0.770 | -17.83 | -108.40 | 14600.00 |
| 259 | 0.759 | -17.90 | -99.50 | 14600.00 |
| 260 | 0.748 | -17.96 | -90.50 | 14700.00 |
| 261 | 0.738 | -18.01 | -81.50 | 14700.00 |
| 262 | 0.727 | -18.06 | -72.50 | 14800.00 |
| 263 | 0.715 | -18.10 | -63.50 | 14800.00 |
| 264 | 0.704 | -18.13 | -54.50 | 14800.00 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|--------|----------|
| 265 | 0.693 | -18.16 | -45.40 | 14800.00 |
| 266 | 0.682 | -18.19 | -36.40 | 14900.00 |
| 267 | 0.671 | -18.21 | -27.30 | 14900.00 |
| 268 | 0.660 | -18.22 | -18.20 | 14900.00 |
| 269 | 0.649 | -18.23 | -9.10 | 14900.00 |
| 270 | 0.638 | -18.23 | 0.00 | 14900.00 |
| 271 | 0.627 | -18.23 | 9.10 | 14900.00 |
| 272 | 0.615 | -18.22 | 18.20 | 14900.00 |
| 273 | 0.604 | -18.21 | 27.30 | 14900.00 |
| 274 | 0.593 | -18.19 | 36.40 | 14900.00 |
| 275 | 0.582 | -18.16 | 45.40 | 14800.00 |
| 276 | 0.571 | -18.13 | 54.50 | 14800.00 |
| 277 | 0.560 | -18.10 | 63.50 | 14800.00 |
| 278 | 0.549 | -18.06 | 72.50 | 14800.00 |
| 279 | 0.538 | -18.01 | 81.50 | 14700.00 |
| 280 | 0.527 | -17.96 | 90.50 | 14700.00 |
| 281 | 0.516 | -17.90 | 99.50 | 14600.00 |
| 282 | 0.505 | -17.83 | 108.40 | 14600.00 |
| 283 | 0.494 | -17.77 | 117.30 | 14500.00 |
| 284 | 0.483 | -17.69 | 126.10 | 14500.00 |
| 285 | 0.473 | -17.61 | 134.90 | 14400.00 |
| 286 | 0.462 | -17.53 | 143.70 | 14300.00 |
| 287 | 0.451 | -17.44 | 152.40 | 14300.00 |
| 288 | 0.441 | -17.34 | 161.10 | 14200.00 |
| 289 | 0.430 | -17.24 | 169.70 | 14100.00 |
| 290 | 0.420 | -17.13 | 178.30 | 14000.00 |
| 291 | 0.409 | -17.02 | 186.80 | 13900.00 |
| 292 | 0.399 | -16.91 | 195.30 | 13800.00 |
| 293 | 0.389 | -16.78 | 203.70 | 13700.00 |
| 294 | 0.378 | -16.66 | 212.00 | 13600.00 |
| 295 | 0.368 | -16.52 | 220.30 | 13500.00 |
| 296 | 0.358 | -16.39 | 228.50 | 13400.00 |
| 297 | 0.348 | -16.25 | 236.70 | 13300.00 |
| 298 | 0.338 | -16.10 | 244.70 | 13200.00 |
| 299 | 0.329 | -15.95 | 252.70 | 13000.00 |
| 300 | 0.319 | -15.79 | 260.60 | 12900.00 |
| 301 | 0.309 | -15.63 | 268.50 | 12800.00 |
| 302 | 0.300 | -15.46 | 276.20 | 12600.00 |
| 303 | 0.290 | -15.29 | 283.90 | 12500.00 |
| 304 | 0.281 | -15.12 | 291.50 | 12400.00 |
| 305 | 0.272 | -14.94 | 299.00 | 12200.00 |
| 306 | 0.263 | -14.75 | 306.40 | 12100.00 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|--------|----------|
| 307 | 0.254 | -14.56 | 313.70 | 11900.00 |
| 308 | 0.245 | -14.37 | 320.90 | 11700.00 |
| 309 | 0.236 | -14.17 | 328.10 | 11600.00 |
| 310 | 0.228 | -13.97 | 335.10 | 11400.00 |
| 311 | 0.219 | -13.76 | 342.00 | 11200.00 |
| 312 | 0.211 | -13.55 | 348.80 | 11100.00 |
| 313 | 0.203 | -13.33 | 355.50 | 10900.00 |
| 314 | 0.195 | -13.12 | 362.10 | 10700.00 |
| 315 | 0.187 | -12.89 | 368.60 | 10500.00 |
| 316 | 0.179 | -12.67 | 375.00 | 10400.00 |
| 317 | 0.171 | -12.44 | 381.20 | 10200.00 |
| 318 | 0.164 | -12.20 | 387.40 | 9970.00 |
| 319 | 0.156 | -11.96 | 393.40 | 9780.00 |
| 320 | 0.149 | -11.72 | 399.30 | 9580.00 |
| 321 | 0.142 | -11.47 | 405.10 | 9380.00 |
| 322 | 0.135 | -11.23 | 410.80 | 9180.00 |
| 323 | 0.128 | -10.97 | 416.30 | 8970.00 |
| 324 | 0.122 | -10.72 | 421.70 | 8760.00 |
| 325 | 0.115 | -10.46 | 427.00 | 8550.00 |
| 326 | 0.109 | -10.20 | 432.20 | 8330.00 |
| 327 | 0.103 | -9.93 | 437.20 | 8120.00 |
| 328 | 0.097 | -9.66 | 442.10 | 7900.00 |
| 329 | 0.091 | -9.39 | 446.80 | 7680.00 |
| 330 | 0.085 | -9.12 | 451.40 | 7450.00 |
| 331 | 0.080 | -8.84 | 455.90 | 7230.00 |
| 332 | 0.075 | -8.56 | 460.30 | 7000.00 |
| 333 | 0.070 | -8.28 | 464.50 | 6770.00 |
| 334 | 0.065 | -7.99 | 468.50 | 6530.00 |
| 335 | 0.060 | -7.71 | 472.40 | 6300.00 |
| 336 | 0.055 | -7.42 | 476.20 | 6060.00 |
| 337 | 0.051 | -7.12 | 479.80 | 5820.00 |
| 338 | 0.046 | -6.83 | 483.30 | 5580.00 |
| 339 | 0.042 | -6.53 | 486.70 | 5340.00 |
| 340 | 0.038 | -6.24 | 489.90 | 5100.00 |
| 341 | 0.035 | -5.94 | 492.90 | 4850.00 |
| 342 | 0.031 | -5.63 | 495.80 | 4610.00 |
| 343 | 0.028 | -5.33 | 498.50 | 4360.00 |
| 344 | 0.025 | -5.03 | 501.10 | 4110.00 |
| 345 | 0.022 | -4.72 | 503.50 | 3860.00 |
| 346 | 0.019 | -4.41 | 505.80 | 3610.00 |
| 347 | 0.016 | -4.10 | 507.90 | 3350.00 |

| | | | | |
|-----|-------|-------|--------|---------|
| 348 | 0.014 | -3.79 | 509.90 | 3100.00 |
| 349 | 0.012 | -3.48 | 511.70 | 2840.00 |
| 350 | 0.010 | -3.17 | 513.40 | 2590.00 |
| 351 | 0.008 | -2.85 | 514.90 | 2330.00 |
| 352 | 0.006 | -2.54 | 516.20 | 2070.00 |
| 353 | 0.005 | -2.22 | 517.40 | 1820.00 |
| 354 | 0.003 | -1.91 | 518.40 | 1560.00 |
| 355 | 0.002 | -1.59 | 519.30 | 1300.00 |
| 356 | 0.002 | -1.27 | 520.00 | 1040.00 |
| 357 | 0.001 | -0.95 | 520.60 | 780.00 |
| 358 | 0.000 | -0.64 | 521.00 | 520.00 |
| 359 | 0.000 | -0.32 | 521.20 | 260.00 |
| 360 | 0.000 | 0.00 | 521.30 | 0.00 |

Tabla 56. Simulación accionamiento excéntrico con válvula de expansión.

| Numero de segmento | Función Usada | Ángulo de comienzo | Ángulo Final | Ángulo Delta |
|--------------------|-------------------------------|---------------------|--------------|--------------|
| 1 | Levantamiento simple armónico | 0 | 180 | 180 |
| 2 | Caida simple armónica | 180 | 360 | 180 |
| Velocidad en eje | 28,59 rad/s | Levantamiento total | 1.8425 | Pul |

| Angle Degrees | Displacement Inches VE | Velocity In/Sec VE | Acceleration In/Sec^2 VE | Jerk In/Sec^3 VE |
|---------------|------------------------|--------------------|--------------------------|------------------|
| 0 | 0.000 | 0.00 | 753.00 | 0.00 |
| 1 | 0.000 | 0.46 | 752.90 | -376.00 |
| 2 | 0.001 | 0.92 | 752.60 | -751.00 |
| 3 | 0.001 | 1.38 | 752.00 | -1130.00 |
| 4 | 0.002 | 1.84 | 751.20 | -1500.00 |
| 5 | 0.004 | 2.30 | 750.20 | -1880.00 |
| 6 | 0.005 | 2.75 | 748.90 | -2250.00 |
| 7 | 0.007 | 3.21 | 747.40 | -2620.00 |
| 8 | 0.009 | 3.67 | 745.70 | -3000.00 |
| 9 | 0.011 | 4.12 | 743.70 | -3370.00 |
| 10 | 0.014 | 4.57 | 741.60 | -3740.00 |
| 11 | 0.017 | 5.03 | 739.20 | -4110.00 |

| | | | | |
|----|-------|-------|--------|----------|
| 12 | 0.020 | 5.48 | 736.60 | -4480.00 |
| 13 | 0.024 | 5.92 | 733.70 | -4840.00 |
| 14 | 0.027 | 6.37 | 730.70 | -5210.00 |
| 15 | 0.031 | 6.82 | 727.40 | -5570.00 |
| 16 | 0.036 | 7.26 | 723.80 | -5930.00 |
| 17 | 0.040 | 7.70 | 720.10 | -6290.00 |
| 18 | 0.045 | 8.14 | 716.20 | -6650.00 |
| 19 | 0.050 | 8.57 | 712.00 | -7010.00 |
| 20 | 0.056 | 9.01 | 707.60 | -7360.00 |
| 21 | 0.061 | 9.44 | 703.00 | -7720.00 |
| 22 | 0.067 | 9.87 | 698.20 | -8060.00 |
| 23 | 0.073 | 10.29 | 693.20 | -8410.00 |
| 24 | 0.080 | 10.71 | 687.90 | -8760.00 |
| 25 | 0.086 | 11.13 | 682.50 | -9100.00 |
| 26 | 0.093 | 11.55 | 676.80 | -9440.00 |
| 27 | 0.100 | 11.96 | 670.90 | -9770.00 |
| 28 | 0.108 | 12.37 | 664.90 | 10100.00 |
| 29 | 0.116 | 12.77 | 658.60 | 10400.00 |
| 30 | 0.123 | 13.17 | 652.10 | 10800.00 |
| 31 | 0.132 | 13.57 | 645.50 | 11100.00 |
| 32 | 0.140 | 13.96 | 638.60 | 11400.00 |
| 33 | 0.149 | 14.34 | 631.50 | 11700.00 |
| 34 | 0.157 | 14.73 | 624.30 | 12000.00 |
| 35 | 0.167 | 15.11 | 616.80 | 12300.00 |
| 36 | 0.176 | 15.48 | 609.20 | 12700.00 |
| 37 | 0.186 | 15.85 | 601.40 | 13000.00 |
| 38 | 0.195 | 16.22 | 593.40 | 13300.00 |
| 39 | 0.205 | 16.58 | 585.20 | 13500.00 |
| 40 | 0.216 | 16.93 | 576.80 | 13800.00 |
| 41 | 0.226 | 17.28 | 568.30 | 14100.00 |
| 42 | 0.237 | 17.62 | 559.60 | 14400.00 |
| 43 | 0.247 | 17.96 | 550.70 | 14700.00 |
| 44 | 0.259 | 18.30 | 541.70 | 15000.00 |
| 45 | 0.270 | 18.62 | 532.50 | 15200.00 |
| 46 | 0.281 | 18.95 | 523.10 | 15500.00 |

| | | | | | |
|----|-------|-------|--------|----------|---|
| 47 | 0.293 | 19.26 | 513.60 | 15700.00 | - |
| 48 | 0.305 | 19.57 | 503.90 | 16000.00 | - |
| 49 | 0.317 | 19.88 | 494.00 | 16200.00 | - |
| 50 | 0.329 | 20.18 | 484.00 | 16500.00 | - |
| 51 | 0.341 | 20.47 | 473.90 | 16700.00 | - |
| 52 | 0.354 | 20.76 | 463.60 | 17000.00 | - |
| 53 | 0.367 | 21.03 | 453.20 | 17200.00 | - |
| 54 | 0.380 | 21.31 | 442.60 | 17400.00 | - |
| 55 | 0.393 | 21.58 | 431.90 | 17600.00 | - |
| 56 | 0.406 | 21.84 | 421.10 | 17800.00 | - |
| 57 | 0.420 | 22.09 | 410.10 | 18100.00 | - |
| 58 | 0.433 | 22.34 | 399.00 | 18300.00 | - |
| 59 | 0.447 | 22.58 | 387.80 | 18500.00 | - |
| 60 | 0.461 | 22.81 | 376.50 | 18600.00 | - |
| 61 | 0.475 | 23.04 | 365.10 | 18800.00 | - |
| 62 | 0.489 | 23.26 | 353.50 | 19000.00 | - |
| 63 | 0.503 | 23.47 | 341.90 | 19200.00 | - |
| 64 | 0.517 | 23.67 | 330.10 | 19300.00 | - |
| 65 | 0.532 | 23.87 | 318.20 | 19500.00 | - |
| 66 | 0.547 | 24.06 | 306.30 | 19700.00 | - |
| 67 | 0.561 | 24.24 | 294.20 | 19800.00 | - |
| 68 | 0.576 | 24.42 | 282.10 | 20000.00 | - |
| 69 | 0.591 | 24.59 | 269.90 | 20100.00 | - |
| 70 | 0.606 | 24.75 | 257.50 | 20200.00 | - |
| 71 | 0.621 | 24.90 | 245.20 | 20400.00 | - |
| 72 | 0.637 | 25.05 | 232.70 | 20500.00 | - |
| 73 | 0.652 | 25.19 | 220.20 | 20600.00 | - |
| 74 | 0.667 | 25.32 | 207.60 | 20700.00 | - |
| 75 | 0.683 | 25.44 | 194.90 | 20800.00 | - |
| 76 | 0.698 | 25.56 | 182.20 | 20900.00 | - |
| 77 | 0.714 | 25.66 | 169.40 | 21000.00 | - |

| | | | | | |
|-----|-------|-------|---------|----------|---|
| 78 | 0.730 | 25.76 | 156.60 | 21100.00 | - |
| 79 | 0.745 | 25.85 | 143.70 | 21100.00 | - |
| 80 | 0.761 | 25.94 | 130.80 | 21200.00 | - |
| 81 | 0.777 | 26.01 | 117.80 | 21300.00 | - |
| 82 | 0.793 | 26.08 | 104.80 | 21300.00 | - |
| 83 | 0.809 | 26.14 | 91.80 | 21400.00 | - |
| 84 | 0.825 | 26.19 | 78.70 | 21400.00 | - |
| 85 | 0.841 | 26.24 | 65.60 | 21400.00 | - |
| 86 | 0.857 | 26.27 | 52.50 | 21500.00 | - |
| 87 | 0.873 | 26.30 | 39.40 | 21500.00 | - |
| 88 | 0.889 | 26.32 | 26.30 | 21500.00 | - |
| 89 | 0.905 | 26.33 | 13.10 | 21500.00 | - |
| 90 | 0.921 | 26.34 | 0.00 | 21500.00 | - |
| 91 | 0.937 | 26.33 | -13.10 | 21500.00 | - |
| 92 | 0.953 | 26.32 | -26.30 | 21500.00 | - |
| 93 | 0.969 | 26.30 | -39.40 | 21500.00 | - |
| 94 | 0.986 | 26.27 | -52.50 | 21500.00 | - |
| 95 | 1.002 | 26.24 | -65.60 | 21400.00 | - |
| 96 | 1.018 | 26.19 | -78.70 | 21400.00 | - |
| 97 | 1.034 | 26.14 | -91.80 | 21400.00 | - |
| 98 | 1.049 | 26.08 | -104.80 | 21300.00 | - |
| 99 | 1.065 | 26.01 | -117.80 | 21300.00 | - |
| 100 | 1.081 | 25.94 | -130.80 | 21200.00 | - |
| 101 | 1.097 | 25.85 | -143.70 | 21100.00 | - |
| 102 | 1.113 | 25.76 | -156.60 | 21100.00 | - |
| 103 | 1.128 | 25.66 | -169.40 | 21000.00 | - |
| 104 | 1.144 | 25.56 | -182.20 | 20900.00 | - |
| 105 | 1.160 | 25.44 | -194.90 | 20800.00 | - |
| 106 | 1.175 | 25.32 | -207.60 | 20700.00 | - |
| 107 | 1.191 | 25.19 | -220.20 | 20600.00 | - |

| | | | | | |
|-----|-------|-------|---------|----------|---|
| 108 | 1.206 | 25.05 | -232.70 | 20500.00 | - |
| 109 | 1.221 | 24.90 | -245.20 | 20400.00 | - |
| 110 | 1.236 | 24.75 | -257.50 | 20200.00 | - |
| 111 | 1.251 | 24.59 | -269.90 | 20100.00 | - |
| 112 | 1.266 | 24.42 | -282.10 | 20000.00 | - |
| 113 | 1.281 | 24.24 | -294.20 | 19800.00 | - |
| 114 | 1.296 | 24.06 | -306.30 | 19700.00 | - |
| 115 | 1.311 | 23.87 | -318.20 | 19500.00 | - |
| 116 | 1.325 | 23.67 | -330.10 | 19300.00 | - |
| 117 | 1.339 | 23.47 | -341.90 | 19200.00 | - |
| 118 | 1.354 | 23.26 | -353.50 | 19000.00 | - |
| 119 | 1.368 | 23.04 | -365.10 | 18800.00 | - |
| 120 | 1.382 | 22.81 | -376.50 | 18600.00 | - |
| 121 | 1.396 | 22.58 | -387.80 | 18500.00 | - |
| 122 | 1.409 | 22.34 | -399.00 | 18300.00 | - |
| 123 | 1.423 | 22.09 | -410.10 | 18100.00 | - |
| 124 | 1.436 | 21.84 | -421.10 | 17800.00 | - |
| 125 | 1.450 | 21.58 | -431.90 | 17600.00 | - |
| 126 | 1.463 | 21.31 | -442.60 | 17400.00 | - |
| 127 | 1.476 | 21.03 | -453.20 | 17200.00 | - |
| 128 | 1.488 | 20.76 | -463.60 | 17000.00 | - |
| 129 | 1.501 | 20.47 | -473.90 | 16700.00 | - |
| 130 | 1.513 | 20.18 | -484.00 | 16500.00 | - |
| 131 | 1.526 | 19.88 | -494.00 | 16200.00 | - |
| 132 | 1.538 | 19.57 | -503.90 | 16000.00 | - |
| 133 | 1.550 | 19.26 | -513.60 | 15700.00 | - |
| 134 | 1.561 | 18.95 | -523.10 | 15500.00 | - |
| 135 | 1.573 | 18.62 | -532.50 | 15200.00 | - |
| 136 | 1.584 | 18.30 | -541.70 | 15000.00 | - |
| 137 | 1.595 | 17.96 | -550.70 | 14700.00 | - |
| 138 | 1.606 | 17.62 | -559.60 | 14400.00 | - |

| | | | | |
|-----|-------|-------|---------|----------|
| 139 | 1.617 | 17.28 | -568.30 | 14100.00 |
| 140 | 1.627 | 16.93 | -576.80 | 13800.00 |
| 141 | 1.637 | 16.58 | -585.20 | 13500.00 |
| 142 | 1.647 | 16.22 | -593.40 | 13300.00 |
| 143 | 1.657 | 15.85 | -601.40 | 13000.00 |
| 144 | 1.667 | 15.48 | -609.20 | 12700.00 |
| 145 | 1.676 | 15.11 | -616.80 | 12300.00 |
| 146 | 1.685 | 14.73 | -624.30 | 12000.00 |
| 147 | 1.694 | 14.34 | -631.50 | 11700.00 |
| 148 | 1.703 | 13.96 | -638.60 | 11400.00 |
| 149 | 1.711 | 13.57 | -645.50 | 11100.00 |
| 150 | 1.719 | 13.17 | -652.10 | 10800.00 |
| 151 | 1.727 | 12.77 | -658.60 | 10400.00 |
| 152 | 1.735 | 12.37 | -664.90 | 10100.00 |
| 153 | 1.742 | 11.96 | -670.90 | -9770.00 |
| 154 | 1.749 | 11.55 | -676.80 | -9440.00 |
| 155 | 1.756 | 11.13 | -682.50 | -9100.00 |
| 156 | 1.763 | 10.71 | -687.90 | -8760.00 |
| 157 | 1.769 | 10.29 | -693.20 | -8410.00 |
| 158 | 1.775 | 9.87 | -698.20 | -8060.00 |
| 159 | 1.781 | 9.44 | -703.00 | -7720.00 |
| 160 | 1.787 | 9.01 | -707.60 | -7360.00 |
| 161 | 1.792 | 8.57 | -712.00 | -7010.00 |
| 162 | 1.797 | 8.14 | -716.20 | -6650.00 |
| 163 | 1.802 | 7.70 | -720.10 | -6290.00 |
| 164 | 1.807 | 7.26 | -723.80 | -5930.00 |
| 165 | 1.811 | 6.82 | -727.40 | -5570.00 |
| 166 | 1.815 | 6.37 | -730.70 | -5210.00 |
| 167 | 1.819 | 5.92 | -733.70 | -4840.00 |
| 168 | 1.822 | 5.48 | -736.60 | -4480.00 |
| 169 | 1.826 | 5.03 | -739.20 | -4110.00 |
| 170 | 1.829 | 4.57 | -741.60 | -3740.00 |
| 171 | 1.831 | 4.12 | -743.70 | -3370.00 |
| 172 | 1.834 | 3.67 | -745.70 | -3000.00 |
| 173 | 1.836 | 3.21 | -747.40 | -2620.00 |
| 174 | 1.837 | 2.75 | -748.90 | -2250.00 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|---------|----------|
| 175 | 1.839 | 2.30 | -750.20 | -1880.00 |
| 176 | 1.840 | 1.84 | -751.20 | -1500.00 |
| 177 | 1.841 | 1.38 | -752.00 | -1130.00 |
| 178 | 1.842 | 0.92 | -752.60 | -751.00 |
| 179 | 1.842 | 0.46 | -752.90 | -376.00 |
| 180 | 1.842 | 0.00 | -753.00 | 0.00 |
| 181 | 1.842 | -0.46 | -752.90 | 376.00 |
| 182 | 1.842 | -0.92 | -752.60 | 751.00 |
| 183 | 1.841 | -1.38 | -752.00 | 1130.00 |
| 184 | 1.840 | -1.84 | -751.20 | 1500.00 |
| 185 | 1.839 | -2.30 | -750.20 | 1880.00 |
| 186 | 1.837 | -2.75 | -748.90 | 2250.00 |
| 187 | 1.836 | -3.21 | -747.40 | 2620.00 |
| 188 | 1.834 | -3.67 | -745.70 | 3000.00 |
| 189 | 1.831 | -4.12 | -743.70 | 3370.00 |
| 190 | 1.829 | -4.57 | -741.60 | 3740.00 |
| 191 | 1.826 | -5.03 | -739.20 | 4110.00 |
| 192 | 1.822 | -5.48 | -736.60 | 4480.00 |
| 193 | 1.819 | -5.92 | -733.70 | 4840.00 |
| 194 | 1.815 | -6.37 | -730.70 | 5210.00 |
| 195 | 1.811 | -6.82 | -727.40 | 5570.00 |
| 196 | 1.807 | -7.26 | -723.80 | 5930.00 |
| 197 | 1.802 | -7.70 | -720.10 | 6290.00 |
| 198 | 1.797 | -8.14 | -716.20 | 6650.00 |
| 199 | 1.792 | -8.57 | -712.00 | 7010.00 |
| 200 | 1.787 | -9.01 | -707.60 | 7360.00 |
| 201 | 1.781 | -9.44 | -703.00 | 7720.00 |
| 202 | 1.775 | -9.87 | -698.20 | 8060.00 |
| 203 | 1.769 | -10.29 | -693.20 | 8410.00 |
| 204 | 1.763 | -10.71 | -687.90 | 8760.00 |
| 205 | 1.756 | -11.13 | -682.50 | 9100.00 |
| 206 | 1.749 | -11.55 | -676.80 | 9440.00 |
| 207 | 1.742 | -11.96 | -670.90 | 9770.00 |
| 208 | 1.735 | -12.37 | -664.90 | 10100.00 |
| 209 | 1.727 | -12.77 | -658.60 | 10400.00 |
| 210 | 1.719 | -13.17 | -652.10 | 10800.00 |
| 211 | 1.711 | -13.57 | -645.50 | 11100.00 |
| 212 | 1.703 | -13.96 | -638.60 | 11400.00 |
| 213 | 1.694 | -14.34 | -631.50 | 11700.00 |
| 214 | 1.685 | -14.73 | -624.30 | 12000.00 |
| 215 | 1.676 | -15.11 | -616.80 | 12300.00 |
| 216 | 1.667 | -15.48 | -609.20 | 12700.00 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|---------|----------|
| 217 | 1.657 | -15.85 | -601.40 | 13000.00 |
| 218 | 1.647 | -16.22 | -593.40 | 13300.00 |
| 219 | 1.637 | -16.58 | -585.20 | 13500.00 |
| 220 | 1.627 | -16.93 | -576.80 | 13800.00 |
| 221 | 1.617 | -17.28 | -568.30 | 14100.00 |
| 222 | 1.606 | -17.62 | -559.60 | 14400.00 |
| 223 | 1.595 | -17.96 | -550.70 | 14700.00 |
| 224 | 1.584 | -18.30 | -541.70 | 15000.00 |
| 225 | 1.573 | -18.62 | -532.50 | 15200.00 |
| 226 | 1.561 | -18.95 | -523.10 | 15500.00 |
| 227 | 1.550 | -19.26 | -513.60 | 15700.00 |
| 228 | 1.538 | -19.57 | -503.90 | 16000.00 |
| 229 | 1.526 | -19.88 | -494.00 | 16200.00 |
| 230 | 1.513 | -20.18 | -484.00 | 16500.00 |
| 231 | 1.501 | -20.47 | -473.90 | 16700.00 |
| 232 | 1.488 | -20.76 | -463.60 | 17000.00 |
| 233 | 1.476 | -21.03 | -453.20 | 17200.00 |
| 234 | 1.463 | -21.31 | -442.60 | 17400.00 |
| 235 | 1.450 | -21.58 | -431.90 | 17600.00 |
| 236 | 1.436 | -21.84 | -421.10 | 17800.00 |
| 237 | 1.423 | -22.09 | -410.10 | 18100.00 |
| 238 | 1.409 | -22.34 | -399.00 | 18300.00 |
| 239 | 1.396 | -22.58 | -387.80 | 18500.00 |
| 240 | 1.382 | -22.81 | -376.50 | 18600.00 |
| 241 | 1.368 | -23.04 | -365.10 | 18800.00 |
| 242 | 1.354 | -23.26 | -353.50 | 19000.00 |
| 243 | 1.339 | -23.47 | -341.90 | 19200.00 |
| 244 | 1.325 | -23.67 | -330.10 | 19300.00 |
| 245 | 1.311 | -23.87 | -318.20 | 19500.00 |
| 246 | 1.296 | -24.06 | -306.30 | 19700.00 |
| 247 | 1.281 | -24.24 | -294.20 | 19800.00 |
| 248 | 1.266 | -24.42 | -282.10 | 20000.00 |
| 249 | 1.251 | -24.59 | -269.90 | 20100.00 |
| 250 | 1.236 | -24.75 | -257.50 | 20200.00 |
| 251 | 1.221 | -24.90 | -245.20 | 20400.00 |
| 252 | 1.206 | -25.05 | -232.70 | 20500.00 |
| 253 | 1.191 | -25.19 | -220.20 | 20600.00 |
| 254 | 1.175 | -25.32 | -207.60 | 20700.00 |
| 255 | 1.160 | -25.44 | -194.90 | 20800.00 |
| 256 | 1.144 | -25.56 | -182.20 | 20900.00 |
| 257 | 1.128 | -25.66 | -169.40 | 21000.00 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|---------|----------|
| 258 | 1.113 | -25.76 | -156.60 | 21100.00 |
| 259 | 1.097 | -25.85 | -143.70 | 21100.00 |
| 260 | 1.081 | -25.94 | -130.80 | 21200.00 |
| 261 | 1.065 | -26.01 | -117.80 | 21300.00 |
| 262 | 1.049 | -26.08 | -104.80 | 21300.00 |
| 263 | 1.034 | -26.14 | -91.80 | 21400.00 |
| 264 | 1.018 | -26.19 | -78.70 | 21400.00 |
| 265 | 1.002 | -26.24 | -65.60 | 21400.00 |
| 266 | 0.986 | -26.27 | -52.50 | 21500.00 |
| 267 | 0.969 | -26.30 | -39.40 | 21500.00 |
| 268 | 0.953 | -26.32 | -26.30 | 21500.00 |
| 269 | 0.937 | -26.33 | -13.10 | 21500.00 |
| 270 | 0.921 | -26.34 | 0.00 | 21500.00 |
| 271 | 0.905 | -26.33 | 13.10 | 21500.00 |
| 272 | 0.889 | -26.32 | 26.30 | 21500.00 |
| 273 | 0.873 | -26.30 | 39.40 | 21500.00 |
| 274 | 0.857 | -26.27 | 52.50 | 21500.00 |
| 275 | 0.841 | -26.24 | 65.60 | 21400.00 |
| 276 | 0.825 | -26.19 | 78.70 | 21400.00 |
| 277 | 0.809 | -26.14 | 91.80 | 21400.00 |
| 278 | 0.793 | -26.08 | 104.80 | 21300.00 |
| 279 | 0.777 | -26.01 | 117.80 | 21300.00 |
| 280 | 0.761 | -25.94 | 130.80 | 21200.00 |
| 281 | 0.745 | -25.85 | 143.70 | 21100.00 |
| 282 | 0.730 | -25.76 | 156.60 | 21100.00 |
| 283 | 0.714 | -25.66 | 169.40 | 21000.00 |
| 284 | 0.698 | -25.56 | 182.20 | 20900.00 |
| 285 | 0.683 | -25.44 | 194.90 | 20800.00 |
| 286 | 0.667 | -25.32 | 207.60 | 20700.00 |
| 287 | 0.652 | -25.19 | 220.20 | 20600.00 |
| 288 | 0.637 | -25.05 | 232.70 | 20500.00 |
| 289 | 0.621 | -24.90 | 245.20 | 20400.00 |
| 290 | 0.606 | -24.75 | 257.50 | 20200.00 |
| 291 | 0.591 | -24.59 | 269.90 | 20100.00 |
| 292 | 0.576 | -24.42 | 282.10 | 20000.00 |
| 293 | 0.561 | -24.24 | 294.20 | 19800.00 |
| 294 | 0.547 | -24.06 | 306.30 | 19700.00 |
| 295 | 0.532 | -23.87 | 318.20 | 19500.00 |
| 296 | 0.517 | -23.67 | 330.10 | 19300.00 |
| 297 | 0.503 | -23.47 | 341.90 | 19200.00 |
| 298 | 0.489 | -23.26 | 353.50 | 19000.00 |
| 299 | 0.475 | -23.04 | 365.10 | 18800.00 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|--------|----------|
| 300 | 0.461 | -22.81 | 376.50 | 18600.00 |
| 301 | 0.447 | -22.58 | 387.80 | 18500.00 |
| 302 | 0.433 | -22.34 | 399.00 | 18300.00 |
| 303 | 0.420 | -22.09 | 410.10 | 18100.00 |
| 304 | 0.406 | -21.84 | 421.10 | 17800.00 |
| 305 | 0.393 | -21.58 | 431.90 | 17600.00 |
| 306 | 0.380 | -21.31 | 442.60 | 17400.00 |
| 307 | 0.367 | -21.03 | 453.20 | 17200.00 |
| 308 | 0.354 | -20.76 | 463.60 | 17000.00 |
| 309 | 0.341 | -20.47 | 473.90 | 16700.00 |
| 310 | 0.329 | -20.18 | 484.00 | 16500.00 |
| 311 | 0.317 | -19.88 | 494.00 | 16200.00 |
| 312 | 0.305 | -19.57 | 503.90 | 16000.00 |
| 313 | 0.293 | -19.26 | 513.60 | 15700.00 |
| 314 | 0.281 | -18.95 | 523.10 | 15500.00 |
| 315 | 0.270 | -18.62 | 532.50 | 15200.00 |
| 316 | 0.259 | -18.30 | 541.70 | 15000.00 |
| 317 | 0.247 | -17.96 | 550.70 | 14700.00 |
| 318 | 0.237 | -17.62 | 559.60 | 14400.00 |
| 319 | 0.226 | -17.28 | 568.30 | 14100.00 |
| 320 | 0.216 | -16.93 | 576.80 | 13800.00 |
| 321 | 0.205 | -16.58 | 585.20 | 13500.00 |
| 322 | 0.195 | -16.22 | 593.40 | 13300.00 |
| 323 | 0.186 | -15.85 | 601.40 | 13000.00 |
| 324 | 0.176 | -15.48 | 609.20 | 12700.00 |
| 325 | 0.167 | -15.11 | 616.80 | 12300.00 |
| 326 | 0.157 | -14.73 | 624.30 | 12000.00 |
| 327 | 0.149 | -14.34 | 631.50 | 11700.00 |
| 328 | 0.140 | -13.96 | 638.60 | 11400.00 |
| 329 | 0.132 | -13.57 | 645.50 | 11100.00 |
| 330 | 0.123 | -13.17 | 652.10 | 10800.00 |
| 331 | 0.116 | -12.77 | 658.60 | 10400.00 |
| 332 | 0.108 | -12.37 | 664.90 | 10100.00 |
| 333 | 0.100 | -11.96 | 670.90 | 9770.00 |
| 334 | 0.093 | -11.55 | 676.80 | 9440.00 |
| 335 | 0.086 | -11.13 | 682.50 | 9100.00 |
| 336 | 0.080 | -10.71 | 687.90 | 8760.00 |
| 337 | 0.073 | -10.29 | 693.20 | 8410.00 |
| 338 | 0.067 | -9.87 | 698.20 | 8060.00 |
| 339 | 0.061 | -9.44 | 703.00 | 7720.00 |
| 340 | 0.056 | -9.01 | 707.60 | 7360.00 |

| | | | | |
|-----|-------|-------|--------|---------|
| 341 | 0.050 | -8.57 | 712.00 | 7010.00 |
| 342 | 0.045 | -8.14 | 716.20 | 6650.00 |
| 343 | 0.040 | -7.70 | 720.10 | 6290.00 |
| 344 | 0.036 | -7.26 | 723.80 | 5930.00 |
| 345 | 0.031 | -6.82 | 727.40 | 5570.00 |
| 346 | 0.027 | -6.37 | 730.70 | 5210.00 |
| 347 | 0.024 | -5.92 | 733.70 | 4840.00 |
| 348 | 0.020 | -5.48 | 736.60 | 4480.00 |
| 349 | 0.017 | -5.03 | 739.20 | 4110.00 |
| 350 | 0.014 | -4.57 | 741.60 | 3740.00 |
| 351 | 0.011 | -4.12 | 743.70 | 3370.00 |
| 352 | 0.009 | -3.67 | 745.70 | 3000.00 |
| 353 | 0.007 | -3.21 | 747.40 | 2620.00 |
| 354 | 0.005 | -2.75 | 748.90 | 2250.00 |
| 355 | 0.004 | -2.30 | 750.20 | 1880.00 |
| 356 | 0.002 | -1.84 | 751.20 | 1500.00 |
| 357 | 0.001 | -1.38 | 752.00 | 1130.00 |
| 358 | 0.001 | -0.92 | 752.60 | 751.00 |
| 359 | 0.000 | -0.46 | 752.90 | 376.00 |
| 360 | 0.000 | 0.00 | 753.00 | 0.00 |

Tabla 57. Accionamiento por leva corte rápido

| Numero de segmento | Función Usada | Ángulo de comienzo | Ángulo Final | Ángulo Delta |
|--------------------|-------------------------------|---------------------|--------------|--------------|
| 1 | Levantamiento simple armónico | 0 | 180 | 180 |
| 2 | Caida simple armónica | 180 | 360 | 180 |
| Velocidad en eje | 28,59 rad/s | Levantamiento total | 0.787 | Pul |

| Angle Degrees | Displacement Inches CR | Velocity In/Sec CR | Acceleration In/Sec^2 CR | Jerk In/Sec^3 CR |
|---------------|------------------------|--------------------|--------------------------|------------------|
| 0 | 0.000 | 0.00 | 321.60 | 0.00 |
| 1 | 0.000 | 0.20 | 321.60 | -160.00 |
| 2 | 0.000 | 0.39 | 321.40 | -321.00 |
| 3 | 0.001 | 0.59 | 321.20 | -481.00 |
| 4 | 0.001 | 0.78 | 320.90 | -641.00 |
| 5 | 0.001 | 0.98 | 320.40 | -801.00 |
| 6 | 0.002 | 1.18 | 319.90 | -961.00 |

| | | | | |
|----|-------|------|--------|----------|
| 7 | 0.003 | 1.37 | 319.20 | -1120.00 |
| 8 | 0.004 | 1.57 | 318.50 | -1280.00 |
| 9 | 0.005 | 1.76 | 317.70 | -1440.00 |
| 10 | 0.006 | 1.95 | 316.80 | -1600.00 |
| 11 | 0.007 | 2.15 | 315.70 | -1750.00 |
| 12 | 0.009 | 2.34 | 314.60 | -1910.00 |
| 13 | 0.010 | 2.53 | 313.40 | -2070.00 |
| 14 | 0.012 | 2.72 | 312.10 | -2220.00 |
| 15 | 0.013 | 2.91 | 310.70 | -2380.00 |
| 16 | 0.015 | 3.10 | 309.20 | -2530.00 |
| 17 | 0.017 | 3.29 | 307.60 | -2690.00 |
| 18 | 0.019 | 3.48 | 305.90 | -2840.00 |
| 19 | 0.021 | 3.66 | 304.10 | -2990.00 |
| 20 | 0.024 | 3.85 | 302.20 | -3150.00 |
| 21 | 0.026 | 4.03 | 300.30 | -3300.00 |
| 22 | 0.029 | 4.21 | 298.20 | -3440.00 |
| 23 | 0.031 | 4.40 | 296.10 | -3590.00 |
| 24 | 0.034 | 4.58 | 293.80 | -3740.00 |
| 25 | 0.037 | 4.75 | 291.50 | -3890.00 |
| 26 | 0.040 | 4.93 | 289.10 | -4030.00 |
| 27 | 0.043 | 5.11 | 286.60 | -4170.00 |
| 28 | 0.046 | 5.28 | 284.00 | -4320.00 |
| 29 | 0.049 | 5.45 | 281.30 | -4460.00 |
| 30 | 0.053 | 5.63 | 278.60 | -4600.00 |
| 31 | 0.056 | 5.79 | 275.70 | -4740.00 |
| 32 | 0.060 | 5.96 | 272.80 | -4870.00 |
| 33 | 0.063 | 6.13 | 269.80 | -5010.00 |
| 34 | 0.067 | 6.29 | 266.70 | -5140.00 |
| 35 | 0.071 | 6.45 | 263.50 | -5270.00 |
| 36 | 0.075 | 6.61 | 260.20 | -5410.00 |
| 37 | 0.079 | 6.77 | 256.90 | -5530.00 |
| 38 | 0.083 | 6.93 | 253.50 | -5660.00 |
| 39 | 0.088 | 7.08 | 250.00 | -5790.00 |
| 40 | 0.092 | 7.23 | 246.40 | -5910.00 |
| 41 | 0.097 | 7.38 | 242.70 | -6030.00 |
| 42 | 0.101 | 7.53 | 239.00 | -6150.00 |
| 43 | 0.106 | 7.67 | 235.20 | -6270.00 |
| 44 | 0.110 | 7.82 | 231.40 | -6390.00 |
| 45 | 0.115 | 7.96 | 227.40 | -6500.00 |
| 46 | 0.120 | 8.09 | 223.40 | -6610.00 |
| 47 | 0.125 | 8.23 | 219.40 | -6730.00 |

| | | | | |
|----|-------|-------|--------|----------|
| 48 | 0.130 | 8.36 | 215.20 | -6830.00 |
| 49 | 0.135 | 8.49 | 211.00 | -6940.00 |
| 50 | 0.141 | 8.62 | 206.70 | -7040.00 |
| 51 | 0.146 | 8.74 | 202.40 | -7150.00 |
| 52 | 0.151 | 8.87 | 198.00 | -7250.00 |
| 53 | 0.157 | 8.98 | 193.60 | -7340.00 |
| 54 | 0.162 | 9.10 | 189.10 | -7440.00 |
| 55 | 0.168 | 9.22 | 184.50 | -7530.00 |
| 56 | 0.173 | 9.33 | 179.90 | -7620.00 |
| 57 | 0.179 | 9.44 | 175.20 | -7710.00 |
| 58 | 0.185 | 9.54 | 170.40 | -7800.00 |
| 59 | 0.191 | 9.64 | 165.70 | -7880.00 |
| 60 | 0.197 | 9.74 | 160.80 | -7960.00 |
| 61 | 0.203 | 9.84 | 155.90 | -8040.00 |
| 62 | 0.209 | 9.93 | 151.00 | -8120.00 |
| 63 | 0.215 | 10.02 | 146.00 | -8190.00 |
| 64 | 0.221 | 10.11 | 141.00 | -8270.00 |
| 65 | 0.227 | 10.20 | 135.90 | -8330.00 |
| 66 | 0.233 | 10.28 | 130.80 | -8400.00 |
| 67 | 0.240 | 10.36 | 125.70 | -8460.00 |
| 68 | 0.246 | 10.43 | 120.50 | -8530.00 |
| 69 | 0.252 | 10.50 | 115.30 | -8580.00 |
| 70 | 0.259 | 10.57 | 110.00 | -8640.00 |
| 71 | 0.265 | 10.64 | 104.70 | -8690.00 |
| 72 | 0.272 | 10.70 | 99.40 | -8750.00 |
| 73 | 0.278 | 10.76 | 94.00 | -8790.00 |
| 74 | 0.285 | 10.81 | 88.70 | -8840.00 |
| 75 | 0.292 | 10.87 | 83.20 | -8880.00 |
| 76 | 0.298 | 10.92 | 77.80 | -8920.00 |
| 77 | 0.305 | 10.96 | 72.40 | -8960.00 |
| 78 | 0.312 | 11.00 | 66.90 | -8990.00 |
| 79 | 0.318 | 11.04 | 61.40 | -9030.00 |
| 80 | 0.325 | 11.08 | 55.90 | -9060.00 |
| 81 | 0.332 | 11.11 | 50.30 | -9080.00 |
| 82 | 0.339 | 11.14 | 44.80 | -9110.00 |
| 83 | 0.346 | 11.17 | 39.20 | -9130.00 |
| 84 | 0.352 | 11.19 | 33.60 | -9150.00 |
| 85 | 0.359 | 11.21 | 28.00 | -9160.00 |
| 86 | 0.366 | 11.22 | 22.40 | -9170.00 |
| 87 | 0.373 | 11.23 | 16.80 | -9180.00 |
| 88 | 0.380 | 11.24 | 11.20 | -9190.00 |
| 89 | 0.387 | 11.25 | 5.60 | -9190.00 |

| | | | | |
|-----|-------|-------|---------|----------|
| 90 | 0.394 | 11.25 | 0.00 | -9200.00 |
| 91 | 0.400 | 11.25 | -5.60 | -9190.00 |
| 92 | 0.407 | 11.24 | -11.20 | -9190.00 |
| 93 | 0.414 | 11.23 | -16.80 | -9180.00 |
| 94 | 0.421 | 11.22 | -22.40 | -9170.00 |
| 95 | 0.428 | 11.21 | -28.00 | -9160.00 |
| 96 | 0.435 | 11.19 | -33.60 | -9150.00 |
| 97 | 0.441 | 11.17 | -39.20 | -9130.00 |
| 98 | 0.448 | 11.14 | -44.80 | -9110.00 |
| 99 | 0.455 | 11.11 | -50.30 | -9080.00 |
| 100 | 0.462 | 11.08 | -55.90 | -9060.00 |
| 101 | 0.469 | 11.04 | -61.40 | -9030.00 |
| 102 | 0.475 | 11.00 | -66.90 | -8990.00 |
| 103 | 0.482 | 10.96 | -72.40 | -8960.00 |
| 104 | 0.489 | 10.92 | -77.80 | -8920.00 |
| 105 | 0.495 | 10.87 | -83.20 | -8880.00 |
| 106 | 0.502 | 10.81 | -88.70 | -8840.00 |
| 107 | 0.509 | 10.76 | -94.00 | -8790.00 |
| 108 | 0.515 | 10.70 | -99.40 | -8750.00 |
| 109 | 0.522 | 10.64 | -104.70 | -8690.00 |
| 110 | 0.528 | 10.57 | -110.00 | -8640.00 |
| 111 | 0.535 | 10.50 | -115.30 | -8580.00 |
| 112 | 0.541 | 10.43 | -120.50 | -8530.00 |
| 113 | 0.547 | 10.36 | -125.70 | -8460.00 |
| 114 | 0.554 | 10.28 | -130.80 | -8400.00 |
| 115 | 0.560 | 10.20 | -135.90 | -8330.00 |
| 116 | 0.566 | 10.11 | -141.00 | -8270.00 |
| 117 | 0.572 | 10.02 | -146.00 | -8190.00 |
| 118 | 0.578 | 9.93 | -151.00 | -8120.00 |
| 119 | 0.584 | 9.84 | -155.90 | -8040.00 |
| 120 | 0.590 | 9.74 | -160.80 | -7960.00 |
| 121 | 0.596 | 9.64 | -165.70 | -7880.00 |
| 122 | 0.602 | 9.54 | -170.40 | -7800.00 |
| 123 | 0.608 | 9.44 | -175.20 | -7710.00 |
| 124 | 0.614 | 9.33 | -179.90 | -7620.00 |
| 125 | 0.619 | 9.22 | -184.50 | -7530.00 |
| 126 | 0.625 | 9.10 | -189.10 | -7440.00 |
| 127 | 0.630 | 8.98 | -193.60 | -7340.00 |
| 128 | 0.636 | 8.87 | -198.00 | -7250.00 |
| 129 | 0.641 | 8.74 | -202.40 | -7150.00 |
| 130 | 0.646 | 8.62 | -206.70 | -7040.00 |

| | | | | |
|-----|-------|------|---------|----------|
| 131 | 0.652 | 8.49 | -211.00 | -6940.00 |
| 132 | 0.657 | 8.36 | -215.20 | -6830.00 |
| 133 | 0.662 | 8.23 | -219.40 | -6730.00 |
| 134 | 0.667 | 8.09 | -223.40 | -6610.00 |
| 135 | 0.672 | 7.96 | -227.40 | -6500.00 |
| 136 | 0.677 | 7.82 | -231.40 | -6390.00 |
| 137 | 0.681 | 7.67 | -235.20 | -6270.00 |
| 138 | 0.686 | 7.53 | -239.00 | -6150.00 |
| 139 | 0.690 | 7.38 | -242.70 | -6030.00 |
| 140 | 0.695 | 7.23 | -246.40 | -5910.00 |
| 141 | 0.699 | 7.08 | -250.00 | -5790.00 |
| 142 | 0.704 | 6.93 | -253.50 | -5660.00 |
| 143 | 0.708 | 6.77 | -256.90 | -5530.00 |
| 144 | 0.712 | 6.61 | -260.20 | -5410.00 |
| 145 | 0.716 | 6.45 | -263.50 | -5270.00 |
| 146 | 0.720 | 6.29 | -266.70 | -5140.00 |
| 147 | 0.724 | 6.13 | -269.80 | -5010.00 |
| 148 | 0.727 | 5.96 | -272.80 | -4870.00 |
| 149 | 0.731 | 5.79 | -275.70 | -4740.00 |
| 150 | 0.734 | 5.63 | -278.60 | -4600.00 |
| 151 | 0.738 | 5.45 | -281.30 | -4460.00 |
| 152 | 0.741 | 5.28 | -284.00 | -4320.00 |
| 153 | 0.744 | 5.11 | -286.60 | -4170.00 |
| 154 | 0.747 | 4.93 | -289.10 | -4030.00 |
| 155 | 0.750 | 4.75 | -291.50 | -3890.00 |
| 156 | 0.753 | 4.58 | -293.80 | -3740.00 |
| 157 | 0.756 | 4.40 | -296.10 | -3590.00 |
| 158 | 0.758 | 4.21 | -298.20 | -3440.00 |
| 159 | 0.761 | 4.03 | -300.30 | -3300.00 |
| 160 | 0.763 | 3.85 | -302.20 | -3150.00 |
| 161 | 0.766 | 3.66 | -304.10 | -2990.00 |
| 162 | 0.768 | 3.48 | -305.90 | -2840.00 |
| 163 | 0.770 | 3.29 | -307.60 | -2690.00 |
| 164 | 0.772 | 3.10 | -309.20 | -2530.00 |
| 165 | 0.774 | 2.91 | -310.70 | -2380.00 |
| 166 | 0.775 | 2.72 | -312.10 | -2220.00 |
| 167 | 0.777 | 2.53 | -313.40 | -2070.00 |
| 168 | 0.778 | 2.34 | -314.60 | -1910.00 |
| 169 | 0.780 | 2.15 | -315.70 | -1750.00 |
| 170 | 0.781 | 1.95 | -316.80 | -1600.00 |
| 171 | 0.782 | 1.76 | -317.70 | -1440.00 |
| 172 | 0.783 | 1.57 | -318.50 | -1280.00 |

| | | | | |
|-----|-------|-------|---------|----------|
| 173 | 0.784 | 1.37 | -319.20 | -1120.00 |
| 174 | 0.785 | 1.18 | -319.90 | -961.00 |
| 175 | 0.786 | 0.98 | -320.40 | -801.00 |
| 176 | 0.786 | 0.78 | -320.90 | -641.00 |
| 177 | 0.786 | 0.59 | -321.20 | -481.00 |
| 178 | 0.787 | 0.39 | -321.40 | -321.00 |
| 179 | 0.787 | 0.20 | -321.60 | -160.00 |
| 180 | 0.787 | 0.00 | -321.60 | 0.00 |
| 181 | 0.787 | -0.20 | -321.60 | 160.00 |
| 182 | 0.787 | -0.39 | -321.40 | 321.00 |
| 183 | 0.786 | -0.59 | -321.20 | 481.00 |
| 184 | 0.786 | -0.78 | -320.90 | 641.00 |
| 185 | 0.786 | -0.98 | -320.40 | 801.00 |
| 186 | 0.785 | -1.18 | -319.90 | 961.00 |
| 187 | 0.784 | -1.37 | -319.20 | 1120.00 |
| 188 | 0.783 | -1.57 | -318.50 | 1280.00 |
| 189 | 0.782 | -1.76 | -317.70 | 1440.00 |
| 190 | 0.781 | -1.95 | -316.80 | 1600.00 |
| 191 | 0.780 | -2.15 | -315.70 | 1750.00 |
| 192 | 0.778 | -2.34 | -314.60 | 1910.00 |
| 193 | 0.777 | -2.53 | -313.40 | 2070.00 |
| 194 | 0.775 | -2.72 | -312.10 | 2220.00 |
| 195 | 0.774 | -2.91 | -310.70 | 2380.00 |
| 196 | 0.772 | -3.10 | -309.20 | 2530.00 |
| 197 | 0.770 | -3.29 | -307.60 | 2690.00 |
| 198 | 0.768 | -3.48 | -305.90 | 2840.00 |
| 199 | 0.766 | -3.66 | -304.10 | 2990.00 |
| 200 | 0.763 | -3.85 | -302.20 | 3150.00 |
| 201 | 0.761 | -4.03 | -300.30 | 3300.00 |
| 202 | 0.758 | -4.21 | -298.20 | 3440.00 |
| 203 | 0.756 | -4.40 | -296.10 | 3590.00 |
| 204 | 0.753 | -4.58 | -293.80 | 3740.00 |
| 205 | 0.750 | -4.75 | -291.50 | 3890.00 |
| 206 | 0.747 | -4.93 | -289.10 | 4030.00 |
| 207 | 0.744 | -5.11 | -286.60 | 4170.00 |
| 208 | 0.741 | -5.28 | -284.00 | 4320.00 |
| 209 | 0.738 | -5.45 | -281.30 | 4460.00 |
| 210 | 0.734 | -5.63 | -278.60 | 4600.00 |
| 211 | 0.731 | -5.79 | -275.70 | 4740.00 |
| 212 | 0.727 | -5.96 | -272.80 | 4870.00 |
| 213 | 0.724 | -6.13 | -269.80 | 5010.00 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|---------|---------|
| 214 | 0.720 | -6.29 | -266.70 | 5140.00 |
| 215 | 0.716 | -6.45 | -263.50 | 5270.00 |
| 216 | 0.712 | -6.61 | -260.20 | 5410.00 |
| 217 | 0.708 | -6.77 | -256.90 | 5530.00 |
| 218 | 0.704 | -6.93 | -253.50 | 5660.00 |
| 219 | 0.699 | -7.08 | -250.00 | 5790.00 |
| 220 | 0.695 | -7.23 | -246.40 | 5910.00 |
| 221 | 0.690 | -7.38 | -242.70 | 6030.00 |
| 222 | 0.686 | -7.53 | -239.00 | 6150.00 |
| 223 | 0.681 | -7.67 | -235.20 | 6270.00 |
| 224 | 0.677 | -7.82 | -231.40 | 6390.00 |
| 225 | 0.672 | -7.96 | -227.40 | 6500.00 |
| 226 | 0.667 | -8.09 | -223.40 | 6610.00 |
| 227 | 0.662 | -8.23 | -219.40 | 6730.00 |
| 228 | 0.657 | -8.36 | -215.20 | 6830.00 |
| 229 | 0.652 | -8.49 | -211.00 | 6940.00 |
| 230 | 0.646 | -8.62 | -206.70 | 7040.00 |
| 231 | 0.641 | -8.74 | -202.40 | 7150.00 |
| 232 | 0.636 | -8.87 | -198.00 | 7250.00 |
| 233 | 0.630 | -8.98 | -193.60 | 7340.00 |
| 234 | 0.625 | -9.10 | -189.10 | 7440.00 |
| 235 | 0.619 | -9.22 | -184.50 | 7530.00 |
| 236 | 0.614 | -9.33 | -179.90 | 7620.00 |
| 237 | 0.608 | -9.44 | -175.20 | 7710.00 |
| 238 | 0.602 | -9.54 | -170.40 | 7800.00 |
| 239 | 0.596 | -9.64 | -165.70 | 7880.00 |
| 240 | 0.590 | -9.74 | -160.80 | 7960.00 |
| 241 | 0.584 | -9.84 | -155.90 | 8040.00 |
| 242 | 0.578 | -9.93 | -151.00 | 8120.00 |
| 243 | 0.572 | -10.02 | -146.00 | 8190.00 |
| 244 | 0.566 | -10.11 | -141.00 | 8270.00 |
| 245 | 0.560 | -10.20 | -135.90 | 8330.00 |
| 246 | 0.554 | -10.28 | -130.80 | 8400.00 |
| 247 | 0.547 | -10.36 | -125.70 | 8460.00 |
| 248 | 0.541 | -10.43 | -120.50 | 8530.00 |
| 249 | 0.535 | -10.50 | -115.30 | 8580.00 |
| 250 | 0.528 | -10.57 | -110.00 | 8640.00 |
| 251 | 0.522 | -10.64 | -104.70 | 8690.00 |
| 252 | 0.515 | -10.70 | -99.40 | 8750.00 |
| 253 | 0.509 | -10.76 | -94.00 | 8790.00 |
| 254 | 0.502 | -10.81 | -88.70 | 8840.00 |
| 255 | 0.495 | -10.87 | -83.20 | 8880.00 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|--------|---------|
| 256 | 0.489 | -10.92 | -77.80 | 8920.00 |
| 257 | 0.482 | -10.96 | -72.40 | 8960.00 |
| 258 | 0.475 | -11.00 | -66.90 | 8990.00 |
| 259 | 0.469 | -11.04 | -61.40 | 9030.00 |
| 260 | 0.462 | -11.08 | -55.90 | 9060.00 |
| 261 | 0.455 | -11.11 | -50.30 | 9080.00 |
| 262 | 0.448 | -11.14 | -44.80 | 9110.00 |
| 263 | 0.441 | -11.17 | -39.20 | 9130.00 |
| 264 | 0.435 | -11.19 | -33.60 | 9150.00 |
| 265 | 0.428 | -11.21 | -28.00 | 9160.00 |
| 266 | 0.421 | -11.22 | -22.40 | 9170.00 |
| 267 | 0.414 | -11.23 | -16.80 | 9180.00 |
| 268 | 0.407 | -11.24 | -11.20 | 9190.00 |
| 269 | 0.400 | -11.25 | -5.60 | 9190.00 |
| 270 | 0.394 | -11.25 | 0.00 | 9200.00 |
| 271 | 0.387 | -11.25 | 5.60 | 9190.00 |
| 272 | 0.380 | -11.24 | 11.20 | 9190.00 |
| 273 | 0.373 | -11.23 | 16.80 | 9180.00 |
| 274 | 0.366 | -11.22 | 22.40 | 9170.00 |
| 275 | 0.359 | -11.21 | 28.00 | 9160.00 |
| 276 | 0.352 | -11.19 | 33.60 | 9150.00 |
| 277 | 0.346 | -11.17 | 39.20 | 9130.00 |
| 278 | 0.339 | -11.14 | 44.80 | 9110.00 |
| 279 | 0.332 | -11.11 | 50.30 | 9080.00 |
| 280 | 0.325 | -11.08 | 55.90 | 9060.00 |
| 281 | 0.318 | -11.04 | 61.40 | 9030.00 |
| 282 | 0.312 | -11.00 | 66.90 | 8990.00 |
| 283 | 0.305 | -10.96 | 72.40 | 8960.00 |
| 284 | 0.298 | -10.92 | 77.80 | 8920.00 |
| 285 | 0.292 | -10.87 | 83.20 | 8880.00 |
| 286 | 0.285 | -10.81 | 88.70 | 8840.00 |
| 287 | 0.278 | -10.76 | 94.00 | 8790.00 |
| 288 | 0.272 | -10.70 | 99.40 | 8750.00 |
| 289 | 0.265 | -10.64 | 104.70 | 8690.00 |
| 290 | 0.259 | -10.57 | 110.00 | 8640.00 |
| 291 | 0.252 | -10.50 | 115.30 | 8580.00 |
| 292 | 0.246 | -10.43 | 120.50 | 8530.00 |
| 293 | 0.240 | -10.36 | 125.70 | 8460.00 |
| 294 | 0.233 | -10.28 | 130.80 | 8400.00 |
| 295 | 0.227 | -10.20 | 135.90 | 8330.00 |
| 296 | 0.221 | -10.11 | 141.00 | 8270.00 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|--------|---------|
| 297 | 0.215 | -10.02 | 146.00 | 8190.00 |
| 298 | 0.209 | -9.93 | 151.00 | 8120.00 |
| 299 | 0.203 | -9.84 | 155.90 | 8040.00 |
| 300 | 0.197 | -9.74 | 160.80 | 7960.00 |
| 301 | 0.191 | -9.64 | 165.70 | 7880.00 |
| 302 | 0.185 | -9.54 | 170.40 | 7800.00 |
| 303 | 0.179 | -9.44 | 175.20 | 7710.00 |
| 304 | 0.173 | -9.33 | 179.90 | 7620.00 |
| 305 | 0.168 | -9.22 | 184.50 | 7530.00 |
| 306 | 0.162 | -9.10 | 189.10 | 7440.00 |
| 307 | 0.157 | -8.98 | 193.60 | 7340.00 |
| 308 | 0.151 | -8.87 | 198.00 | 7250.00 |
| 309 | 0.146 | -8.74 | 202.40 | 7150.00 |
| 310 | 0.141 | -8.62 | 206.70 | 7040.00 |
| 311 | 0.135 | -8.49 | 211.00 | 6940.00 |
| 312 | 0.130 | -8.36 | 215.20 | 6830.00 |
| 313 | 0.125 | -8.23 | 219.40 | 6730.00 |
| 314 | 0.120 | -8.09 | 223.40 | 6610.00 |
| 315 | 0.115 | -7.96 | 227.40 | 6500.00 |
| 316 | 0.110 | -7.82 | 231.40 | 6390.00 |
| 317 | 0.106 | -7.67 | 235.20 | 6270.00 |
| 318 | 0.101 | -7.53 | 239.00 | 6150.00 |
| 319 | 0.097 | -7.38 | 242.70 | 6030.00 |
| 320 | 0.092 | -7.23 | 246.40 | 5910.00 |
| 321 | 0.088 | -7.08 | 250.00 | 5790.00 |
| 322 | 0.083 | -6.93 | 253.50 | 5660.00 |
| 323 | 0.079 | -6.77 | 256.90 | 5530.00 |
| 324 | 0.075 | -6.61 | 260.20 | 5410.00 |
| 325 | 0.071 | -6.45 | 263.50 | 5270.00 |
| 326 | 0.067 | -6.29 | 266.70 | 5140.00 |
| 327 | 0.063 | -6.13 | 269.80 | 5010.00 |
| 328 | 0.060 | -5.96 | 272.80 | 4870.00 |
| 329 | 0.056 | -5.79 | 275.70 | 4740.00 |
| 330 | 0.053 | -5.63 | 278.60 | 4600.00 |
| 331 | 0.059 | -5.45 | 281.30 | 4460.00 |
| 332 | 0.046 | -5.28 | 284.00 | 4320.00 |
| 333 | 0.043 | -5.11 | 286.60 | 4170.00 |
| 334 | 0.040 | -4.93 | 289.10 | 4030.00 |
| 335 | 0.037 | -4.75 | 291.50 | 3890.00 |
| 336 | 0.034 | -4.58 | 293.80 | 3740.00 |
| 337 | 0.031 | -4.40 | 296.10 | 3590.00 |
| 338 | 0.029 | -4.21 | 298.20 | 3440.00 |

| | | | | |
|-----|-------|-------|--------|---------|
| 339 | 0.026 | -4.03 | 300.30 | 3300.00 |
| 340 | 0.024 | -3.85 | 302.20 | 3150.00 |
| 341 | 0.021 | -3.66 | 304.10 | 2990.00 |
| 342 | 0.019 | -3.48 | 305.90 | 2840.00 |
| 343 | 0.017 | -3.29 | 307.60 | 2690.00 |
| 344 | 0.015 | -3.10 | 309.20 | 2530.00 |
| 345 | 0.013 | -2.91 | 310.70 | 2380.00 |
| 346 | 0.012 | -2.72 | 312.10 | 2220.00 |
| 347 | 0.010 | -2.53 | 313.40 | 2070.00 |
| 348 | 0.009 | -2.34 | 314.60 | 1910.00 |
| 349 | 0.007 | -2.15 | 315.70 | 1750.00 |
| 350 | 0.006 | -1.95 | 316.80 | 1600.00 |
| 351 | 0.005 | -1.76 | 317.70 | 1440.00 |
| 352 | 0.004 | -1.57 | 318.50 | 1280.00 |
| 353 | 0.003 | -1.37 | 319.20 | 1120.00 |
| 354 | 0.002 | -1.18 | 319.90 | 961.00 |
| 355 | 0.001 | -0.98 | 320.40 | 801.00 |
| 356 | 0.001 | -0.78 | 320.90 | 641.00 |
| 357 | 0.001 | -0.59 | 321.20 | 481.00 |
| 358 | 0.000 | -0.39 | 321.40 | 32.10 |
| 359 | 0.000 | -0.20 | 321.60 | 160.00 |
| 360 | 0.000 | 0.00 | 321.60 | 0.00 |

Tabla 58. Accionamiento válvula de carrete desde el modelo de Norton con resultados.

| Numero de segmento | Función Usada | Ángulo de comienzo | Ángulo Final | Ángulo Delta |
|--------------------|-------------------------------|---------------------|--------------|--------------|
| 1 | Levantamiento simple armónico | 0 | 180 | 180 |
| 2 | Caida simple armónica | 180 | 360 | 180 |
| Velocidad en eje | 99.69 rad/s | Levantamiento total | 0.787 | Pul |

| Angle Degrees | Posición (in) Norton | Posición biela (in) Norton | Velocidad (in/s) Norton | Aceleración (in/s ²) Norton |
|---------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|---|
| 0 | 0.000 | 16.552 | 1.067 | 6092.031 |
| 1 | 0.000 | 16.552 | 2.133 | 6089.568 |
| 2 | 0.001 | 16.553 | 3.199 | 6085.464 |
| 3 | 0.001 | 16.554 | 4.264 | 6079.718 |
| 4 | 0.002 | 16.554 | 5.327 | 6072.332 |
| 5 | 0.003 | 16.555 | 6.390 | 6063.307 |
| 6 | 0.005 | 16.557 | 7.450 | 6052.644 |
| 7 | 0.006 | 16.558 | 8.509 | 6040.345 |
| 8 | 0.008 | 16.560 | 9.565 | 6026.412 |
| 9 | 0.009 | 16.561 | 10.619 | 6010.847 |
| 10 | 0.011 | 16.563 | 11.670 | 5993.651 |
| 11 | 0.013 | 16.566 | 12.717 | 5974.828 |
| 12 | 0.016 | 16.568 | 13.762 | 5954.381 |
| 13 | 0.018 | 16.570 | 14.802 | 5932.312 |
| 14 | 0.021 | 16.573 | 15.839 | 5908.625 |
| 15 | 0.024 | 16.576 | 16.871 | 5883.323 |
| 16 | 0.027 | 16.579 | 17.899 | 5856.411 |
| 17 | 0.030 | 16.582 | 18.921 | 5827.892 |
| 18 | 0.033 | 16.586 | 19.939 | 5797.772 |
| 19 | 0.037 | 16.589 | 20.951 | 5766.054 |
| 20 | 0.041 | 16.593 | 21.958 | 5732.743 |
| 21 | 0.045 | 16.597 | 22.959 | 5697.846 |
| 22 | 0.049 | 16.601 | 23.953 | 5661.366 |
| 23 | 0.053 | 16.605 | 24.941 | 5623.312 |
| 24 | 0.058 | 16.610 | 25.922 | 5583.687 |
| 25 | 0.062 | 16.614 | 26.896 | 5542.500 |
| 26 | 0.067 | 16.619 | 27.862 | 5499.756 |
| 27 | 0.072 | 16.624 | 28.821 | 5455.463 |
| 28 | 0.077 | 16.629 | 29.772 | 5409.628 |
| 29 | 0.082 | 16.634 | 30.715 | 5362.259 |
| 30 | 0.088 | 16.640 | 31.650 | 5313.364 |
| 31 | 0.093 | 16.646 | 32.576 | 5262.951 |
| 32 | 0.099 | 16.651 | 33.492 | 5211.029 |
| 33 | 0.105 | 16.657 | 34.400 | 5157.607 |
| 34 | 0.111 | 16.663 | 35.298 | 5102.695 |
| 35 | 0.118 | 16.670 | 36.187 | 5046.301 |
| 36 | 0.124 | 16.676 | 37.065 | 4988.438 |
| 37 | 0.130 | 16.683 | 37.933 | 4929.113 |
| 38 | 0.137 | 16.689 | 38.791 | 4868.340 |

| | | | | |
|----|-------|--------|--------|----------|
| 39 | 0.144 | 16.696 | 39.638 | 4806.129 |
| 40 | 0.151 | 16.703 | 40.474 | 4742.491 |
| 41 | 0.158 | 16.710 | 41.298 | 4677.438 |
| 42 | 0.166 | 16.718 | 42.111 | 4610.984 |
| 43 | 0.173 | 16.725 | 42.913 | 4543.140 |
| 44 | 0.181 | 16.733 | 43.702 | 4473.921 |
| 45 | 0.188 | 16.740 | 44.479 | 4403.338 |
| 46 | 0.196 | 16.748 | 45.244 | 4331.408 |
| 47 | 0.204 | 16.756 | 45.996 | 4258.143 |
| 48 | 0.212 | 16.764 | 46.735 | 4183.560 |
| 49 | 0.220 | 16.773 | 47.460 | 4107.672 |
| 50 | 0.229 | 16.781 | 48.173 | 4030.497 |
| 51 | 0.237 | 16.789 | 48.872 | 3952.049 |
| 52 | 0.246 | 16.798 | 49.556 | 3872.347 |
| 53 | 0.255 | 16.807 | 50.227 | 3791.406 |
| 54 | 0.264 | 16.816 | 50.884 | 3709.244 |
| 55 | 0.273 | 16.825 | 51.526 | 3625.879 |
| 56 | 0.282 | 16.834 | 52.153 | 3541.330 |
| 57 | 0.291 | 16.843 | 52.766 | 3455.615 |
| 58 | 0.300 | 16.852 | 53.363 | 3368.754 |
| 59 | 0.309 | 16.862 | 53.945 | 3280.767 |
| 60 | 0.319 | 16.871 | 54.512 | 3191.673 |
| 61 | 0.329 | 16.881 | 55.063 | 3101.493 |
| 62 | 0.338 | 16.890 | 55.598 | 3010.250 |
| 63 | 0.348 | 16.900 | 56.117 | 2917.963 |
| 64 | 0.358 | 16.910 | 56.619 | 2824.656 |
| 65 | 0.368 | 16.920 | 57.106 | 2730.351 |
| 66 | 0.378 | 16.930 | 57.575 | 2635.071 |
| 67 | 0.388 | 16.940 | 58.028 | 2538.839 |
| 68 | 0.398 | 16.950 | 58.464 | 2441.680 |
| 69 | 0.408 | 16.961 | 58.883 | 2343.618 |
| 70 | 0.419 | 16.971 | 59.285 | 2244.678 |
| 71 | 0.429 | 16.981 | 59.669 | 2144.885 |
| 72 | 0.440 | 16.992 | 60.036 | 2044.266 |
| 73 | 0.450 | 17.002 | 60.385 | 1942.846 |
| 74 | 0.461 | 17.013 | 60.716 | 1840.653 |
| 75 | 0.472 | 17.024 | 61.029 | 1737.713 |
| 76 | 0.482 | 17.034 | 61.324 | 1634.054 |
| 77 | 0.493 | 17.045 | 61.601 | 1529.705 |
| 78 | 0.504 | 17.056 | 61.860 | 1424.694 |
| 79 | 0.515 | 17.067 | 62.100 | 1319.051 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|--------|-----------|
| 80 | 0.526 | 17.078 | 62.322 | 1212.804 |
| 81 | 0.536 | 17.089 | 62.525 | 1105.983 |
| 82 | 0.547 | 17.100 | 62.709 | 998.619 |
| 83 | 0.558 | 17.111 | 62.874 | 890.743 |
| 84 | 0.569 | 17.122 | 63.021 | 782.386 |
| 85 | 0.580 | 17.133 | 63.148 | 673.579 |
| 86 | 0.592 | 17.144 | 63.257 | 564.355 |
| 87 | 0.603 | 17.155 | 63.346 | 454.745 |
| 88 | 0.614 | 17.166 | 63.416 | 344.783 |
| 89 | 0.625 | 17.177 | 63.467 | 234.501 |
| 90 | 0.636 | 17.188 | 63.498 | 123.933 |
| 91 | 0.647 | 17.199 | 63.510 | 13.114 |
| 92 | 0.658 | 17.210 | 63.503 | -97.924 |
| 93 | 0.669 | 17.221 | 63.476 | -209.146 |
| 94 | 0.680 | 17.233 | 63.429 | -320.516 |
| 95 | 0.691 | 17.244 | 63.363 | -432.000 |
| 96 | 0.703 | 17.255 | 63.278 | -543.562 |
| 97 | 0.714 | 17.266 | 63.173 | -655.167 |
| 98 | 0.725 | 17.277 | 63.049 | -766.779 |
| 99 | 0.736 | 17.288 | 62.905 | -878.360 |
| 100 | 0.747 | 17.299 | 62.741 | -989.876 |
| 101 | 0.758 | 17.310 | 62.558 | -1101.289 |
| 102 | 0.769 | 17.321 | 62.356 | -1212.563 |
| 103 | 0.780 | 17.332 | 62.134 | -1323.660 |
| 104 | 0.790 | 17.342 | 61.892 | -1434.543 |
| 105 | 0.801 | 17.353 | 61.631 | -1545.175 |
| 106 | 0.812 | 17.364 | 61.351 | -1655.518 |
| 107 | 0.823 | 17.375 | 61.052 | -1765.535 |
| 108 | 0.833 | 17.385 | 60.733 | -1875.187 |
| 109 | 0.844 | 17.396 | 60.395 | -1984.437 |
| 110 | 0.854 | 17.407 | 60.038 | -2093.246 |
| 111 | 0.865 | 17.417 | 59.662 | -2201.577 |
| 112 | 0.875 | 17.427 | 59.267 | -2309.392 |
| 113 | 0.886 | 17.438 | 58.854 | -2416.651 |
| 114 | 0.896 | 17.448 | 58.421 | -2523.318 |
| 115 | 0.906 | 17.458 | 57.970 | -2629.354 |
| 116 | 0.916 | 17.468 | 57.501 | -2734.721 |
| 117 | 0.926 | 17.478 | 57.013 | -2839.381 |
| 118 | 0.936 | 17.488 | 56.506 | -2943.295 |
| 119 | 0.946 | 17.498 | 55.982 | -3046.426 |
| 120 | 0.956 | 17.508 | 55.440 | -3148.736 |
| 121 | 0.965 | 17.518 | 54.880 | -3250.188 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|--------|-----------|
| 122 | 0.975 | 17.527 | 54.302 | -3350.742 |
| 123 | 0.985 | 17.537 | 53.706 | -3450.364 |
| 124 | 0.994 | 17.546 | 53.094 | -3549.014 |
| 125 | 1.003 | 17.555 | 52.464 | -3646.656 |
| 126 | 1.012 | 17.564 | 51.817 | -3743.253 |
| 127 | 1.021 | 17.573 | 51.153 | -3838.768 |
| 128 | 1.030 | 17.582 | 50.473 | -3933.166 |
| 129 | 1.039 | 17.591 | 49.776 | -4026.410 |
| 130 | 1.048 | 17.600 | 49.063 | -4118.464 |
| 131 | 1.056 | 17.608 | 48.334 | -4209.293 |
| 132 | 1.064 | 17.617 | 47.589 | -4298.862 |
| 133 | 1.073 | 17.625 | 46.829 | -4387.136 |
| 134 | 1.081 | 17.633 | 46.053 | -4474.081 |
| 135 | 1.089 | 17.641 | 45.263 | -4559.663 |
| 136 | 1.097 | 17.649 | 44.457 | -4643.848 |
| 137 | 1.104 | 17.657 | 43.637 | -4726.603 |
| 138 | 1.112 | 17.664 | 42.802 | -4807.895 |
| 139 | 1.119 | 17.672 | 41.953 | -4887.693 |
| 140 | 1.127 | 17.679 | 41.091 | -4965.965 |
| 141 | 1.134 | 17.686 | 40.215 | -5042.678 |
| 142 | 1.141 | 17.693 | 39.325 | -5117.804 |
| 143 | 1.148 | 17.700 | 38.423 | -5191.312 |
| 144 | 1.154 | 17.706 | 37.508 | -5263.171 |
| 145 | 1.161 | 17.713 | 36.580 | -5333.354 |
| 146 | 1.167 | 17.719 | 35.640 | -5401.832 |
| 147 | 1.173 | 17.725 | 34.689 | -5468.577 |
| 148 | 1.179 | 17.731 | 33.726 | -5533.562 |
| 149 | 1.185 | 17.737 | 32.751 | -5596.760 |
| 150 | 1.191 | 17.743 | 31.766 | -5658.147 |
| 151 | 1.196 | 17.748 | 30.770 | -5717.696 |
| 152 | 1.201 | 17.754 | 29.764 | -5775.384 |
| 153 | 1.207 | 17.759 | 28.748 | -5831.187 |
| 154 | 1.211 | 17.764 | 27.723 | -5885.081 |
| 155 | 1.216 | 17.768 | 26.688 | -5937.045 |
| 156 | 1.221 | 17.773 | 25.644 | -5987.057 |
| 157 | 1.225 | 17.777 | 24.592 | -6035.096 |
| 158 | 1.229 | 17.782 | 23.531 | -6081.144 |
| 159 | 1.233 | 17.786 | 22.462 | -6125.179 |
| 160 | 1.237 | 17.789 | 21.386 | -6167.185 |
| 161 | 1.241 | 17.793 | 20.303 | -6207.144 |
| 162 | 1.244 | 17.797 | 19.213 | -6245.038 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|---------|-----------|
| 163 | 1.248 | 17.800 | 18.117 | -6280.853 |
| 164 | 1.251 | 17.803 | 17.014 | -6314.573 |
| 165 | 1.254 | 17.806 | 15.906 | -6346.185 |
| 166 | 1.256 | 17.808 | 14.792 | -6375.674 |
| 167 | 1.259 | 17.811 | 13.674 | -6403.029 |
| 168 | 1.261 | 17.813 | 12.550 | -6428.238 |
| 169 | 1.263 | 17.815 | 11.423 | -6451.291 |
| 170 | 1.265 | 17.817 | 10.292 | -6472.177 |
| 171 | 1.267 | 17.819 | 9.157 | -6490.889 |
| 172 | 1.268 | 17.820 | 8.019 | -6507.417 |
| 173 | 1.270 | 17.822 | 6.878 | -6521.757 |
| 174 | 1.271 | 17.823 | 5.736 | -6533.900 |
| 175 | 1.272 | 17.824 | 4.591 | -6543.842 |
| 176 | 1.272 | 17.824 | 3.444 | -6551.580 |
| 177 | 1.273 | 17.825 | 2.297 | -6557.109 |
| 178 | 1.273 | 17.825 | 1.149 | -6560.427 |
| 179 | 1.273 | 17.825 | 0.000 | -6561.533 |
| 180 | 1.273 | 17.825 | 0.000 | -6561.533 |
| 181 | 1.273 | 17.825 | -1.149 | -6560.427 |
| 182 | 1.273 | 17.825 | -2.297 | -6557.109 |
| 183 | 1.272 | 17.824 | -3.444 | -6551.580 |
| 184 | 1.272 | 17.824 | -4.591 | -6543.842 |
| 185 | 1.271 | 17.823 | -5.736 | -6533.900 |
| 186 | 1.270 | 17.822 | -6.878 | -6521.757 |
| 187 | 1.268 | 17.820 | -8.019 | -6507.417 |
| 188 | 1.267 | 17.819 | -9.157 | -6490.889 |
| 189 | 1.265 | 17.817 | -10.292 | -6472.177 |
| 190 | 1.263 | 17.815 | -11.423 | -6451.291 |
| 191 | 1.261 | 17.813 | -12.550 | -6428.238 |
| 192 | 1.259 | 17.811 | -13.674 | -6403.029 |
| 193 | 1.256 | 17.808 | -14.792 | -6375.674 |
| 194 | 1.254 | 17.806 | -15.906 | -6346.185 |
| 195 | 1.251 | 17.803 | -17.014 | -6314.573 |
| 196 | 1.248 | 17.800 | -18.117 | -6280.853 |
| 197 | 1.244 | 17.797 | -19.213 | -6245.038 |
| 198 | 1.241 | 17.793 | -20.303 | -6207.144 |
| 199 | 1.237 | 17.789 | -21.386 | -6167.185 |
| 200 | 1.233 | 17.786 | -22.462 | -6125.179 |
| 201 | 1.229 | 17.782 | -23.531 | -6081.144 |
| 202 | 1.225 | 17.777 | -24.592 | -6035.096 |
| 203 | 1.221 | 17.773 | -25.644 | -5987.057 |
| 204 | 1.216 | 17.768 | -26.688 | -5937.045 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|---------|-----------|
| 205 | 1.211 | 17.764 | -27.723 | -5885.081 |
| 206 | 1.207 | 17.759 | -28.748 | -5831.187 |
| 207 | 1.201 | 17.754 | -29.764 | -5775.384 |
| 208 | 1.196 | 17.748 | -30.770 | -5717.696 |
| 209 | 1.191 | 17.743 | -31.766 | -5658.147 |
| 210 | 1.185 | 17.737 | -32.751 | -5596.760 |
| 211 | 1.179 | 17.731 | -33.726 | -5533.562 |
| 212 | 1.173 | 17.725 | -34.689 | -5468.577 |
| 213 | 1.167 | 17.719 | -35.640 | -5401.832 |
| 214 | 1.161 | 17.713 | -36.580 | -5333.354 |
| 215 | 1.154 | 17.706 | -37.508 | -5263.171 |
| 216 | 1.148 | 17.700 | -38.423 | -5191.312 |
| 217 | 1.141 | 17.693 | -39.325 | -5117.804 |
| 218 | 1.134 | 17.686 | -40.215 | -5042.678 |
| 219 | 1.127 | 17.679 | -41.091 | -4965.965 |
| 220 | 1.119 | 17.672 | -41.953 | -4887.693 |
| 221 | 1.112 | 17.664 | -42.802 | -4807.895 |
| 222 | 1.104 | 17.657 | -43.637 | -4726.603 |
| 223 | 1.097 | 17.649 | -44.457 | -4643.848 |
| 224 | 1.089 | 17.641 | -45.263 | -4559.663 |
| 225 | 1.081 | 17.633 | -46.053 | -4474.081 |
| 226 | 1.073 | 17.625 | -46.829 | -4387.136 |
| 227 | 1.064 | 17.617 | -47.589 | -4298.862 |
| 228 | 1.056 | 17.608 | -48.334 | -4209.293 |
| 229 | 1.048 | 17.600 | -49.063 | -4118.464 |
| 230 | 1.039 | 17.591 | -49.776 | -4026.410 |
| 231 | 1.030 | 17.582 | -50.473 | -3933.166 |
| 232 | 1.021 | 17.573 | -51.153 | -3838.768 |
| 233 | 1.012 | 17.564 | -51.817 | -3743.253 |
| 234 | 1.003 | 17.555 | -52.464 | -3646.656 |
| 235 | 0.994 | 17.546 | -53.094 | -3549.014 |
| 236 | 0.985 | 17.537 | -53.706 | -3450.364 |
| 237 | 0.975 | 17.527 | -54.302 | -3350.742 |
| 238 | 0.965 | 17.518 | -54.880 | -3250.188 |
| 239 | 0.956 | 17.508 | -55.440 | -3148.736 |
| 240 | 0.946 | 17.498 | -55.982 | -3046.426 |
| 241 | 0.936 | 17.488 | -56.506 | -2943.295 |
| 242 | 0.926 | 17.478 | -57.013 | -2839.381 |
| 243 | 0.916 | 17.468 | -57.501 | -2734.721 |
| 244 | 0.906 | 17.458 | -57.970 | -2629.354 |
| 245 | 0.896 | 17.448 | -58.421 | -2523.318 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|---------|-----------|
| 246 | 0.886 | 17.438 | -58.854 | -2416.651 |
| 247 | 0.875 | 17.427 | -59.267 | -2309.392 |
| 248 | 0.865 | 17.417 | -59.662 | -2201.577 |
| 249 | 0.854 | 17.407 | -60.038 | -2093.246 |
| 250 | 0.844 | 17.396 | -60.395 | -1984.437 |
| 251 | 0.833 | 17.385 | -60.733 | -1875.187 |
| 252 | 0.823 | 17.375 | -61.052 | -1765.535 |
| 253 | 0.812 | 17.364 | -61.351 | -1655.518 |
| 254 | 0.801 | 17.353 | -61.631 | -1545.175 |
| 255 | 0.790 | 17.342 | -61.892 | -1434.543 |
| 256 | 0.780 | 17.332 | -62.134 | -1323.660 |
| 257 | 0.769 | 17.321 | -62.356 | -1212.563 |
| 258 | 0.758 | 17.310 | -62.558 | -1101.289 |
| 259 | 0.747 | 17.299 | -62.741 | -989.876 |
| 260 | 0.736 | 17.288 | -62.905 | -878.360 |
| 261 | 0.725 | 17.277 | -63.049 | -766.779 |
| 262 | 0.714 | 17.266 | -63.173 | -655.167 |
| 263 | 0.703 | 17.255 | -63.278 | -543.562 |
| 264 | 0.691 | 17.244 | -63.363 | -432.000 |
| 265 | 0.680 | 17.233 | -63.429 | -320.516 |
| 266 | 0.669 | 17.221 | -63.476 | -209.146 |
| 267 | 0.658 | 17.210 | -63.503 | -97.924 |
| 268 | 0.647 | 17.199 | -63.510 | 13.114 |
| 269 | 0.636 | 17.188 | -63.498 | 123.933 |
| 270 | 0.625 | 17.177 | -63.467 | 234.501 |
| 271 | 0.614 | 17.166 | -63.416 | 344.783 |
| 272 | 0.603 | 17.155 | -63.346 | 454.745 |
| 273 | 0.592 | 17.144 | -63.257 | 564.355 |
| 274 | 0.580 | 17.133 | -63.148 | 673.579 |
| 275 | 0.569 | 17.122 | -63.021 | 782.386 |
| 276 | 0.558 | 17.111 | -62.874 | 890.743 |
| 277 | 0.547 | 17.100 | -62.709 | 998.619 |
| 278 | 0.536 | 17.089 | -62.525 | 1105.983 |
| 279 | 0.526 | 17.078 | -62.322 | 1212.804 |
| 280 | 0.515 | 17.067 | -62.100 | 1319.051 |
| 281 | 0.504 | 17.056 | -61.860 | 1424.694 |
| 282 | 0.493 | 17.045 | -61.601 | 1529.705 |
| 283 | 0.482 | 17.034 | -61.324 | 1634.054 |
| 284 | 0.472 | 17.024 | -61.029 | 1737.713 |
| 285 | 0.461 | 17.013 | -60.716 | 1840.653 |
| 286 | 0.450 | 17.002 | -60.385 | 1942.846 |
| 287 | 0.440 | 16.992 | -60.036 | 2044.266 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|---------|----------|
| 288 | 0.429 | 16.981 | -59.669 | 2144.885 |
| 289 | 0.419 | 16.971 | -59.285 | 2244.678 |
| 290 | 0.408 | 16.961 | -58.883 | 2343.618 |
| 291 | 0.398 | 16.950 | -58.464 | 2441.680 |
| 292 | 0.388 | 16.940 | -58.028 | 2538.839 |
| 293 | 0.378 | 16.930 | -57.575 | 2635.071 |
| 294 | 0.368 | 16.920 | -57.106 | 2730.351 |
| 295 | 0.358 | 16.910 | -56.619 | 2824.656 |
| 296 | 0.348 | 16.900 | -56.117 | 2917.963 |
| 297 | 0.338 | 16.890 | -55.598 | 3010.250 |
| 298 | 0.329 | 16.881 | -55.063 | 3101.493 |
| 299 | 0.319 | 16.871 | -54.512 | 3191.673 |
| 300 | 0.309 | 16.862 | -53.945 | 3280.767 |
| 301 | 0.300 | 16.852 | -53.363 | 3368.754 |
| 302 | 0.291 | 16.843 | -52.766 | 3455.615 |
| 303 | 0.282 | 16.834 | -52.153 | 3541.330 |
| 304 | 0.273 | 16.825 | -51.526 | 3625.879 |
| 305 | 0.264 | 16.816 | -50.884 | 3709.244 |
| 306 | 0.255 | 16.807 | -50.227 | 3791.406 |
| 307 | 0.246 | 16.798 | -49.556 | 3872.347 |
| 308 | 0.237 | 16.789 | -48.872 | 3952.049 |
| 309 | 0.229 | 16.781 | -48.173 | 4030.497 |
| 310 | 0.220 | 16.773 | -47.460 | 4107.672 |
| 311 | 0.212 | 16.764 | -46.735 | 4183.560 |
| 312 | 0.204 | 16.756 | -45.996 | 4258.143 |
| 313 | 0.196 | 16.748 | -45.244 | 4331.408 |
| 314 | 0.188 | 16.740 | -44.479 | 4403.338 |
| 315 | 0.181 | 16.733 | -43.702 | 4473.921 |
| 316 | 0.173 | 16.725 | -42.913 | 4543.140 |
| 317 | 0.166 | 16.718 | -42.111 | 4610.984 |
| 318 | 0.158 | 16.710 | -41.298 | 4677.438 |
| 319 | 0.151 | 16.703 | -40.474 | 4742.491 |
| 320 | 0.144 | 16.696 | -39.638 | 4806.129 |
| 321 | 0.137 | 16.689 | -38.791 | 4868.340 |
| 322 | 0.130 | 16.683 | -37.933 | 4929.113 |
| 323 | 0.124 | 16.676 | -37.065 | 4988.438 |
| 324 | 0.118 | 16.670 | -36.187 | 5046.301 |
| 325 | 0.111 | 16.663 | -35.298 | 5102.695 |
| 326 | 0.105 | 16.657 | -34.400 | 5157.607 |
| 327 | 0.099 | 16.651 | -33.492 | 5211.029 |
| 328 | 0.093 | 16.646 | -32.576 | 5262.951 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|---------|----------|
| 329 | 0.088 | 16.640 | -31.650 | 5313.364 |
| 330 | 0.082 | 16.634 | -30.715 | 5362.259 |
| 331 | 0.077 | 16.629 | -29.772 | 5409.628 |
| 332 | 0.072 | 16.624 | -28.821 | 5455.463 |
| 333 | 0.067 | 16.619 | -27.862 | 5499.756 |
| 334 | 0.062 | 16.614 | -26.896 | 5542.500 |
| 335 | 0.058 | 16.610 | -25.922 | 5583.687 |
| 336 | 0.053 | 16.605 | -24.941 | 5623.312 |
| 337 | 0.049 | 16.601 | -23.953 | 5661.366 |
| 338 | 0.045 | 16.597 | -22.959 | 5697.846 |
| 339 | 0.041 | 16.593 | -21.958 | 5732.743 |
| 340 | 0.037 | 16.589 | -20.951 | 5766.054 |
| 341 | 0.033 | 16.586 | -19.939 | 5797.772 |
| 342 | 0.030 | 16.582 | -18.921 | 5827.892 |
| 343 | 0.027 | 16.579 | -17.899 | 5856.411 |
| 344 | 0.024 | 16.576 | -16.871 | 5883.323 |
| 345 | 0.021 | 16.573 | -15.839 | 5908.625 |
| 346 | 0.018 | 16.570 | -14.802 | 5932.312 |
| 347 | 0.016 | 16.568 | -13.762 | 5954.381 |
| 348 | 0.013 | 16.566 | -12.717 | 5974.828 |
| 349 | 0.011 | 16.563 | -11.670 | 5993.651 |
| 350 | 0.009 | 16.561 | -10.619 | 6010.847 |
| 351 | 0.008 | 16.560 | -9.565 | 6026.412 |
| 352 | 0.006 | 16.558 | -8.509 | 6040.345 |
| 353 | 0.005 | 16.557 | -7.450 | 6052.644 |
| 354 | 0.003 | 16.555 | -6.390 | 6063.307 |
| 355 | 0.002 | 16.554 | -5.327 | 6072.332 |
| 356 | 0.001 | 16.554 | -4.264 | 6079.718 |
| 357 | 0.001 | 16.553 | -3.199 | 6085.464 |
| 358 | 0.000 | 16.552 | -2.133 | 6089.568 |
| 359 | 0.000 | 16.552 | -1.067 | 6092.031 |
| 360 | 0.000 | 16.552 | 0.000 | 6092.852 |

D Anexo D Análisis de cinemático de la velocidad.

El desarrollo de la velocidad de los subsistemas de distribución, se muestra la figura 106, donde el parámetro de ingreso de velocidad en el software Dynacam en cada uno de los accionamientos presentados fue de 28,59 rad/s.

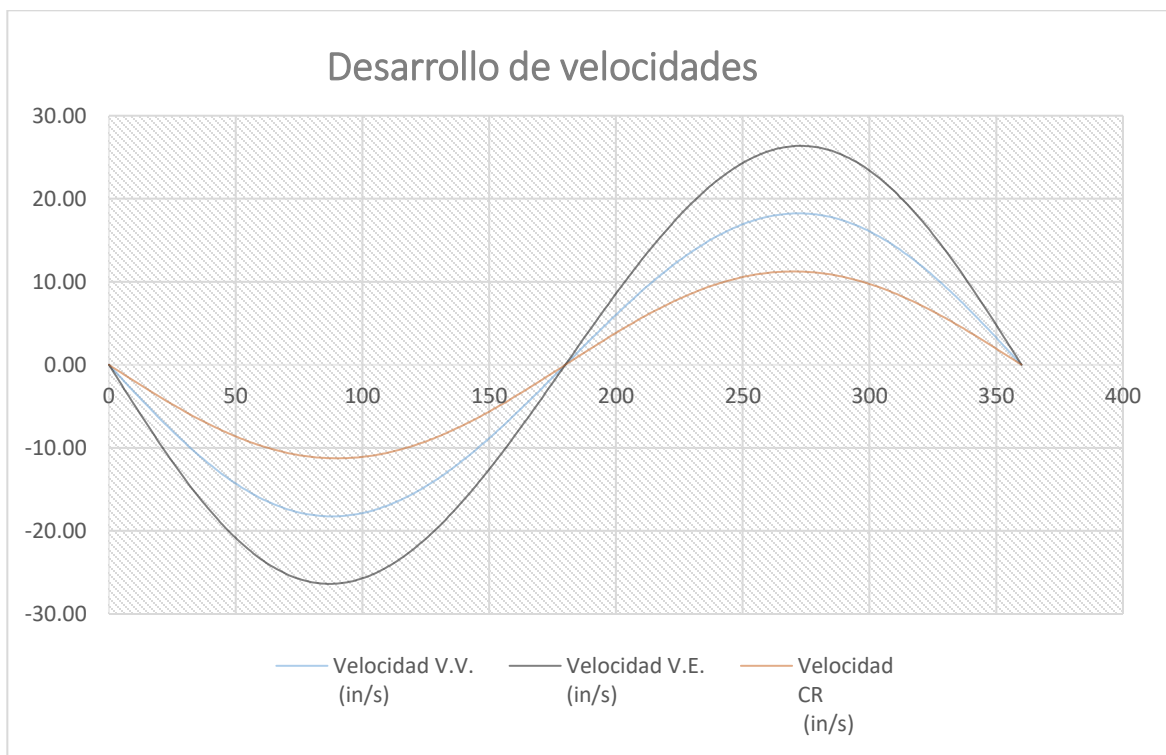


Figura 106. Análisis de velocidad.

A partir de la Figura 106 se puede observar que el comportamiento de subsistema de distribución con mayor desarrollo de velocidad es el del modelo cinemático de vapor en fase de expansión, se muestran cada uno de los resultados desarrollados de velocidad lineal en la gráfica 2, teniendo un mayor desarrollo de velocidad en la válvula de carrete con coeficiente de expansión (V.E.) graf.2 con (Vel. Máx. 26,34 Pul/s), línea de color naranja por su mayor excentricidad de accionamiento. Al verificar los resultados obtenidos de manera experimental, no fue esta la configuración valvular en la que realizó la mayor

velocidad lineal, debido a la necesidad de ingreso de vapor de mayor calidad, para que este tenga una mejor expansión.

Como segundo desarrollo de velocidad se tiene el comportamiento de la válvula de carrete con coeficiente de vapor vivo (V.V) línea color azul (Vel. Lin.Máx. 18,23 pul/s). En esta configuración se obtuvieron los resultados de simulación, con el modelo cinemático y de manera experimental fueron más aproximados sus resultados finales, por el rápido llenado de vapor en las lumbreras de la válvula tipo carrete con el motor en funcionamiento por su configuración de vapor vivo, ya que la expansión es mínima dentro de sus lumbreras y el vapor va ingresando y saliendo de forma secuencial por la carcasa de válvula produciendo el desarrollo de la velocidad inercial en el motor de vapor.

En la válvula de corte rápido (C.R), de línea de color naranja su velocidad fue de (Vel. 11,25 pul/s), pudiendo desarrollar mucha mayor rapidez debido a la menor distancia recorrida para el accionamiento de leva si se aumenta la velocidad del fluido. Su diseño de corte rápido, con entradas y salidas de fluido mucho más próximas entre sí, hacen que pueda tener también una mayor aceleración. También el desarrollo de mayores velocidades puede disminuir el tiempo de evacuación de vapor en las lumbreras de la válvula, la cual se saturará sin que termine de evacuar el vapor admitido dentro de ella, produciendo bloqueos entre carcasa de válvula y la propia válvula.

Análisis cinemático de la aceleración.

En la Figura 107 se muestran cada uno de los comportamientos de aceleración obtenidos de la simulación en el software Dynacam omitiendo el modelo aplicado de aceleración desarrollado de Norton. De color negro se muestra la mayor aceleración, obtenida por la válvula tipo carrete con coeficiente de expansión (V.E.) (Acel. Máx. 713 pul/s^2), que en sus fases experimentales no desarrolló toda la aceleración mostrada debido a la necesidad de una mayor calidad del fluido de trabajo para tener mejoras en la aceleración final para cumplir con las expansiones de este sistema de distribución.

En color azul se muestra el comportamiento de aceleración de la válvula de carrete de vapor vivo (V.V.), la cual muestra una aceleración máxima de 502 pul/s^2 . Este accionamiento valvular muestra una aceleración menor debido a los ingresos y egresos de vapor de forma alternada que le dan repetibilidad a la prueba realizada. Por último se tiene el comportamiento de la aceleración en la válvula de corte rápido línea color amarillo (C.R.) (Acel. Máx 319 pul/s^2), la cual puede desarrollar mayor cantidad de aceleraciones por la rapidez de sus procesos de apertura y cierre en la válvula de accionamiento y menor recorrido para el ingreso y la salida de vapor.

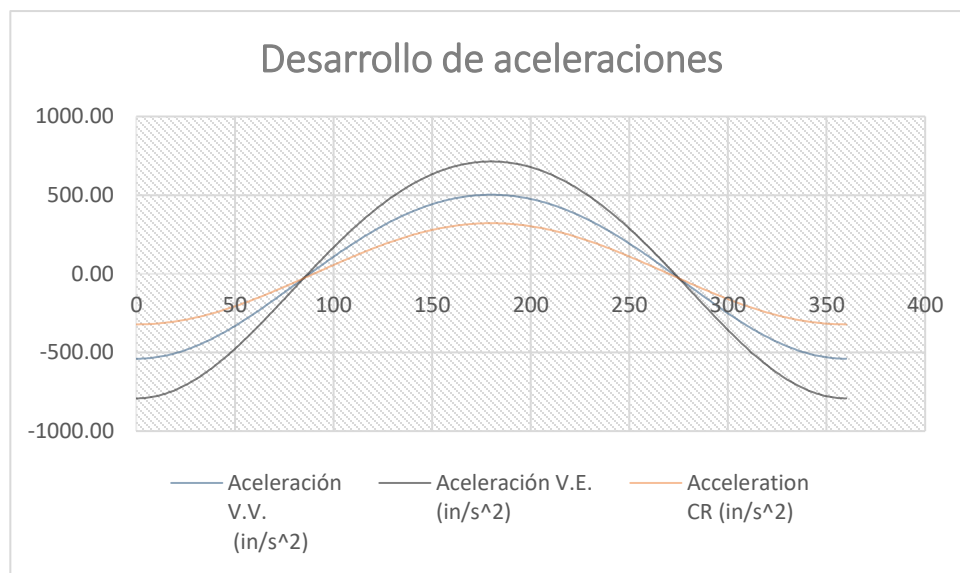


Figura 107. Análisis de aceleración sin modelo matemático de vapor vivo de Norton.

E. Anexo E: Planos motor de vapor.

Figura 108. Motor de vapor. .

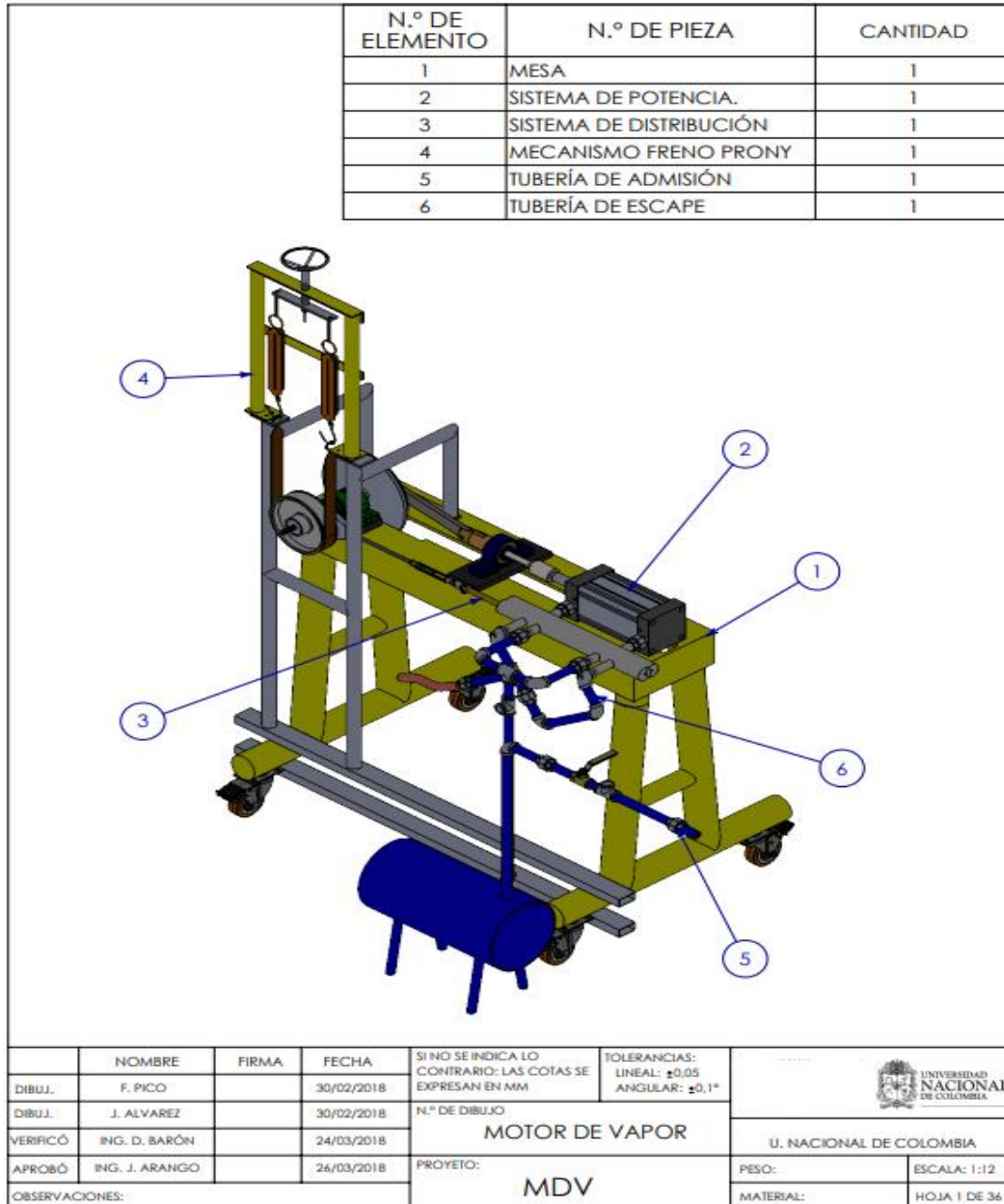
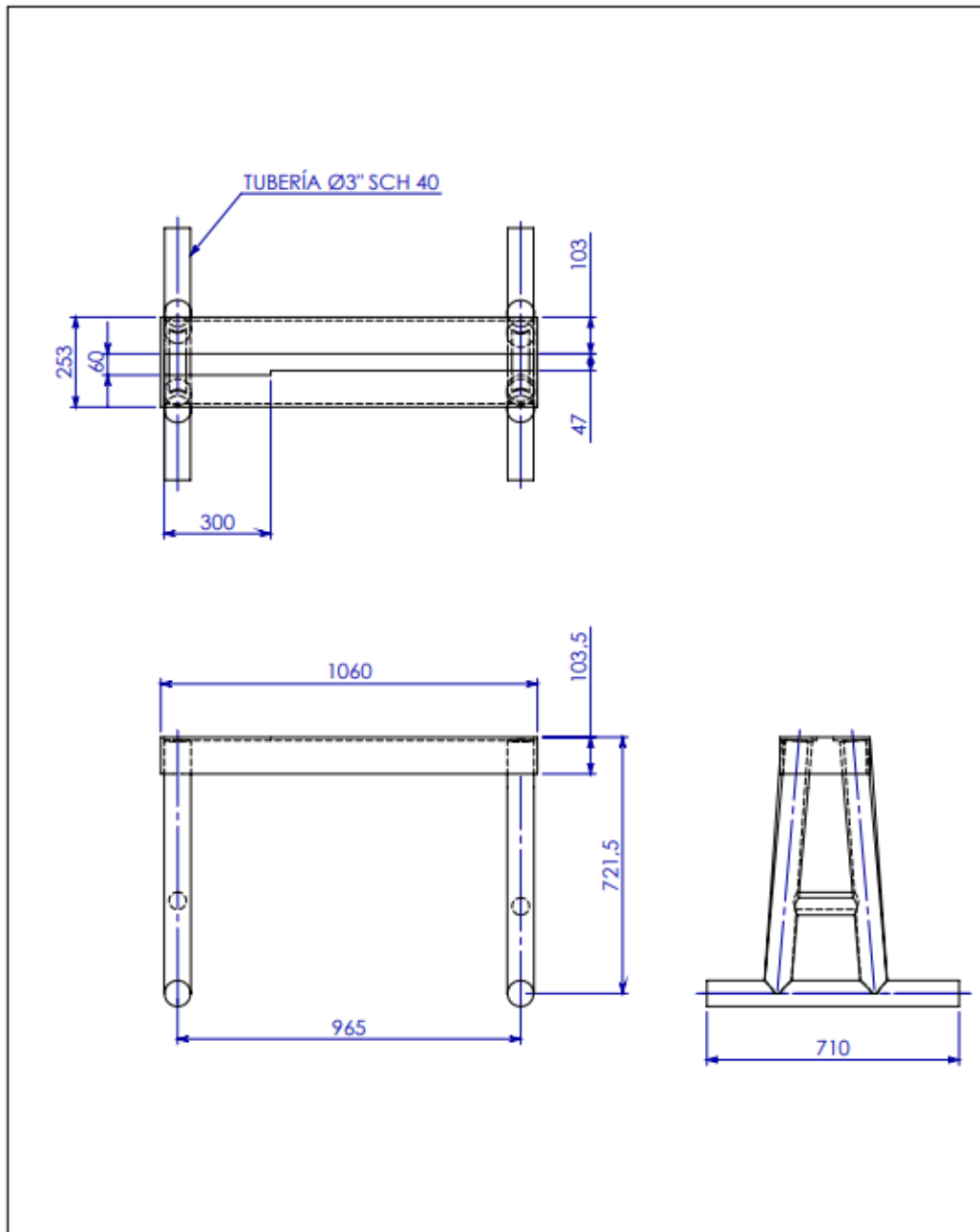


Figura 110. Estructura mesa motor de vapor. .



| | | | | | | | | | |
|----------------|----------------|-------|------------|---|-------------------------------------|--|--------------------|-------------------------|-------|
| | NOMBRE | FIRMA | FECHA | SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM | TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR: |  UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA | | | |
| DIBUJ. | F. PICO | | 30/02/2018 | | | | | U. NACIONAL DE COLOMBIA | |
| DIBUJ. | J. ALVAREZ | | 30/02/2018 | N.º DE DIBUJO | ESTRUCTURA MESA | | | | |
| VERIFICÓ | ING. D. BARÓN | | | PROYETO: | | | | | PESO: |
| APROBÓ | ING. J. ARANGO | | | MDV | | | MATERIAL: AC. A-36 | HOJA 3 DE 36 | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | | | |

Figura 111. Estructura tubular para mecanismo de freno Prony. .

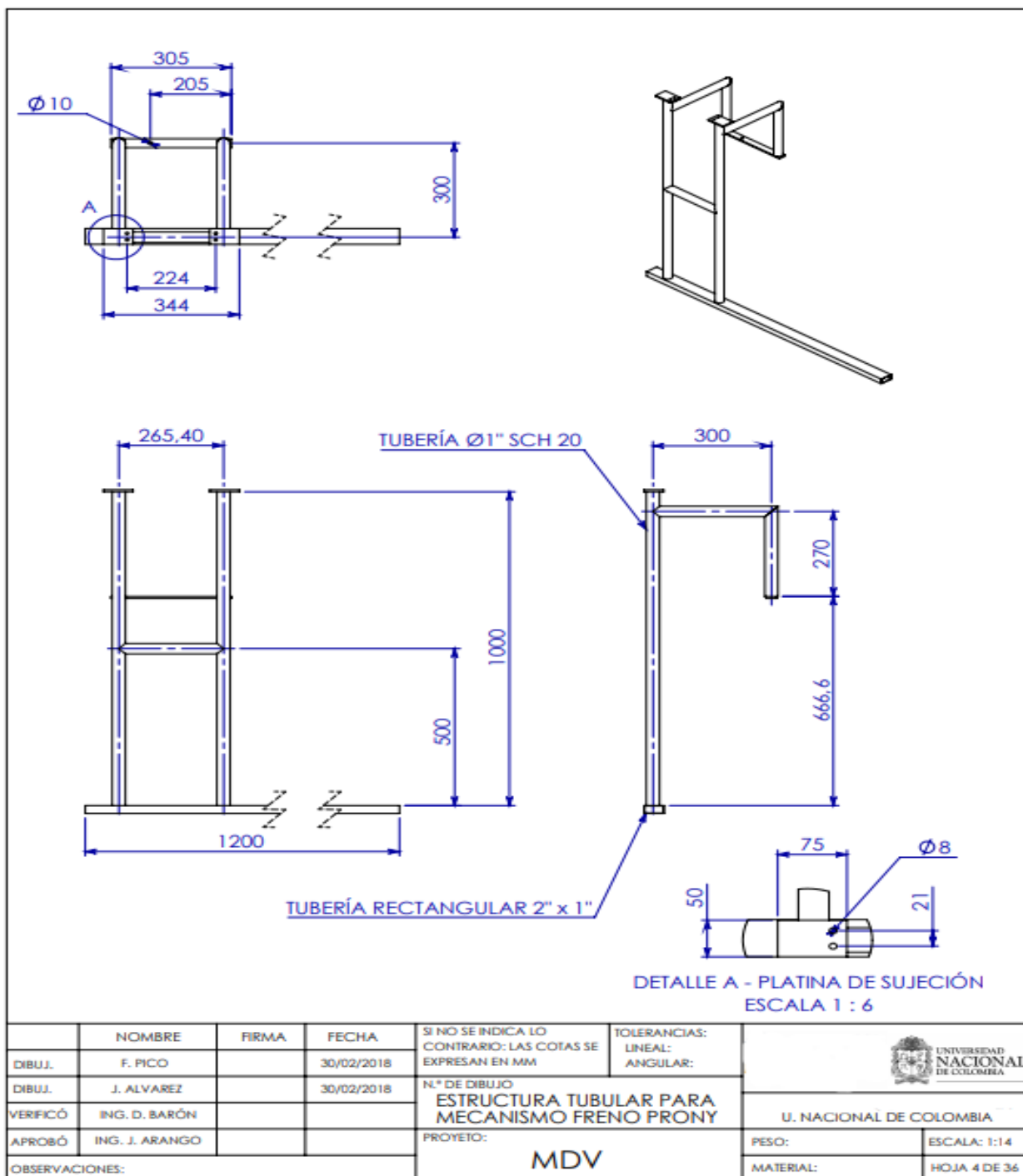
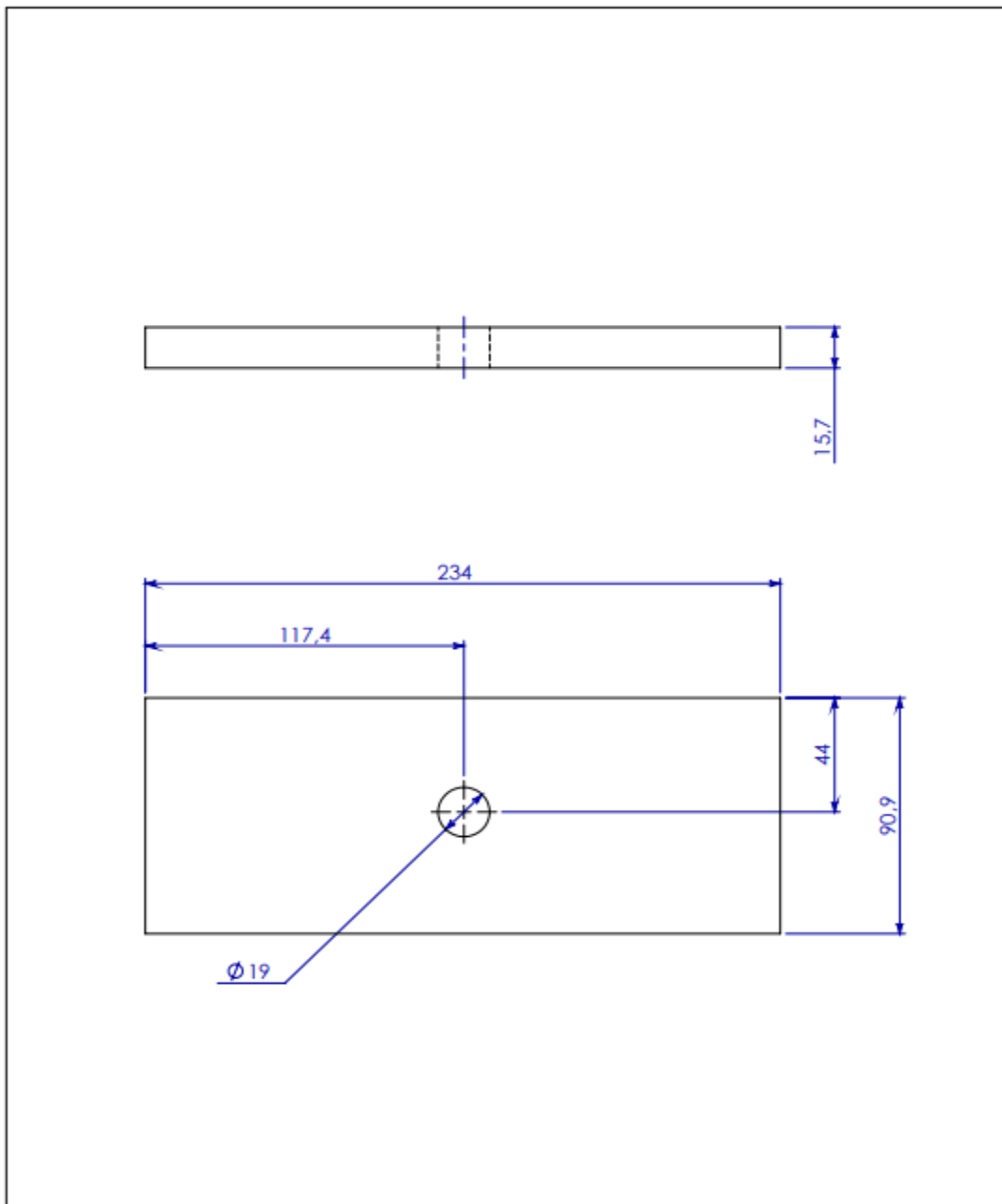


Figura 112. Base para cojinetes de arco. .




| | | | | | | |
|----------------|----------------|-------|------------|---|-------------------------------------|--|
| | NOMBRE | FIRMA | FECHA | SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM | TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR: |  UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA |
| DIBUJ. | F. PICO | | 30/02/2018 | | | |
| DIBUJ. | J. ALVAREZ | | 30/02/2018 | N.º DE DIBUJO | | U. NACIONAL DE COLOMBIA |
| VERIFICÓ | ING. D. BARÓN | | | BASE PARA CHUM. UPC 206 | | |
| APROBÓ | ING. J. ARANGO | | | PROYECTO: | PESO: | ESCALA: 1:2 |
| OBSERVACIONES: | | | | MDV | MATERIAL: | HOJA 5 DE 36 |

Figura 113. base para cojinete de arco. .

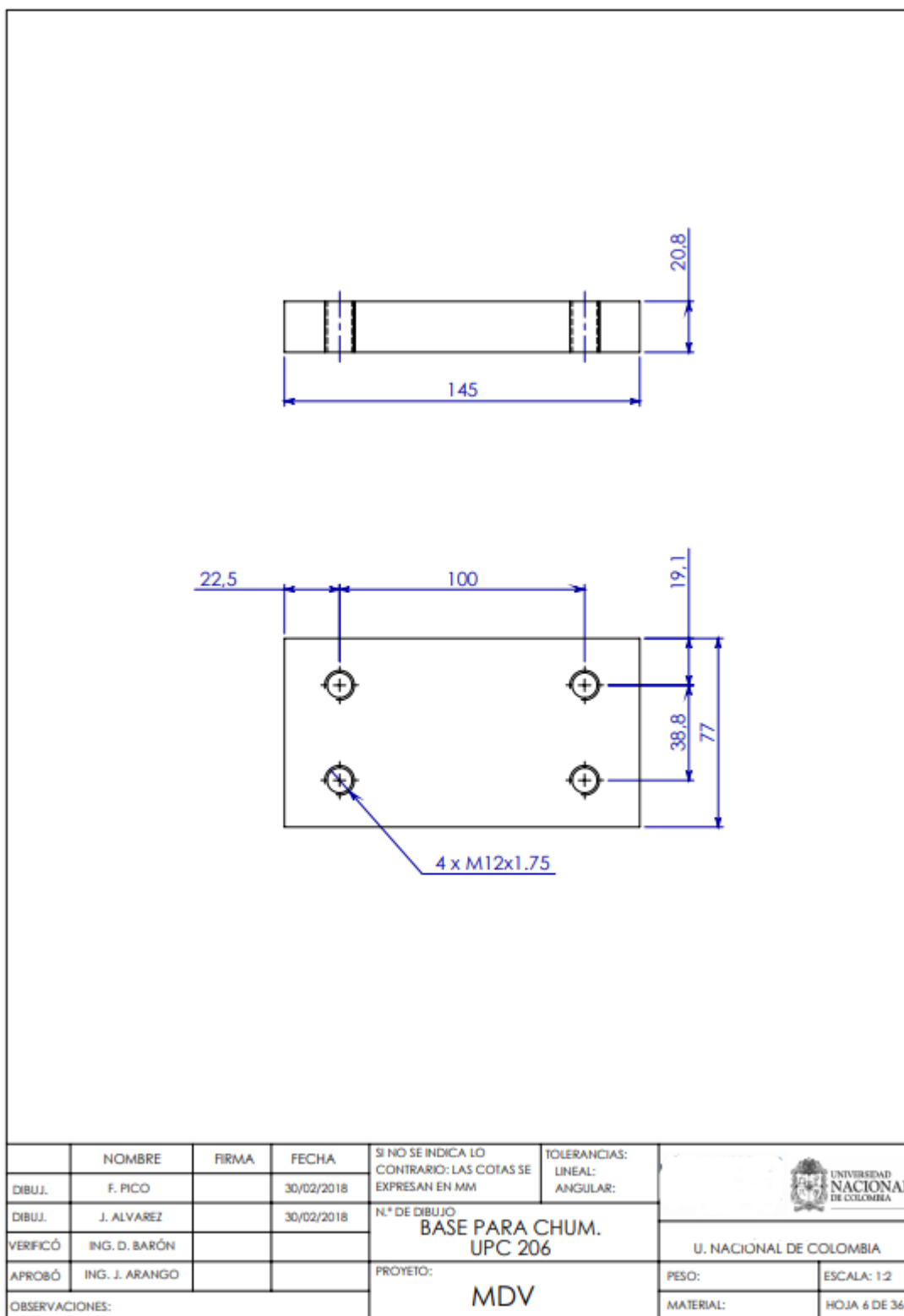


Figura 114. Subsistema de potencia. .

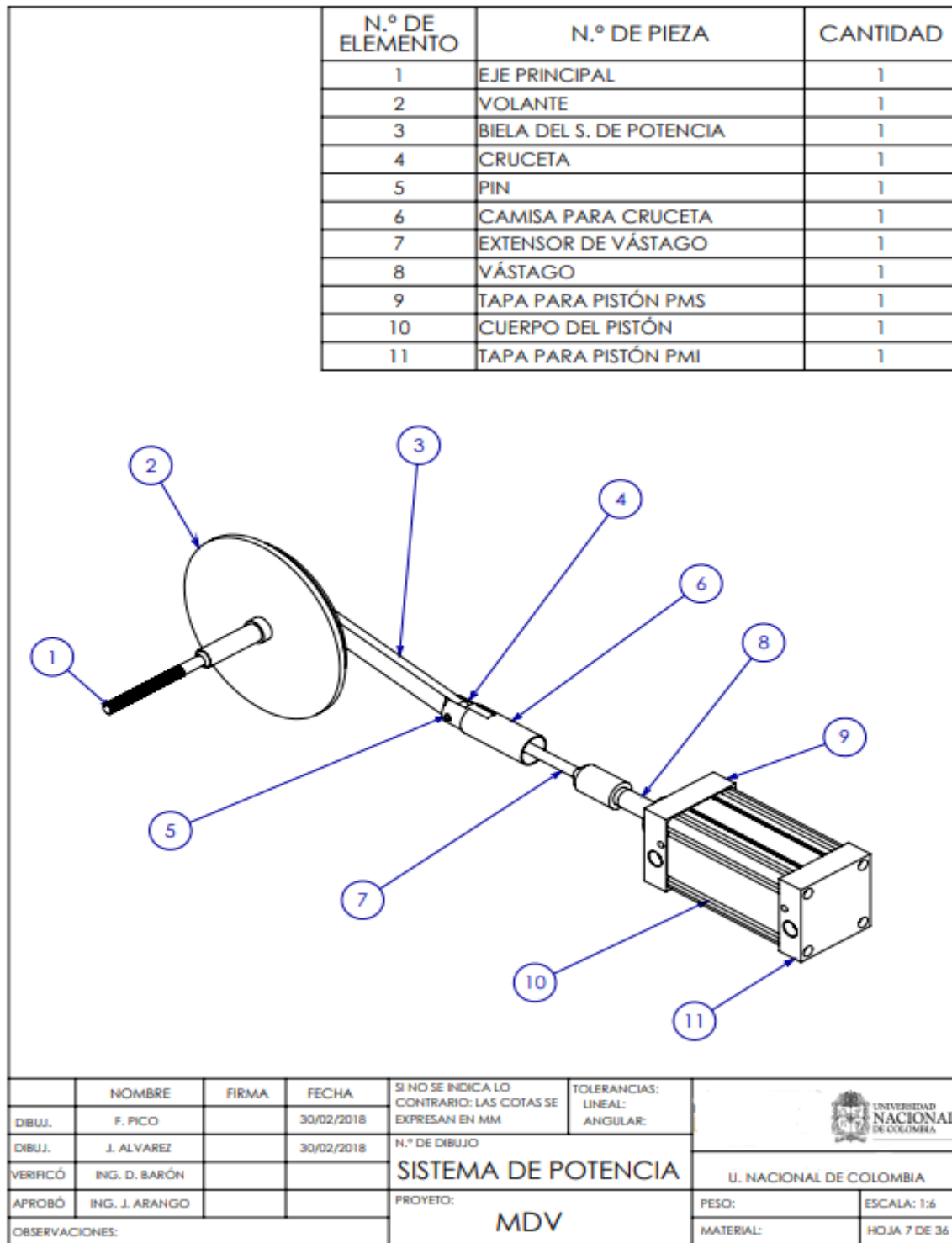


Figura 115. Eje principal motor de vapor.

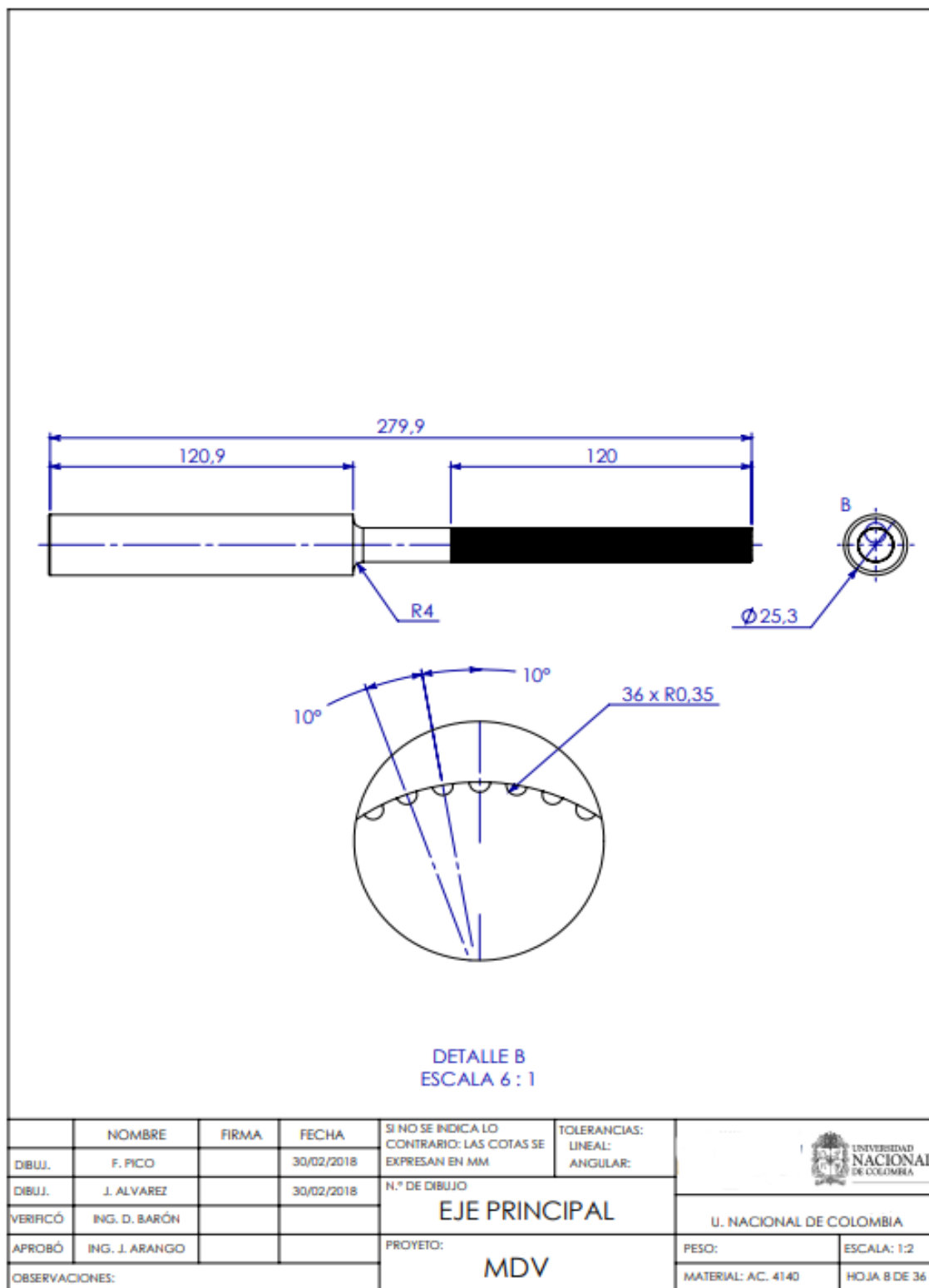
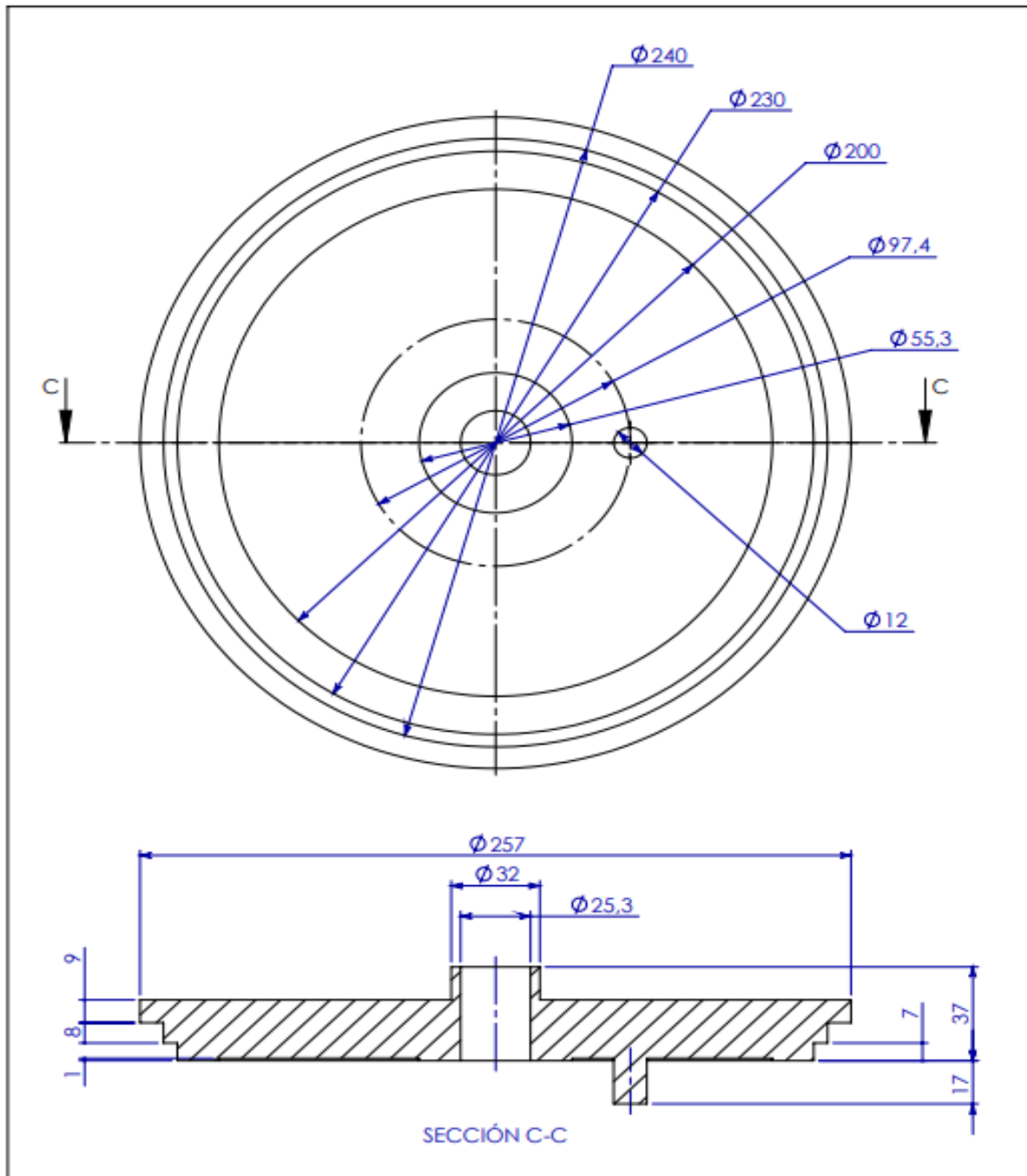


Figura 116. Volante motor de vapor.




| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|-------|------------|---|-------------------------------------|--|--------------|-------------------------|
| | NOMBRE | FIRMA | FECHA | SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM | TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR: |  UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA | | |
| DIBUJ. | F. PICO | | 30/02/2018 | | | | | U. NACIONAL DE COLOMBIA |
| DIBUJ. | J. ALVAREZ | | 30/02/2018 | N.º DE DIBUJO | VOLANTE | | PESO: | |
| VERIFICÓ | ING. D. BARÓN | | | | | | MATERIAL: | |
| APROBÓ | ING. J. ARANGO | | | PROYECTO: | MDV | | HOJA 9 DE 36 | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | | |

Figura 117. Biela- subsistema de potencia.

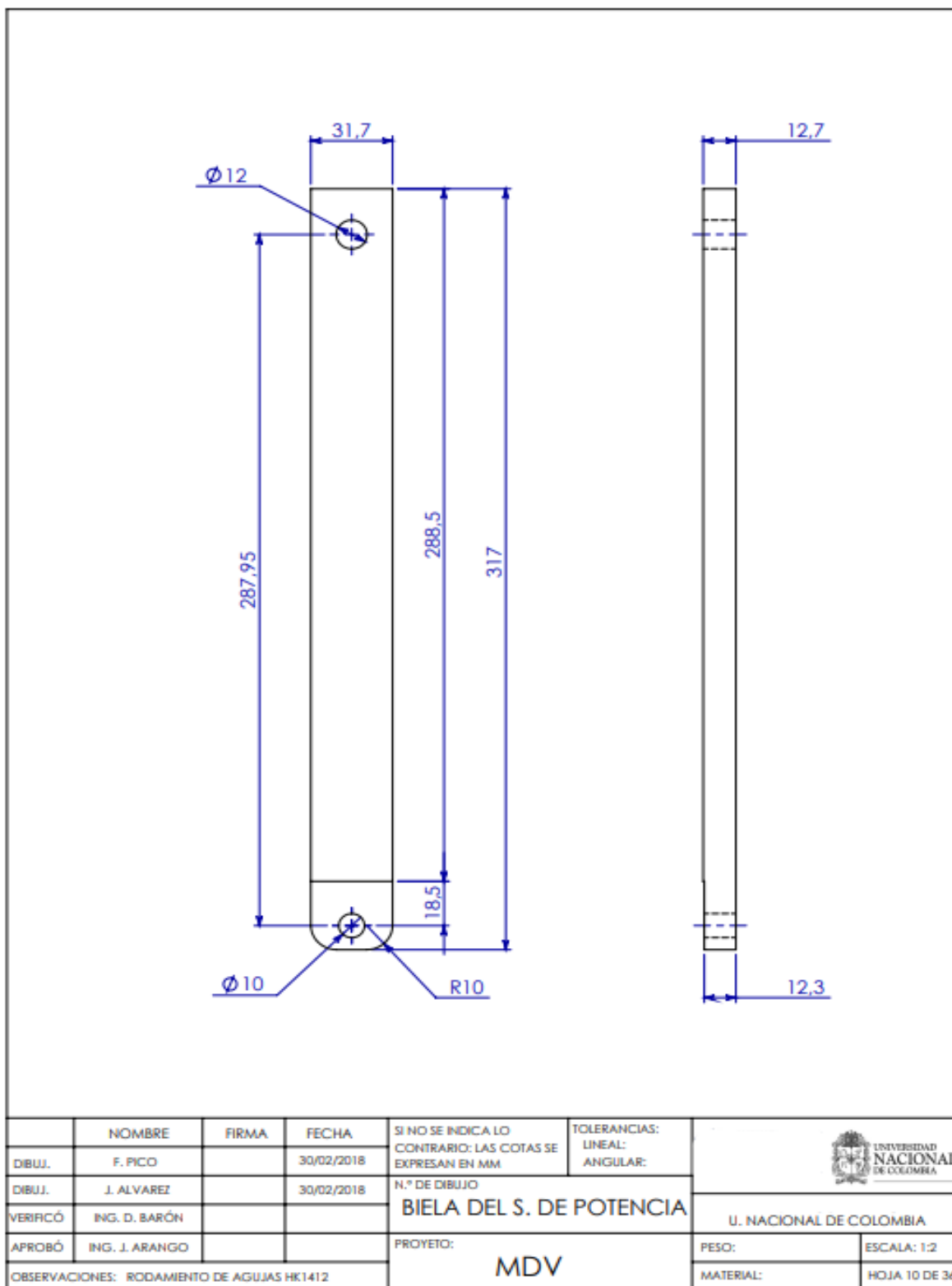
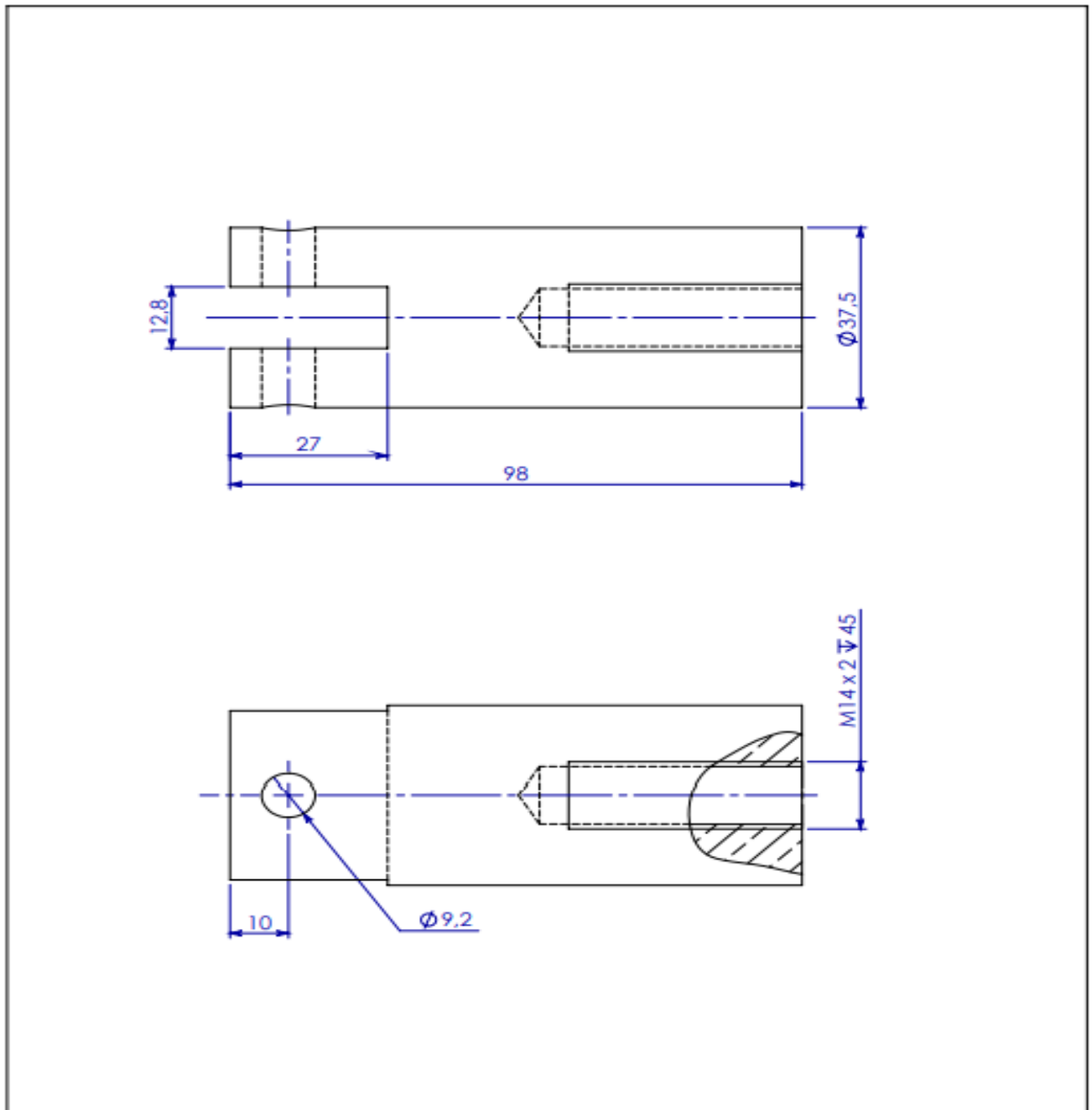
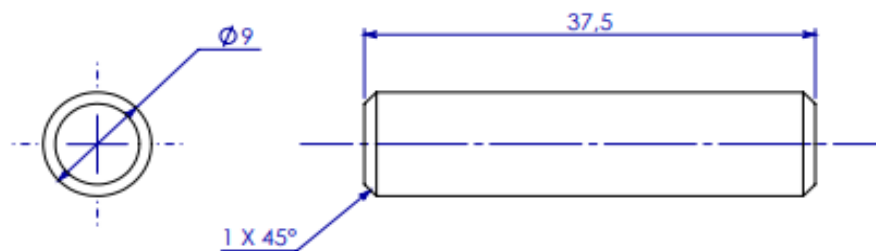


Figura 118. Cruceta motor de vapor



| | NOMBRE | FIRMA | FECHA | SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM | TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR: | UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA | | |
|----------------|----------------|-------|------------|---|-------------------------------------|----------------------------------|--|---------------|
| DIBUJ. | F. PICO | | 30/02/2018 | N.º DE DIBUJO | CRUCETA | U. NACIONAL DE COLOMBIA | | |
| DIBUJ. | J. ALVAREZ | | 30/02/2018 | | | PESO: | | ESCALA: 1:1 |
| VERIFICÓ | ING. D. BARÓN | | | | | MATERIAL: | | HOJA 11 DE 36 |
| APROBÓ | ING. J. ARANGO | | | | | PROYECTO: | | |
| OBSERVACIONES: | | | | MDV | | | | |

Figura 119. Pin pasador motor de vapor.




| | | | | | | | |
|----------------|----------------|-------|------------|---|-------------------------------------|---|---------------|
| | NOMBRE | FIRMA | FECHA | SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM | TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR: |  UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA | |
| DIBUJ. | F. PICO | | 30/02/2018 | | | | |
| DIBUJ. | J. ALVAREZ | | 30/02/2018 | N.º DE DIBUJO | | U. NACIONAL DE COLOMBIA | |
| VERIFICÓ | ING. D. BARÓN | | | | | | |
| APROBÓ | ING. J. ARANGO | | | PROYECTO: | | PESO: | ESCALA: 2:1 |
| OBSERVACIONES: | | | | | | MATERIAL: | HOJA 12 DE 36 |

Figura 120. Pistón motor de vapor. .

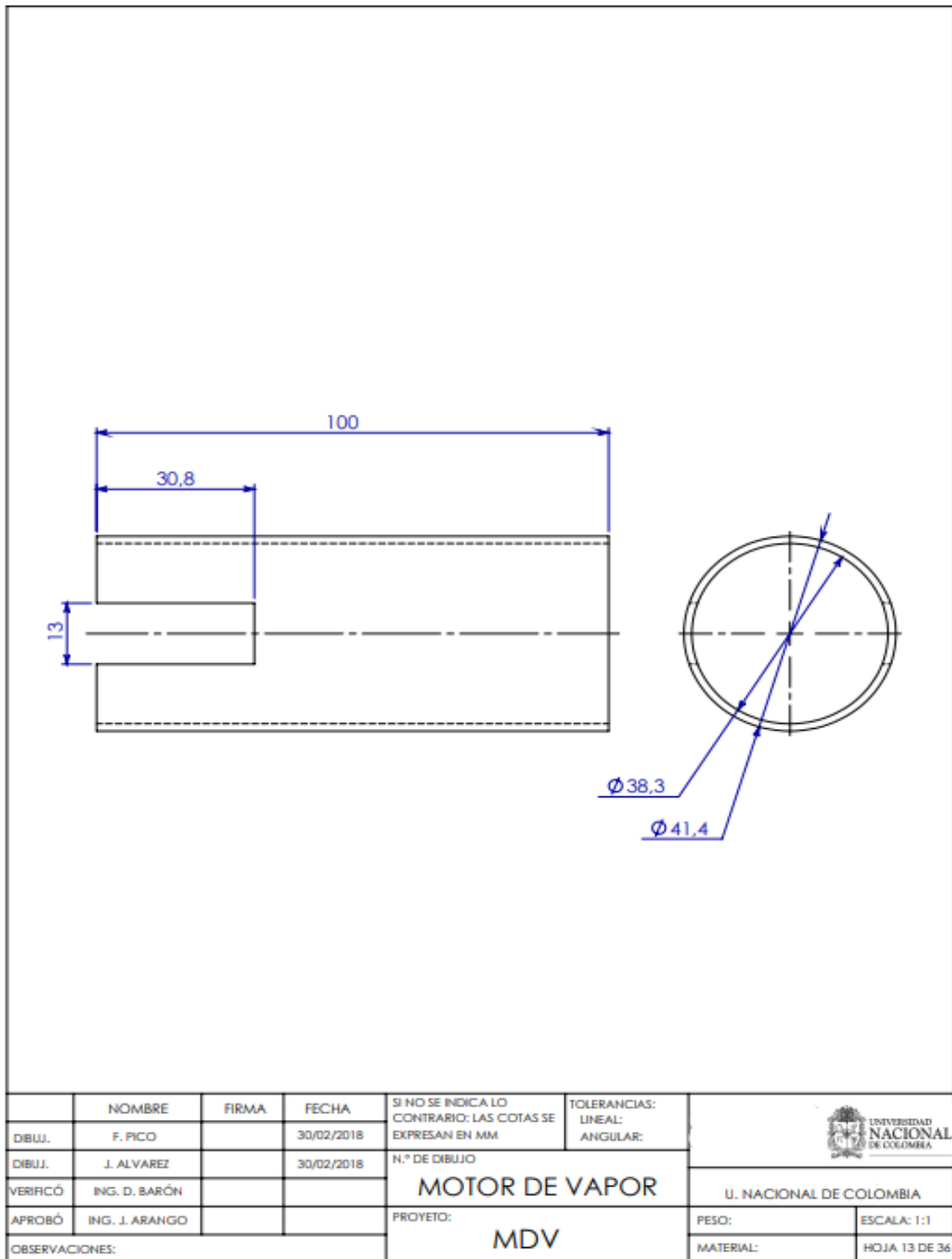


Figura 122. Vástago motor de vapor. .

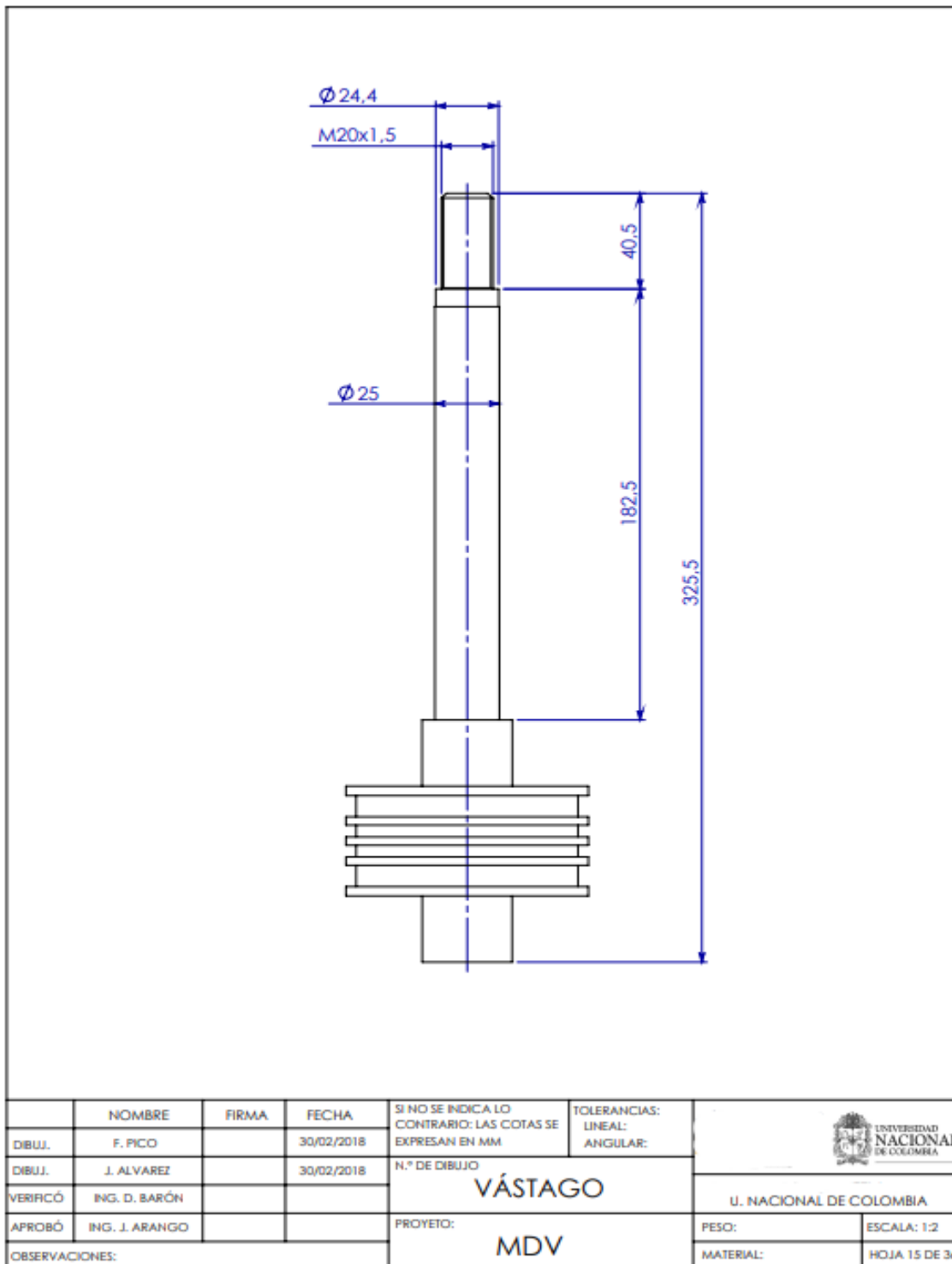


Figura 123. Pistón doble efecto.

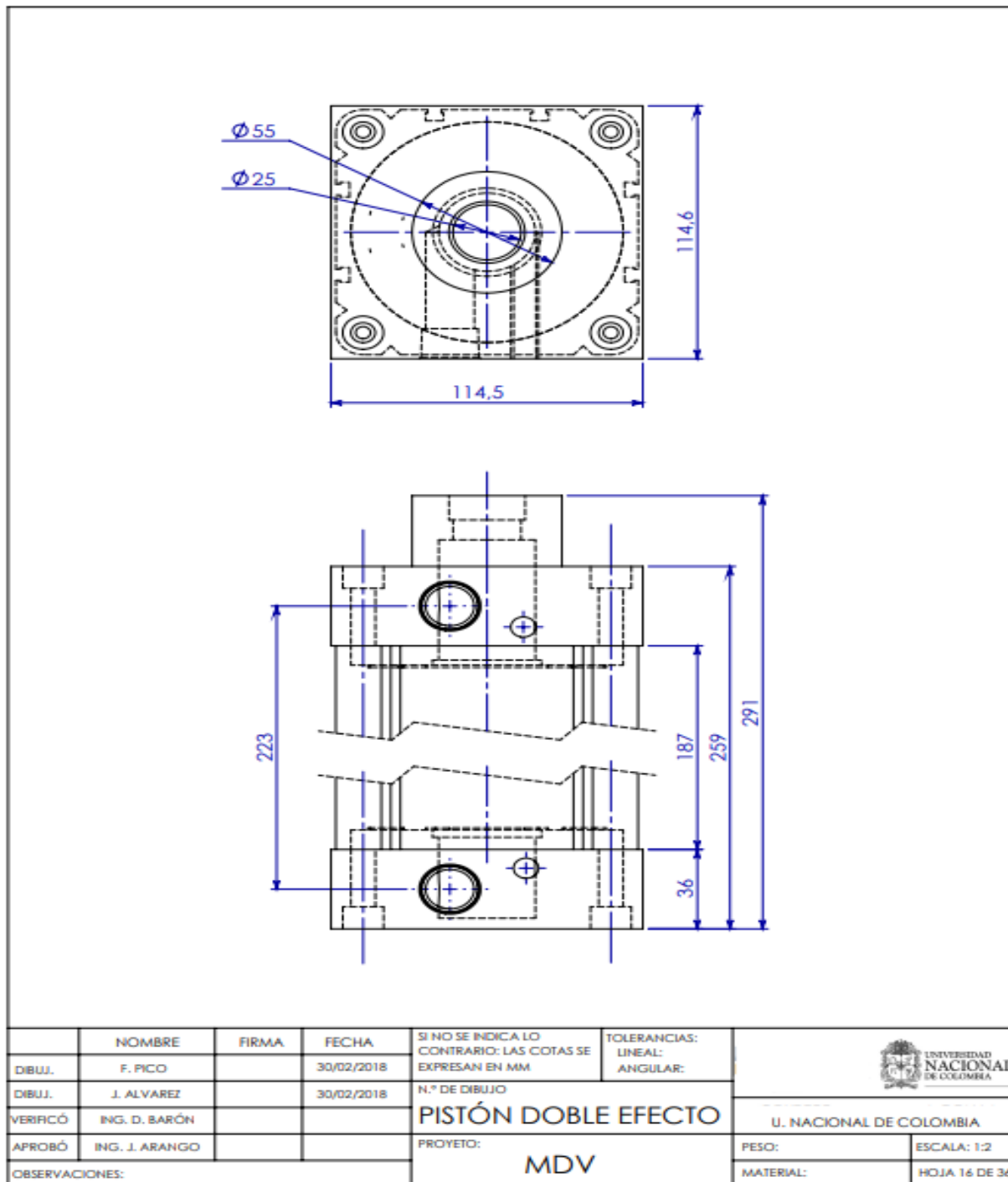


Figura 125. Carcasa motor de vapor. Fuente propia.

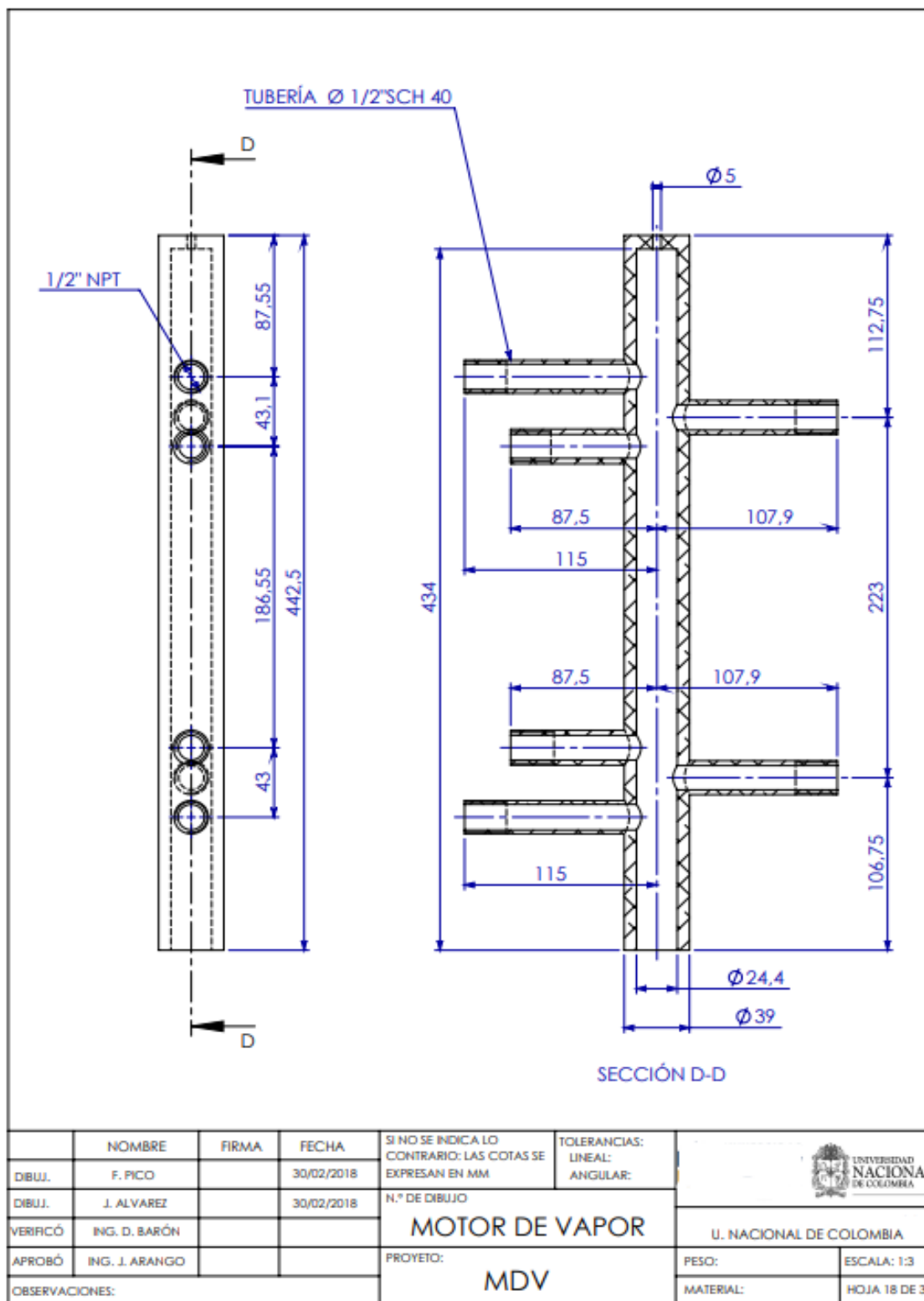
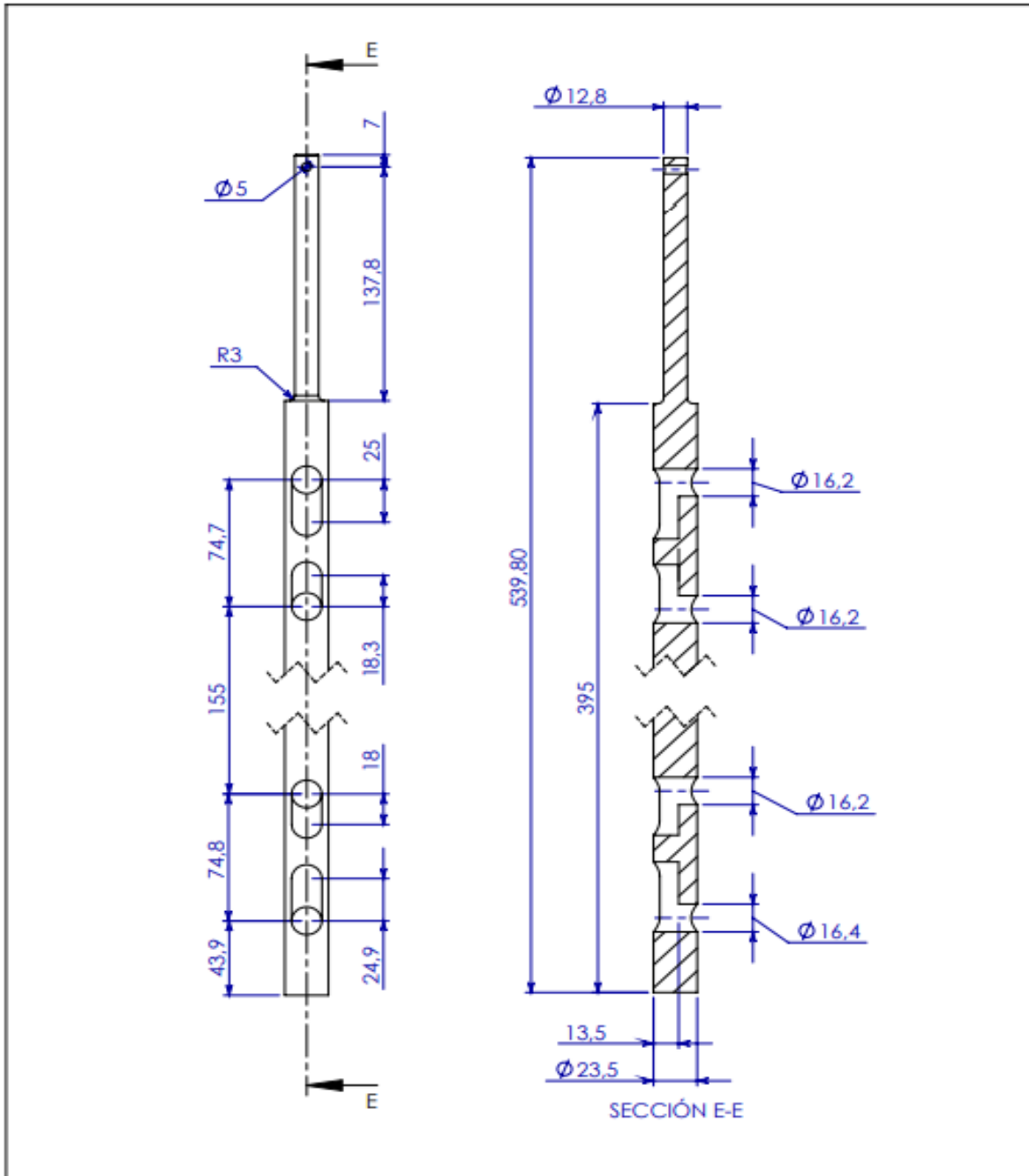
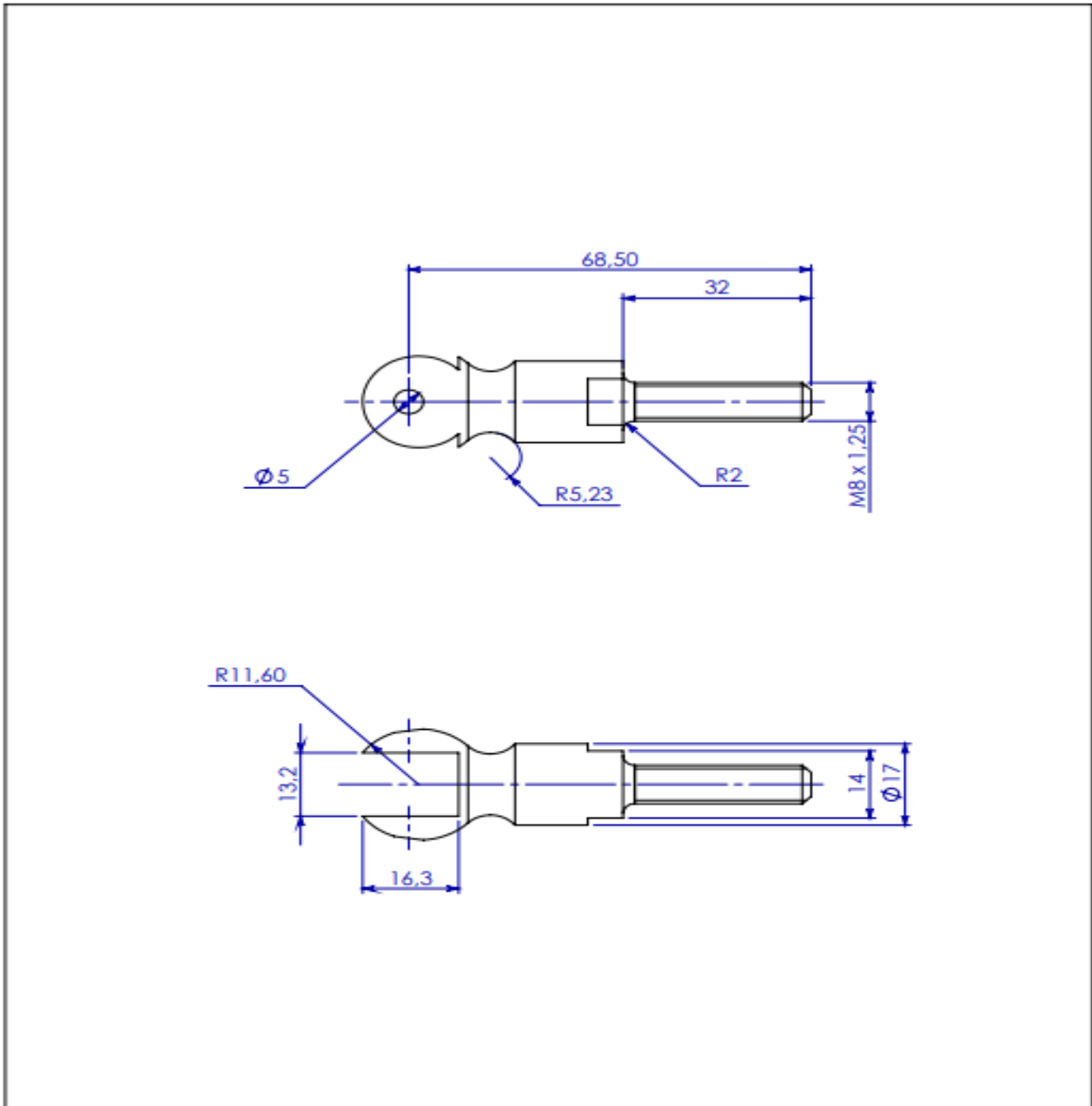


Figura 126. Válvula de carrete de vapor vivo.



| | NOMBRE | FIRMA | FECHA | SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM | TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR: | UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA | |
|----------------|----------------|-------|------------|---|-------------------------------------|----------------------------------|---------------|
| DIBUJ. | F. PICO | | 30/02/2018 | N.º DE DIBUJO VÁLVULA DE CARRETE VAPOR VIVO | | U. NACIONAL DE COLOMBIA | |
| DIBUJ. | J. ALVAREZ | | 30/02/2018 | | | | |
| VERIFICÓ | ING. D. BARÓN | | | PROYECTO: MDV | | PESO: | ESCALA: 1:3 |
| APROBÓ | ING. J. ARANGO | | | | | MATERIAL: BRONCE | HOJA 19 DE 36 |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | |

Figura 128. Conector de carrete, motor de vapor. .




| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|-------|------------|---|-------------------------------------|--|---------------|-------------------------|
| | NOMBRE | FIRMA | FECHA | SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM | TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR: |  UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA | | |
| DIBUJ. | F. PICO | | 30/02/2018 | | | | | U. NACIONAL DE COLOMBIA |
| DIBUJ. | J. ALVAREZ | | 30/02/2018 | N.º DE DIBUJO | CONECTOR DE CARRETE | | | |
| VERIFICÓ | ING. D. BARÓN | | | | | | | |
| APROBÓ | ING. J. ARANGO | | | PROYECTO: | MDV | | PESO: | ESCALA: 1:1 |
| OBSERVACIONES: | | | | | | MATERIAL: | HOJA 21 DE 36 | |

Figura 129. Biela sistema de distribución.

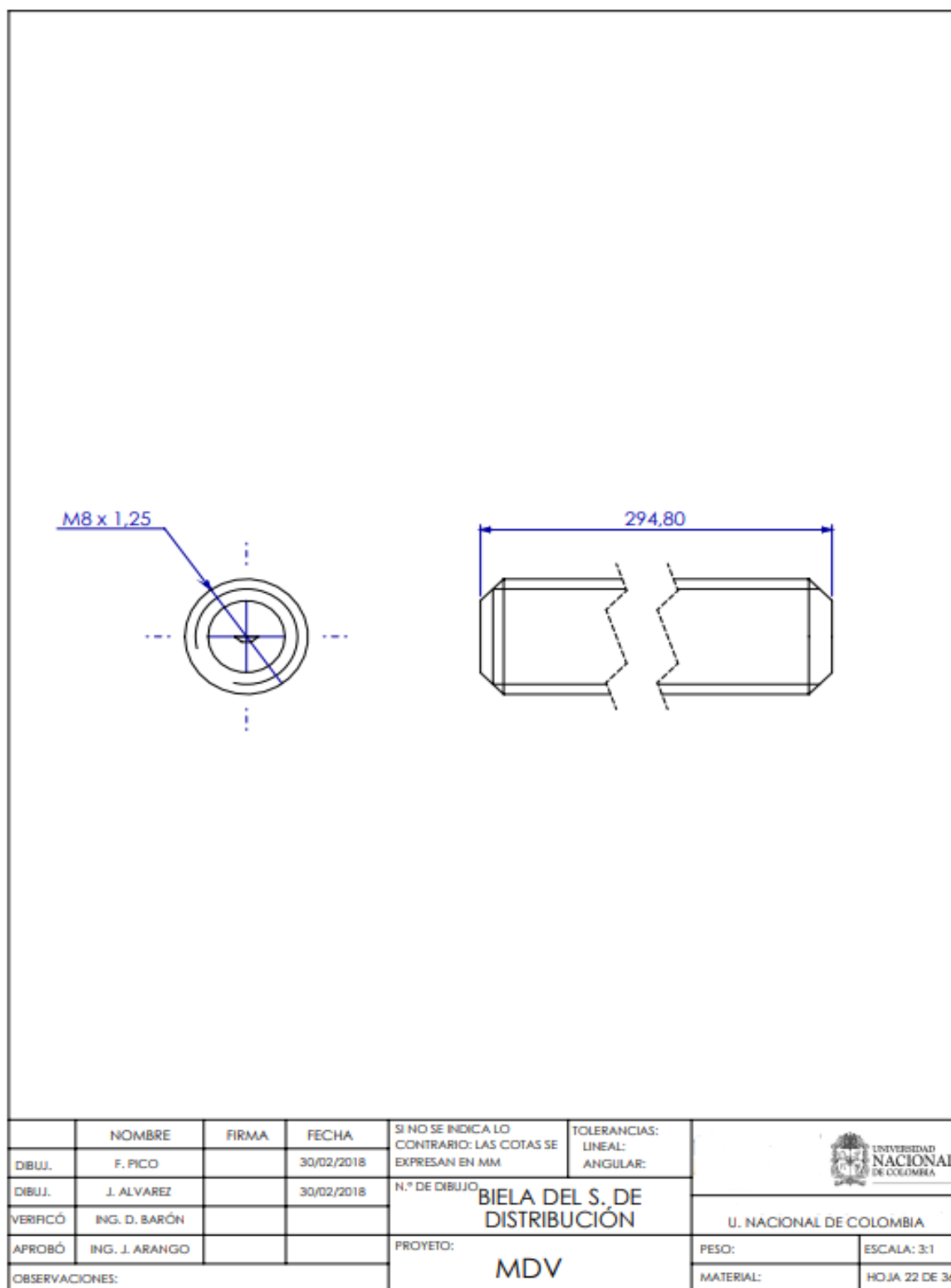
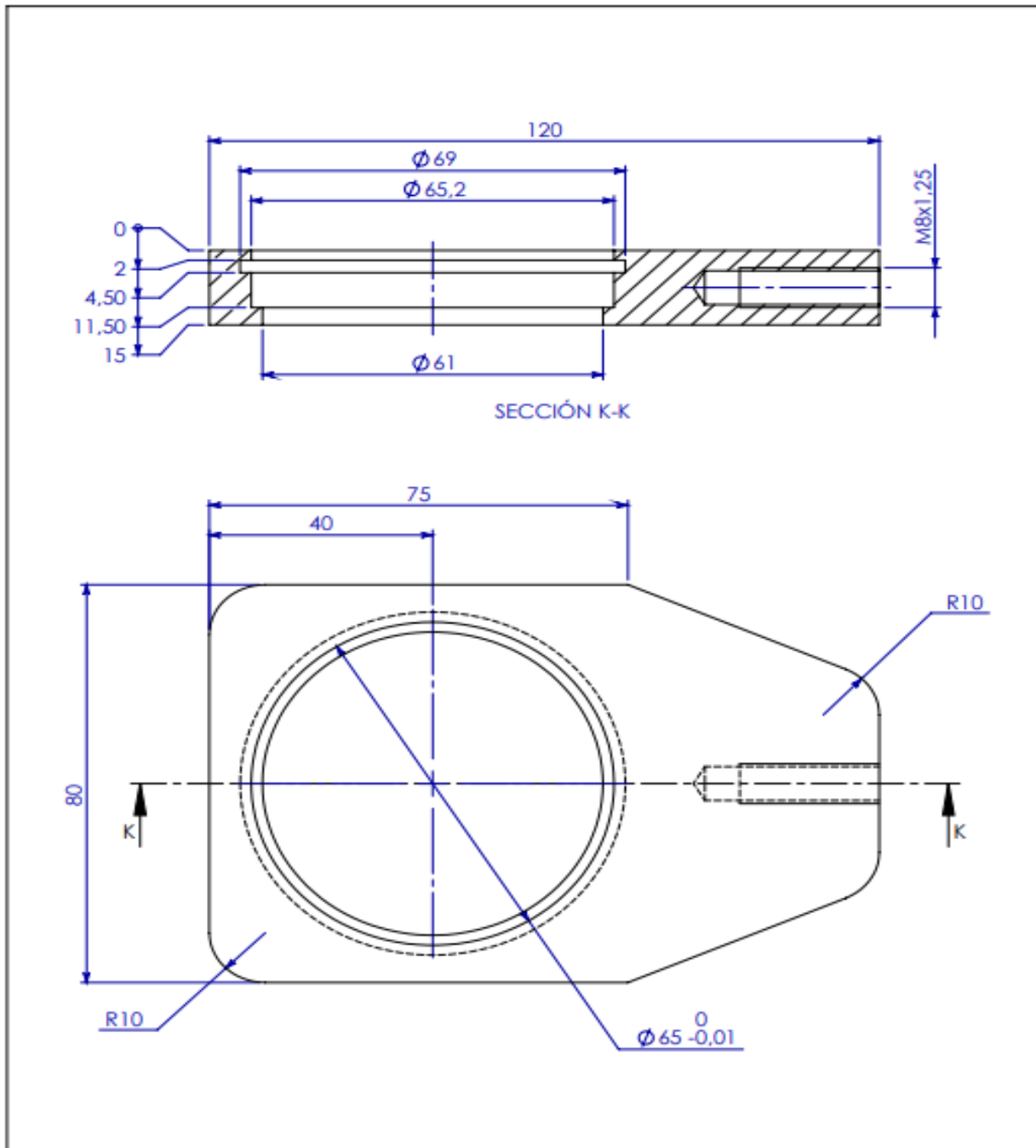


Figura 130. Carcasa para excéntrica de vapor vivo.




| | | | | | | | | |
|----------|----------------|-------|------------|---|---------------------------------------|---|-------------------------|---------------|
| | NOMBRE | FIRMA | FECHA | SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM | TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR: |  UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA | | |
| DIBUJ. | F. PICO | | 30/02/2018 | | | | | |
| DIBUJ. | J. ALVAREZ | | 30/02/2018 | N.º DE DIBUJO | CARACASA PARA EXÉNTRICA DE VAPOR VIVO | | U. NACIONAL DE COLOMBIA | |
| VERIFICÓ | ING. D. BARÓN | | | PROYECTO: | | | MDV | |
| APROBÓ | ING. J. ARANGO | | | OBSERVACIONES: ROD. RÍGIDO DE BOLAS 61810 | | MATERIAL: DURALUMINIO | | HOJA 23 DE 36 |

Figura 131. Carcasa para excéntrica de expansión.

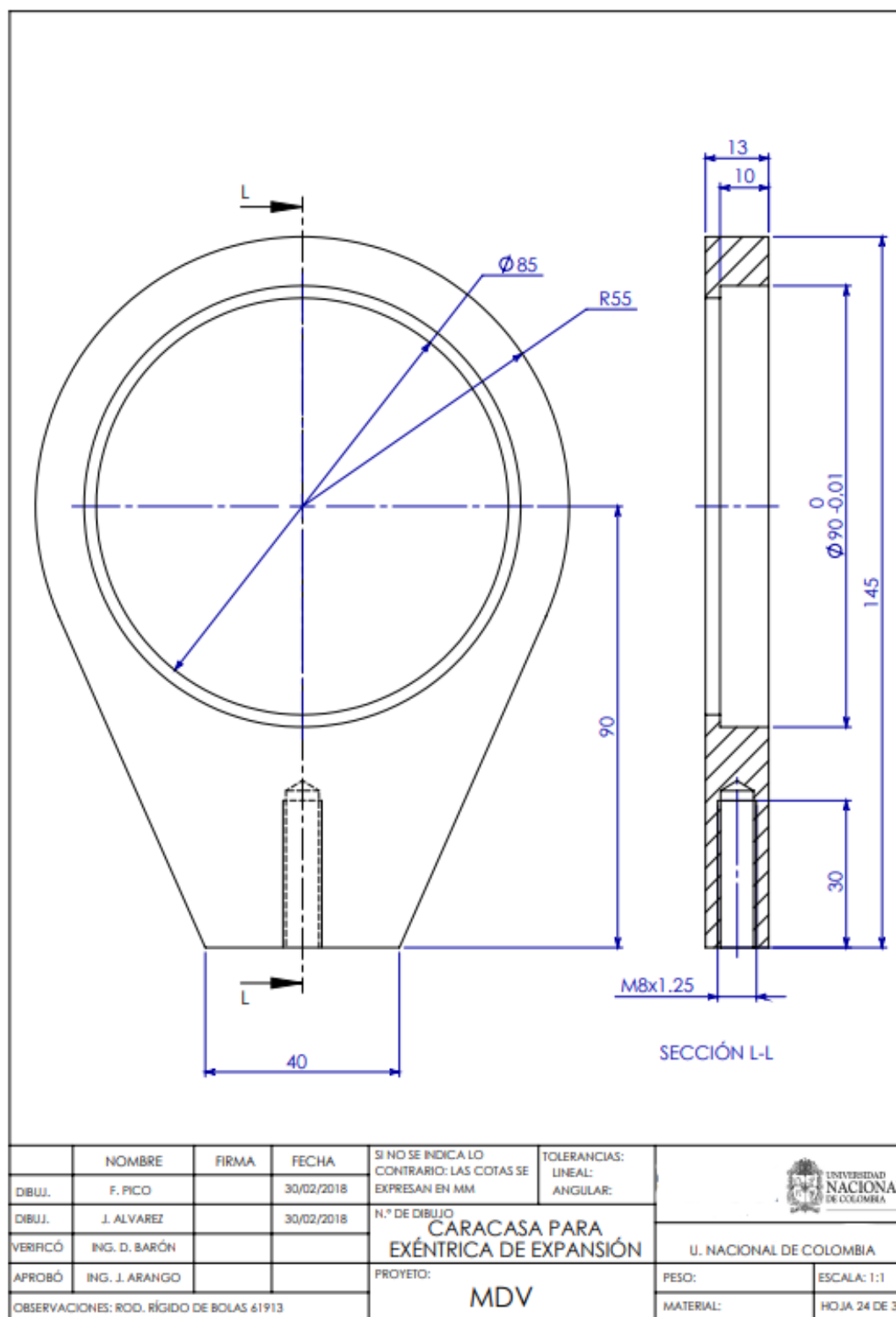


Figura 132. Paso de eje excéntrico para config. de vapor vivo

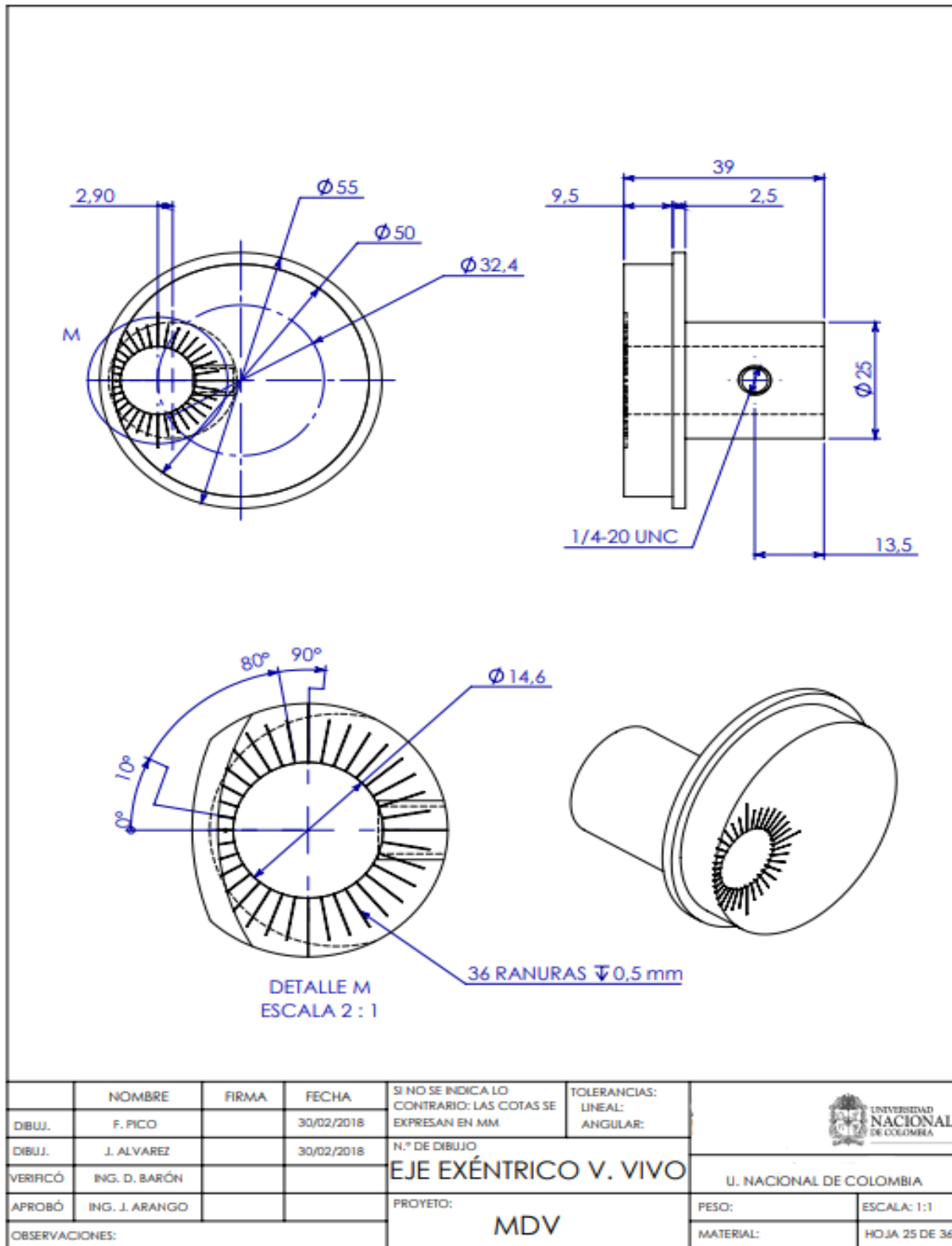


Figura 133. Eje excéntrico de expansión.

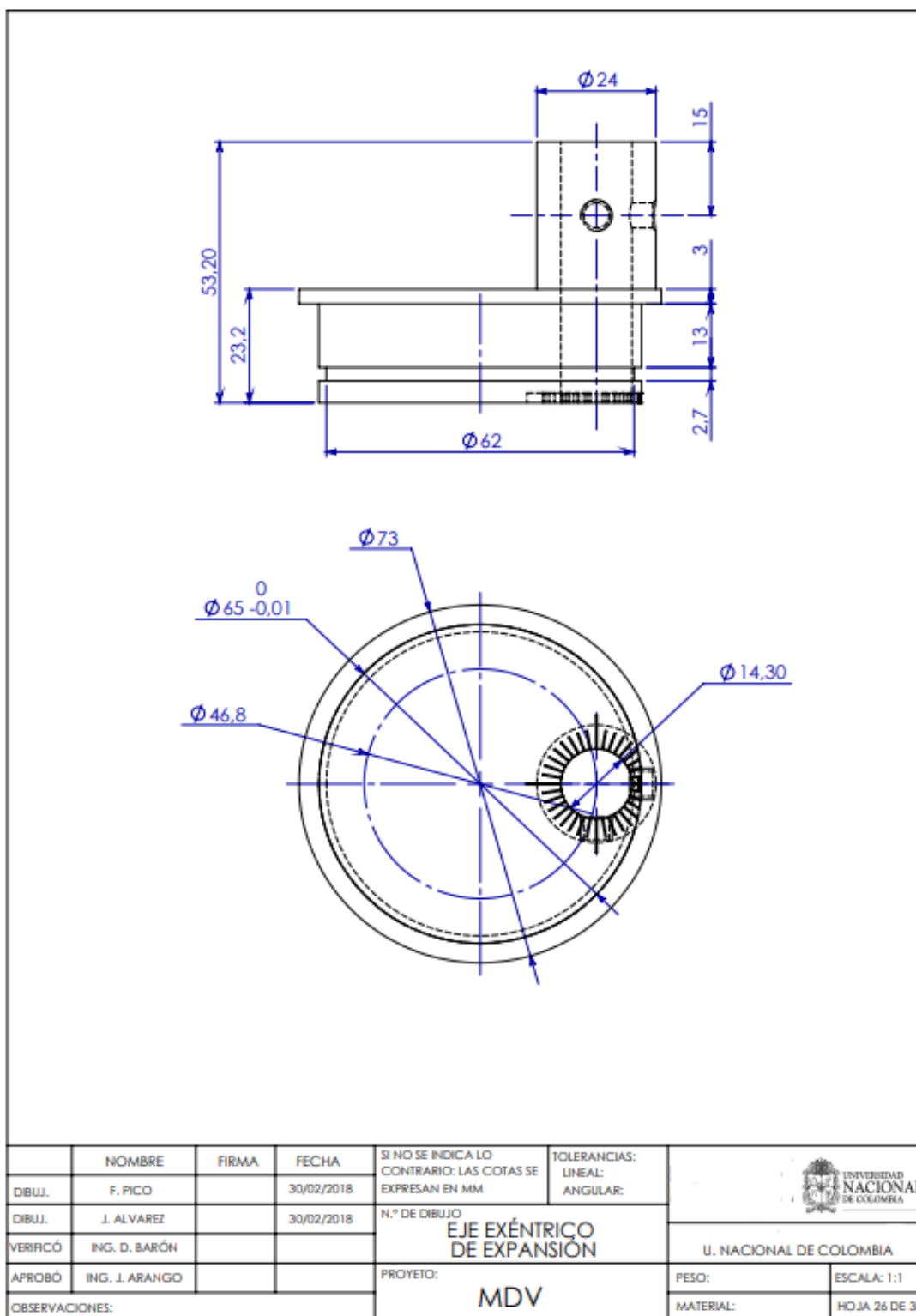


Figura 134. Mecanismo de freno Prony. .

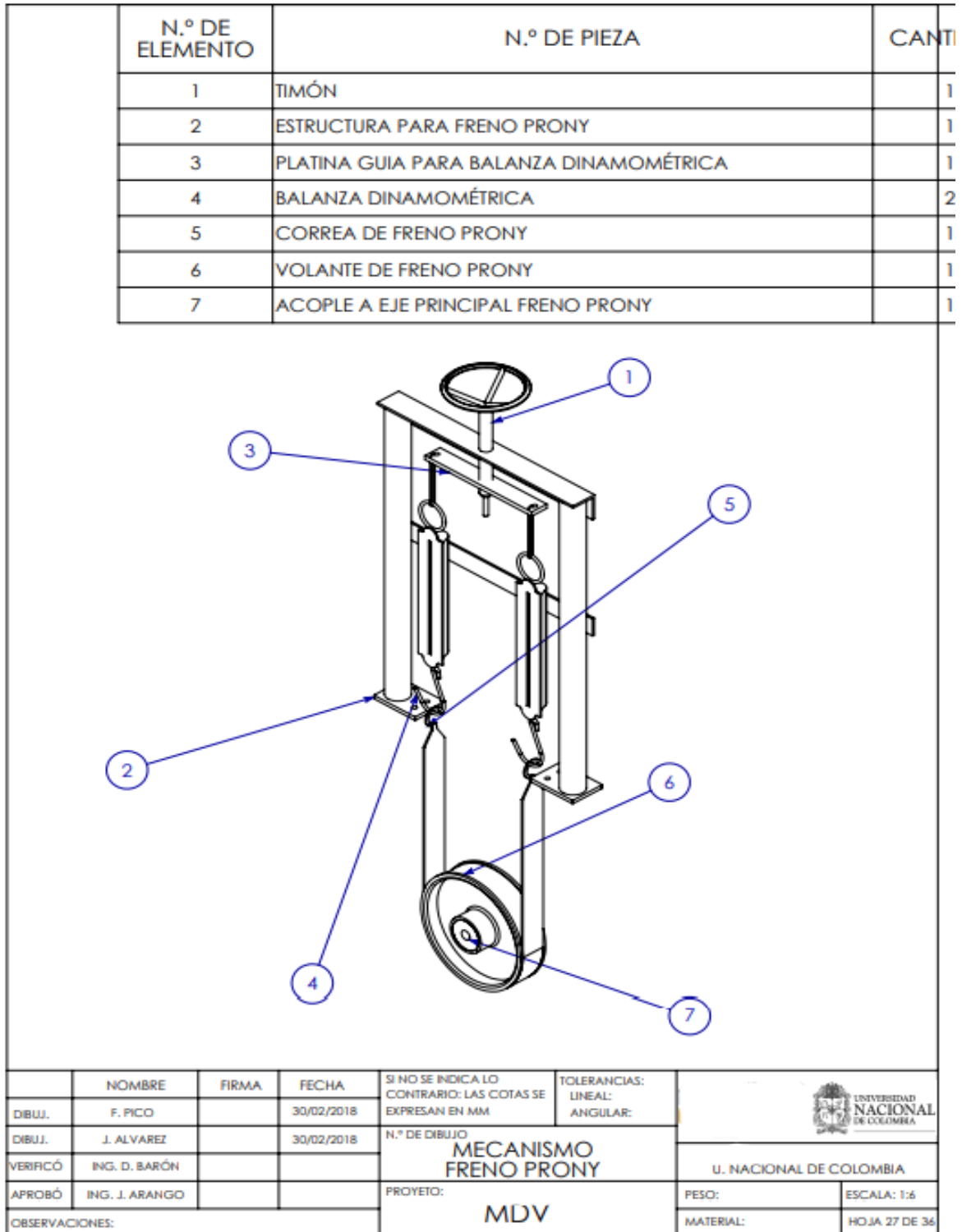


Figura 135. Tornillo de ajuste freno Prony.

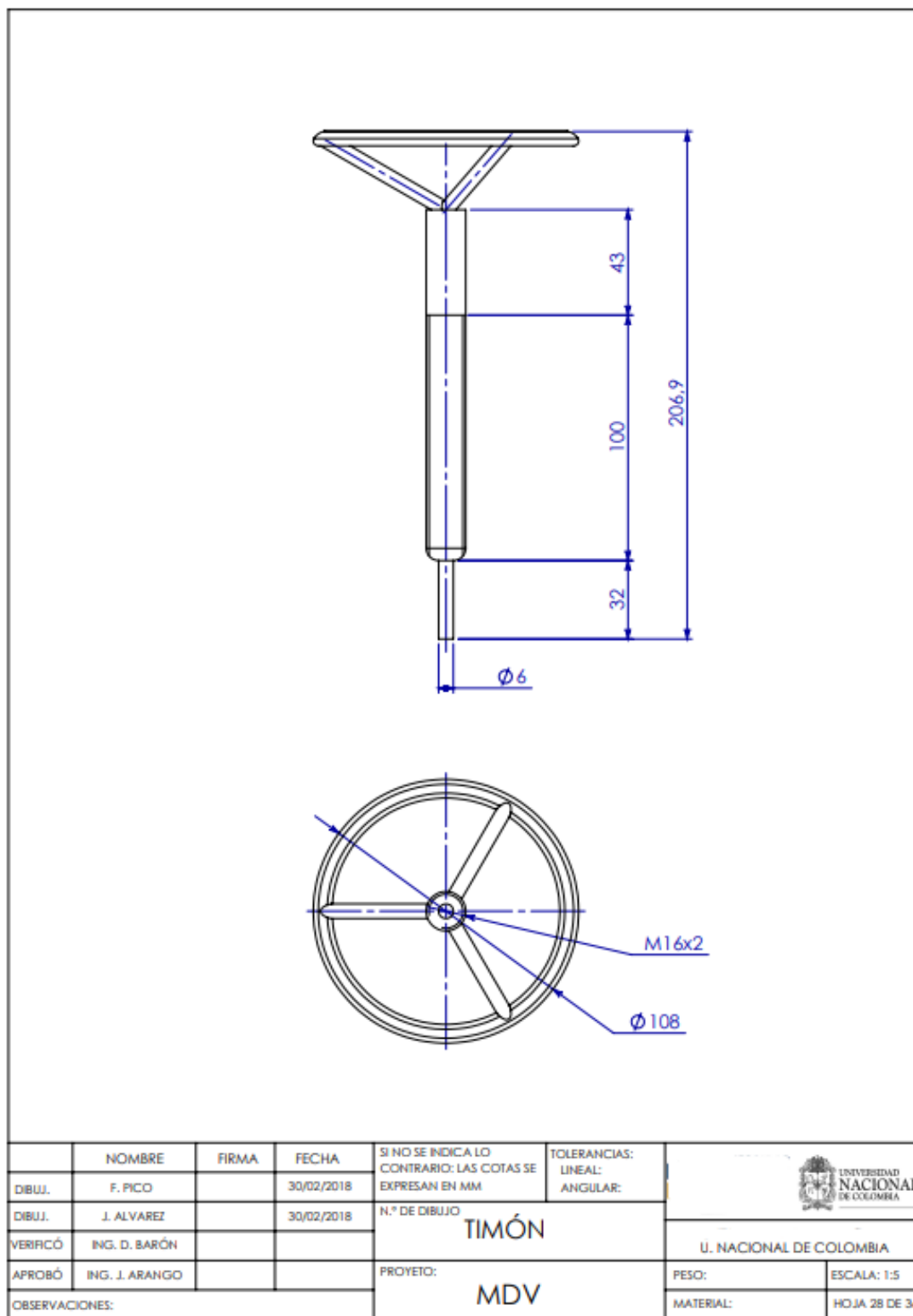
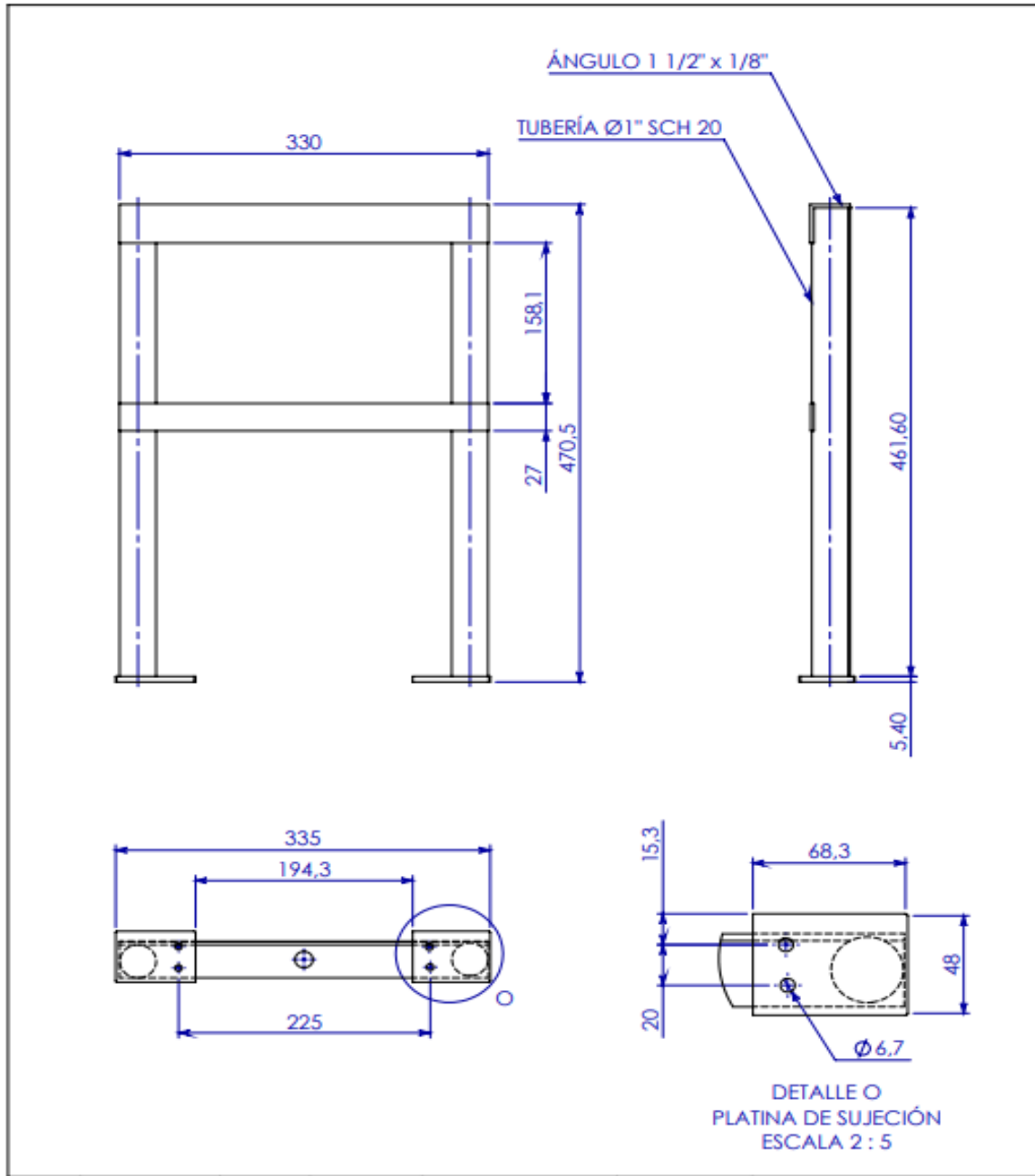


Figura 136. Estructura para freno prony. .



| | NOMBRE | FIRMA | FECHA | SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM | TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR: | UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA | |
|----------------|----------------|-------|------------|---|-------------------------------------|----------------------------------|---------------|
| DIBUJ. | F. PICO | | 30/02/2018 | N.º DE DIBUJO ESTRUCTURA PARA FRENO PRONY | | U. NACIONAL DE COLOMBIA | |
| DIBUJ. | J. ALVAREZ | | 30/02/2018 | | | | |
| VERIFICÓ | ING. D. BARÓN | | | | | | |
| APROBÓ | ING. J. ARANGO | | | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | PROYETO: | | PESO: | ESCALA: 1:5 |
| | | | | MDV | | MATERIAL: | HOJA 29 DE 36 |

Figura 137. Platina guía para balanza dinamoétrica.

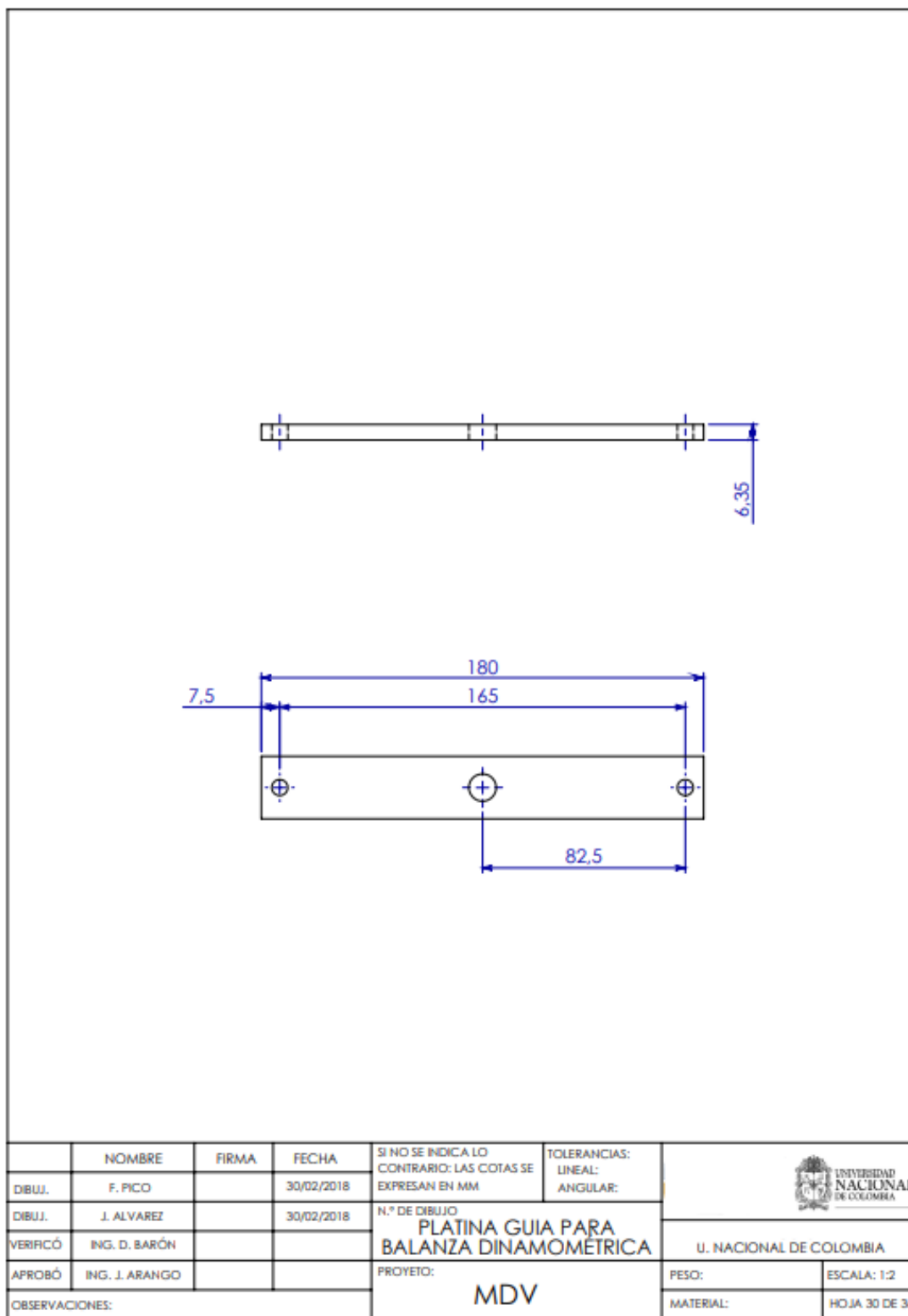


Figura 138. Volante de freno Prony. Fuente propia.

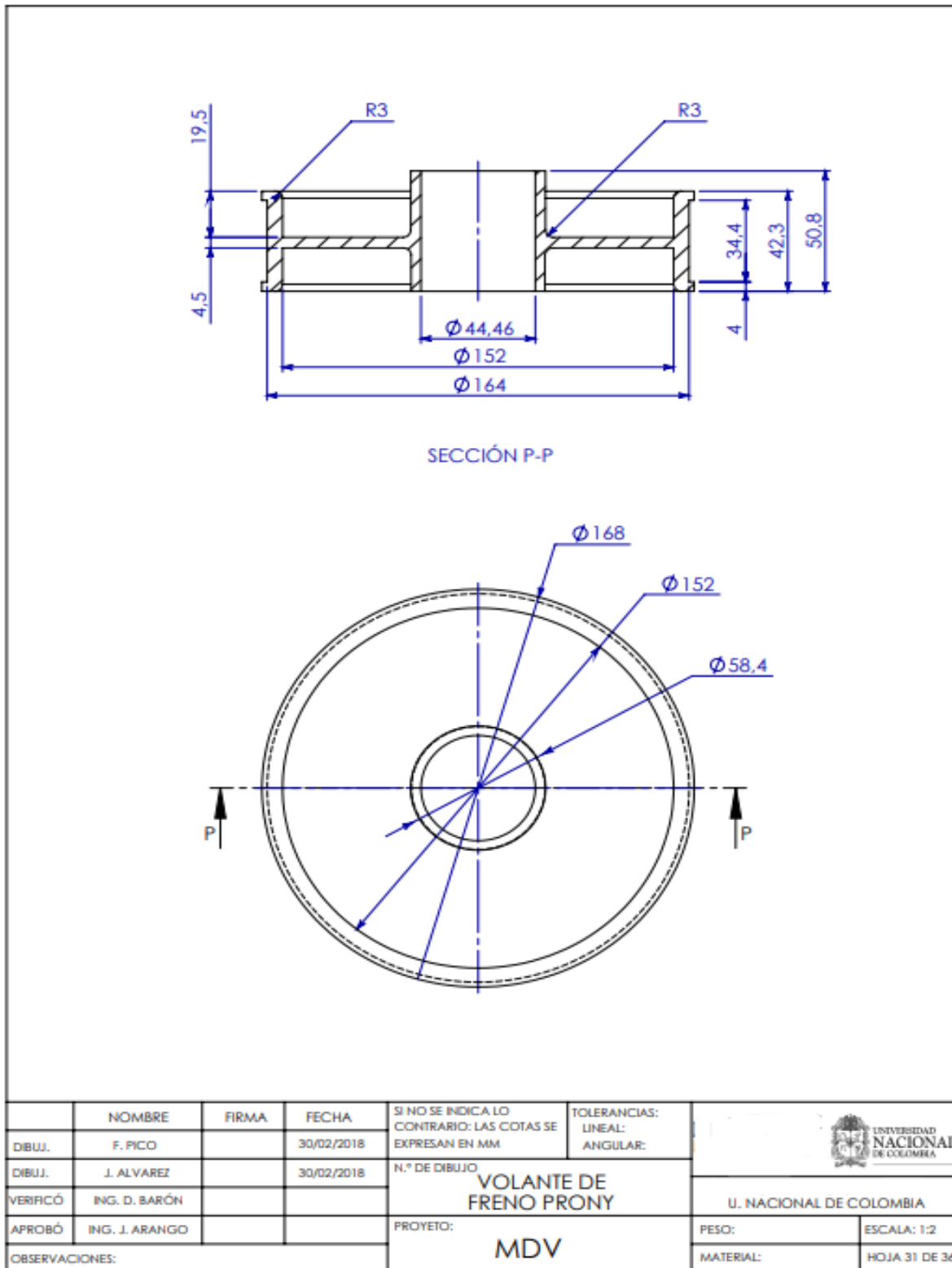
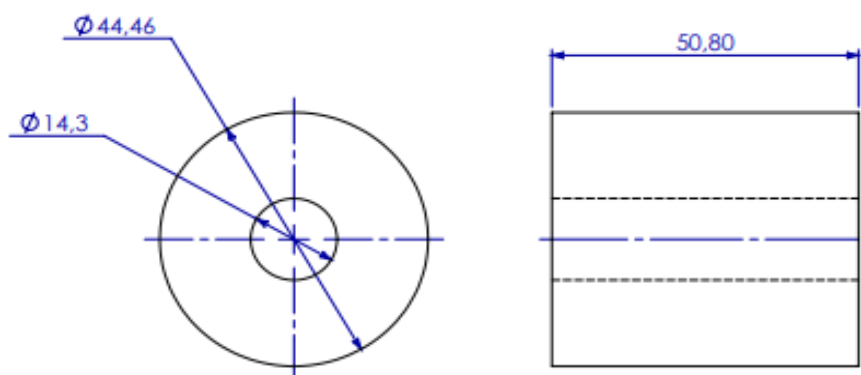


Figura 139. Acople a eje principal freno Prony. .




| | NOMBRE | FIRMA | FECHA | SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM | TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR: |  UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA | | |
|----------------|----------------|-------|------------|---|---|---|-------------------------|---------------|
| DIBUJ. | F. PICO | | 30/02/2018 | | | | | |
| DIBUJ. | J. ALVAREZ | | 30/02/2018 | N.º DE DIBUJO | ACOPLE A EJE PRINCIPAL FRENO PRONY | | U. NACIONAL DE COLOMBIA | |
| VERIFICÓ | ING. D. BARÓN | | | | | | | |
| APROBÓ | ING. J. ARANGO | | | PROYECTO: | MDV | | PESO: | ESCALA: 1:1 |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | MATERIAL: | HOJA 32 DE 36 |

Figura 140. Tubería de admisión motor de vapor. .

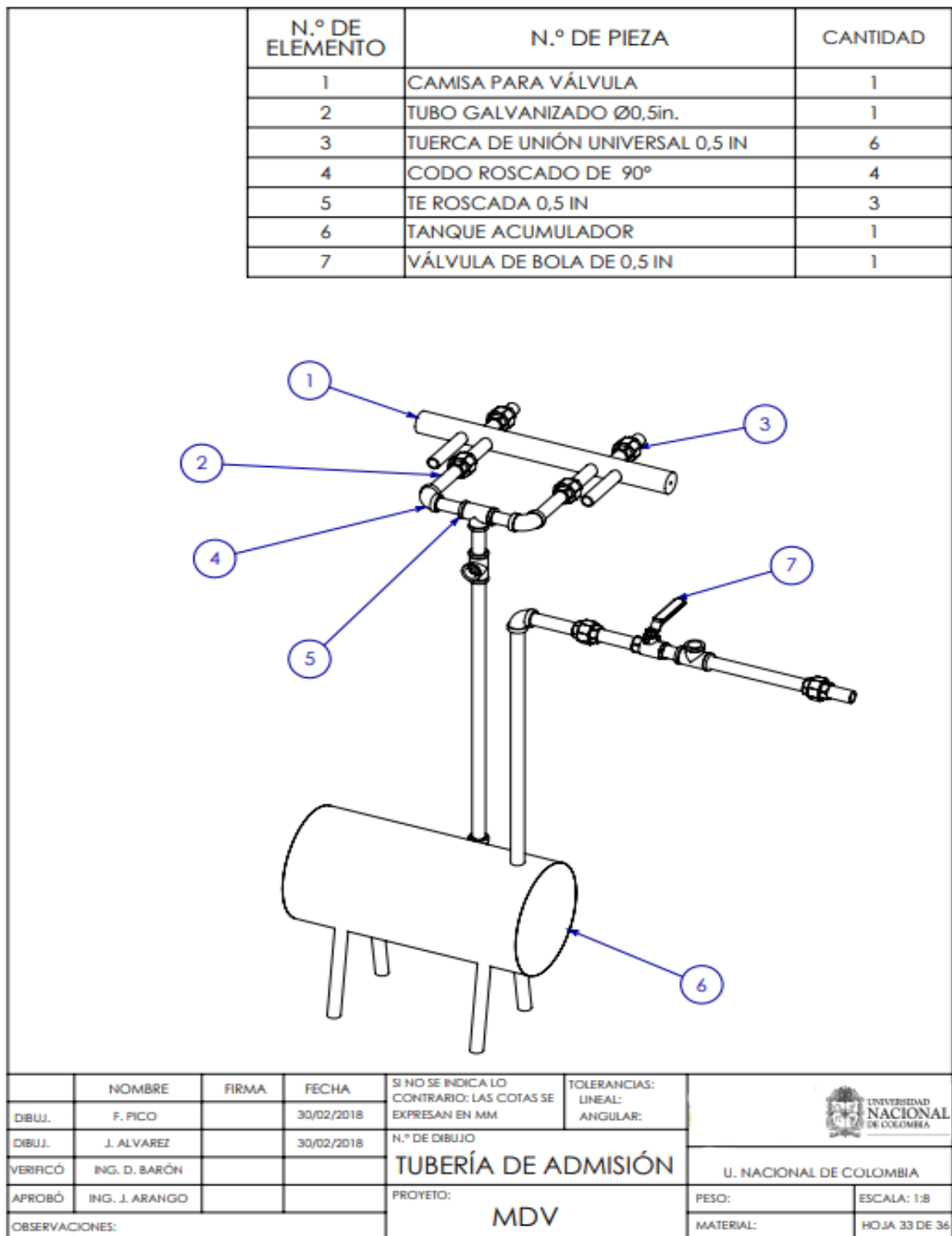


Figura 141. Tubería de admisión motor de vapor. .

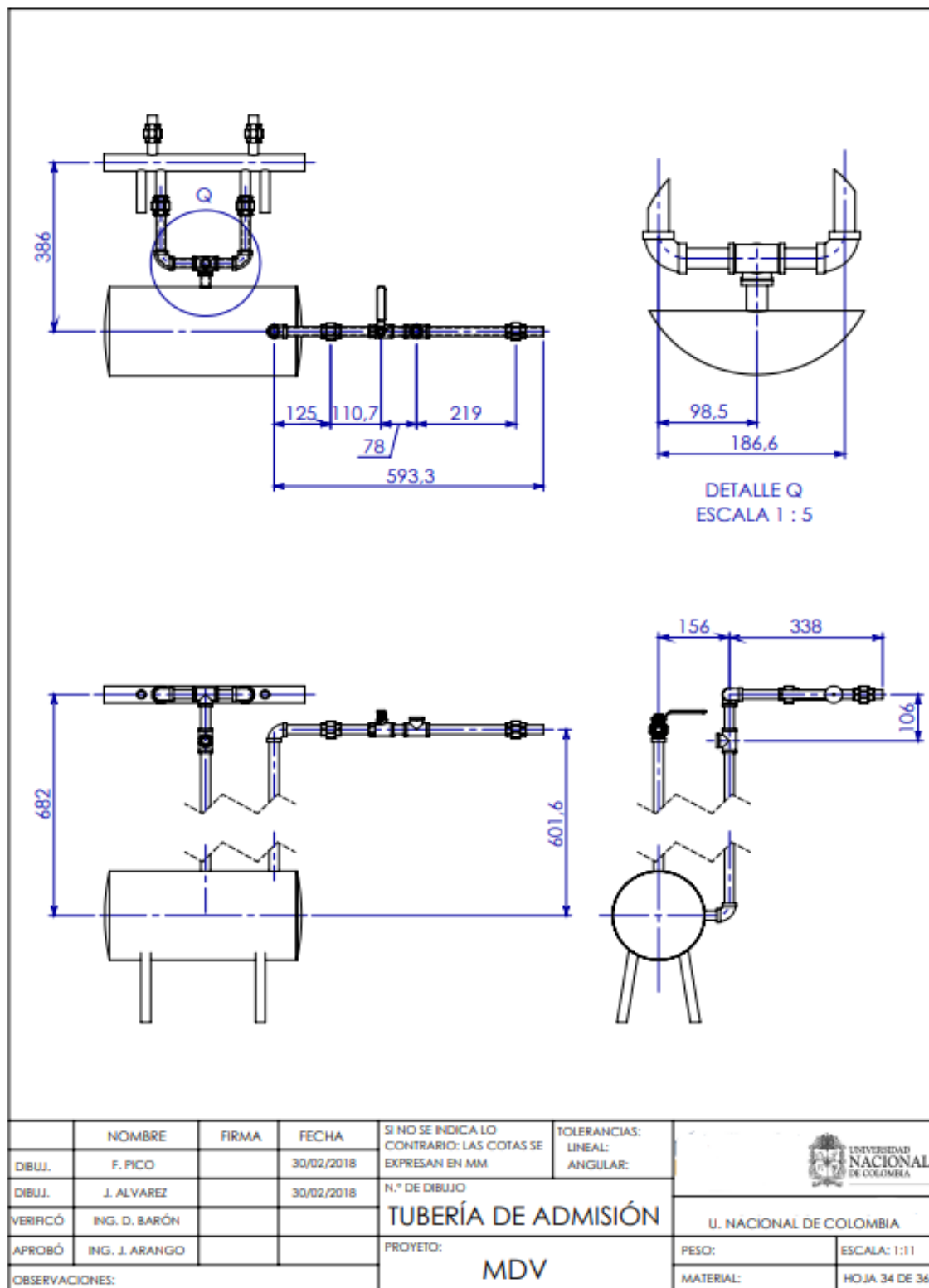


Figura 142. Tubería de escape motor de vapor . .

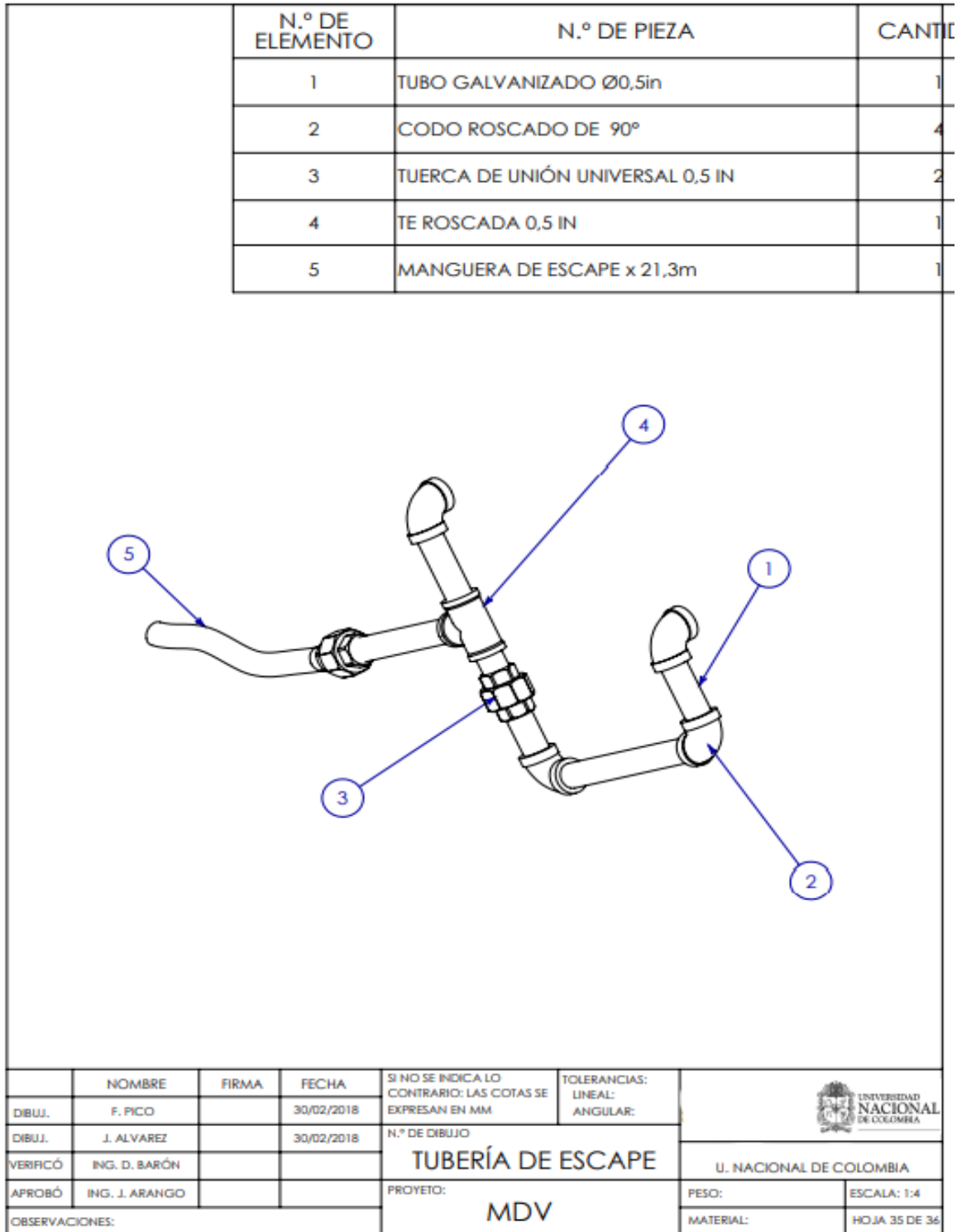


Figura 143. Tubería de escape, motor de vapor. .

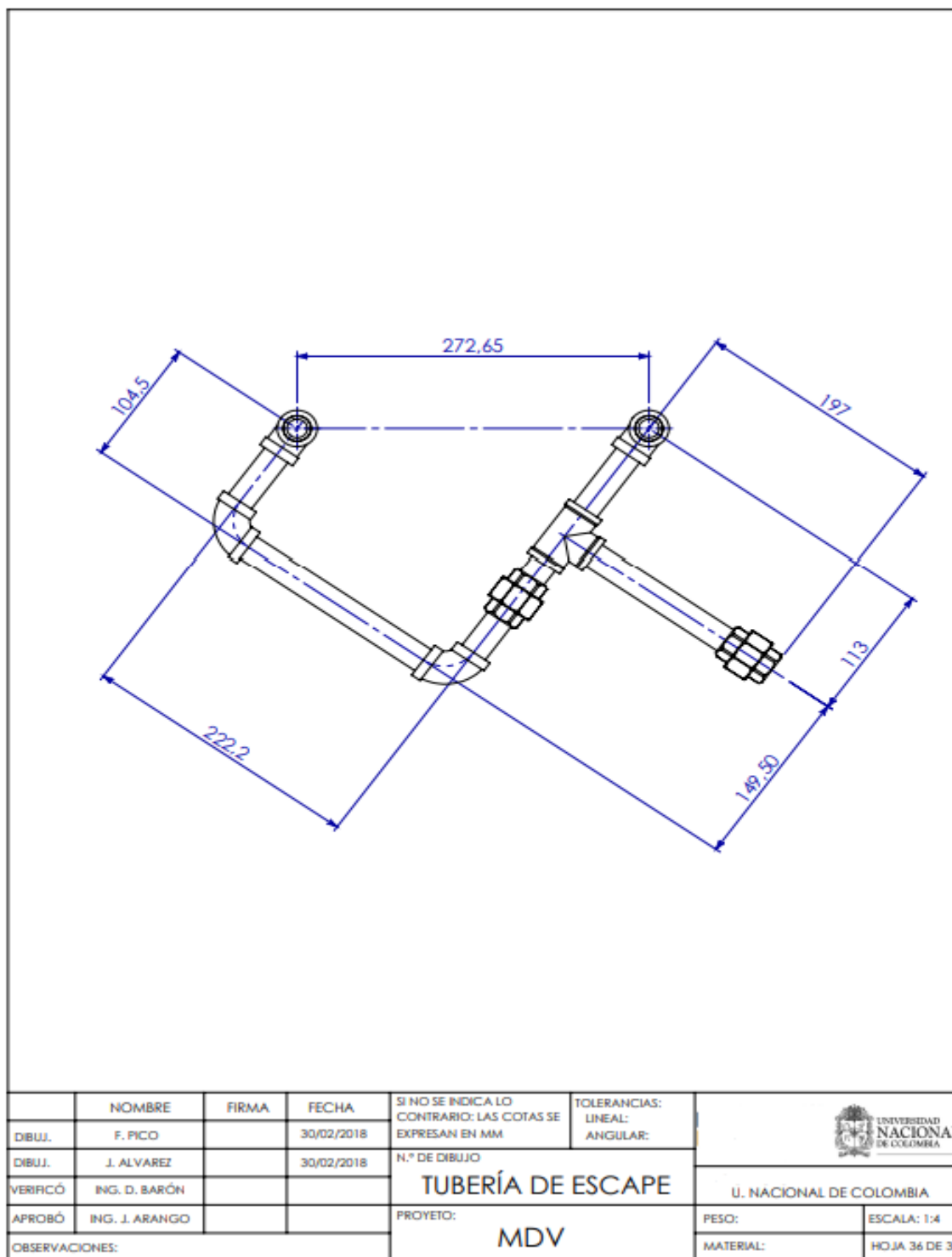


Figura 144. Carcasa válvula de accionamiento de corte rápido.

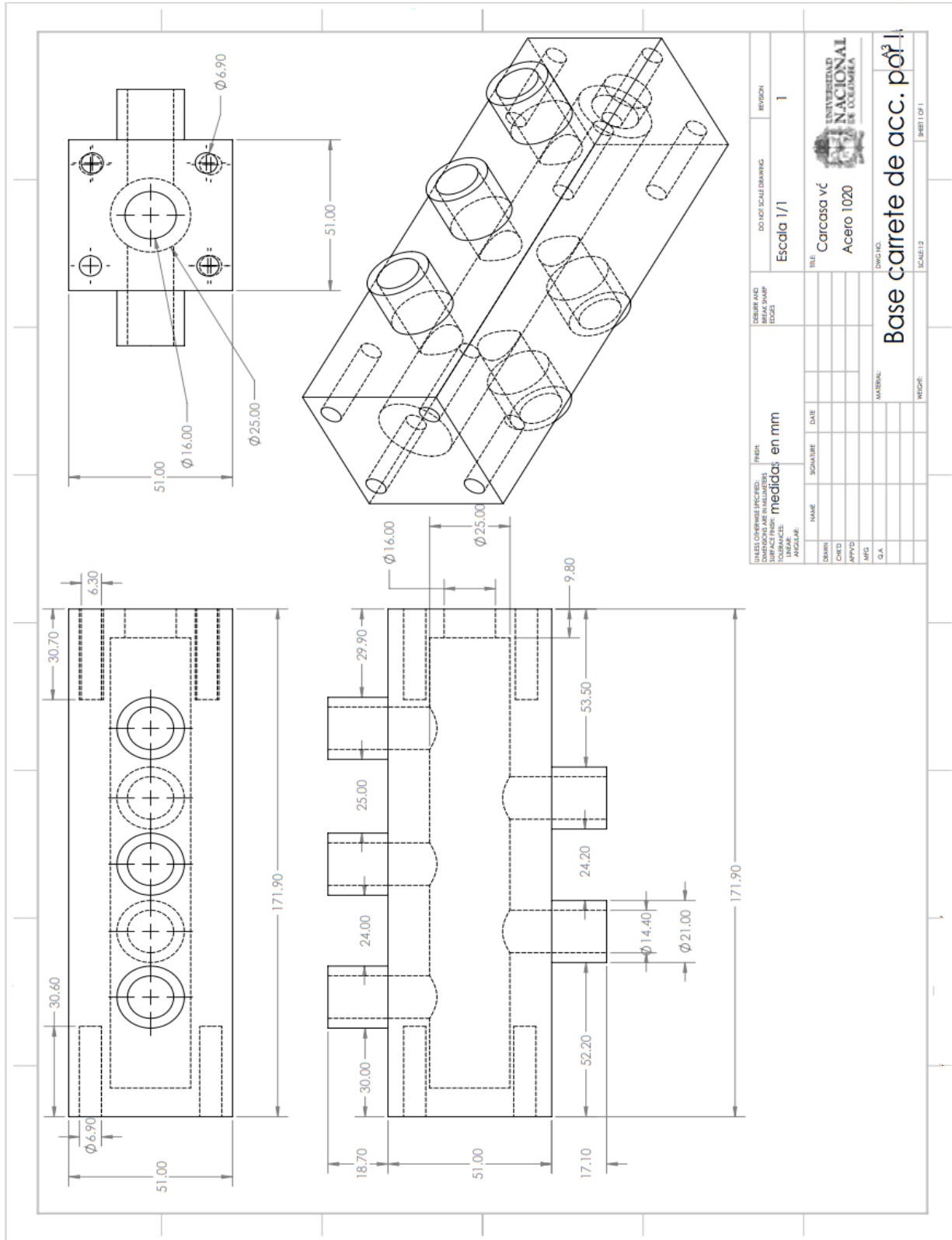


Figura 145. Émbolo de accionamiento válvula de corte rápido.

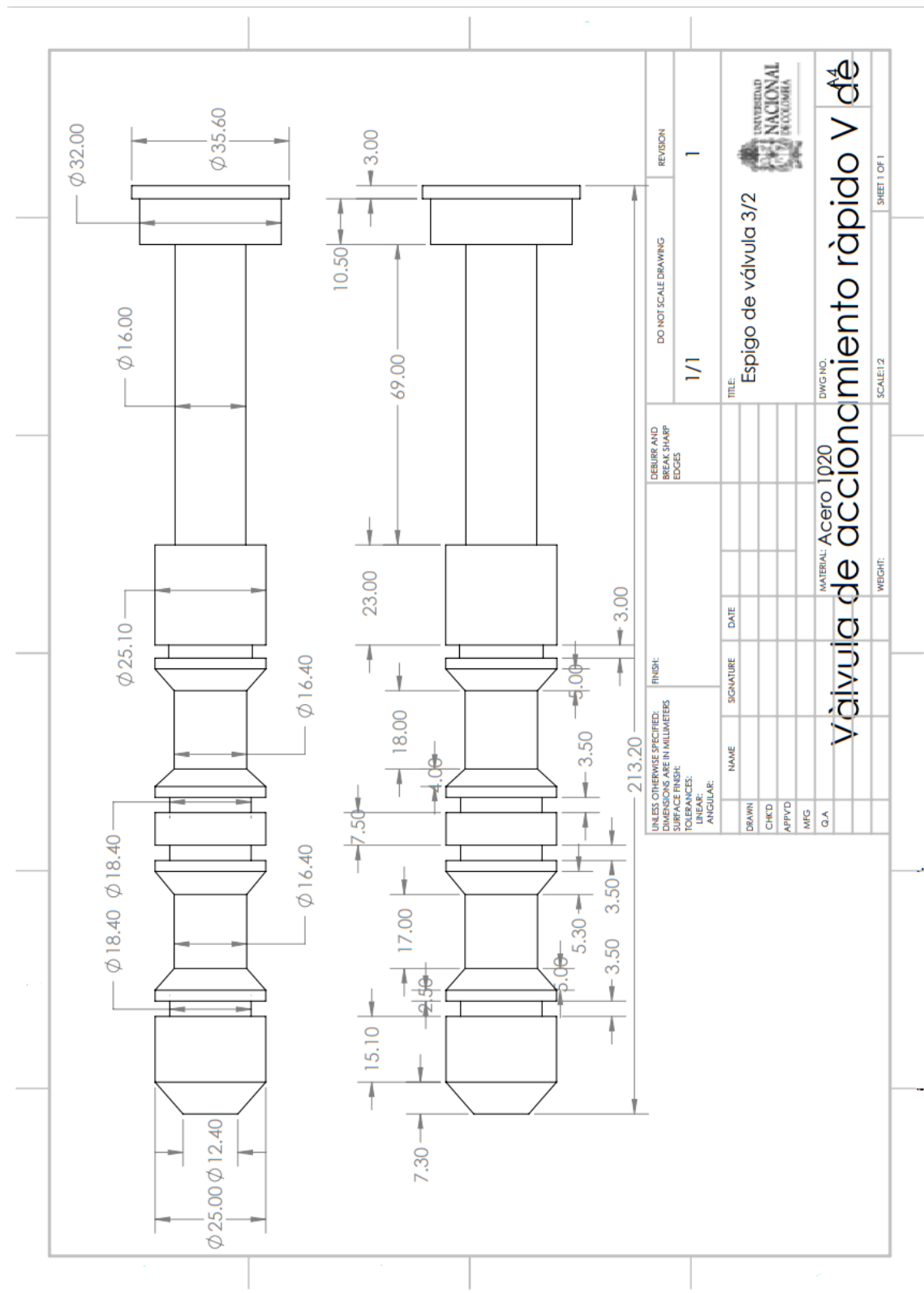


Figura 146. Leva de accionamiento válvula de corte rápido.

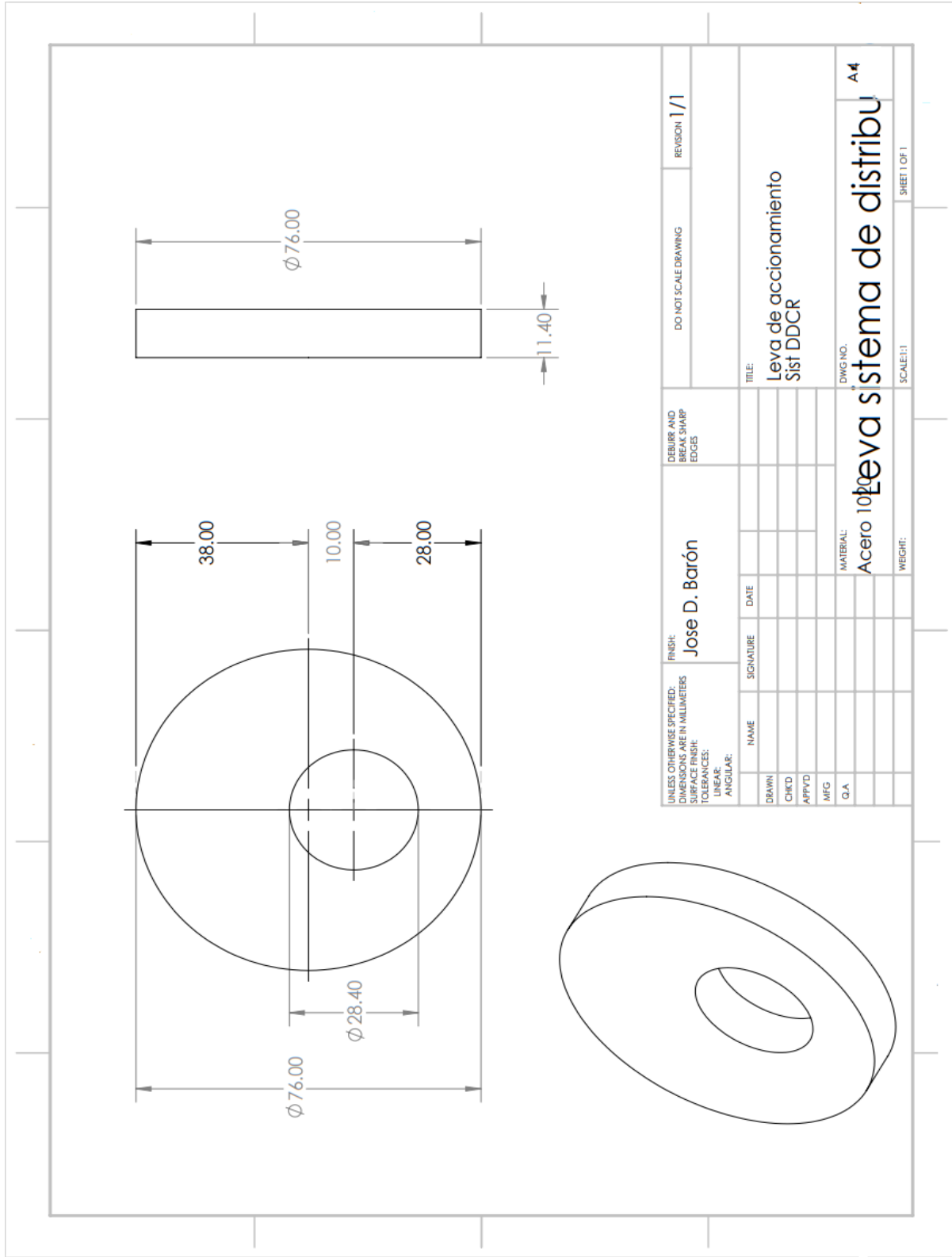


Figura 147. Resorte de devoluci3n mecànica de 3mbolo vòlvula 3/2.

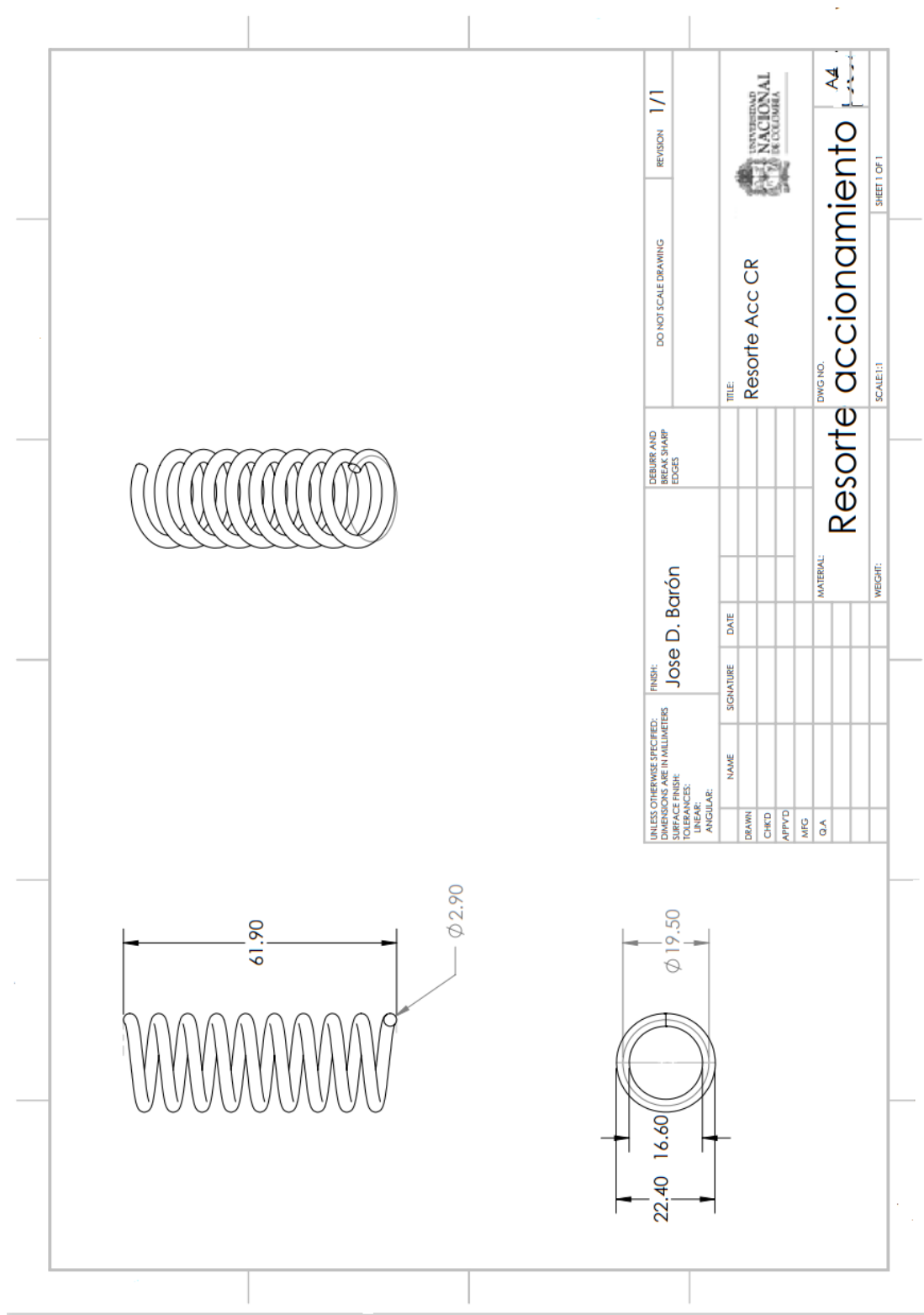


Figura 148. Eje central de ingreso de leva de accionamiento subsistema de corte rápido.

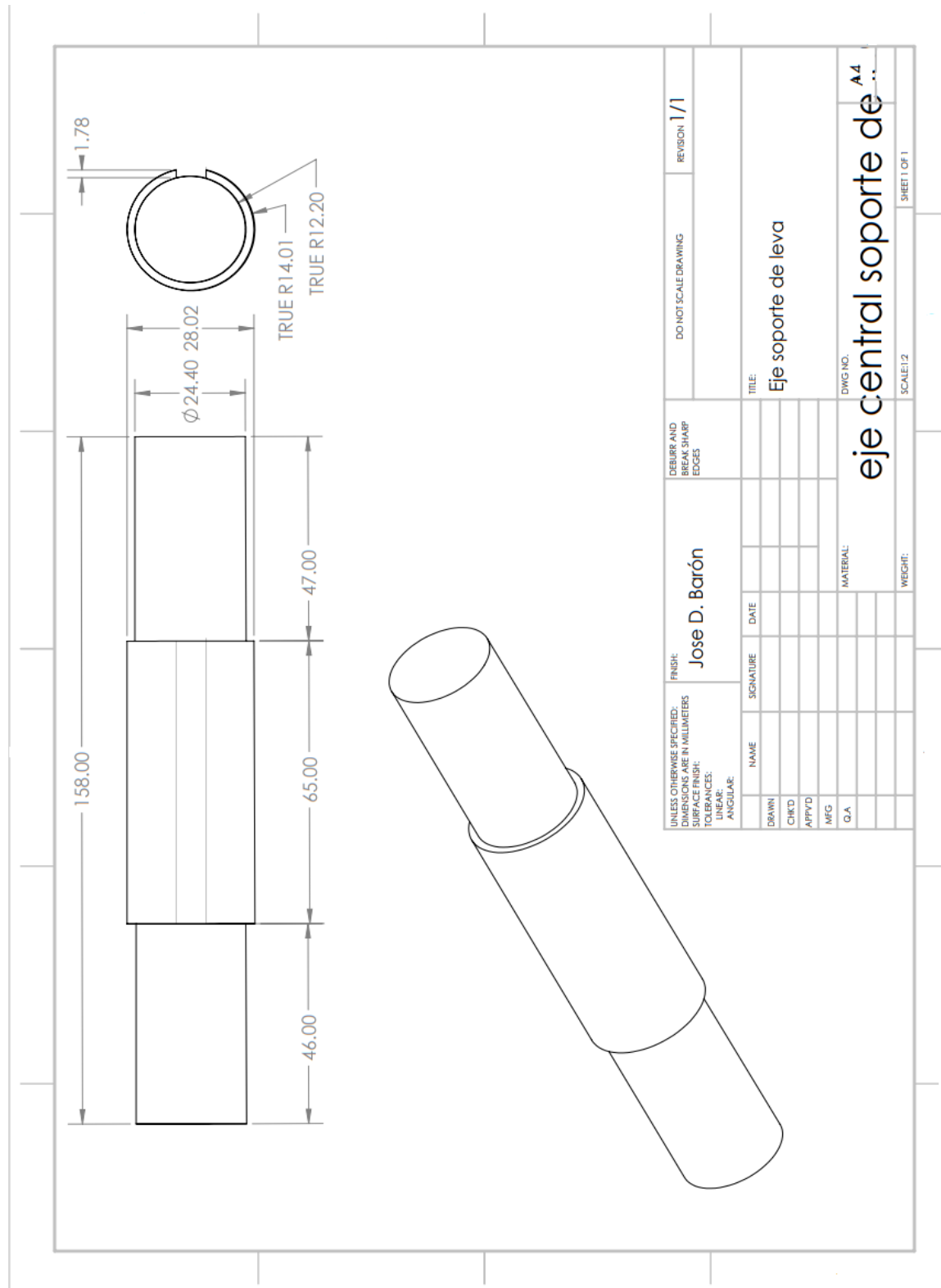


Figura 149. Piñón de transmisión por cadena subsistema de potencia y distribución.

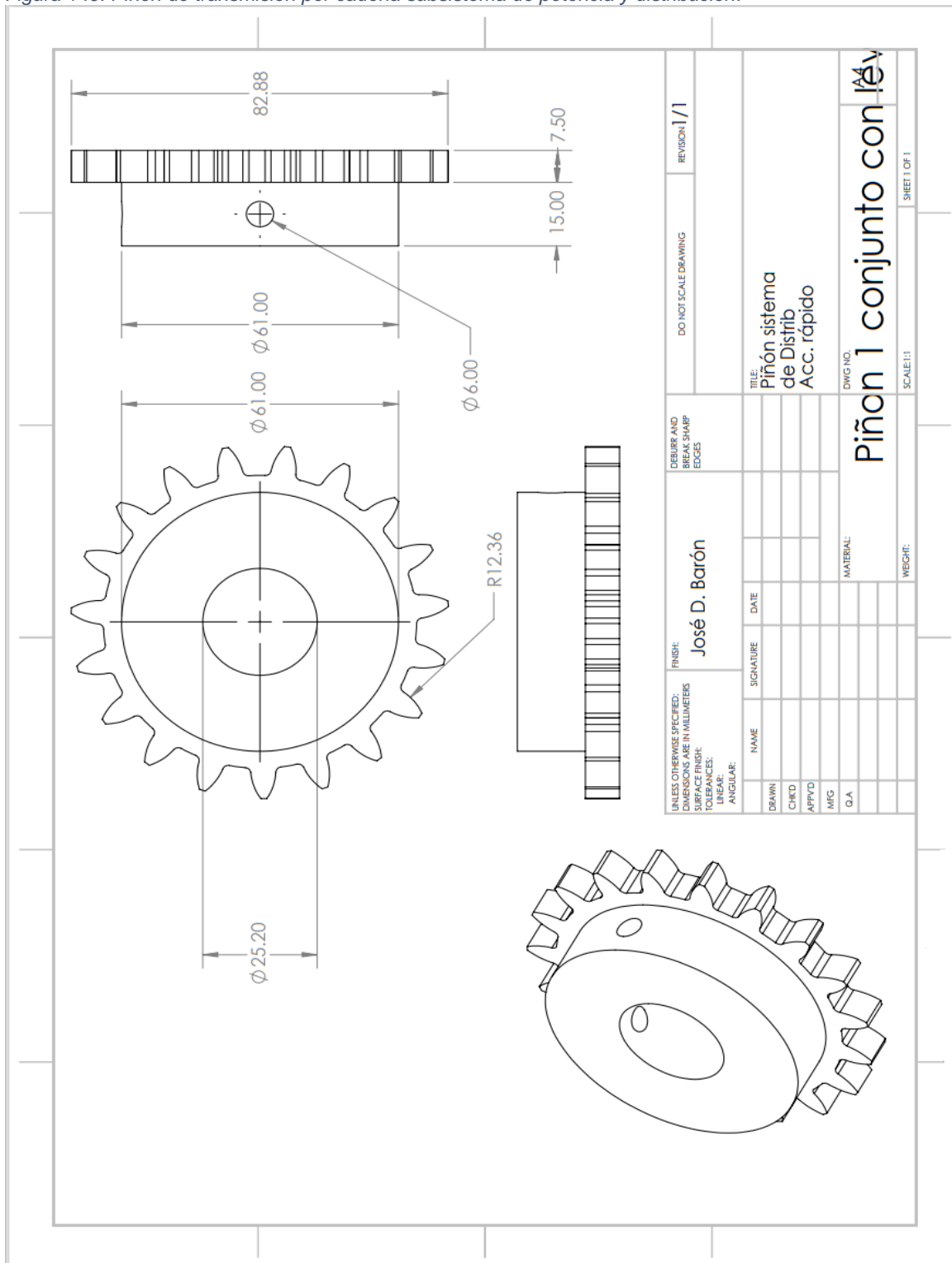
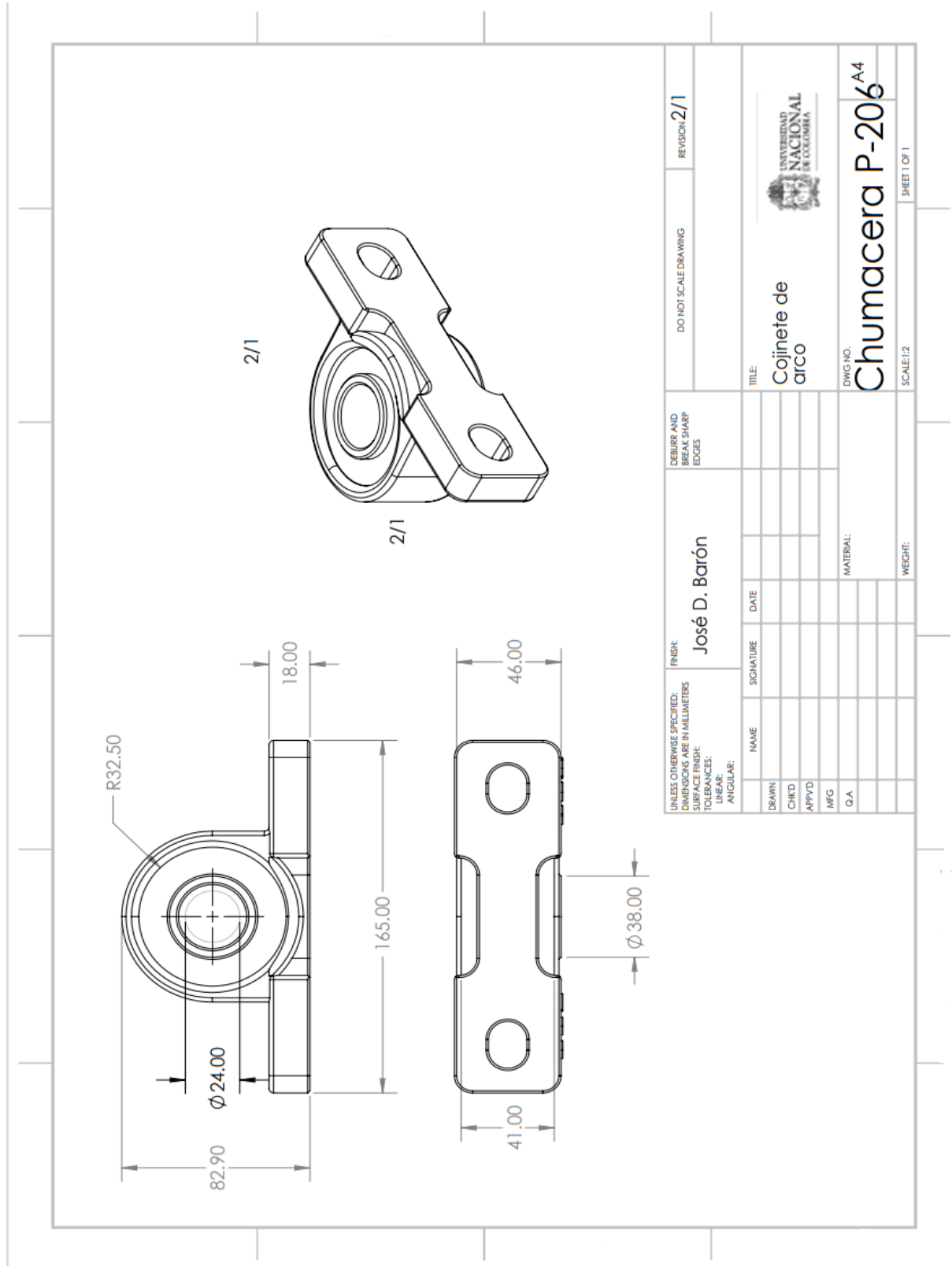


Figura 150. Cojinete de arco, soporte del eje de leva subsistema de distribución.



F. Anexo F: Informe metrológico de ajuste y plano de ensamble de motor de vapor.

2. AJUSTE METROLOGICO

Para cumplir con los objetivos planteados por el proyecto, se desarrollaron las siguientes actividades principales:

2.1. Ajuste metrológico

La revisión y ajuste metrológico permite asegurar que geoméricamente los mecanismos están alineados y funcionando con calibraciones hechas por el hombre, sin incluir esfuerzos por desalineamiento, que además de bajar la potencia del sistema, también desgasta y afecta los componentes mecánicos.

Al recibir el motor, se encontró que los mecanismos que lo componen estaban funcionando, pero se veía claramente que estaban desalineados, por lo que el movimiento era notaba discontinuo y claramente con desperdicio de potencia.

Los ajustes más importantes tienen que ver con la alineación de los mecanismos en tres dimensiones, para ello las alturas de los puntos fijos están en el eje Z eje de las ordenadas, y las posiciones en X eje de las abscisas y Y para medir las profundidades, de los puntos A, B, D, E, y G de la figura 144, debiendo estar completamente alineadas.

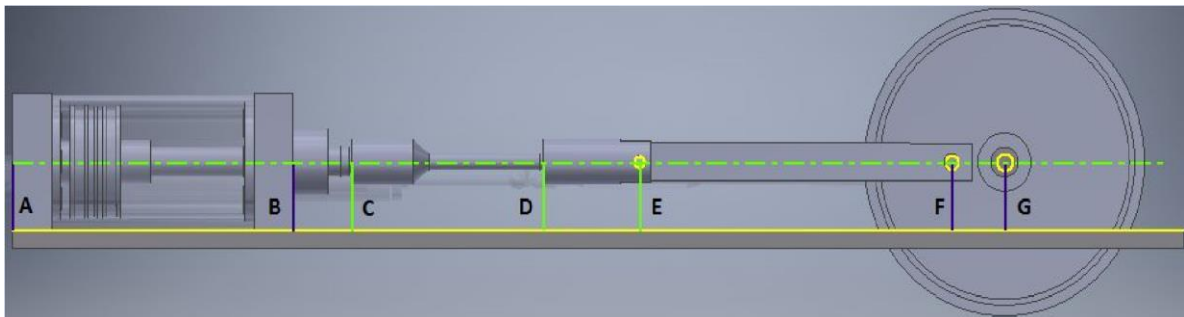


Figura 151 alineación del mecanismo para la posición del pistón en el punto muerto superior.

De igual manera, el mecanismo de sincronización del subsistema de distribución en las lumbreras de admisión y escape, sus alineaciones son logradas mediante la modificación de la posición de una excéntrica.

Con la necesidad del ajuste, se propuso el siguiente protocolo para cuantificar el desajuste actual, garantizando una corrección del mismo y procurando que en caso de ser necesario el desmontaje del motor en un futuro, la persona encargada de montarlo nuevamente pueda tener un soporte para su ajuste y armado.

2.2. Planos y puntos de referencia

Teniendo en cuenta que todos los mecanismos deben estar alineados en referencia al conjunto de cilindro y pistón, se decide tomar como referencia principal las caras del cilindro.

2.3. Referencia en plano YZ

Para lograr ubicar de forma correcta el cilindro, este debe estar ubicado teniendo como referencia la placa de soporte del pistón figura 145, la cual se ubica como se muestra, de tal modo que coincida con las líneas de referencia, estas aseguran la altura y parte de la nivelación necesaria en cilindro.

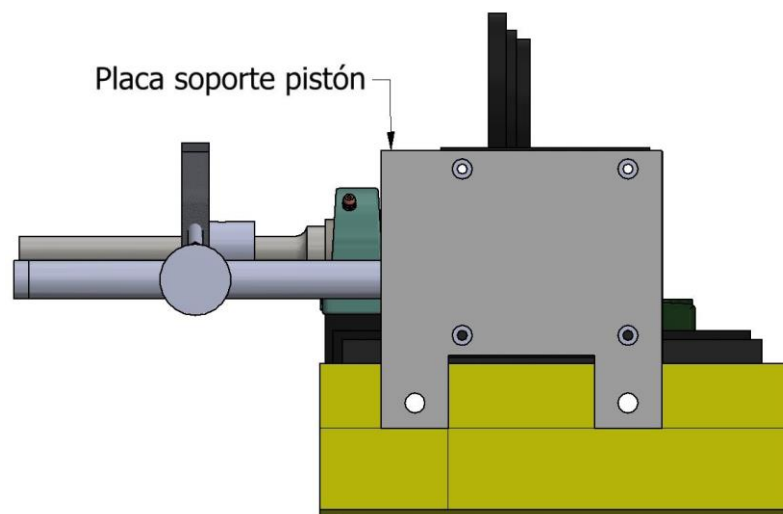


Figura 152 Referencia de ensamble de Placa soporte pistón, para ubicación inicial del conjunto cilindro pistón.

Las líneas guía se trazaron para una posición en la que se garantice que el cilindro queda nivelado respecto al plano XY.

2.4. Líneas de referencia para posicionamiento en plano XY

Sobre la bancada del motor de vapor se trazaron un conjunto de líneas, las cuales se posicionaron de forma que, al ubicar el cilindro en la referencia dada, como las líneas en la dirección X, hacen que se proyecten las líneas longitudinales del cilindro. De esta manera se garantiza que el resto de los elementos mecánicos puedan referenciarse y alinearse. De igual manera se trazaron líneas paralelas a la cara interna del cilindro, ubicadas en posiciones promediadas para poder medir cada punto calibrador pie de rey, y garantizar el paralelismo de los elementos que requieran esta especificación. En la figura 146 se observa la ubicación de las líneas de referencia.

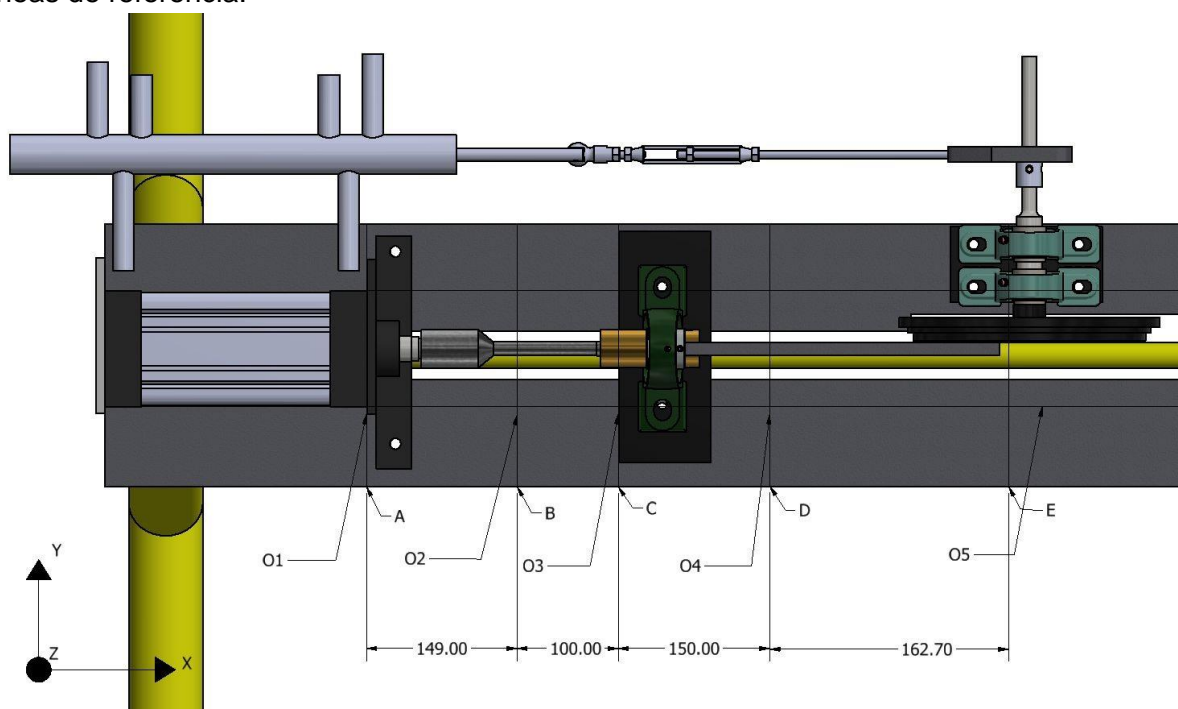


Figura 153. Referencias en el plano XY.

En la figura 146 se muestra como las líneas fueron marcadas con un trazador y en el costado están marcadas a que referencia corresponde (A, B, C, D, E).

En la figura 147 se observa parte del procedimiento de trazado de referencias, en el cual se usó la platina rectificadora, para garantizar la rectitud de estos trazos, y el posterior posicionamiento adecuado de los demás elementos.



Figura 154. Trazado de referencias sobre la bancada.

2.5. Plano de referencia para alturas

Para lograr la alineación en el eje Z, todos los elementos deben estar alineados respecto al cilindro, decidiendo tomar como referencia la cara superior del cilindro, la cual es un plano en XY como se observa en la figura 148. Para poder medir las alturas respecto a este plano, se utiliza como elemento auxiliar una platina rectificada, de 1 metro de largo, 1 pulgada de ancho, y $\frac{1}{4}$ de pulgada de espesor. Esta platina se apoya sobre las caras salientes de la parte superior del cilindro y permite proyectar el plano a la distancia necesitada.

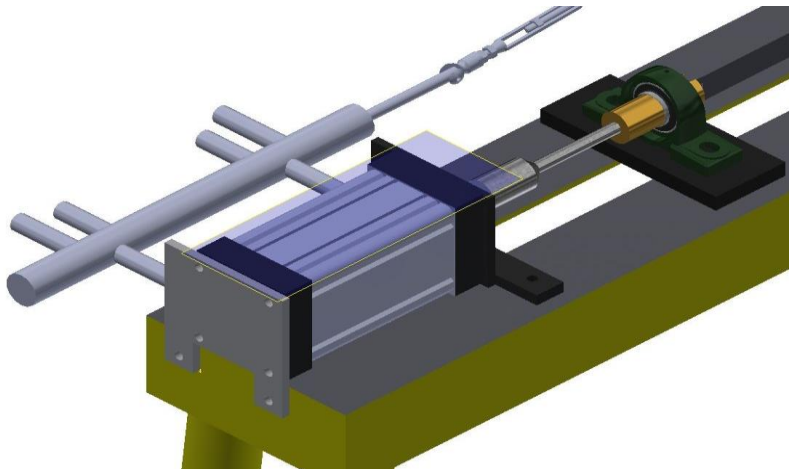


Figura 155 Plano de referencia para alturas en Z.

2.6. Montaje y ajuste metrológico

Posicionamiento de elementos fijos del sistema.

Ya teniendo las referencias y ejes coordenados que se van a usar, se procede a ubicar los elementos que van fijos a la bancada.

Placa soporte del pistón

Esta referencia ubica en el eje Y y Z al cilindro, por ello se ubica sobre las líneas marcadas en la bancada como se muestra en la figura 149.



Figura 156. Ajuste placa soporte cilindro de referencia.

- Cilindro

El cilindro, se ubica atornillado en la placa de soporte en el lado posterior del banco del motor de vapor, en su parte frontal saldrá el pistón. La placa del cilindro cuenta con los agujeros de sujeción, que coinciden con los agujeros de la placa de soporte, en la figura 150 se muestran las medidas relativas que debe tener el cilindro con la bancada y la placa de soporte.

Las cotas de la figura 146, se determinaron luego de garantizar el nivel del cilindro, ya que esta posición es de gran importancia para la sincronización con el resto del mecanismo. Para la toma de medidas en Z del cilindro respecto a la bancada se tomó como referencia el plano XY sobre la cara superior del cilindro y fueron tomadas desde los extremos longitudinales del cilindro.

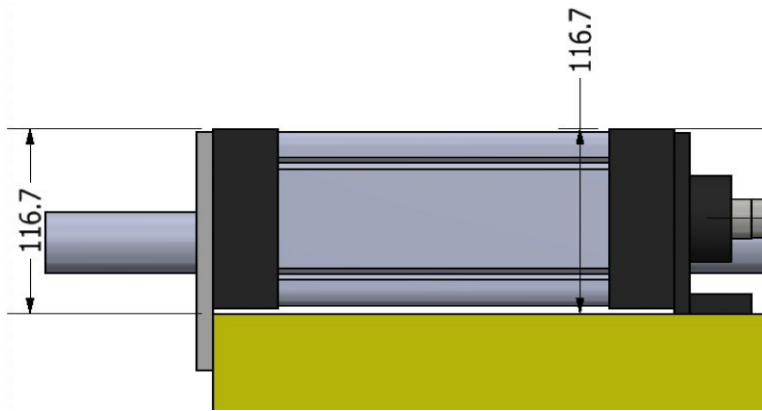


Figura 157. Cotas reales de ajuste de cilindro de referencia (imagen únicamente de apoyo, las escalas y proporciones no son exactas).

En la figura 150 se muestran las cotas de la altura de la placa del lado posterior y medio-frontal, teniendo en cuenta las diferencias de la geometría de la bancada en cada punto. En la figura 151 se observa la toma de nivel sobre el cilindro para que quede completamente equilibrada.



Figura 158. Nivelación del cilindro.

2.7. Placa frontal del cilindro

Esta placa, aunque solo es un elemento que restringe el movimiento en X del cilindro, no es un elemento que posicione el cilindro, al cual se le dará su respectiva ubicación. La placa frontal del cilindro se ubica a una distancia igual a la longitud del cilindro, y se ajusta en los agujeros de la bancada, con las medidas mostradas en la figura 152. O simplemente ubicándolo en la referencia A sobre la bancada.

Al ajustar esta placa se debe verificar que las alturas y medidas de referencia del cilindro se sigan cumpliendo.

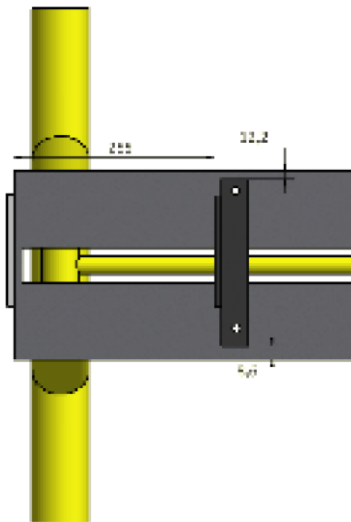


Figura 159. Cotas reales de ajuste de placa 2 de cilindro (imagen únicamente de apoyo, las escalas y proporciones no son exactas).

2.8. Cojinete de arco central

Para garantizar la altura del cojinete de arco central, se requiere de una placa quede altura como se observa en la figura 153, la cual brinda la altura necesaria para su alineación en Z con el mecanismo. En la figura 154 se muestra la altura respecto a la línea de referencia que viene desde el plano superior del cilindro.

En la coordenada X, la placa se ubica sobre la referencia C, la cual se encuentra a 116,2 mm de la referencia B, y se ubica sobre la marca en Y de B, para garantizar que la cara de la placa quede completamente perpendicular al cilindro.

Encima de esta placa, se ubica el cojinete de arco central, para garantizar la altura en Z, garantizando que la chumacera quede paralela al borde de la placa, y perfectamente centrada respecto a las líneas de referencia en X.

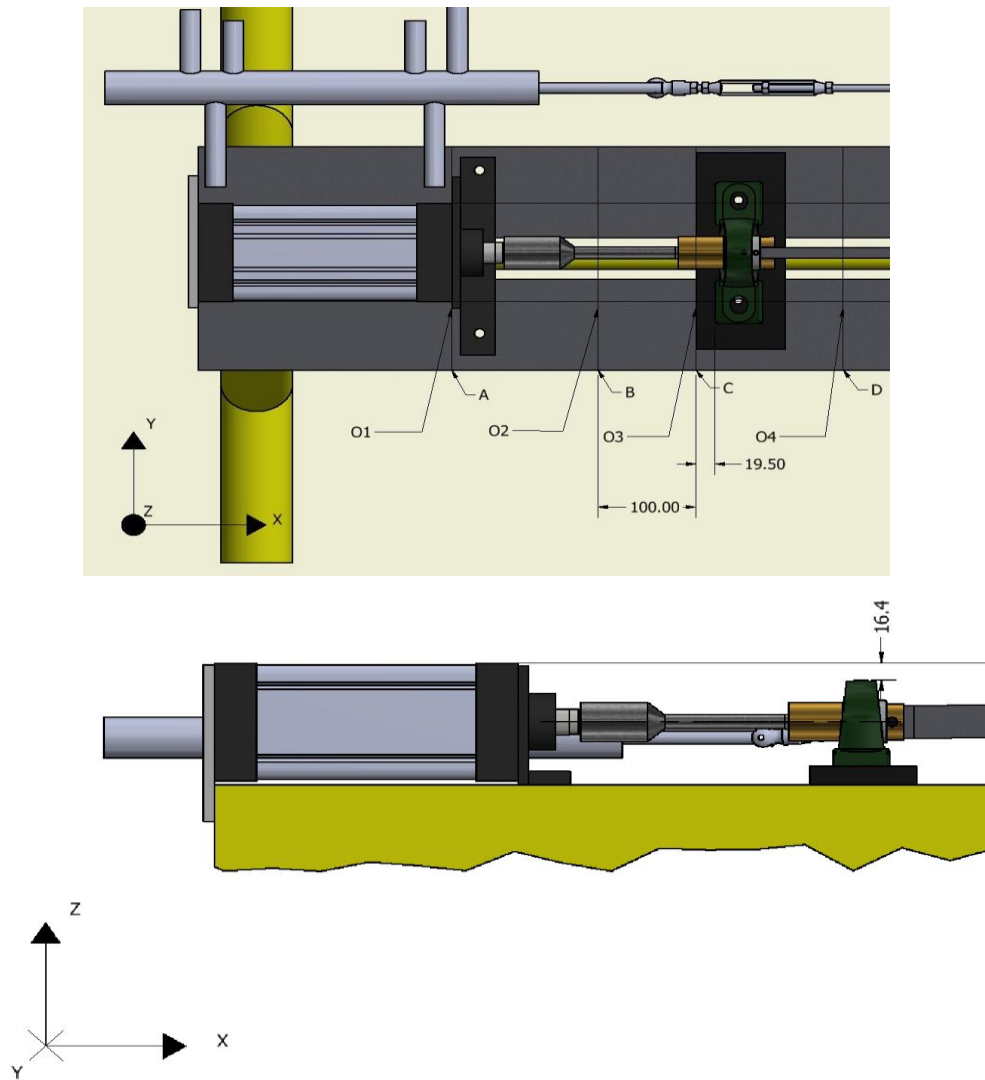


Figura 160. Cotas reales de ajuste del cojinete central (imagen únicamente de apoyo, las escalas y proporciones no son exactas).



Figura 161 revisión de ajuste de chumacera central.

Si el eje del cojinete central no se encuentra alineado con el cilindro, puede causar considerables pérdidas por fricción, por eso se realizará una verificación de la perpendicularidad del cojinete con las líneas de referencia.



Figura 162. perpendicularidad del cojinete de arco central, con ayuda de líneas guía marcadas anteriormente.

2.9. Cojinetes del volante de inercia.

La posición de la placa de alturas en conjunto con los dos cojinetes de arco, definirán la orientación y posición del volante de inercia como muestra la figura 156, este debe tener una buena linealidad con el vástago del cilindro en el eje X, para que el motor de vapor en funcionamiento genere un movimiento inercial.

Las placas donde se apoyan las chumaceras se ubican sobre la línea de referencia E, esto garantiza la distancia al cilindro, y también su perpendicularidad, en el eje Y, acomodándose con las medidas dadas. En la figura 157 se muestra el nivel tomado en cojinetes para posteriormente ubicar las medidas de linealidad

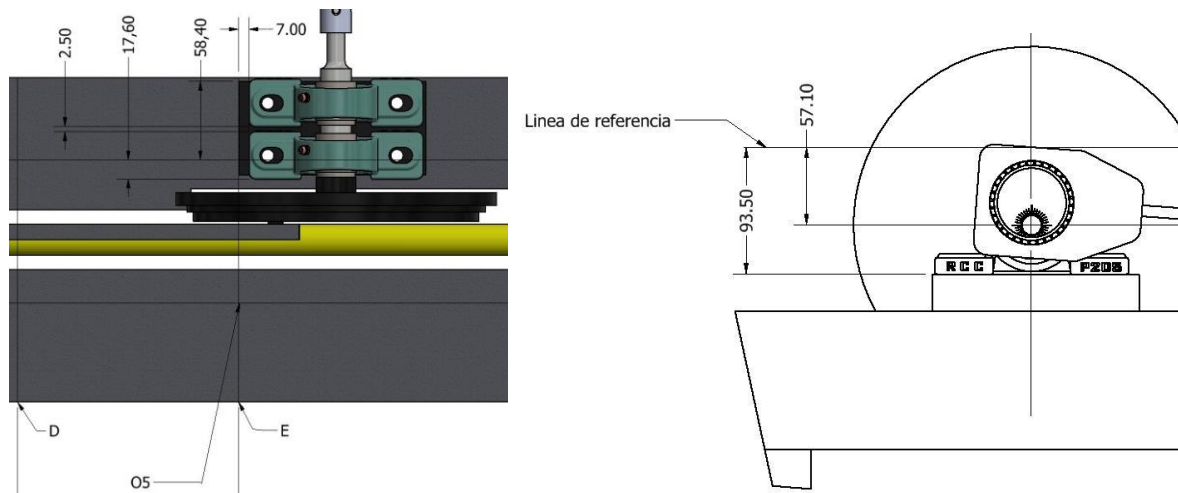


Figura 163. Cotas reales de ajuste de placa 2 de cilindro, en la figura A viendo la placa de soporte de pistón al fondo. (imagen únicamente de apoyo, las escalas y proporciones no son exactas).



Figura 164. nivelación de cojinetes de arco del eje del volante de inercia.

2.10. Carcasa de admisión y escape

Esta carcasa debe ubicarse paralela al cilindro y a la bancada.

Para garantizar una distancia equilibrada en los puntos de entrada y salida de vapor en la carcasa, deben ajustarse las juntas tipo universal que hay en los canales de admisión, en cada extremo de igual forma, en este caso se le dio ajuste manual a la rosca de la tubería hasta su tope tanto en el cilindro como en los acoples universales como es mostrado en la figura 158.

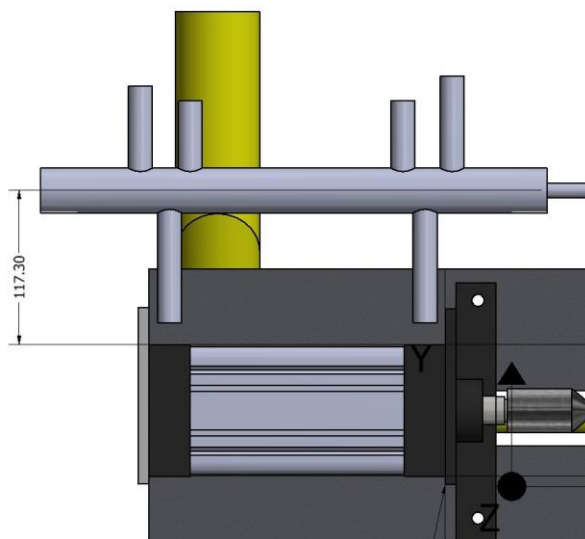


Figura 165 Ajuste de camisa en eje X.

A continuación, para garantizar paralelismo respecto a la bancada debe compararse el nivel del acople al cilindro respecto a la camisa, en principio esta relación se debe cumplir, siempre y cuando la fabricación se haya realizado correctamente, sin embargo, se verifica el nivel como se ve en la figura 159.



Figura 166. Nivelación de camisa respecto al cilindro

Posteriormente se ubica en la camisa y se espera que se tenga la misma inclinación.

2.11. Alineación mecanismos de transmisión de potencia y sincronización

Vástago pistón - Unión vástago - Cruceta - Camisa latón

Una vez ubicado el cojinete central, se van a verificar las alturas y nivel de los componentes que se encuentran entre el pistón y la camisa de la chumacera central.

Primero se verificó el nivel de los componentes, sobre su superficie. El nivel debe corresponder al nivel o inclinación del cilindro. y con las alturas verificadas del cojinete central, el nivel de estos componentes ya debe estar garantizado como se muestra en la evidencia de la figura 160.



Figura 167. verificación de nivel de los componentes (debe tener el mismo nivel del cilindro).

Diámetros:

Antes de medir las alturas, se verificó la cilindrada del componente, de tal modo de poder garantizar todas las alturas hasta su propio eje.

Alturas:

Las alturas de cada componente respecto a la bancada se presentan en la figura 161, estas alturas se midieron poniendo una superficie rectificada que permita medir de manera confiable las alturas.



Figura 168. Toma de medidas de alturas de los componentes respecto a la bancada.

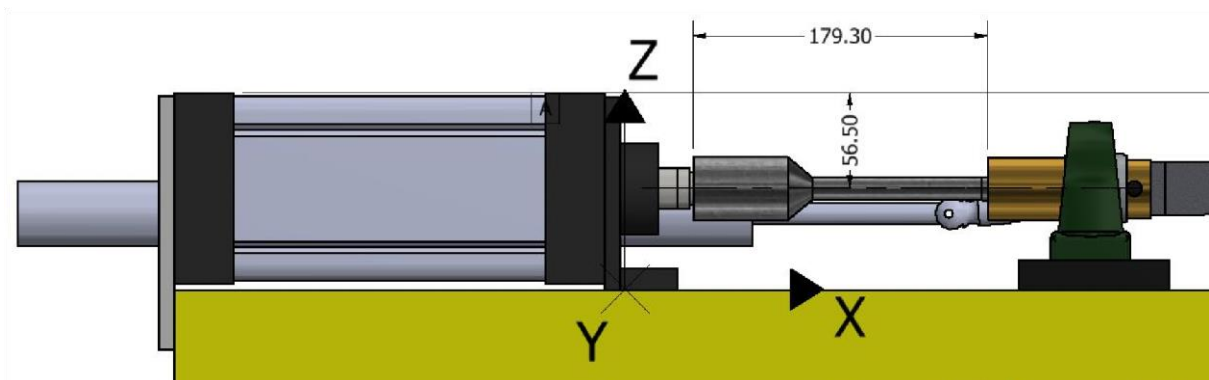


Figura 169. Cotas reales de ajuste de componentes móviles pistón - unión vástago - cruceta (imagen únicamente de apoyo, las escalas y proporciones no son exactas).

Una vez obtenidas las alturas de la figura 162, y conociendo los diámetros medidos, se puede saber el posicionamiento del eje central.

Elementos de eje volante

Este eje debe asegurarse que esté completamente nivelado respecto al cilindro. Para ello se monta el eje, y posteriormente con ayuda de la platina de referencia sobre el cilindro, se mide la altura en cada uno de los extremos del eje, así se garantiza que respecto al cilindro se encuentre nivelado.

- Volante de inercia.

El volante de inercia en su centro asegura al eje con orificios tipo prisioneros de aquí el volante definirá la posición del eje como muestra la figura 163.

Para acoplar el eje al volante, debe retirarse uno de los prisioneros para observar cuando se encuentren alineados.

Para evitar que la biela choque con el volante, esta condición, se introduce el eje acoplado al volante de inercia, guiándose por las medidas especificadas en el plano.



Figura 170. Alineación de volante de inercia.

Biela

El sistema se está calibrando para tener una posición a 180° del volante de inercia, por tanto, para esta posición, la biela debe permanecer paralela a la bancada, y alineada con el eje del cilindro, ya habiendo alineado las alturas previamente.

Para garantizar que la biela se encuentre alineada con el eje del cilindro, es necesario alinear su altura con la del volante (del mismo del cilindro).

Para este fin se debe realizar un procedimiento de 3 pasos.

1. Medir la altura del eje desde la superficie de referencia del cilindro como se muestra en la figura 164.



Figura 171. verificación de altura del eje, en la posición del volante, para garantizar alineación con el resto del mecanismo.

2. Esta misma medida debe proyectarse desde la referencia, pero desplazándose desde el centro del pin de la biela que la une al volante, cuando esta altura sea la misma, se garantiza la posición de referencia de (180°).
3. Una vez se garantiza la condición del paso 2, se mide de forma horizontal la biela empleando el nivel.



Figura 172. Verificación de nivel de la biela con el volante a cero grados.

2.12. Soporte excéntrica.

Se toma en cuenta dos parámetros, la posición angular respecto al volante, y la posición axial.

La biela debe ponerse nuevamente en forma horizontal, y se ubica la excéntrica alineada con el eje de la camisa y el carrete. La posición de la excéntrica es la que se muestra a continuación en la figura 166 con una posición de 90°.

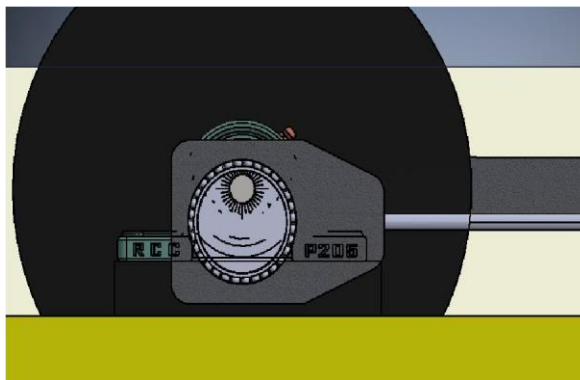


Figura 173. posición a 90 grados de la excéntrica, cuando el volante se encuentra a cero grados.

Axialmente la excéntrica debe ubicarse como se muestra en la figura 167 a 9mm del hombro del eje. Sin embargo, para asegurar la alineación de la excéntrica con la camisa, se puede utilizar la platina rectificada, ubicándola sobre la línea central de la camisa, y extendiéndola hasta tocar la excéntrica, y esta debe coincidir con el centro de la excéntrica.

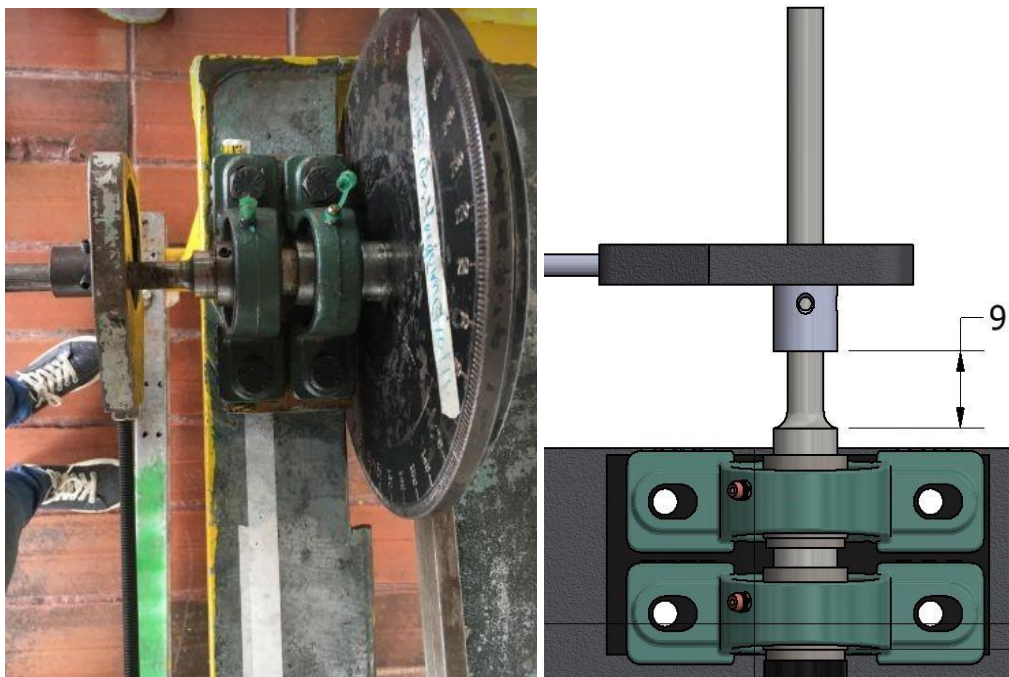


Figura 174. Posición axial de la excéntrica en el eje del volante.

2.13. Válvulas de carrete

Haciendo uso del pin del carrete, debe acoplarse la transmisión de la excéntrica al carrete, teniendo especial cuidado con la posición del carrete dentro de la camisa, para esto se debe garantizar que el eje del agujero del pin en el carrete es paralelo a la bancada y que los ductos de admisión y escape del carrete estén ubicados correctamente.

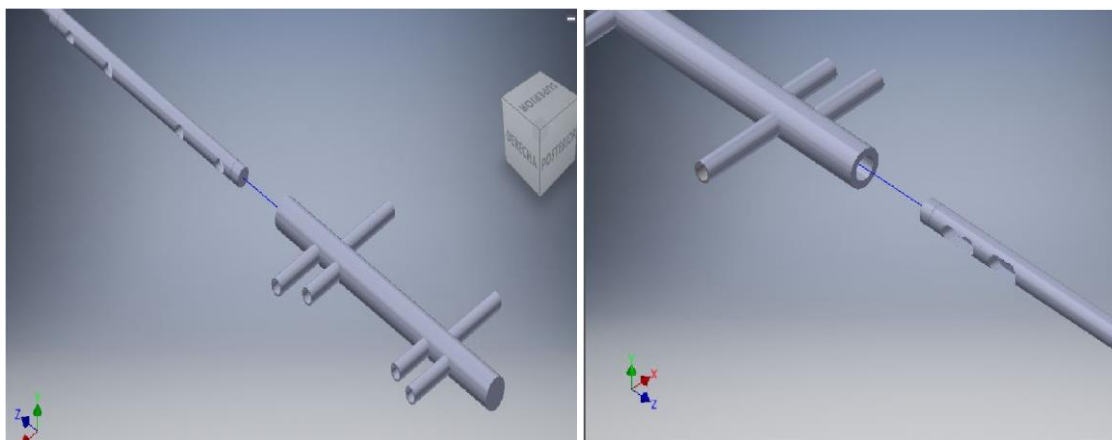


Figura 175. Ubicación de carrete en la camisa.

2.14. Ajuste longitud del acople de la válvula tipo carrete y varilla roscada.

Para garantizar una correcta sincronización del carrete, debe cumplirse con una longitud determinada de la excéntrica al carrete, para esto se ajusta el acople y la varilla roscada a una longitud total de 364.9 mm como se muestra en la figura 169, independiente de la posición del carrete, ya que esta longitud garantiza la correcta sincronización con los tiempos del volante, la excéntrica y el cilindro.

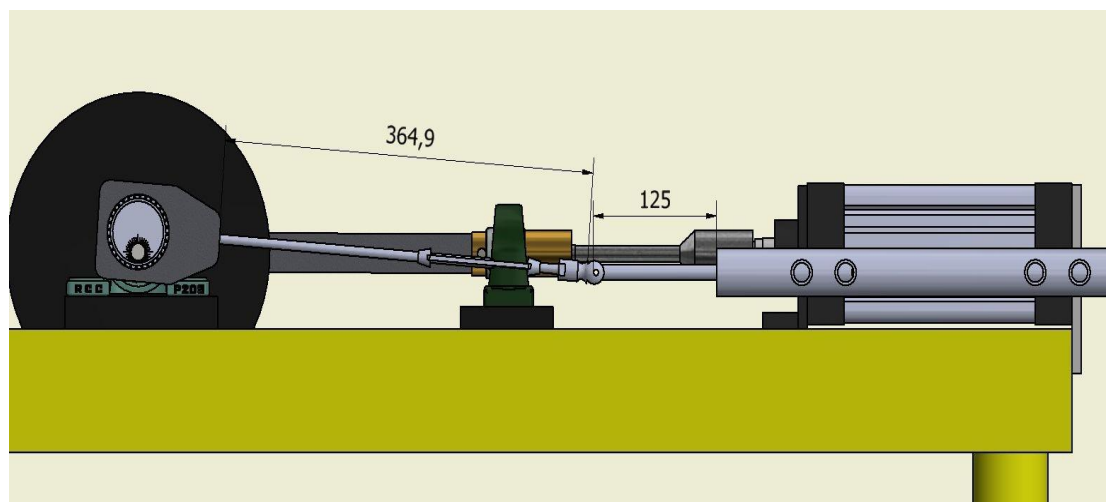


Figura 176. longitud de varilla roscada hasta cabezal del pin de acople con el carrete, y distancia de salida del carrete, en posición de cero grados para el volante.

6.1 Comprobación de recorridos para vapor vivo

Finalmente, para comprobar la alineación de los mecanismos, se deben garantizar las siguientes medidas de la figura 170, para cada ángulo de volante.

Tabla 59. Mediciones para diferentes ángulos del volante para vapor vivo.

| Angulo(°) | A (mm) | B(mm) | C (mm) | D (mm) |
|-----------|--------|-------|--------|--------|
| 0 | 22,8 | 179,3 | 364,9 | 125 |
| 90 | 76 | 179,3 | 364,9 | 109,1 |
| 180 | 120,2 | 179,3 | 364,9 | 126,1 |
| 270 | 75,4 | 179,3 | 364,9 | 141,4 |

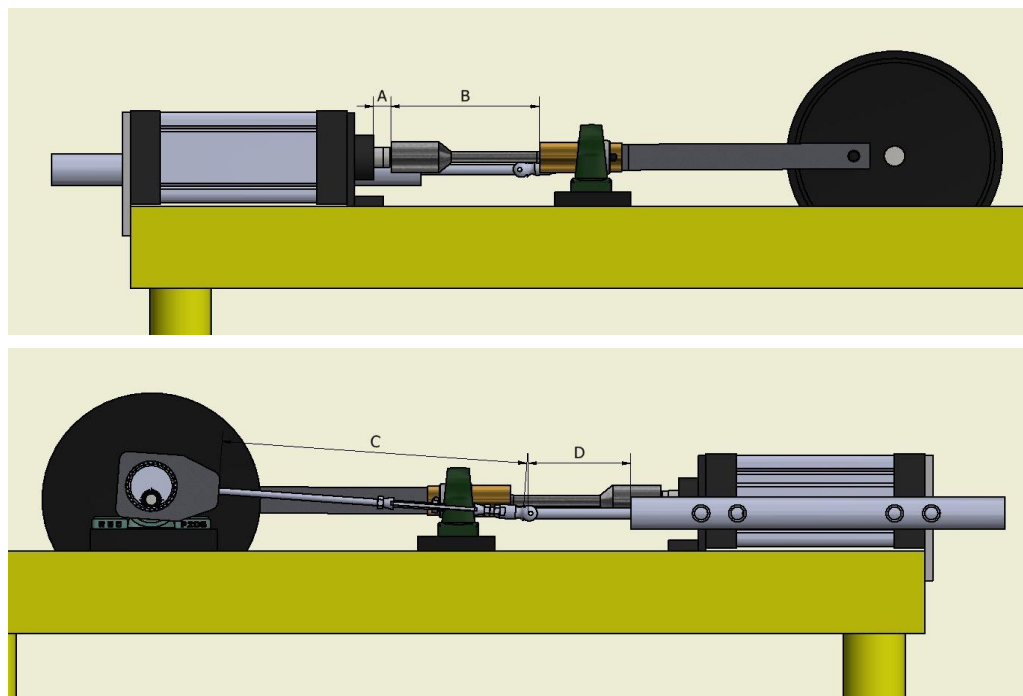


Figura 177. cotas para revisión de mecanismo.

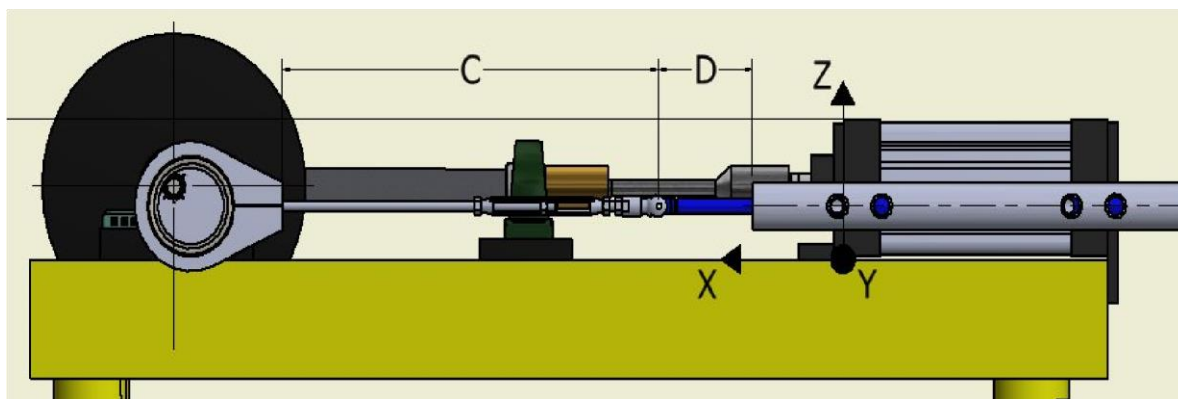
6.2 Comprobación de posiciones para vapor expandido.

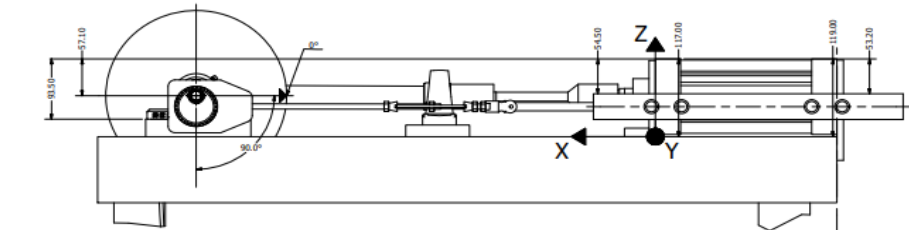
Cuando se realiza el montaje de la válvula de vapor expandido como se muestra en el siguiente plano anexo y figura 171, esta debe ubicarse, al igual que en vapor vivo, alineado con el carrete. Para esto se repite el proceso nombrado anteriormente.

Sin embargo, para el posicionamiento del carrete y su respectiva transmisión, debe tenerse especial atención, pues esto definirá la sincronización esperada.

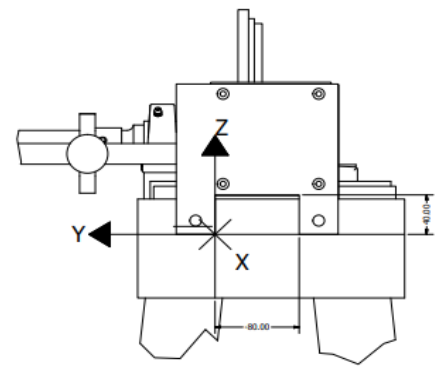
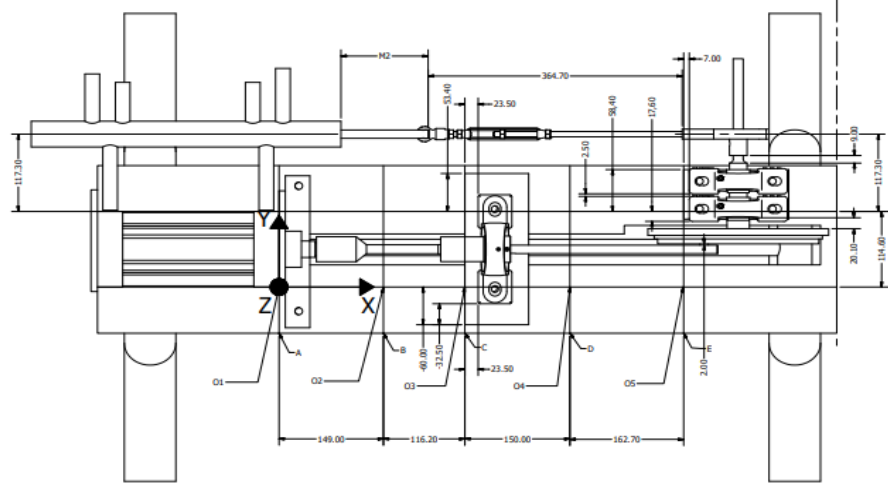
Tabla 60. Mediciones para diferentes ángulos del volante para vapor expandido.

| Angulo (°) | A (mm) | B(mm) | C (mm) | D (mm) |
|------------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 22,80 | 179,30 | 368,6 | 107,57 |
| 90 | 76,00 | 179,30 | 368,6 | 105,74 |
| 180 | 120,20 | 179,30 | 368,6 | 138,89 |
| 270 | 75,45 | 179,30 | 368,6 | 140,47 |

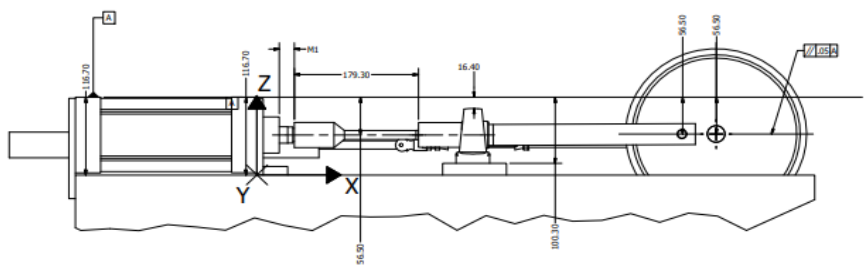
*Figura 178. cotas para revisión de mecanismo.*



VISTA LADO B



VISTA PLANO YZ
Escala 1/2



L.N.

- Notas:
- Las cotas se ubicaron en el punto exacto donde se realizó la medición.
 - L.N: Línea de visor obtenida al ubicar una platina calibrada sobre las superficies del cilindro.
 - A, B, C, D y E indican la ubicación de las líneas de referencia paralelas al eje Y.
 - O1, O2, O3, O4 y O5 son orígenes relativos de referencia fijados en la bancada.
 - El sentido de giro del volante es positivo en Y.
 - El cero del volante se encuentra referenciado con una línea blanca y la excéntrica se ubica a 90° respecto al cero del volante para la condición de avance 0°.
 - Ángulo de inclinación de eje volante: +0,12° en el plano XY.
 - Ángulo de inclinación camita: +0,17° en el plano XY.

| Verificación de posiciones | | |
|----------------------------|-------------------------|------------------|
| Ángulo volante | Saliente yástago pistón | Distancia camita |
| Alpha | H1 | H2 |
| 0° (354°) | 22,80 mm | 125,00 mm |
| 90° (84°) | 76,00 mm | 100,00 mm |
| 180° (134°) | 120,20 mm | 125,15 mm |
| 270° (254°) | 75,45 mm | 141,50 mm |

| | | | |
|-----------------|--|---|--|
| | | INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ENERGÍA IIEE-CONICET | |
| TÍTULO: | | MOTOR DE VAPOR | |
| AUTOR: | | N/A | |
| FECHA: | | 2023 | |
| ESCALA: | | 1:1 | |
| NÚMERO DE HOJA: | | 1/1 | |
| HOJA: | | 1 | |

6.3

DfX 3. AMFE

La matriz AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos) es una herramienta que sirve para estudiar los posibles fallos y su ponderación en cuanto a importancia en el funcionamiento de la máquina, en este caso el motor de vapor. De este modo se puede priorizar entre ellos los más importantes, dependiendo de la ponderación dada, sabiendo cuales son más difíciles de corregir, cuales afectaron en mayor medida el funcionamiento, etc.

A continuación, se muestran las convenciones de ponderación a usar en la matriz.

Tabla 61. se muestran las convenciones de ponderación a usar en la matriz.

| Convenciones | Valores | |
|--------------|--------------------|-----------------------|
| S | 1= poco grave | 10= muy grave |
| O | 1= poco frecuente | 10= muy frecuente |
| D | 1= fácil detección | 10= difícil detección |

| Matriz AMFE | | | | | | | |
|--|--------------------------------------|-----------|---------------|----------------|---------------|-----------|--|
| Elemento/funcion | modo de fallo | Efecto | S (severidad) | O (Ocurrencia) | D (deteccion) | NPR=S*O*D | Acciones propuestas |
| Estructura | oxidación | Estetico | 1 | 4 | 1 | 4 | Aplicar pintura anticorrosiva |
| Cilindro | desajuste interno | Funcional | 8 | 1 | 7 | 56 | Evitar mala manipulacion interna, ya que los tornillos internos son muy delicados, al igual que los ajustes. |
| Bastago y cruceta | Desenrosque y desajuste | Funcional | 5 | 4 | 3 | 60 | Aplicar liquido traba roscas para eviar que durante el funcionamiento del equipo, se desenrosque el bastago. O usar contra tuerca. |
| Volante | Desalineamiento | Funcional | 6 | 3 | 2 | 36 | Verificar el estado de los tornillos prisioneros. O intentar cambiarlos por un chavetero. |
| Camisa cruceta | Desgaste y/o desajuste | Funcional | 4 | 5 | 1 | 20 | Mantener lubricada la cruceta y la camisa, para evitar exceso de friccion. |
| Camisa carrete | Deformacion | Funcional | 3 | 1 | 4 | 12 | Evitar aplicar fuerza excesiva a los conductos de la camisa. |
| Excentrica | Desajuste en la pista del rodamiento | Funcional | 4 | 4 | 5 | 80 | Verificar alineamiento de la excentrica con la camisa, para eviar fuerzas axiales. |
| Varilla de sincronizacion con el sistema de distribucion | Deformación | Funcional | 3 | 5 | 3 | 45 | Verificar alineamiento de la excentrica con la camisa, para eviar fuerzas axiales. |
| Valvula de control | Error de apertura | Funcional | 4 | 5 | 2 | 40 | Verificar que el flujo corresponda a la alzada de la valvula respectivamente. |
| Cilindro | Traba por exceso de condensado | Funcional | 1 | 6 | 2 | 12 | Siempre purgar el sistema de condensado antes de iniciar la operacion del motor. |
| Carrete | Fallo por altas temperaturas | Funcional | 4 | 1 | 5 | 20 | Seleccionar un material para trabajo en ambientes corrosivos (vapor) y tener en cuenta las dilataciones termicas |
| Cilindro | Fallo de sellos internos | Funcional | 8 | 1 | 7 | 56 | Esta pendientes del desgaste normal de estos sellos, para su cambio. |

De la matriz AMFE, se puede realizar la lista del orden de importancia de los fallos de operación:

1. Desajuste en la pista del rodamiento de la excéntrica.
2. Desajuste del vástago y la cruceta.
3. Desajuste interno del cilindro.
4. Fallo en los sellos del cilindro.
5. Deformación de la varilla de sincronización del sistema de distribución.
6. Error de apertura en la válvula de control.
7. Desalineamiento del volante.
8. Desgaste en la camisa de la cruceta.
9. Fallo en el material del carrete.
10. Deformación de la camisa del carrete.
11. Traba del cilindro por exceso de condensado.
12. Oxidación de la estructura.

G. Anexo G: Catálogos flujómetro VORTEX 1 y 2.



Anexo 7 catalogo vortex 1.pdf



Anexo 7 catalogo vortex 2.pdf

<https://drive.google.com/drive/folders/16LYOinmFNG8Us75YKWLFuH8uehaP8zr5?usp=sharing>

H. Anexo H: Prueba experimental motor de vapor con coeficiente de comportamiento de vapor vivo.

Tabla 62. Prueba experimental motor de vapor con coeficiente de comportamiento de vapor vivo con sus resultados.

| Ω | Δt ciclo | Qin @P2 | P4(abs) | hg (@P4) | FLP @P4 | ΔPF | ΔP VC | Th | Ph (sat) | hg(@Th) | v(@Th) | FLP @Th | F1 | F2 | ip @P4 (PdV) | ip @Ph (PdV) | m_pto x Vg | m_pto perd |
|----------|------------------|---------|---------|----------|---------|-------------|---------------|------|----------|---------|---------|---------|-----|-----|--------------|--------------|------------|------------|
| rpm | seg | [kW] | [Kpa] | KJ/kg | [kW] | [psi] | [psi] | [°C] | [Kpa] | KJ/kg | m3/kg | [kW] | [N] | [N] | [W] | [W] | [Kg/s] | [Kg/s] |
| 70.2 | 0.85 | 0.00 | 176.85 | 2700.65 | 0.00 | 0 | 48 | 97 | 91.3334 | 2670.8 | 1.85728 | 0.000 | 0 | 0 | 290.79 | 150.18 | 0.8853086 | -0.88531 |
| 103 | 0.58 | 1.78 | 183.75 | 2702.34 | 1.75 | 1 | 47 | 99 | 98.0578 | 2674 | 1.73376 | 1.735 | 0 | 0 | 443.29 | 236.57 | 1.3915000 | -0.74262 |
| 127.4 | 0.47 | 4.94 | 197.53 | 2705.70 | 4.86 | 0 | 47 | 101 | 105.316 | 2677.16 | 1.62132 | 4.807 | 0 | 0 | 589.45 | 314.27 | 1.8404993 | -0.04505 |
| 140 | 0.43 | 18.73 | 204.43 | 2707.26 | 18.45 | 1 | 44 | 102 | 109.212 | 2678.72 | 1.57064 | 18.251 | 0 | 0 | 670.36 | 358.12 | 2.0877878 | 4.72548 |
| 158 | 0.38 | 20.34 | 204.43 | 2707.26 | 20.03 | 1 | 44 | 106 | 125.396 | 2684.94 | 1.37676 | 19.861 | 0 | 0 | 756.55 | 464.06 | 2.6880282 | 4.70923 |
| 199 | 0.30 | 29.73 | 273.38 | 2720.61 | 29.42 | 2 | 33 | 120 | 198.67 | 2706 | 0.89133 | 29.265 | 0 | 0 | 1274.24 | 926.02 | 5.2293719 | 5.58534 |
| 223 | 0.27 | 35.28 | 300.96 | 2725.04 | 34.99 | 2 | 27 | 120 | 198.67 | 2706 | 0.89133 | 34.741 | 0 | 0 | 1571.97 | 1037.70 | 5.8600499 | 6.97839 |
| 240 | 0.25 | 40.32 | 328.54 | 2729.08 | 40.02 | 2 | 25 | 113 | 158.86 | 2695.6 | 1.10536 | 39.530 | 0 | 0 | 1846.83 | 893.02 | 5.0856032 | 9.57914 |

| Ω | Δt ciclo | Qin @P2 | P4(abs) | hg (@P4) | FLP @P4 | ΔPF | ΔP VC | Th | Ph (sat) | hg(@Th) | v(@Th) | FLP @Th | F1 | F2 | ip @P4 (PdV) | ip @Ph (PdV) | m_pto x Vg | m_pto perd |
|----------|------------------|---------|---------|----------|---------|-------------|---------------|-------|----------|---------|---------|---------|-----|-----|--------------|--------------|------------|------------|
| rpm | seg | [kW] | [Kpa] | KJ/kg | [kW] | [psi] | [psi] | [°C] | [Kpa] | KJ/kg | m3/kg | [kW] | [N] | [N] | [W] | [W] | [Kg/s] | [Kg/s] |
| 153 | 0.39 | 0.02 | 218.22 | 2710.24 | 0.02 | 0 | 41 | 102.5 | 111.16 | 2679.55 | 1.5453 | 0.018 | 0 | 0 | 782.02 | 398.36 | 2.3190686 | -2.31242 |
| 156.5 | 0.38 | 19.85 | 218.22 | 2710.24 | 19.57 | 0 | 41 | 103.5 | 115.056 | 2681.09 | 1.49462 | 19.362 | 0 | 0 | 799.91 | 421.75 | 2.4525537 | 4.76907 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------|-------|--------|---------|-------|---|------|-----|---------|---------|----------|--------|---|---|---------|--------|-----------|---------|
| 200 | 0.30 | 27.58 | 263.03 | 2718.79 | 27.26 | 1 | 36.5 | 116 | 175.078 | 2700.08 | 1.007066 | 27.077 | 0 | 0 | 1232.19 | 820.16 | 4.6516501 | 5.37657 |
|-----|------|-------|--------|---------|-------|---|------|-----|---------|---------|----------|--------|---|---|---------|--------|-----------|---------|

| Ω | Δt ciclo | FLP @P2 | hg (@P4) | FLP @P4 | Th | Ph (sat) | hg(@Th) | v(@Th) | FLP @Th | F1 | F2 | ΔF | T | bp | ip @P4 (PdV) | ip @Ph (PdV) |
|----------|---------------------|------------|-------------|------------|------|-------------|---------|---------|------------|-------|-------|------------|--------|-------|-----------------|-----------------|
| rpm | seg | [kW] | KJ/kg | [kW] | [°C] | [Kpa] | KJ/kg | m3/kg | [kW] | [kgf] | [kgf] | [N] | [N*m] | [W] | [W] | [W] |
| 220 | 0.27 | 48.47 | 2736.97 | 48.25 | 132 | 287.46 | 2722.82 | 0.63356 | 47.998 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 2012.69 | 1481.25 |
| 221.5 | 0.27 | 48.17 | 2736.14 | 47.94 | 132 | 287.46 | 2722.82 | 0.63356 | 47.703 | 0.5 | 2 | 14.7 | 1.2201 | 28.30 | 1990.64 | 1491.35 |
| 200 | 0.30 | 47.93 | 2735.32 | 47.70 | 130 | 270.28 | 2720.10 | 0.66808 | 47.432 | 1 | 3 | 19.6 | 1.6268 | 34.07 | 1765.12 | 1266.13 |
| 153 | 0.39 | 47.87 | 2736.14 | 47.65 | 135 | 313.22 | 2726.90 | 0.58179 | 47.492 | 1 | 4 | 29.4 | 2.4402 | 39.10 | 1375.02 | 1122.47 |
| 148 | 0.41 | 46.95 | 2736.14 | 46.74 | 131 | 278.87 | 2721.46 | 0.65082 | 46.490 | 0 | 6 | 58.8 | 4.8804 | 75.64 | 1330.09 | 966.71 |
| 137 | 0.44 | 46.08 | 2735.32 | 45.86 | 130 | 270.28 | 2720.10 | 0.66808 | 45.605 | 0 | 7 | 68.6 | 5.6938 | 81.69 | 1209.11 | 867.30 |
| 128.5 | 0.47 | 46.23 | 2736.14 | 46.02 | 131 | 278.87 | 2721.46 | 0.65082 | 45.769 | 0 | 7.5 | 73.5 | 6.1005 | 82.09 | 1154.84 | 839.34 |
| 114 | 0.53 | 45.67 | 2736.14 | 45.47 | 130 | 270.28 | 2720.10 | 0.66808 | 45.203 | 0 | 8.5 | 83.3 | 6.9139 | 82.54 | 1024.53 | 721.70 |

| mvcorr | FLP @P2 | FLP @P4 | FLP @Th | bp | ip @P4 (PdV) | ip @Ph (PdV) | m_pto x Vg | m_pto perd | Ω |
|----------|------------|------------|------------|-------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|----------|
| [g/s] | [kW] | [kW] | [kW] | [W] | [W] | [W] | [g/s] | [g/s] | rpm |
| 17.62797 | 48.47 | 48.25 | 47.998 | 0.00 | 2012.69 | 1481.25 | 8.133 | 9.495 | 220 |
| 17.51983 | 48.17 | 47.94 | 47.703 | 28.30 | 1990.64 | 1491.35 | 8.189 | 9.331 | 221.5 |
| 17.43755 | 47.93 | 47.70 | 47.432 | 34.07 | 1765.12 | 1266.13 | 7.012 | 10.426 | 200 |
| 17.41618 | 47.87 | 47.65 | 47.492 | 39.10 | 1375.02 | 1122.47 | 6.160 | 11.256 | 153 |
| 17.08273 | 46.95 | 46.74 | 46.490 | 75.64 | 1330.09 | 966.71 | 5.326 | 11.756 | 148 |
| 16.76599 | 46.08 | 45.86 | 45.605 | 81.69 | 1209.11 | 867.30 | 4.803 | 11.963 | 137 |
| 16.81784 | 46.23 | 46.02 | 45.769 | 82.09 | 1154.84 | 839.34 | 4.625 | 12.193 | 128.5 |
| 16.61818 | 45.67 | 45.47 | 45.203 | 82.54 | 1024.53 | 721.70 | 3.997 | 12.621 | 114 |

| Ω | Δt ciclo | mv (80 PSI) | v(@P2 abs) | mvcorr | hg (@P2) | Qin @P2 | P2(abs) | hg (@P4) | FLP @P4 | FLP @Tin | ΔF | T | bp | ip @P4 (PdV) | ip @Pin (PdV) | m_pto x Vg | m_pto perd |
|----------|------------------|-------------|------------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|----------|------------|-------|-------|--------------|---------------|-------------|------------|
| rpm | seg | [lbm /h] | [m3/kg] | [Kg/s] | KJ/kg | [kW] | [Kpa] | KJ/kg | [kW] | [kW] | [N] | [N*m] | [W] | [W] | [W] | [Kg/s] | [Kg/s] |
| 103 | 0.58 | 117.56 | 0.3654 | 0.01233 | 2749.36 | 33.90 | 514.69 | 2728.10 | 33.63 | 33.397 | 29.4 | 2.440 | 26.32 | 694.68 | 458.07 | 0.002562582 | 0.00977 |
| 112 | 0.54 | 117.98 | 0.3698 | 0.01222 | 2748.77 | 33.60 | 507.80 | 2727.08 | 33.33 | 33.111 | 24.5 | 2.034 | 23.85 | 739.18 | 498.10 | 0.002786497 | 0.00944 |
| 120 | 0.50 | 117.56 | 0.3698 | 0.01218 | 2748.77 | 33.48 | 507.80 | 2727.08 | 33.22 | 32.995 | 19.6 | 1.627 | 20.44 | 791.98 | 533.67 | 0.002985532 | 0.00920 |
| 134 | 0.45 | 117.56 | 0.3698 | 0.01218 | 2748.77 | 33.48 | 507.80 | 2728.10 | 33.23 | 32.978 | 9.8 | 0.813 | 11.41 | 903.75 | 577.08 | 0.003240642 | 0.00894 |
| 163 | 0.37 | 117.56 | 0.3698 | 0.01218 | 2748.77 | 33.48 | 507.80 | 2728.10 | 33.23 | 32.961 | 0 | 0.000 | 0.00 | 1099.34 | 679.04 | 0.003834768 | 0.00835 |

Tabla 63. Condiciones de entrada, última prueba.

| | PSI | kPa |
|-------------------|-------|---------|
| Presión estandar | 80 | 551.581 |
| Presión atm local | 10.65 | 73.429 |
| Presión absoluta | | 625.01 |

SIN CALENTAMIENTO DE VAPOR -
ACELERACIÓN LIBRE

| Ω | Δt ciclo | v(80 PSI) | hg (@P4) | ΔPF | ΔP VC | Tin | Pin (sat) | FLP @Tin | F1 | F2 | ΔF | T | bp | ip @P4 (PdV) | ip @Pin (PdV) | m_pto x Vg | m_pto perd |
|----------|------------------|-----------|----------|-------------|---------------|------|-----------|----------|-------|-------|------------|-------|------|--------------|---------------|-------------|------------|
| Rpm | seg | [m3/kg] | KJ/kg | [psi] | [psi] | [°C] | [Kpa] | [kW] | [kgf] | [kgf] | [N] | [N*m] | [W] | [W] | [W] | [Kg/s] | [Kg/s] |
| 172 | 0.35 | 0.3041 | 2732.73 | 2 | 37 | 125 | 232.23 | 40.400 | 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00 | 1284.38 | 837.57 | 0.004683351 | 0.01021 |
| 165 | 0.36 | 0.3041 | 2729.08 | 5 | 33 | 122 | 212.09 | 38.247 | 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00 | 1136.69 | 733.80 | 0.004105107 | 0.01001 |
| 150 | 0.40 | 0.3041 | 2726.06 | 3 | 26 | 120 | 198.67 | 33.135 | 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00 | 968.29 | 624.88 | 0.003528927 | 0.00872 |
| 158 | 0.38 | 0.3041 | 2728.10 | 5 | 29 | 122 | 212.09 | 36.025 | 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00 | 1065.62 | 702.67 | 0.003930951 | 0.00937 |

SIN CALENTAMIENTO DE VAPOR -
CON CARGA

| Ω | Δt ciclo | v(80 PSI) | hg (@P4) | ΔPF | ΔP VC | Tin | Pin (sat) | FLP @Tin | F1 | F2 | ΔF | T | bp | ip @P4 (PdV) | ip @Pin (PdV) | m_pto x Vg | m_pto perd |
|----------|------------------|-----------|----------|-------------|---------------|------|-----------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|--------------|---------------|-------------|------------|
| rpm | seg | [m3/kg] | KJ/kg | [psi] | [psi] | [°C] | [Kpa] | [kW] | [kgf] | [kgf] | [N] | [N*m] | [W] | [W] | [W] | [Kg/s] | [Kg/s] |
| 154 | 0.39 | 0.3041 | 2726.06 | 3 | 26 | 120 | 198.67 | 33.076 | 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00 | 994.11 | 641.55 | 0.003623032 | 0.00860 |
| 141 | 0.43 | 0.3041 | 2726.06 | 3 | 26 | 120 | 198.67 | 33.019 | 0 | 1 | 9.8 | 0.813 | 12.01 | 910.20 | 587.39 | 0.003317192 | 0.00888 |
| 115 | 0.52 | 0.3041 | 2727.08 | 2 | 26 | 121 | 205.38 | 32.978 | 0 | 2 | 19.6 | 1.627 | 19.59 | 758.98 | 495.26 | 0.002781148 | 0.00940 |
| 101 | 0.59 | 0.3041 | 2728.10 | 2 | 26 | 122 | 212.09 | 33.455 | 0 | 2.5 | 24.5 | 2.034 | 21.51 | 681.19 | 449.18 | 0.002512823 | 0.00984 |

CON CALENTAMIENTO DE
VAPOR - CON CARGA

| Ω | Δt ciclo | v(80 PSI) | hg (@P4) | ΔPF | ΔP VC | Tin | Pin (sat) | FLP @Tin | F1 | F2 | ΔF | T | bp | ip @P4 (PdV) | ip @Pin (PdV) | m_pto x Vg | m_pto perd |
|----------|------------------|-----------|----------|-------------|---------------|------|-----------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|--------------|---------------|-------------|------------|
| rpm | seg | [m3/kg] | KJ/kg | [psi] | [psi] | [°C] | [Kpa] | [kW] | [kgf] | [kgf] | [N] | [N*m] | [W] | [W] | [W] | [Kg/s] | [Kg/s] |
| 103 | 0.58 | 0.3041 | 2728.10 | 2 | 26 | 122 | 212.09 | 33.397 | 0 | 3 | 29.4 | 2.440 | 26.32 | 694.68 | 458.07 | 0.002562582 | 0.00977 |
| 112 | 0.54 | 0.3041 | 2727.08 | 2 | 26 | 122 | 212.09 | 33.111 | 0 | 2.5 | 24.5 | 2.034 | 23.85 | 739.18 | 498.10 | 0.002786497 | 0.00944 |
| 120 | 0.50 | 0.3041 | 2727.08 | 1 | 27 | 122 | 212.09 | 32.995 | 0 | 2 | 19.6 | 1.627 | 20.44 | 791.98 | 533.67 | 0.002985532 | 0.00920 |
| 134 | 0.45 | 0.3041 | 2728.10 | 2 | 25 | 121 | 205.38 | 32.978 | 0 | 1 | 9.8 | 0.813 | 11.41 | 903.75 | 577.08 | 0.003240642 | 0.00894 |
| 163 | 0.37 | 0.3041 | 2728.10 | 1 | 26 | 120 | 198.67 | 32.961 | 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00 | 1099.34 | 679.04 | 0.003834768 | 0.00835 |

I. Anexo I: Prueba experimental motor de vapor con coeficiente de comportamiento de vapor en fase de expansión.

Tabla 64. Con calentamiento de vapor en aceleración libre con resultados

| Ω | Δt ciclo | C1 | C2 | mv (80 PSI) | v(80 PSI) | v(@P2 abs) | mvcorr | hg (@P2) | FLP @P2 | hg (@P4) | FLP @P4 | P5(abs) | Tsat (@P5) | Tin | ΔPF | ΔP VC | Pin (sat) | FLP @Tin | ip @P4 (PdV) | ip @Pin (PdV) | m_pto x Vg | m_pto perd |
|----------|---------------------|------|------|----------------|---------------|---------------|--------|-------------|------------|-------------|------------|---------|---------------|------|-------------|------------------|--------------|-------------|-----------------|------------------|---------------|---------------|
| rpm | seg | [mA] | [mA] | [lbm /h] | [m3/kg] | [m3/kg] | [g/s] | KJ/kg | [kW] | KJ/kg | [kW] | [Kpa] | [°C] | [°C] | [psi] | [psi] | [Kpa] | [kW] | [W] | [W] | [g/s] | [g/s] |
| 94 | 0.64 | 4.00 | 6.11 | 43.52 | 0.3041 | 0.2916 | 5.719 | 2759.77 | 15.78 | 2708.75 | 15.49 | 142.38 | 109.708 | 106 | 2 | 62 | 125.396 | 15.35 | 465.28 | 276.09 | 1.599 | 4.119622 |
| 123.9 | 0.48 | 5.00 | 6.22 | 45.79 | 0.3041 | 0.2978 | 5.892 | 2758.84 | 16.26 | 2715.69 | 16.00 | 156.17 | 112.5 | 112 | 2 | 55 | 153.7 | 15.87 | 713.32 | 446.05 | 2.546 | 3.346464 |
| 170 | 0.35 | 6.00 | 6.26 | 46.61 | 0.3041 | 0.2752 | 6.490 | 2762.41 | 17.93 | 2715.69 | 17.63 | 149.27 | 111.19 | 111 | 2 | 63 | 148.54 | 17.48 | 978.73 | 591.46 | 3.390 | 3.100842 |
| 185 | 0.32 | 7.00 | 7.29 | 67.86 | 0.3041 | 0.2916 | 8.917 | 2759.77 | 24.61 | 2718.19 | 24.24 | 169.96 | 115.09 | 113 | 4 | 53 | 158.86 | 24.04 | 1124.84 | 688.37 | 3.920 | 4.996884 |
| 210 | 0.29 | 8.00 | 8.13 | 85.18 | 0.3041 | 0.2978 | 10.961 | 2758.84 | 30.24 | 2727.08 | 29.89 | 211.32 | 121.91 | 120 | 0 | 47 | 198.67 | 29.66 | 1548.15 | 977.21 | 5.518 | 5.442887 |
| 223 | 0.27 | 9.00 | 9.19 | 107.04 | 0.3041 | 0.2926 | 14.017 | 2758.37 | 38.66 | 2732.89 | 38.31 | 259.59 | 128.62 | 122 | 1 | 40 | 212.094 | 37.97 | 1824.06 | 1107.82 | 6.194 | 7.822706 |

| mvcorr | FLP @P2 | FLP @P4 | FLP @Tin | bp | ip @P4 (PdV) | ip @Pin (PdV) | m_pto x Vg | m_pto perd | Ω |
|---------|---------|---------|----------|--------|--------------|---------------|------------|------------|-----|
| [g/s] | [kW] | [kW] | [kW] | [W] | [W] | [W] | [g/s] | [g/s] | rpm |
| 5.7188 | 15.7826 | 15.4908 | 15.3545 | 0.0000 | 465.28 | 276.0874 | 1.5992 | 4.1196 | 94 |
| 5.8920 | 16.2552 | 16.0010 | 15.8737 | 0.0000 | 713.32 | 446.0465 | 2.5456 | 3.3465 | 124 |
| 6.4905 | 17.9293 | 17.6261 | 17.4762 | 0.0000 | 978.73 | 591.4626 | 3.3896 | 3.1008 | 170 |
| 8.9170 | 24.6089 | 24.2382 | 24.0368 | 0.0000 | 1124.84 | 688.3689 | 3.9202 | 4.9969 | 185 |
| 10.9613 | 30.2405 | 29.8924 | 29.6613 | 0.0000 | 1548.15 | 977.2070 | 5.5184 | 5.4429 | 210 |
| 14.0172 | 38.6645 | 38.3075 | 37.9725 | 0.0000 | 1824.06 | 1107.8175 | 6.1945 | 7.8227 | 223 |

CON CALENTAMIENTO DE VAPOR CON CARGA

| PRUEBA ASCENDENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----------|------|------|-------------|--------------|------------|--------|----------|---------|----------|---------|---------|------------|------|-------|-------|-----------|----------|--------------|---------------|------------|------------|
| Ω | Δt ciclo | C1 | C2 | mv (80 PSI) | v(652,8 KPa) | v(@P2 abs) | mvcorr | hg (@P2) | FLP @P2 | hg (@P4) | FLP @P4 | P5(abs) | Tsat (@P5) | Tin | ΔPF | ΔP VC | Pin (sat) | FLP @Tin | ip @P4 (PdV) | ip @Pin (PdV) | m_pto x Vg | m_pto perd |
| rpm | seg | [mA] | [mA] | [lbm /h] | [m3/kg] | [m3/kg] | [g/s] | KJ/kg | [kW] | KJ/kg | [kW] | [Kpa] | [°C] | [°C] | [psi] | [psi] | [Kpa] | [kW] | [W] | [W] | [g/s] | [g/s] |
| 196 | 0.31 | 9.00 | 8.97 | 102.51 | 0.2915 | 0.2978 | 12.644 | 2758.84 | 34.88 | 2732.89 | 34.55 | 266.48 | 129.49 | 122 | 2 | 40 | 212.094 | 34.25 | 1603.21 | 973.69 | 5.444 | 7.199542 |
| 209 | 0.29 | 9.00 | 8.96 | 102.30 | 0.2915 | 0.2916 | 12.886 | 2759.77 | 35.56 | 2733.61 | 35.23 | 266.48 | 129.49 | 123 | 3 | 39 | 218.806 | 34.92 | 1777.05 | 1071.13 | 5.976 | 6.909939 |
| 170 | 0.35 | 9.00 | 8.98 | 102.71 | 0.2915 | 0.2916 | 12.938 | 2759.77 | 35.71 | 2732.89 | 35.36 | 266.48 | 129.49 | 127 | 2 | 42 | 247.45 | 35.14 | 1390.54 | 985.31 | 5.460 | 7.47826 |
| 154 | 0.39 | 9.00 | 8.97 | 102.51 | 0.2915 | 0.3041 | 12.380 | 2757.90 | 34.14 | 2730.96 | 33.81 | 266.48 | 129.49 | 126 | 2 | 39 | 239.84 | 33.61 | 1234.79 | 865.12 | 4.811 | 7.569175 |

| mvcorr | FLP @P2 | FLP @P4 | FLP @Tin | bp | ip @P4 (PdV) | ip @Pin (PdV) | m_pto x Vg | m_pto perd | Ω |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|-------------|-------------|-----|
| [g/s] | [kW] | [kW] | [kW] | [W] | [W] | [W] | [g/s] | [g/s] | rpm |
| 12.64400789 | 34.88276945 | 34.55473331 | 34.25261738 | 16.69509357 | 1603.206291 | 973.6871291 | 5.444466101 | 7.199541792 | 196 |
| 12.88611185 | 35.56265334 | 35.2256042 | 34.9213631 | 35.6048424 | 1777.045542 | 1071.125819 | 5.976172537 | 6.909939308 | 209 |
| 12.93807197 | 35.70605114 | 35.35837927 | 35.13980348 | 43.4413149 | 1390.536068 | 985.3065154 | 5.459811927 | 7.478260046 | 170 |
| 12.38047498 | 34.14412434 | 33.81053244 | 33.61298958 | 52.47029407 | 1234.792139 | 865.1219107 | 4.811299499 | 7.569175485 | 154 |

7. BIBLIOGRAFÍA

- Acton O, C. C. (1992). *Compressori ed espansori Volumetrici*. . UTET.
- Acton.O. (1987). *Turbomachine*. UTET.
- Badr O, N. S. (1991). Expansion machine for a low power-output steam Rankine-cycle. *Applied Energy*., 93-116.
- Caputo C, A. O. (1992). *Compressori ed espansori volumetrici*. UTET.
- Carnot, S. (1824). *Reflexions sur la puissance motrice de feu les machines propes à développer cerre puissance* . Bachelier.
- Changdong S, A. J. (2004). Estimating the higher heating value of biomass fuels from basics analysis data. . 28 *Biomass & Bioenergy*, 499-507.
- Cosejo de la Union Europea. (29 de 05 de 2018). *consilium.europa.eu/es/policias/climate-change/timeline/*. Obtenido de *consilium.europa.eu/es/policias/climate-change/timeline/*: <http://www.consilium.europa.eu/es/policias/climate-change/timeline/>
- Domiciliarios, S. d. (2017). *Zonas no interconectadas ZNI Diagnòstico de la prestaciòn del serviciode energia elèctrica 2017*. Bogotá: Departamento nacional de planeaciòn.
- EFE, A. (2 de Mayo de 2018). <https://www.efe.com/>. Obtenido de <https://www.efe.com/efe/america/economia/mil-millones-de-personas-en-el-mundo-no-tienen-acceso-a-la-electricidad/20000011-3602676>
- ENERGÉTICA., U. D. (2014). *Plan indicativo de expansión de cobertura de energía eléctrica 2012-2017*. Bogotá: UPME.
- F.Payri, J. D. (2015). *Motores de combustión interna alternativos* . Barcelona : Revertè.
- Ferrara, G. (2013). Model of a small steam engine for renewable domestic CHP (Combined heat and power) system. *G. M. ENERGY*, 78-85.

- G., B. A. (1995). A low friction valve actuation device part 1 mechanism description and friction measurements. *Turbomachine. UTET.. USA: SAE.*
- Giorgio, V. B. (1946). The steam engines (Le machine a vapore. *Turin*).
- J. Alvarez, F. P. (2019). *SIMULACIÓN INTEGRADA DEL DIAGRAMA INDICADOR CON EL MODELO CINEMÁTICO DEL MECANISMO DE UN MOTOR A VAPOR DE EMBOLO RECIPROCANTE EN CONVENIO CON LAS UNIVERISIDADES ECCI Y NACIONAL SEDE BOGOTÁ.* Bogotá.
- JB.H. (1988). Internal Combustion Engine Fundamentals. *McGraw-Hill.*
- Jia JH, Z. H. (2006). Comparative investigation of the friction and wear behavior of polyimide composites under dry sliding and water lubricated condition. *Wear*, 1293-1297.
- Lakew. (2015). B. O. Working fluids for low temperature heat source. *Applied Thermal Energy*, 3059-3067.
- M. Badami, M. M. (2009). Preliminary design and controlling strategies of a small-scale wood 581 waste Rankine Cycle (RC) with a reciprocating steam engine. *Energy* 34 , 1315–1324.
- M. Badami, M. M. (2009). Preliminary design and controlling strategies of a small-scale wood waste Rankine Cycle (RC) with a reciprocating steam engine. *34 Energy*,, 1315-1324.
- Manfrida G, M. L. (2010). Model of a steam/organic vapour volumetric reciprocating expander. *Proceedings of ECOS.*
- Marco Antonelli, L. M.-6. (2013). A study on the rotatory steam engine for distributed generation in small size power plants. . *Applied Energy.*
- Martín, J. I.-S.-J. (2011). LAS MÁQUINAS DE VAPOR EN LA OBTENCIÓN DEL AZÚCAR DE CAÑA EN ESPAÑA: ANÁLISIS COMPARATIVO. *Scielo*, 183-190.
- MN., B. (1978). Solar water pumping. *Solar energy*, 307-316.
- Norton. (2017). Engine application software. *Engine.* USA.
- P.SB. (1995). Biomass- fired steam power cogeneration system: a theoretical study B., P. *Energy*, 65-77.
- Quoilin S, L. V. (2010). Experimental study and modeling of an organic Rankine Cycle using scroll expander. *Applied Energy*, 1260-1268.

-
- S.PR. (1996). Piston steam engine innovation. Proceeding of the Institution of Mechanical Engineers. *Part A. 210 journal of power and energy*, 95-98.
- Saragoza, C. d. (2012). *camarazaragoza.com*. Obtenido de <https://www.camarazaragoza.com/medioambiente/docs/noticias/noticias60.pdf>
- Severns, W. (1982). *Energía mediante vapor aire o gas*. Barcelona : Reverté.
- W., O. (2004). Experimental investigations of guide rings made UHMWPE and PTFE composite in water hydraulic systems. *Archives of civil and mechanical engineering*.
- Yasunori Niiyama, K. F. (2015). Experimental and numerical evaluation of liquid- piston steam engine. *Energy*, 1-9.
- Yatsusuka S, N. Y. (2011). A liquid piston steam engine. In Proc. *ASME Power 2011 co-located with ICOPE-11POWER*, 55-94.
- Yatsusuka S, N. Y.-9. (2011). A liquid piston steam engine. In Proc. *ASME Power 2011 co-located with ICOPE-11*.

Glosario

Calidad de vapor: Es el conocimiento de las proporciones en las cuales se halla una mezcla en las fases líquida y de vapor, siendo la razón entre la masa de vapor y la masa total de la mezcla.

Fluctuación: Es un parámetro de diseño elegido por el diseñador. Es un valor típico entre 0,01 y 0,05 que corresponde del 1 al 5% de la fluctuación en el eje de salida. Un valor grande de fluctuación tiene más costo y peso al sistema.

Freno Prony: Sirve para medir el torque en un motor, compuesto por una cuerda de cuero que hace la fricción al eje de salida. La fricción aumenta a medida que se tensiona más la cuerda de cuero disminuyendo la velocidad hasta el rango que se desee.

Tanque Homogeneizador: Artefacto que sirve para acumular la presión de vapor dentro de él, también con la instalación de unos quemadores de gas propano el tanque homogeneizador sirve para aumentar la calidad del vapor.

Vapor Saturado: Es el estado del vapor que está a punto de condensarse, conocido también como vapor húmedo o una mezcla saturada de líquido- vapor, en estos estados la fase líquida y de vapor coexisten en equilibrio.

Vapor sobrecalentado: Es un vapor que no está a punto de condensarse, siendo vapor no saturado.