



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Proyecto de investigación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Mecánico

Título del Proyecto de Investigación:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA INCUBADORA DE HUEVOS PARA EL
CAMPO AVÍCOLA DE LA UTEQ QUE PERMITA FACILITAR E INCREMENTAR
LA PRODUCCIÓN”

Autores:

Marcelo Andrés Herrera Álvarez

Ángel Joseph Herrera Villarroel

Director del proyecto de investigación:

Ing. Ernesto Javier Ruano Herrería, M.Sc.

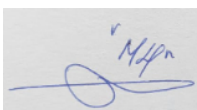
Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Marcelo Andrés Herrera Álvarez**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



Marcelo Andrés Herrera Álvarez
C.C. 2000134349

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Angel Joseph Herrera Villarroel**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



Angel Joseph Herrera Villarroel
C.C. 2200227011

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



El suscrito, **Ing. ERNESTO JAVIER RUANO HERRERÍA, M.Sc.** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que los estudiantes **MARCELO ANDRÉS HERRERA ÁLVAREZ** con número de cédula 2000134349, y, **ANGEL JOSEPH HERRERA VILLARROEL** con número de cédula 2200227011, realizaron el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Diseño y construcción de una incubadora de huevos para el campo avícola de la UTEQ que permita facilitar e incrementar la producción**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero Mecánico**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



firmado electrónicamente por:
ERNESTO JAVIER
RUANO HERRERIA

Ing. Ernesto Javier Ruano Herrería, M.Sc.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO



Por medio del presente me permito certificar, que los estudiantes **MARCELO ANDRÉS HERRERA ÁLVAREZ** y **ANGEL JOSEPH HERRERA VILLARROEL**, egresados de la carrera de Ingeniería Mecánica, una vez revisada la tesis de grado titulada “**Diseño y construcción de una incubadora de huevos para el campo avícola de la UTEQ que permita facilitar e incrementar la producción**”, tengo a bien informar que se realizó la revisión respectiva por medio del sistema Urkund, con un porcentaje favorable del 2%, cumpliendo con el reglamento de graduación de Estudiantes de Pregrado y la Normativa establecida por la Universidad.

Se adjunta el resultado del sistema URKUND

URKUND	
Documento	UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO (1).pdf (D160034774)
Presentado	2023-03-03 15:49 (-05:00)
Presentado por	angel.herrera2017@uteq.edu.ec
Recibido	eruano.uteq@analysis.orkund.com
Mensaje	Proyecto de Investigación Mostrar el mensaje completo 2% de estas 26 páginas, se componen de texto presente en 14 fuentes.



Firmado electrónicamente por:
ERNESTO JAVIER
RUANO HERRERIA

Ing. Ernesto Javier Ruano Herrería, M.Sc.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE
INGENIERÍA MECÁNICA**

Título del Proyecto de investigación

“Diseño y construcción de una incubadora de huevos para el campo avícola de la
UTEQ que permita facilitar e incrementar la producción”

Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniero Mecánico.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Ing. Cristian Topa

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Cristian Vallejo

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Gabriel Arellano

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2023

AGRADECIMIENTO

A mis padres por el apoyo y sustento brindado.

A la ingeniera Piedad Yépez por todo el soporte y conocimiento brindado.

A nuestro tutor de tesis Ing. Ruano Herrería, por aceptar apoyarnos en la tesis y ayudar a hacer un buen trabajo.

A mi compañero de tesis Ángel Herrera por perseverar y avanzar en este proyecto.

A mis amigos Irene Muñoz y José Ordoñez quienes brindaron su apoyo con conocimientos que nos fueron útiles.

Al ingeniero Cristian Topa, quien siempre busca apoyar e interesarse por los estudiantes en cualquier situación.

Marcelo Andrés Herrera Álvarez

A mi madre y padre por el apoyo y sustento brindado en los años de estudios.

A nuestro tutor de tesis Ing. Ruano Herrería, por aceptar apoyarnos en la tesis y ayudar a hacer un buen trabajo.

A mi compañero de tesis Marcelo Herrera por perseverar y avanzar en este proyecto.

A mis amigos de la carrera Irene Muñoz, George, Dalinyer quienes brindaron su apoyo.

A mis amigos del colegio Valeria y Adrián que me ayudaron a distraerme en los momentos complicados.

Angel Joseph Herrera Villarroel

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación se lo dedico a mi madre por los incansables esfuerzos que ha realizado y continúa realizando para que pueda convertirme en un profesional.

Igualmente, para mi padre que a pesar de lo poco que tiene, me ha brindado su apoyo.

Marcelo Andrés Herrera Álvarez

Este proyecto de investigación se lo dedico a mi madre, padre y hermanos por los esfuerzos realizados por ayudarme a convertirme en una persona con valores y apoyarme para que pueda convertirme en un profesional.

Angel Joseph Herrera Villarroel

RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

En el presente proyecto se ha construido una incubadora de huevos con un mecanismo manual que permite mover los huevos a 45°. Se realizó la construcción de una incubadora horizontal debido a que este tipo de incubadoras tienen un diseño más simple, económico y de fácil uso comparado a una incubadora vertical. Se utilizaron materiales resistentes y adecuados, tales como madera, ángulos de acero, platinas de acero, espuma Flex, para lograr cumplir con los requisitos necesarios de temperatura y humedad. El mecanismo que mueve los huevos a 45°, funciona con tres seguros que ubican las bases que sostienen las cubetas en tres diferentes posiciones: Arriba, abajo y medio. Al realizar las pruebas de funcionamiento sin los huevos, se observó que la incubadora cumple con los factores necesarios para el desarrollo de los huevos, tales como una correcta temperatura y humedad que son controlados a través de un termostato. El rango de la temperatura alcanza un máximo de 38°C y un mínimo de 37,4°C, la velocidad del incremento y descenso de temperatura dependerá de la temperatura ambiente, sea que esté en verano o invierno. El rango de la humedad relativa varía de acuerdo al tiempo de incubación ya que en la última semana de incubación los huevos necesitan mayor humedad, al inicio varía entre 60 – 70% y termina entre 70 – 80% de humedad relativa. Se realizaron dos pruebas de incubación, teniendo mejores resultados para la segunda prueba con una eficiencia de 92,72%. Cabe resaltar, que siempre habrá pérdidas en los huevos incubados debido a que existe una baja probabilidad de que el 100% de los huevos sean fértiles.

Palabras clave: Incubadora, transferencia de calor, mecanismo de movimiento, balance de energía, potencia.

ABSTRACT AND KEYWORDS

In this project, an egg incubator has been built with a manual mechanism that allows the eggs to be moved at 45°. The construction of a horizontal incubator was carried out because this type of incubator has a simpler, cheaper and easier-to-use design compared to a vertical incubator. Resistant and suitable materials were used, such as wood, steel angles, steel plates, Flex foam, to achieve the necessary temperature and humidity requirements. The mechanism that moves the eggs at 45° works with three locks that place the bases that hold the buckets in three different positions: top, bottom, and middle. When carrying out the functional tests without the eggs, it was observed that the incubator complies with the necessary factors for the development of the eggs, such as a correct temperature and humidity that are controlled through a thermostat. The temperature range reaches a maximum of 38°C and a minimum of 37.4°C, the speed of temperature increase and decrease will depend on the ambient temperature, whether it is in summer or winter. The relative humidity range varies according to the incubation time since in the last week of incubation the eggs need higher humidity, at the beginning it varies between 60 - 70% and ends between 70 - 80% relative humidity. Two incubation tests were carried out, having better results for the second test with an efficiency of 92.72%. It should be noted that there will always be losses in incubated eggs because there is a low probability that 100% of the eggs are fertile.

Keywords: Incubator, heat transfer, movement mechanism, energy balance, power.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Problema de investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema	3
1.1.2. Formulación.....	4
1.1.3. Sistematización.....	4
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	6
CAPÍTULO II.....	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. Marco conceptual.....	8
2.1.1. Desarrollo embrionario.....	8
2.1.2. Incubación natural	10
2.1.3. Incubación artificial.....	11
2.1.4. Tipos de incubadoras de huevo	12
2.2. Marco referencial.....	15
2.2.1. Fases previas a la incubación.....	15
2.2.2. Factores ambientales.....	16
2.2.3. Posición del huevo para el almacenamiento	17
2.2.4. Condiciones ergonómicas del huevo	17
2.2.5. Transferencia de calor en la incubadora	18
CAPÍTULO III	21
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	21

3.1.	Localización.....	22
3.2.	Métodos de investigación	23
3.2.1.	Método cuantitativo.....	23
3.2.2.	Método deductivo	23
3.2.3.	Método experimental.....	23
3.3.	Tipo de investigación.....	23
3.3.1.	Investigación Bibliográfica.....	23
3.3.2.	Investigación Linkográfica	24
3.3.3.	Investigación Diagnóstica.....	24
3.4.	Fuentes de recopilación de información	24
3.4.1.	Fuentes primarias.....	24
3.4.2.	Fuentes secundarias.	24
3.5.	Diseño de investigación	24
3.5.1.	Diseño metodológico.....	24
3.6.	Instrumentos de investigación.....	30
3.6.1.	Termohigrómetro.....	30
3.6.2.	Termostato	31
3.6.3.	Multímetro	32
3.6.4.	Fuente de humedad.....	33
3.6.5.	Fuente de calor.....	33
3.7.	Recursos humanos y materiales	33
3.7.1.	Recursos Humanos	33
3.7.2.	Recursos materiales	33
CAPÍTULOS IV		35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		35
4.1.	Resultados.....	36
4.1.1.	Selección del tipo de incubadora.	36

4.1.2.	Selección y resistencia de materiales.....	38
4.1.3.	Mecanismo de movimiento para todos los huevos.....	45
4.2.	Cálculo de energía necesaria para elevar la temperatura de la incubadora.....	47
4.2.1.	Cálculo del calor requerido por los huevos	48
4.3.	Pérdidas de calor en la incubadora.....	49
4.3.1.	Pérdidas de energía al abrir la puerta.....	49
4.3.2.	Pérdidas de calor a través de las paredes de la incubadora (sección superior o incubación)	50
4.3.3.	Pérdidas de calor a través de las paredes de la incubadora (sección inferior o nacimiento).....	57
4.3.4.	Cálculo de las resistencias	60
4.3.5.	Cálculo del humidificador y ventilador	62
4.3.6.	Consumo energético	65
4.4.	Circuito eléctrico de la incubadora.	66
4.5.	Procedimiento, pruebas de incubación	66
4.6.	Temperatura de la incubadora.....	70
4.7.	Análisis de la viabilidad de reproducción.....	74
4.8.	Análisis de costos.....	75
4.8.1.	Costos estructurales	75
4.8.2.	Costos para el movimiento manual	76
4.8.3.	Costos componentes térmicos	77
4.8.4.	Costos de mano de obra.....	77
4.8.5.	Costo total de la incubadora	78
4.9.	Discusión.....	78
4.9.1.	Mecanismo de movimiento de todos los huevos.	78
4.9.2.	Cálculo de energía necesaria para elevar la temperatura de la incubadora. .	79
4.9.3.	Cálculo del calor requerido por los huevos.	79

4.9.4. Pérdida de energía al abrir la puerta	79
4.9.5. Análisis de la conducción a través de las paredes de la incubadora	80
CAPÍTULO V	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
5.1. Conclusiones	82
5.2. Recomendaciones	84
CAPÍTULO VI	85
BIBLIOGRAFÍA	85
6.1. Bibliografía	86
CAPÍTULO VII	90
ANEXOS	90
7.1. Anexos	91

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Incubación natural de huevos de gallina fértiles en nido a base de paja [3]... 10	10
Figura 2. Incubadora vertical de uso industrial para grandes grupos de huevos [6]. 12	12
Figura 3. Incubadora de huevos horizontal con volteo automático Hatcher 1550 [8].... 12	12
Figura 4. Incubadora vertical Bio Streamer con 12 carros [9]. 13	13
Figura 5. Incubadora de circulación interna con unidad manejadora de aire tipo HVAC [11]..... 14	14
Figura 6. Incubadora por aire forzado modelo YONAR 3000 ND [13]..... 14	14
Figura 7. Incubadora de aire quieto Still Air Incubator [14]. 15	15
Figura 8. Posición del huevo para almacenamiento [19]..... 17	17
Figura 9. Posiciones de volteo del huevo a 90° para evitar la adherencia del embrión al cascarón [19]..... 18	18
Figura 10. Conducción de calor a través de una pared plana grande de espesor Δx y área A [23]..... 19	19
Figura 11. Transferencia de calor de una superficie caliente hacia el aire por convección [23]..... 20	20
Figura 12. Transferencia de calor por radiación entre una superficie y las superficies que la rodean [23]..... 20	20
Figura 13. Ubicación geográfica del lugar de desarrollo de la presente tesis [24]..... 22	22
Figura 14. Mapa de procedimiento metodológico para el desarrollo de las pruebas con la incubadora. 27	27
Figura 15. Conducción a través de paredes en serie..... 28	28
Figura 16. Termohigrómetro digital para interiores de montaje en panel [27]. 30	30
Figura 17. Palanca sosteniendo las bases para cubetas de forma horizontal. 46	46
Figura 18. Palanca sosteniendo las bases para cubetas de forma vertical hacia arriba. . 46	46
Figura 19. Palanca sosteniendo las bases para cubetas de forma vertical hacia abajo. ... 47	47
Figura 20. Análisis de la conducción a través de las paredes de la incubadora. 54	54
Figura 21. Análisis de la conducción a través de las paredes de la incubadora (Nacimiento)..... 59	59
Figura 22. Cable calefactor utilizado en la incubadora. 62	62
Figura 23. Humidificador Mist maker niebla M-12L SOBO. 63	63
Figura 24. Ventilador utilizado en la incubadora. 64	64
Figura 25. Circuito eléctrico de la incubadora realizado en Cade Simu. 66	66

Figura 26. Incubadora encendida para posteriormente poner los huevos.....	67
Figura 27. Huevos colocados en la incubadora.	68
Figura 28. Primera prueba realizada, pollitos en la parte del nacimiento.	69
Figura 29. Segunda prueba realizada, pollitos en la parte del nacimiento	70
Figura 30. Gráfico de temperatura vs tiempo en la incubadora (sin huevos y con huevos).	73
Figura 31. Gráfico de la humedad vs tiempo de la incubadora (sin huevos y con huevos).	74

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (1).....	25
Ecuación (2).....	25
Ecuación (3).....	25
Ecuación (4).....	25
Ecuación (5).....	26
Ecuación (6).....	28
Ecuación (7).....	28
Ecuación (8).....	29
Ecuación (9).....	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tiempos característicos de incubación de huevos por especie [1].	8
Tabla 2. Proceso del desarrollo embrionario de huevos de gallina [1].	9
Tabla 3. Propiedades termodinámicas de ubicación de desarrollo de incubación artificial.	23
Tabla 4. Especificaciones técnicas de termómetro digital higrómetro para panel [27].	30
Tabla 5. Especificaciones técnicas del termostato Aideepen STC 3028 implementado en la incubadora [30].	32
Tabla 6. Matriz de criterios ponderados para la selección de tipo de incubadora.	37
Tabla 7. Interpolación para el aire 1 atm a una temperatura 32,5°C.	50
Tabla 8. Flujo de calor perdido con diferentes espesores de aislamiento.	54
Tabla 9. Flujo de calor perdido en las paredes de la incubadora (Sección superior).	56
Tabla 10. Flujo de calor perdido en la parte frontal, marco de la puerta.	56
Tabla 11. Flujo de calor perdido en la parte frontal, sección de vidrio.	57
Tabla 12. Flujo de calor perdido en las paredes de la incubadora (nacimiento).	59
Tabla 13. Flujo de calor perdido en la parte frontal de la incubadora (nacimiento).	59
Tabla 14. Pérdidas totales para la sección superior de la incubadora.	60
Tabla 15. Pérdidas totales para la sección inferior de la incubadora.	61
Tabla 16. Temperatura de la incubadora (sin huevos).	70
Tabla 17. Temperatura de la incubadora (con huevos).	71
Tabla 18. Datos obtenidos de las pruebas de incubación.	74
Tabla 19. Porcentajes de la medición de experimentales como viabilidad, eclosionalidad, mortalidad, fertilidad y eficiencia de la incubadora.	75
Tabla 20. Costos estructurales.	75
Tabla 21. Costos para el movimiento manual.	76
Tabla 22. Costos componentes térmicos.	77
Tabla 23. Costos de mano de obra.	77
Tabla 24. Costo total de la incubadora.	78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Caja de control de electrónicos y resistencia de la incubadora.....	91
Anexo 2. Madera para paredes de la máquina incubadora de huevos.	91
Anexo 3. Solución protectora y abrillantadora para madera.	92
Anexo 4. Tratamiento de la madera para protección con abrillantador.....	92
Anexo 5. Cortes acorde a medidas necesarias para el equipo incubador.	93
Anexo 6. Puerta en marco de madera para control y visualización del estado de los huevos.	93
Anexo 7. Equipo de soldadura y corte utilizados para la elaboración de la incubadora.	94
Anexo 8. Soporte para posicionamiento de los huevos y movimiento a 90 grados.	94
Anexo 9. Ensamblado de partes fijas de estructura de la incubadora.....	95
Anexo 10. Máquina fresadora utilizada para elaboración de ranuras a perfiles usados en la estructura de la incubadora.	95
Anexo 11. Fresado de ranura para limitar el movimiento de la cama móvil de la incubadora.	96
Anexo 12. Perfiles ranurados con fresadora.	96
Anexo 13. Soldadura de cilindros soporte para rodamientos de cama móvil.....	97
Anexo 14. Acoplado y soldadura en base vertical de cama móvil.	97
Anexo 15. Rodamientos para cama móvil a 90 grados, modelo NTE 6200.....	98
Anexo 16. Estructura en perfil tipo ángulo terminada para incubadora.	98
Anexo 17. Pintado con pintura de fondeo para proteger la soldadura y el material de la corrosión.	99
Anexo 18. Pintado en tono blanco luego del curado de pintura de fondo.	99
Anexo 19. Estructura pintada y colocada al sol para curado.	100
Anexo 20. Colocación de aislamiento térmico de sección inferior de la camas de inclinación.	100
Anexo 21. Colocación de paredes de madera y aislamiento térmico.	101
Anexo 22. Instalación de resistencia eléctrica y otros componentes.	101
Anexo 23. Colocación de marcos frontales y recubrimiento del aislante térmico.	102
Anexo 24. Prueba de inclinación previo a cierre total del equipo.	102
Anexo 25. Colocación de recubrimientos de aislante en la zona de incubación.	103
Anexo 26. Perforado para la recirculación de aire por ventilación forzada.	103

Anexo 27. Instalación de puerta frontal con pared de cristal para monitoreo de huevos.	104
Anexo 28. Incubadora terminada y lista para iniciar el proceso de incubación.	104
Anexo 29. Colocación de huevos en cubetas sobre la cama inclinables para su incubación bajo óptimas condiciones.....	105
Anexo 30. Eclosión del primer huevo luego de 21 días de incubación.	105
Anexo 31. Eclosión de otros huevos y control de temperatura en cama inferior.	106
Anexo 32. Nacimiento óptimo de distintas clases de pollitos.	106

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Diseño y construcción de una incubadora de huevos para el campo avícola de la UTEQ que permita facilitar e incrementar la producción.				
Autores:	Marcelo Andrés Herrera Álvarez; Angel Joseph Herrera Villarroel				
Palabras clave:	Incubadora	Trasferencia de calor	Balance de energía	Mecanismo de movimiento	Potencia
Fecha de publicación:	JUNIO 2023				
Editorial:	Quevedo, UTEQ, 2023.				
Resumen:	<p>Resumen. - En el presente proyecto se ha construido una incubadora de huevos con un mecanismo manual que permite mover los huevos a 45°. Se realizó la construcción de una incubadora horizontal debido a que este tipo de incubadoras tienen un diseño más simple, económico y de fácil uso comparado a una incubadora vertical. Se utilizaron materiales resistentes y adecuados, tales como madera, ángulos de acero, platinas de acero, espuma Flex, para lograr cumplir con los requisitos necesarios de temperatura y humedad. El mecanismo que mueve los huevos a 45°, funciona con tres seguros que ubican las bases que sostienen las cubetas en tres diferentes posiciones: Arriba, abajo y medio. Al realizar las pruebas de funcionamiento sin los huevos, se observó que la incubadora cumple con los factores necesarios para el desarrollo de los huevos, tales como una correcta temperatura y humedad que son controlados a través de un termostato. El rango de la temperatura alcanza un máximo de 38°C y un mínimo de 37,4°C, la velocidad del incremento y descenso de temperatura dependerá de la temperatura ambiente, sea que esté en verano o invierno. El rango de la humedad relativa varía de acuerdo al tiempo de incubación ya que en la última semana de incubación los huevos necesitan mayor humedad, al inicio varía entre 60 – 70% y termina entre 70 – 80% de humedad relativa. Se realizaron dos pruebas de incubación, teniendo mejores resultados para la segunda prueba con una eficiencia de 92,72%. Cabe resaltar, que siempre habrá pérdidas en los huevos incubados debido a que existe una baja probabilidad de que el 100% de los huevos sean fértiles.</p> <p>Abstract. - In this project, an egg incubator has been built with a manual mechanism that allows the eggs to be moved at 45°. The construction of a horizontal incubator was carried out because this type of incubator has a simpler, cheaper and easier-to-use design compared to a vertical incubator. Resistant and suitable materials were used, such as wood, steel angles, steel plates, Flex foam, to achieve the necessary temperature and humidity requirements. The mechanism that moves the eggs at 45° works with three locks that place the bases that hold the buckets in three different positions: top, bottom, and middle. When carrying out the functional tests without the eggs, it was observed that the incubator complies with the necessary factors for the development of the eggs, such as a correct temperature and humidity that are controlled through a thermostat. The temperature range reaches a maximum of 38°C and a minimum of 37.4°C, the speed of temperature increase and decrease will depend on the ambient temperature, whether it is in summer or winter. The relative humidity range varies according to the incubation time since in the last week of incubation the eggs need higher humidity, at the beginning it varies between 60 - 70% and ends between 70 - 80% relative humidity. Two incubation tests were carried out, having better results for the second test with an efficiency of 92.72%. It should be noted that there will always be losses in incubated eggs because there is a low probability that 100% of the eggs are fertile.</p>				
Descripción:	163 hojas: Dimensiones 290 x 210 mm: CD-ROM				
URI:					

INTRODUCCIÓN

La incubación es un proceso transitorio que atraviesa el huevo hasta el nacimiento del polluelo, la transferencia de la fuente de calor puede ser natural a través del ave o artificial con una incubadora. La incubación más adecuada es de manera natural, sin embargo, para la explotación dentro de la industria el método más eficaz es el artificial. Es importante conocer el correcto desarrollo del huevo fértil, para tomar iniciativa con el proceso de incubación artificial considerando todas las necesidades que requiere un huevo fértil hasta el nacimiento del polluelo.

Este trabajo está enfocado en la necesidad del campo avícola de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, el cual posee una incubadora artesanal, la cual cumple con su propósito. Al elaborar este proyecto de construcción de incubadora se propone una manera más sencilla de realizar el proceso de incubación, permitiendo que los huevos en incubación puedan ser girados 45° para ambos lados de manera manual desde afuera de la incubadora.

Se pretende realizar la construcción de la incubadora utilizando materiales adecuados que aporten con lo requerido, brindando una facilidad de mantenimiento debido a que sus partes se pueden armar y desarmar con facilidad. Las ventajas de este diseño y construcción son: permitir la facilidad de mover todos los huevos, incrementar el número de huevos incubados y otorgar un espacio para el nacimiento.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

Es importante llevar a cabo la reproducción de las especies de corral, los pollos en el área avícola son necesarios para la experimentación y cuidado, la incubación artificial requiere de ciertas condiciones específicas para el correcto desarrollo del embrión dentro del huevo. Si el huevo se mantiene en una sola posición al ser incubado el embrión puede llegar a adherirse al huevo, se debe cambiar la posición de los huevos al menos tres veces al día. El nuevo diseño de incubadora artificial que se va a realizar facilita el cambio de posición de cada huevo dentro de la incubadora, ya que todos los huevos serán cambiados al mismo tiempo de manera manual.

Diagnóstico

En el campo avícola de la UTEQ, la carrera de Zootecnia no posee una incubadora particular, la incubadora con la que suelen trabajar, es una incubadora artesanal perteneciente a la autoridad encargada del campo avícola. Al ser una incubadora muy simple, no tiene mucha capacidad en el número de huevos para incubar y los huevos durante la incubación deben ser cambiados de posición uno por uno, lo que lleva a abrir la incubadora causando pérdidas de calor y humedad durante el tiempo que demore realizar ese trabajo. En busca de una solución para evitar abrir la incubadora para cambiar de posición los huevos, se pretende construir una incubadora que posea un mecanismo con el cual se pueda mover todos los huevos en una posición de 45° manualmente y aumente la capacidad de huevos para incubar llevando un control automatizado de la temperatura y humedad.

Pronóstico

La construcción de una incubadora con un mecanismo manual para mover los huevos y un control automatizado de la temperatura y humedad, pretende mejorar la eficiencia de uso comparado con la incubadora artesanal que posee el campo avícola, aunque pueda que no alcance el mismo nivel de eficiencia que una incubadora con un mecanismo automatizado completo. Con una incubadora mejorada, se podría esperar una tasa de eclosión más alta sin aplicar mucho trabajo. Además, una incubadora con mayor

capacidad permitiría una mayor producción de polluelos, lo que podría tener un impacto positivo en la productividad del campo avícola.

1.1.2. Formulación

¿Qué se puede mejorar en el diseño de una incubadora de huevos para facilitar el uso e incrementar la producción de pollitos?

1.1.3. Sistematización

¿Cuáles son las condiciones que se requieren para el proceso de incubación de huevos de gallina y cómo afectan estas condiciones al éxito de la eclosión de los polluelos?

¿Cuáles son los accesorios y materiales esenciales que se deben considerar al construir una incubadora?

¿Qué beneficios aporta un mecanismo sencillo y eficaz para girar los huevos de manera manual en un ángulo de 45 grados durante el proceso de incubación?

¿Cómo se pueden verificar y mantener adecuadamente las condiciones de humedad y temperatura dentro de una incubadora de huevos para asegurar una eclosión exitosa de los polluelos?

¿Por qué es crucial realizar pruebas de funcionamiento en la incubadora antes de utilizarla para incubar los huevos?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Construir una incubadora artificial de huevos para el campo avícola de la UTEQ que permita el incremento y facilite la producción.

1.2.2. Objetivos específicos

- Investigar al respecto de las condiciones necesarias y requeridas en el proceso de incubación de huevos de gallina.
- Seleccionar los accesorios y materiales con el cual se va a construir la incubadora de huevos.

- Elaborar un mecanismo por el cual pueda girar los huevos en un ángulo de 45° de manera manual.
- Verificar las condiciones ideales de humedad relativa, temperatura de incubación y otros factores dentro de la incubadora.
- Realizar las pruebas de funcionamiento y movilidad de los huevos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto surge de la necesidad del programa de avicultura de la realización de prácticas en el campo avícola, una actividad esencial para que los estudiantes puedan aplicar y mejorar los conocimientos adquiridos en clase. Una de las prácticas incluidas en el campo avícola es la incubación de huevos de gallina, un procedimiento que requiere de un conocimiento adecuado para obtener un buen desarrollo.

Actualmente existen diversos modelos de incubadoras utilizados en industrias, instituciones y empresas, que se construyen de manera automatizada para maximizar resultados y reducir trabajo.

Por otra parte, existen incubadoras artesanales, e incluso caseras, que pueden cumplir su objetivo, aunque llevará tiempo y trabajo realizar las tareas necesarias para asegurar un correcto desarrollo del huevo hasta su eclosión. Se pretende construir la incubadora con materiales adecuados, tales como madera, metal, vidrio y espuma Flex, para garantizar una estructura sólida y un buen aislamiento térmico en el interior.

La incubadora realizará el movimiento (de todos los huevos) a través de un mecanismo manual en un solo movimiento, teniendo un espacio de almacenamiento con capacidad para 180 huevos, incluyendo un espacio para nacimiento en la parte inferior.

La construcción de la incubadora de huevos proporcionará una solución eficiente para las autoridades encargadas del campo avícola y los estudiantes de la carrera de Zootecnia - FCPB, que cuenta con un total de 498 estudiantes. Las materias impartidas en esta carrera incluyen Avicultura 1 y 2, Reproducción animal, Mejoramiento Genético y Filosofía animal. La incubadora permitirá un aumento en la capacidad de incubación de huevos, lo que resultará en un ahorro significativo de tiempo y trabajo en comparación con el método manual de manipulación de huevos. En consecuencia, la construcción de la incubadora generará un impacto positivo en el proceso de incubación de huevos y, por ende, en la producción avícola en general.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Desarrollo embrionario





El inicio de las primeras etapas se lleva a cabo antes de que el huevo sea puesto, en el cual ya es visible el blastodermo, este tiene la apariencia de un pequeño disco entre la yema y la membrana vitelina. Al cabo de tres días se logra la visualización de diminutos brotes a lo largo del cuerpo embrionario aquellos dan lugar a las extremidades. El corazón inicia su funcionalidad fuera del embrión, al quinto día el aparato digestivo se cierra mientras que el desarrollo de los pulmones permite que estos se dividan al sexto día. Al octavo día se aprecia la presencia de plumas densas; el esqueleto se calcifica al llegar los 10 días terminando su proceso a los 15 días, dentro del día 16 ya se encuentra formado los picos y uñas, el proceso de incubación se muestra en la Tabla 2 [1].

De tal modo que cada especie tiene su tiempo de reproducción, el tiempo de incubación de los huevos es característico para cada especie o clase de ave. Se describe el número aproximado de días necesarios de incubación para el nacimiento de cada especie en la Tabla 1 [1].

Tabla 1. Tiempos característicos de incubación de huevos por especie [1].

Especie	Días
Gallinas	21
Pavos	28
Patos comunes	28
Patos Muscovy	30
Gansos	30
Gallinas de Guinea	25
Codornices	16

Tabla 2. Proceso del desarrollo embrionario de huevos de gallina [1].

Días de incubación		Notas
1		<p>El blastodermo, un pequeño disco sobre la superficie de la yema, desarrolla una corta línea.</p>
6		<p>El embrión en crecimiento es protegido por una bolsa de fluido que le rodea, el amnios. El alantoides comienza a desarrollarse para cubrir las necesidades respiratorias del embrión que aumentan rápidamente.</p>
19		<p>Ahora el embrión tiene la forma de un pollito totalmente formado, ya ha sido utilizada toda la clara, el saco vitelino está siendo retirado al interior de la cavidad corporal. Las sacudidas del cuello comienzan a romper las membranas internas de la cámara de aire.</p>
21		<p>La elevada concentración de dióxido de carbono en los gases del interior de la cámara de aire provoca nuevos espasmos del cuello, posteriormente se rompe la cascara, o <<rotura del cascaron>></p>

2.1.2. Incubación natural

La incubación natural es el proceso del desarrollo de los pollitos dentro de los huevos fértiles, sin embargo, de las ponedoras como las razas Asil, Barnevelder, Brahma, Cochín, Castellana, Dominique, Delaware, Donking, Leghorn, Utrerana y otras, no todas son buenas para incubar ya que estas no siempre se vuelven cluecas [2].

Generalmente debemos tener en cuenta que las gallinas en su primera puesta no incuban los huevos de manera correcta, no cubren bien los huevos o salen continuamente del nido ocasionando que esta se enfríe o muchas veces rompen los huevos. Por lo cual regularmente se da preferencia a las gallinas que llevan más tiempo las cuales deben ser mayores a dos años, ya que aquí podemos encontrar las óptimas gallinas cluecas [2].



Figura 1. Incubación natural de huevos de gallina fértiles en nido a base de paja [3].

Una vez preparado el nido para las gallinas cluecas, se coloca huevos de prueba con el fin de determinar si tienen el comportamiento correcto y definitivo de una gallina de incubación. El proceso de observación dura entre uno y dos días en un ambiente controlado, tranquilo y de luz tenue, hasta que tan solo el ave se levante del nido para comer y beber [2].

Preparación del nido:

Para prepara un nido es conveniente utilizar un cesto, cajón o cuévano que tengan un tamaño acorde al volumen de la gallina clueca ya que de ser inadecuada puede romper uno o varios huevos tratando de ubicarse correctamente. Es efectivo que los nidos estén provistos de tapa, ya que de este modo se controla la salida de las aves en los momentos

que deben ser alimentadas, o de forma que se pueda reemplazar al animal mientras come y bebe [2].

Número de huevos:

Este factor depende del volumen o tamaño de la llueca, ya que razas ligeras como Leghorn, Castellana y otras iguales tienen una capacidad de diez a quince huevos, en cambio las de raza grande pueden albergar de quince a veinte huevos, y las de menor tamaño tan solo cubren de seis a ocho huevos [2].

2.1.3. Incubación artificial

La incubación artificial es un método o técnica muy antiguo, según registros históricos hace más de tres mil años antes de Cristo se practicaba esta técnica en China de forma rudimentaria haciendo uso del calor de producido por la fermentación de estiércol. Los egipcios, dos mil años previo a Cristo, usaban los llamados “hornos incubatorios” que eran cámaras subterráneas construidos para la incubación de huevos sin la intervención del ovíparo [4].

La incubación artificial permite un ambiente controlado con fines investigativos o en obtener una alta producción de una especie ya sea para aprovechamiento económico o de consumo. Para que el proceso sea completamente exitoso se debe utilizar únicamente huevos fértiles, a esto le acompaña otra serie de condiciones que permiten mantener en un buen estado y ambiente al huevo a pesar de que existan variaciones en el exterior [5]:

- Temperatura ideal acorde a la especie que se encuentra en la incubadora
- Suministro de aire libre de impurezas, con ventilación forzada ya que las emisiones de CO_2 emitidas por los huevos al eclosionar pueden causar problemas al resto de pollitos.
- Proporcionar a la cámara de incubación la Humedad Relativa necesaria con el fin de evitar la deshidratación y la formación de edemas en el polluelo al nacer.
- Mantener la incubadora en un lugar libre de posibles depredadores (ratas, zorros, etc), de organismos perjudiciales y vibraciones.



Figura 2. Incubadora vertical de uso industrial para grandes grupos de huevos [6].

2.1.4. Tipos de incubadoras de huevo

Incubadoras Horizontales:

Esta clase de incubadoras fueron las primeras en utilizarse, son de pequeña capacidad, van de 50 a 500 huevos, los huevos se colocan en forma horizontal. “La ventilación es estática, se genera por el calentamiento del viento que asciende una vez que se calienta y que sale una vez que se enfría, y por consiguiente no es uniforme. La temperatura, se toma a unos 5 centímetros del huevo, se sitúa el bulbo y se mide la temperatura más alta que es de 37.8 °C. Los Volteos son manuales, en otros términos, una enorme diferencia con las demás incubadoras, y se hace cada 4 horas. Otra diferencia es que no hay división entre la etapa de incubación y la de nacimiento, se genera todo en el mismo sitio [7].



Figura 3. Incubadora de huevos horizontal con volteo automático Hatcher 1550 [8].

Incubadoras Verticales:

Casi cada una de las incubadoras recientes son verticales, ocupan poco espacio y poseen enorme capacidad, que puede perturbar entre 10 000 a 300 000 huevos, son armarios de 3 x 3.5 x 3 m, acceden en espacios de 4 x 4 m. “Internamente consisten en una secuencia de bandejas unidas por una varilla dentada, en las bandejas se colocan los huevos con el polo más grande hacia arriba”. Las bandejas en este tipo de incubadoras permiten mover el huevo hasta 90°, es decir, 45° sobre la horizontal para cada lado, con intervalos de volteos cada 30 minutos [7].



Figura 4. Incubadora vertical Bio Streamer con 12 carros [9].

De circulación interna:

Son incubadoras en las cuales las personas pueden caminar dentro, son espacios recubiertos con material aislante, al cual se le aporta humedad y temperatura. Su inconveniente es que no se pueden trasladar enteras [10].



Figura 5. Incubadora de circulación interna con unidad manejadora de aire tipo HVAC [11].

Aire forzado:

Estas incubadoras presentan ventiladores que proporcionan circulación interna de aire bajo el caudal necesario y este aire es filtrado para evitar la proliferación de microorganismos dañinos para los huevos. La capacidad de estas unidades puede ser muy grande [12].



Figura 6. Incubadora por aire forzado modelo YONAR 3000 ND [13].

Aire quieto:

Las incubadoras de aire quieto son estructuras pequeñas que no cuentan con sistemas de ventiladores para circulación de aire. El intercambio de aire se logra por la elevación y escape del aire caliente y viciado, y el ingreso de aire más fresco cerca de la base de la incubadora [12].



Figura 7. Incubadora de aire quieto Still Air Incubator [14].

2.2. Marco referencial

2.2.1. Fases previas a la incubación

Antes de realizar la incubación de los huevos, se debe realizar ciertas acciones previo al inicio del proceso, debido a que así se garantiza tener una alta tasa de incubabilidad de los huevos y lograr la eclosión exitosa de los mismos; se describen a continuación las fases de incubación:

Almacenamiento:

Al tener recolectados los huevos fértiles, se deben almacenar hasta que sean puestos dentro de la incubadora. Para que se mantengan fértiles se los debe tener a temperatura no mayor de los 24°C, preferentemente entre los 16-17 °C, esto previene el crecimiento embrionario. Es importante mantener esta variable en función al volumen almacenado y la capacidad de aislamiento. La evaporación y condensación del agua contenida en el huevo es un factor que considerar ya que al excederse los valores límites se prevé que en los poros de la cáscara sufran alteraciones que permitan la entrada de microorganismos [15].

Pre calentamiento:

Después del almacenado los huevos deben ser sometidos al pre calentamiento para ser depositados en la incubadora, esto se conoce como climatización ya que así se evita

cambios bruscos por acción de la diferencia de temperaturas. La temperatura que se maneja en el precalentamiento debe ser de entre 37-38,6 °C en un lapso de pocas horas para que se aclimaten, de este modo ya pueden ser introducidos a incubación manteniendo inicialmente un 60-70% de humedad [15].

Desinfección de la incubadora:

La incubadora debe estar siempre con la mejor higiene por lo que es recomendable instaurar protocolos de limpieza y desinfección asegurando un espacio completamente libre de cualquier alteración que afecte el desarrollo de los huevos dentro del periodo de 21 días de incubación [15].

2.2.2. Factores ambientales

Para tener una incubabilidad exitosa, se debe tener en cuenta el volteo regular de los huevos y algunas condiciones físicas como la temperatura, humedad e intercambio de gas adecuado dentro del equipo de incubación [16].

Es importante mencionar que la temperatura es el factor más importante, debido a los daños irreversibles que puede causar en la calidad del pollito. El resto de los factores mencionados con anterioridad, a excepción del volteo, pueden provocar un impacto negativo dentro de la incubación del huevo bajo la influencia de las variaciones de temperatura y su distribución en el ambiente. Por ende, debe de tenerse más cuidado al existir un cambio en la temperatura, para reducir el riesgo de problemas con las condiciones ambientales en el interior del equipo de incubación. Los valores óptimos de temperatura en la incubadora deben estar en un rango de 37,5 °C a 37,7 °C [16].

El crecimiento óptimo para la mayoría de los embriones requiere de una humedad relativa de 60%, hasta que los huevos se empiezan a picar, después de que se haya aumentado a 70% la humedad relativa [16].

Hay diversos componentes relevantes para el volteo que integran el ángulo, la frecuencia y la suavidad. El ángulo de volteo debería ser entre 39° y 45°, a partir del tercer día de incubación, al menos 3 veces al día. Si no se puede conseguir el ángulo mínimo de volteo de 39° en la incubadora, entonces los huevos tienen que ser volteados con más frecuencia (cada 30 minutos) [17].

2.2.3. Posición del huevo para el almacenamiento

La posición del extremo pequeño del huevo hacia abajo ayuda a reducir la mortalidad en el nacimiento. Algunos autores recomiendan y aseguran que, en un almacenamiento de periodos prolongados es mejor el polo pequeño hacia arriba ya que toma en cuenta la deshidratación del huevo y la expansión de la cámara de aire al transcurso de los días. Esta cámara llega a tal punto de estar en contacto con el disco germinal el cual debe estar siempre cubierto por la albumina media como se indica en la Figura 8. (sección A). Lo mejor es evitar la resequead en el disco germinal como se indica en el Figura 5. (Sección B) [18].

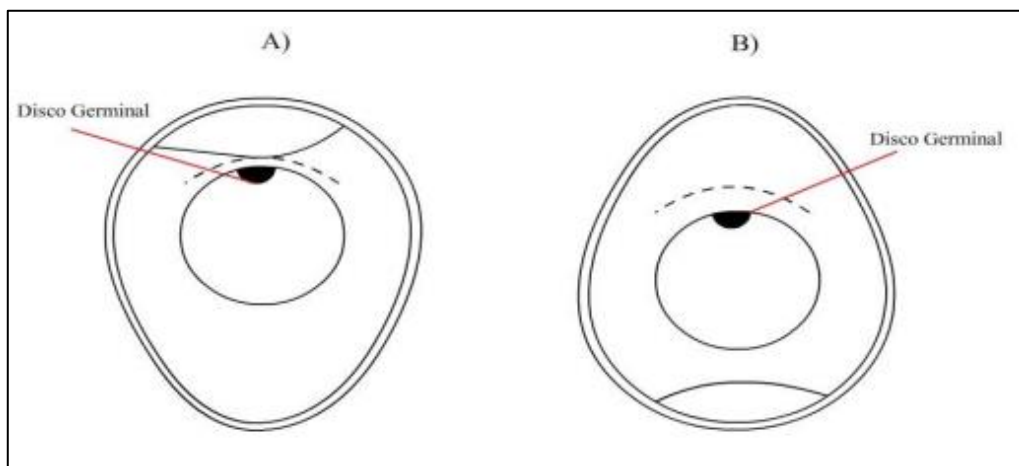


Figura 8. Posición del huevo para almacenamiento [19].

2.2.4. Condiciones ergonómicas del huevo

En la Figura 9 se puede observar que, para evitar que el embrión se pegue a la membrana de la cascara del huevo es necesario el volteo del mismo con regularidad. Actualmente con las incubadoras manuales se realiza un volteo cada 12 horas, lo adecuado es realizarlo cada 4 horas por lo cual se necesita de un sistema automático que agilite el proceso [20].

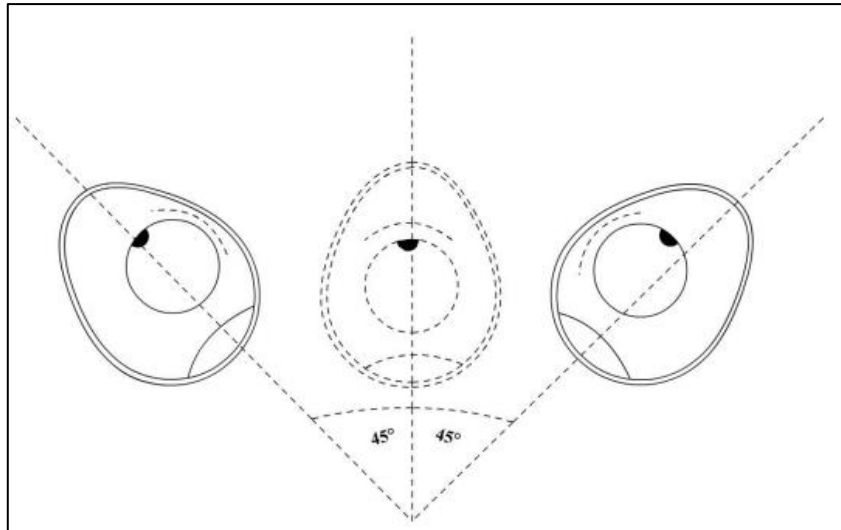


Figura 9. Posiciones de volteo del huevo a 90° para evitar la adherencia del embrión al cascarón [19].

2.2.5. Transferencia de calor en la incubadora

En el proceso de incubación de los huevos de aves domésticas, el microambiente físico que rodea al huevo influye principalmente en el desarrollo del embrión. Solo se permiten pequeñas desviaciones espaciotemporales en la temperatura óptima del aire de la incubadora para optimizar la incubabilidad y la calidad de las crías. La temperatura del embrión depende de 3 factores: (1) la temperatura del aire, (2) el intercambio de calor entre el huevo y su microambiente y (3) la producción de calor variable en el tiempo del embrión [21].

La transferencia de calor no se vio afectada por la humedad del aire, sino únicamente por la temperatura del aire, la generación de calor embrionario y la velocidad y el flujo del aire alrededor de los huevos. Además, la transferencia de calor en las incubadoras de aire forzado se produce principalmente por pérdida de calor por convección, que depende de la velocidad del flujo de aire. Un flujo de aire vertical es más eficiente que un flujo de aire horizontal en la transferencia de calor del huevo [21].

Los huevos presentan cuatro mecanismos para la transferencia de calor: conducción, radiación, convección y evaporación. Sin embargo, los huevos ganan o pierden calor solo cuando hay una diferencia de temperatura entre el ambiente y la cáscara del huevo, y esto

está influenciado por varios factores asociados con la calidad del huevo, agua pérdida y condiciones de incubación [21].

Conducción:

La tasa de transferencia de calor por conducción depende de la diferencia de temperatura y la conductividad térmica de las regiones involucradas. Por tanto, en el huevo, el calor se transfiere por conducción desde el embrión a la cáscara del huevo es complejo de determinar. Los huevos ganan o pierden calor cuando la temperatura del aire es más caliente o más fría que la cáscara del huevo, respectivamente [22].

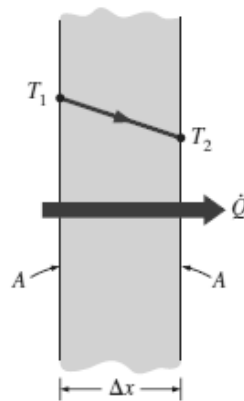


Figura 10. Conducción de calor a través de una pared plana grande de espesor Δx y área A [23].

Convección:

Cuando los huevos pierden calor por conducción al aire circundante, el aire cerca de la cáscara del huevo se calienta y se eleva, el aire más frío en movimiento se mueve cerca de la cáscara del huevo en reemplazo del aire caliente, generando corrientes de convección que ayudan a eliminar el calor del huevo. Debe enfatizarse que las corrientes de convección son esenciales para que el huevo continúe perdiendo calor por conducción, porque la pérdida de calor por conducción no se produce cuando la temperatura del aire cerca de la cáscara del huevo es similar a la de la cáscara del huevo. En este contexto, se debe tener en cuenta los movimientos del aire a través de la superficie de la cáscara del huevo en la incubadora y el programa de volteo del huevo. El ángulo de inclinación, velocidad y frecuencia influyen en la disipación de calor conductivo-convectivo de la cáscara del huevo [22].

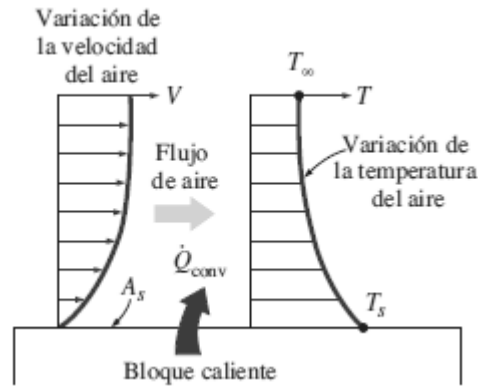


Figura 11. Transferencia de calor de una superficie caliente hacia el aire por convección [23].

Radiación:

Según este principio termodinámico, la pérdida o ganancia de calor del huevo por radiación depende de la diferencia de temperatura entre la superficie del huevo y las superficies del entorno de incubación. Por lo tanto, la transferencia de calor radiante permite calentar los huevos. Las fuentes de calor radiante utilizadas a lo largo de la historia de la incubación artificial fueron el sol, la quema de carbón, estiércol o gases, electricidad, etc. Sin embargo, la exposición de los huevos a temperaturas ambientales superiores a la temperatura del cascarón (temperatura de incubación muy alta) puede aumentar la ganancia de calor por conducción y radiación de los huevos, que a su vez experimentan hipertermia y pueden comprometer el desarrollo embrionario y fetal debido a la falta de pérdida de calor compensatoria [22].

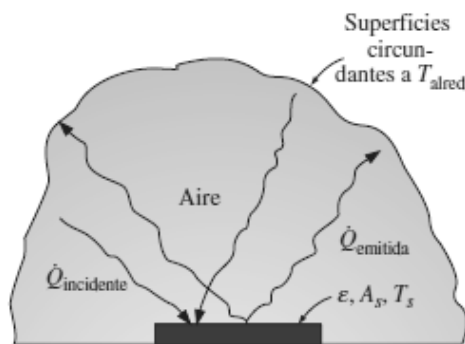


Figura 12. Transferencia de calor por radiación entre una superficie y las superficies que la rodean [23].

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

El presente proyecto se realiza en el campus La María de la Universidad técnica Estatal de Quevedo como se indica en la Figura 13. En este lugar se llevó a cabo el proceso de incubación de huevos fértiles de gallina.



Figura 13. Ubicación geográfica del lugar de desarrollo de la presente tesis [24].

Las condiciones climáticas que presenta este sector son muy amigables en cuando al proceso de incubación natural, ya que en sus alrededores existen producción y crianza de pollos en condiciones naturales; en la Tabla 3 se establecen las condiciones climáticas de la ubicación.

Tabla 3. Propiedades termodinámicas de ubicación de desarrollo de incubación artificial.

Variable	Día
Velocidad del viento	10 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$
Temperatura	21 - 34 °C
Presión atmosférica	1030 hPa
Humedad relativa	89 % rH
Altura real	74 m

3.2. Métodos de investigación

3.2.1. Método cuantitativo

Con ayuda de este método se podrá contabilizar el número de huevos a ser incubados en un determinado tiempo utilizando Excel, analizando si todos los huevos llegan al nacimiento.

3.2.2. Método deductivo

Proporciona la capacidad de deducir el modelo de incubadora que será realizado, modelo que pueda girar las cubetas de huevos a un ángulo de 45° de manera manual, evitando que el centro del huevo se adhiera al cascaron.

3.2.3. Método experimental

Una vez construida la incubadora de huevos se podrá observar y experimentar el correcto funcionamiento de la incubadora para el buen desarrollo de los huevos fértiles para su nacimiento y el proceso de desarrollo en los 21 días que dura la incubación.

3.3. Tipo de investigación

3.3.1. Investigación Bibliográfica

Mediante la investigación bibliográfica se recolectará información obtenida de libros, revistas, trabajos académicos, entre otros, para facilitar el conocimiento necesario para la correcta construcción de la incubadora y que pueda realizar un correcto funcionamiento.

3.3.2. Investigación Linkográfica

La investigación linkográfica permitirá recopilar información de recursos obtenidos de internet como lo son los sitios web, repositorios digitales. Mediante estos recursos se podrá obtener información importante para la elaboración del diseño y construcción de la incubadora.

3.3.3. Investigación Diagnóstica

Permitirá identificar factores importantes a la hora de la construcción de la incubadora, incluso antes mediante el diseño, permitiendo realizar un análisis que lleva a un estudio que posteriormente conlleva a la solución de un problema como lo es mover todos los huevos manualmente.

3.4. Fuentes de recopilación de información

3.4.1. Fuentes primarias.

La información de primera mano que se obtiene en el presente proyecto de investigación es registrada por medio de los instrumentos de medición utilizados en el proceso de incubación de huevos fértiles. Esta información permitirá tomar en cuenta aquellas variables y factores que intervienen directamente con el proceso de incubación de modo que pueden afectar positiva o negativamente.

3.4.2. Fuentes secundarias.

Estas fuentes son la recopilación de información de libros, artículos científicos, informes que están basadas en los requerimientos de las fuentes primarias, lo que permite tener de forma completa el desarrollo de la máquina para el proceso de incubación.

3.5. Diseño de investigación

3.5.1. Diseño metodológico

La metodología inicia con la investigación del proceso de incubación de los huevos, ya que esto permite tener en cuenta el cuidado y seguimiento que se debe dar a cada uno de

ellos. Se debe seguir cierto procedimiento como se muestra en la Figura 11 que permite asegurar un óptimo, eficaz y seguro funcionamiento.

Mediciones experimentales

Parte necesaria que permite determinar pérdidas y ganancia en el proceso de incubación son los datos y mediciones experimentales que son las siguientes:

- **Peso del huevo:** esta variable se determina durante la recolección y selección de los huevos, para ello se hace uso de una balanza que permita obtener un valor exacto del peso del huevo [25].
- **Viabilidad:** esta variable representa el número de pollitos que han nacido con vida de los huevos clasificados como fértiles, se representa en porcentaje. La ecuación (1) muestra la viabilidad de una incubadora:

$$Viabilidad = \frac{N \text{ pollitos nacidos vivos}}{n \text{ huevos fértiles}} * 100 [\%] \quad (1)$$

- **Eclosionalidad:** permite determinar la cantidad de huevos que se romperán al nacer los pollos, es decir, cuantos del total colocados fueron aptos para producir. La ecuación (2) muestra la eclosionalidad:

$$Eclosionalidad = \frac{N \text{ pollitos nacidos}}{n \text{ huevos colocados}} * 100 [\%] \quad (2)$$

- La ecuación (3) muestra la mortalidad de los pollitos al primer día de nacidos:

$$Mortalidad = \frac{N \text{ pollitos muertos}}{N \text{ pollitos nacidos vivos}} * 100 [\%] \quad (3)$$

- La ecuación (4) muestra la fertilidad relacionando el número de huevos fértiles con número de huevos colocados:

$$Fertilidad = \frac{n \text{ huevos fértiles}}{n \text{ huevos colocados}} * 100 [\%] \quad (4)$$

- La ecuación (5) muestra la eficiencia de la incubadora relacionando eclosionalidad y fertilidad:

$$Eficiencia = \frac{N \text{ pollitos muertos}}{N \text{ pollitos nacidos vivos}} * 100 [\%] \quad (5)$$

Mapa de procedimiento metodológico para el desarrollo de las pruebas con la incubadora.

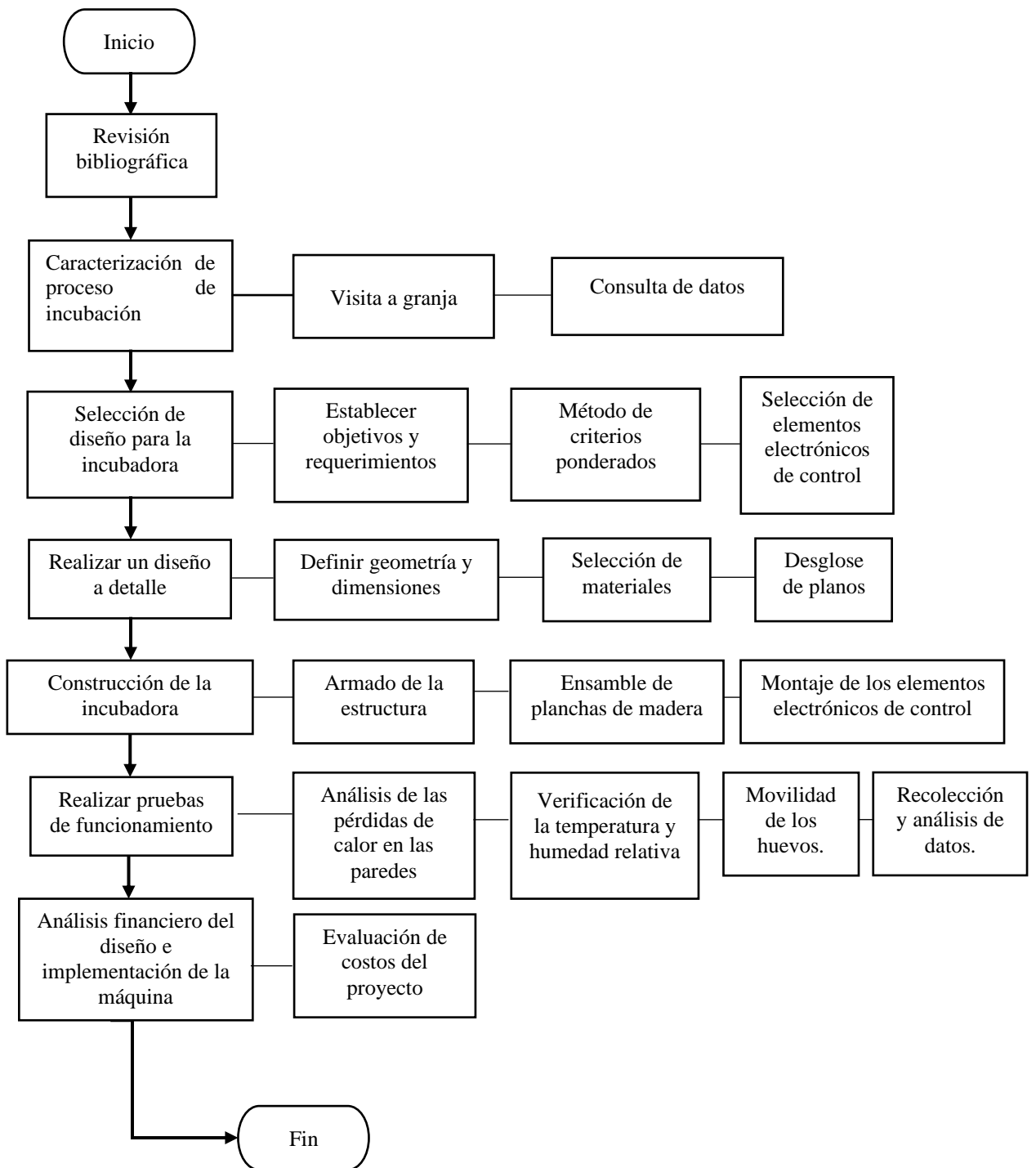


Figura 14. Mapa de procedimiento metodológico para el desarrollo de las pruebas con la incubadora.

Conducción a través de paredes en serie

Si hay más de un material presente, como en la pared multicapa que se muestra a continuación, la ecuación (6) muestra el análisis de los gradientes de temperatura, y el flujo de calor:

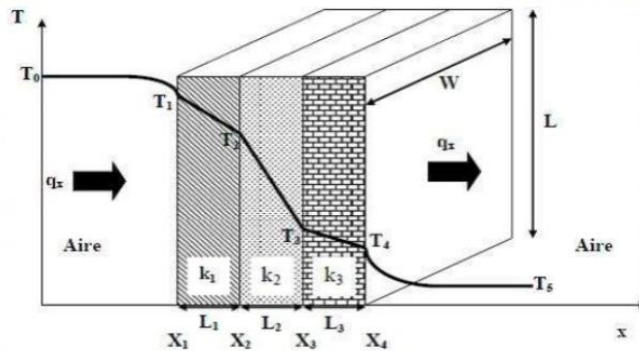


Figura 15. Conducción a través de paredes en serie.

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{R_A} = \frac{T_2 - T_3}{R_B} = \frac{T_3 - T_4}{R_C} = \frac{T_4 - T_\infty}{R_D} \quad (6)$$

Donde:

Q = Calor de paredes.

$R_{A,B,C}$ = Resistencia térmica de las paredes.

R_D = Resistencia térmica convección del aire.

$T_{1,2,3,4}$ = Temperatura de las paredes

T_∞ = Temperatura del aire exterior.

La conducción de calor a través de la pared compuesta por tres capas se expresa con la ecuación (7):

$$Q = \frac{T_1 - T_4}{R_T} \quad (7)$$

La suma de todas las resistencias se expresa como R_T :

$$R_T = R_A + R_B + R_C + R_D$$

Cada resistencia térmica se calcula de la siguiente manera:

$$R_A = \frac{L_A}{k_A A}$$

$$R_B = \frac{L_B}{k_B A}$$

$$R_C = \frac{L_C}{k_C A}$$

$$R_D = \frac{1}{hA}$$

Donde:

$L_{A,B,C}$ = Espesor de la pared.

$k_{A,B,C}$ = Conductividad térmica del material de la pared.

A = Área de la pared.

h = Coeficiente de convección del aire.

Reemplazando las resistencias térmicas se obtiene la ecuación (8):

$$R_T = \frac{L_A}{k_A A} + \frac{L_B}{k_B A} + \frac{L_C}{k_C A} + \frac{1}{hA} \quad (8)$$

La ecuación (8) se reemplaza en la ecuación (7) y se obtiene la ecuación (9) que describe la conducción de calor a través de paredes en serie:

$$Q = \frac{T_1 - T_4}{\frac{L_A}{k_A A} + \frac{L_B}{k_B A} + \frac{L_C}{k_C A} + \frac{1}{hA}} \quad (9)$$

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Termohigrómetro

Este es un instrumento electrónico que permite obtener lecturas de temperatura (T) y de humedad relativa (HR) del medio en el que se encuentran instalados, estos datos se muestran en versiones básicas, mientras que otras más avanzadas muestran otro tipo de datos incluso el tiempo. Este aparato permite un constante monitoreo de los parámetros ambientales exteriores, para este caso será usado para monitorear las condiciones dentro de la cámara de incubación; los tipos de termohigrómetro son: analógicos, digitales, de interior, para colgar, portátiles y de exterior. El termohigrómetro utilizado cuenta de las especificaciones de la Tabla 4, además que permite lectura dual, lectura de alta precisión, sensor remoto con 1,5 m de cable. La figura 15 muestra la forma física del termohigrómetro. [26].



Figura 16. Termohigrómetro digital para interiores de montaje en panel [27].

Tabla 4. Especificaciones técnicas de termómetro digital higrómetro para panel [27].

Rango de temperatura	-50 °C ± 70 °C
Resolución de visualización de temperatura	0,1 °C
Precisión de medición de temperatura	± 1 °C
Medición de humedad	10% RH – 99 % RH

Precisión de humedad	± 5%
Resolución de humedad	1% RH
Ciclo de muestreo de humedad	10 s o 1 min
Dimensiones	48 x 28,6 x 15,2 mm
Tamaño LCD	35,7 x 16,8 mm

3.6.2. Termostato

Los huevos de gallina deben estar en un ambiente bastante específico que le permita al embrión desarrollarse y eclosionar con éxito. El parámetro más importante es la temperatura ya que esta debe estar entre 37° y 38° C y mantener una humedad relativa de 50 – 65%. El termostato se divide en tres tipos: el bimetálico que es un modelo mecánico que consta de un metal que se mueve permitiendo la conexión eléctrica se abra o cierre al detectar un cambio de temperatura. El modelo electrónico formado por un micro interruptor que permite activar o desactivar la energía. El termostato digital el cual permite el control gracias a la interfaz de pantalla que permite observar los cambios de temperatura [28].

La temperatura óptima de incubación es de 37,7°C. El termostato electromecánico se requiere poner un termómetro en la caja para revisar que la temperatura se conserve estable. El termostato digital cuenta con una sonda y un sensor que sugiere la temperatura alcanzada, y se programa para que se encienda y apague según sea requerido. Para ello se utilizará el termostato STC 3028 que cuenta con dos pantallas donde muestra la temperatura y humedad, y soporta la calibración de la mismas, mostrando sus especificaciones técnicas en la Tabla 5 y su configuración eléctrica para el correcto funcionamiento en la figura 16: [29].

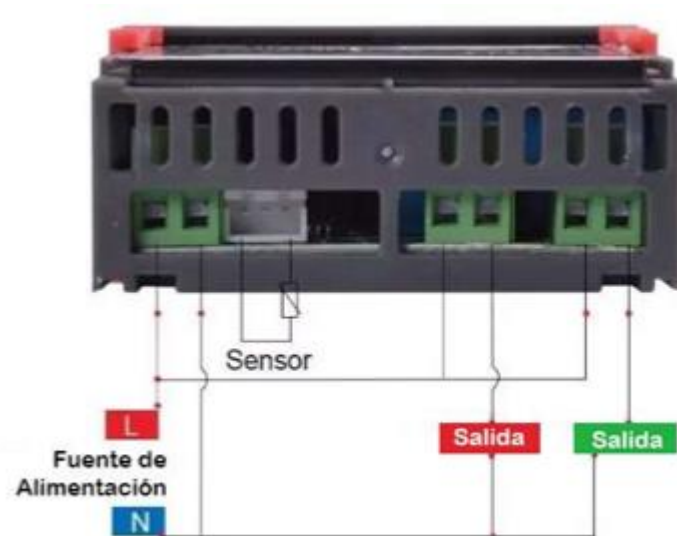


Figura 16. Circuito eléctrico termostato STC 3028

Tabla 5. Especificaciones técnicas del termostato Aideepen STC 3028 implementado en la incubadora [30].

Modelo	STC-3028
Voltaje de entrada	AC 110, 220V, DC 24V, DC 12V
Rango de temperatura de medición	$-50^{\circ} \pm 110^{\circ}$
Rango de humedad de medición	00% RH \pm 100% RH
Precisión	0,1% RH
Salida de relé capacidad de contacto	10 A/240 VAC
Material de la carcasa	Policarbonato + ABS ignifugo

3.6.3. Multímetro

También denominados polímetro o tester, es una herramienta que permite la medición de picos y variaciones de electricidad, de modo q puede realizarse métricas eléctricas con exactitud y también permite obtener otros datos importantes. Este equipo es de dos tipos,

digital y analógico; el multímetro permite mediciones como: voltaje, amperaje, resistencia eléctrica, capacitancia, probador de diodos, probador de continuidad [31].

3.6.4. Fuente de humedad

En las incubadoras es indispensable aplicar un dispositivo que se encargue de mantener la humedad de la cámara de incubación. Para incubadoras pequeñas, la humedad se puede conseguir por la evaporación de agua de una charola metálica o de plástico [10].

3.6.5. Fuente de calor

Resistencias: Las resistencias son sistemas caloríficos que proporcionan el calor necesario para el correcto desarrollo de los embriones. Las resistencias se conectan a un termostato que controle la emisión de calor de las resistencias para que la temperatura de la incubadora esté a la medida de la temperatura óptima de incubación [32].

Por ello, la potencia que tenga la resistencia va a depender del volumen de aire que se desea calentar dentro de la incubadora, este valor puede ir de 50 watts hasta los 150 watts con capacidad para calentar alrededor de 30 a 70 huevos [7].

Bombillas: esta es una de las formas más fáciles para proporcionar la temperatura necesaria para calentar los huevos, estas bombillas pueden ser de tipo lámparas o bombillas infrarrojas. Pueden ser de color rojo o blanco y varían las potencias según los vatios. Otra opción son las bombillas cerámicas que duran mucho más pero no alumbran, con lo que sería recomendable apoyarlas con iluminación LED [33].

3.7. Recursos humanos y materiales

3.7.1. Recursos Humanos

- Docente tutor: Ing. Ernesto Ruano.
- Encargado del campo avícola: Ing. Piedad Yépez
- Autores.

3.7.2. Recursos materiales

- Cámara para realizar la toma de fotos necesarias para el proyecto.
- Transporte para poder llegar al campo avícola.

- Computadora para realizar el proyecto.
- SolidWorks que permite el diseño de la incubadora.
- Equipos: Soldadora.
- Materiales para la construcción de la incubadora:
 - Termostato: Medirá la temperatura y humedad dentro de la incubadora evitando el aumento o disminución de la temperatura y humedad.
 - Resistencias: Generan calor.
 - Madera, espuma Flex, metal, tornillos: Necesarias para la construcción de la incubadora.
 - Cubetas: Sostendrán los huevos dentro de la incubadora.
 - Ventilador: Mantiene el nivel de humedad adecuado.
 - Destornillador: Para ajustar los tornillos.

La incubadora de huevo pretende tener un tamaño aproximado de 70cm x 130cm, cuyo peso sería equivalente a los materiales que serán usados para la construcción.

CAPÍTULOS IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Selección del tipo de incubadora

4.1.2. .

Requerimientos de diseño:

Las especificaciones de diseño son dadas por el cliente y son:

- Temperatura de operación entre 37 °C y 40°C
- Capacidad para alrededor de 160 a 200 huevos
- Movilidad de los huevos a 45° arriba y debajo del plano horizontal.
- Control de la humedad relativa.
- La construcción del equipo debe hacerse al menor precio posible.
- El equipo debe tener un material aislada para evitar la pérdida de calor.
- El equipo deber tener la rigidez suficiente para soportar la carga estructural.

Para la elaboración del diseño se hace un análisis comparativo entre los tipos de incubadoras que hay en el mercado. Se realiza con el método de criterios ponderados para escoger el mejor diseño que se adapte a las condiciones requeridas.

Los puntajes para cada criterio en la matriz de selección se dan con valores del 1 al 10, donde 1 es el puntaje más bajo posible y 10 es el puntaje más alto posible. El factor de ponderación para cada criterio se especifica a continuación:

Productividad: se tiene en cuenta la cantidad de huevos incubados, teniendo el mayor puntaje el que dé más capacidad y el de menor capacidad será de 1. La ponderación tiene un valor de 0,25.

Costo: Se tiene en cuenta el precio de mercado actual, el material más barato recibirá una calificación de 10 y el más caro de 1. A este parámetro se le ha asignado un factor de ponderación de 0,40.

Construcción: La fabricación y montaje de piezas no debe ser demasiado complicada, es deseable que el diseño sea sobresaliente, pero no complicado en la construcción. La ponderación tiene un valor de 0,35.

Tabla 6. Matriz de criterios ponderados para la selección de tipo de incubadora

Alternativa	Criterio			
	Productividad	Costos	Construcción	Total
Factor de ponderación	0,25	0,40	0,35	1
Incubadora horizontal	5	9	9	8
Incubadora vertical	8	4	6	5,7
Incubadora de circulación interna	10	2	4	4,7

Para el factor de productividad, se obtuvo el valor de 10 en la incubadora de circulación interna, debido a la ventaja que posee de una mayor capacidad de huevos, incluso las personas pueden caminar dentro de la incubadora. En el factor de costos, la incubadora horizontal posee el puntaje más alto es de 9, ya que es mas compacta que las demás y estas no son automatizadas, siendo estas de precios cómodos. Así mismo la incubadora horizontal obtuvo el factor de construcción más alto con un valor de 9 por su fácil manufactura debido a los materiales utilizados, que no se necesita de máquinas especializadas.

La incubadora horizontal es la que presenta el mayor puntaje con un valor de 8, de acuerdo matriz de criterios ponderados para selección de tipo de incubadora. Su diseño simplificado hace que sea menos propenso a fallas técnicas y es más fácil de mantener. La incubadora horizontal que será construida tiene una capacidad de 180 huevos que supera la capacidad de la incubadora de la UTEQ de 100 huevos aproximadamente.

4.1.3. Selección y resistencia de materiales.

Se ha procurado materiales resistentes que alarguen la vida útil de la incubadora y aporten con los parámetros requeridos para la incubación.

Materiales para el recubrimiento:

Madera tríplex

Es un tipo de tablero compuesto por varias capas de madera encoladas entre sí de forma cruzada, lo que le da mayor resistencia y estabilidad. Se ha escogido este tipo de madera ya que, al tener una mayor resistencia y estabilidad que la madera maciza, soportan aplicaciones que requieren una mayor resistencia a la humedad, el desgaste y la deformación. Estas son algunas propiedades mecánicas para la madera tríplex de 15 mm:

El esfuerzo de fluencia = 35 – 40 MPa

Resistencia a la torsión = 60-90 Nm, siempre y cuando la carga de torsión se aplique perpendicularmente a las capas de la madera tríplex.

La conductividad térmica = 0,12 W/m K

El área total de madera utilizada en la incubadora es de 3,93 m² multiplicando por 0,015m de grosor, da un volumen de 0,0589m³. La densidad de la madera Tríplex varía entre 550 – 600 kg/m³, multiplicando el volumen x la densidad = 32,40 kg.

Espuma Flex (Poliestireno)

La mayoría de incubadoras artesanales o caseras son construidas con espuma Flex, ya que, es fácil de cortar y moldear, también es resistente a la deformación y mantiene su forma y firmeza durante mucho tiempo. La espuma Flex posee una conductividad térmica de 0,027 W/m K. El grosor de la espuma Flex será calculado más adelante.

Vidrio

El vidrio forma parte de las puertas y sus propiedades mecánicas:

Resistencia a la flexión = 120 MPa y la tensión de trabajo es de 50 MPa.

En un ensayo realizado por una empresa de cristales, un vidrio templado de 1000 x 330mm con 3 mm de grosor, se produce la rotura bajo un ángulo de 27° C equivalente a 180 kg de torsión.

Para la resistencia de impacto, otro ensayo calculó que el vidrio templado de 6mm de grosor, resiste al choque de una bola de acero de 400 gramos en caída libre en una altura de 2 metros.

Según estas propiedades mecánicas, se utilizará un vidrio templado de grosor = 6 mm, cuyas medidas son 790 x 390mm para la parte superior o área de incubación y un vidrio de 800 x 85 mm para la parte inferior de la incubadora o área de nacimiento. Si sumamos las áreas de ambos vidrios obtenemos un área de 1590 mm x 475 mm x 6mm, lo que da un volumen de 4542,5 cm³. La densidad del vidrio es de 2,5 g/cm³, por lo que la masa es igual a 11356,25 g = 11,4 kg.

Materiales para la estructura:

Ángulos de acero

Son ideales para soportar grandes cargas y resistir tensiones. Toda la estructura de la incubadora será construida por ángulos de acero, incluyendo las bases para las cubetas.

El material del acero es ASTM A36, sus propiedades mecánicas son:

Límite de fluencia = 250 MPa

Resistencia a la tracción = 400 MPa

Módulo de elasticidad = 250 MPa

Las medidas del ángulo de acero es de 40 mm x 3mm ya que proporcionan suficiente espacio para atornillar la madera y soporte de todo el peso de la incubadora. El largo total de ángulo utilizado en el diseño de la incubadora es de 20,8m. Según el catálogo del ángulo, cada metro pesa 1,81 kg/m, si multiplicamos 20,8m x 1,81 kg/m obtenemos 37,64 kg en los ángulos utilizados.

Sumando los pesos de los materiales ya mencionados en esta sección, se obtiene una masa total de 47,87 kg + 37,64 kg de los ángulos, da un total de 85,51 kg de masa aproximada

de la incubadora, a este valor se le incluye la masa de todos los huevos de 10,8 kg para calcular el peso total de la incubadora:

$$Peso = m * g$$

$$Peso = 96,31 \text{ kg} * \frac{9,81 \text{ m}}{\text{s}^2} = 944,8 \text{ N}$$

Se observa que el peso, no es un valor crítico para un ángulo de acero, por lo cual la estructura puede soportar pesos mucho mayores al que posee la incubadora con todos los huevos dentro.

Factor de seguridad en las columnas de la incubadora

La siguiente ecuación permitirá saber si la columna es intermedia.

$$\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

Donde:

K = Factor de longitud efectiva

L = Longitud de la columna

E = Módulo de elasticidad del acero

r = Radio de giro mínimo

F_y = Esfuerzo de fluencia

En la Figura 17 se observa la Tabla 5.1 del libro “Diseño de estructuras de acero. 5ta Edición” se escoge el valor de 0,65 para K, debido que las columnas tienen rotación y traslación impedidas y es un valor recomendado de diseño cuando las condiciones reales son aproximadas.

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y$$

Donde:

F_{cr} = Esfuerzo crítico

F_y = Esfuerzo de fluencia

F_e = Esfuerzo de Euler

Para calcular el esfuerzo de Euler se utiliza la siguiente ecuación:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 * 29000 \text{ ksi}}{\left(\frac{0,65 * 53,15 \text{ pulg}}{0,391 \text{ pulg}} \right)^2}$$

$$F_e = 36,66 \text{ ksi}$$

Habiendo calculado el esfuerzo de Euler se procede a calcular el factor crítico:

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{36 \text{ ksi}}{36,66 \text{ ksi}} \right] 36 \text{ ksi}$$

$$F_{cr} = 23,86 \text{ ksi}$$

Factor de seguridad

$$F_s = \frac{F_{cr}}{F_{real}}$$

Para obtener el factor real se debe calcular el peso que soporta cada columna de la incubadora siendo que son cuatro columnas.

El peso total de la incubadora es 944,8 N dividido para las cuatro columnas da 209,84 N este valor se divide para el área del ángulo y se obtiene un valor en Pascales que se convertirá a ksi.

$$\frac{209,84N}{0,00023m^2} = 908398,27 \frac{N}{m^2} = 0,1317ksi$$

Teniendo el Factor real se procede a calcular el factor de seguridad:

$$F_s = \frac{23,86 ksi}{0,13 ksi} = 183,53$$

Se puede observar que el factor de seguridad es demasiado alto debido a que el peso que soportará la estructura no es un valor alto para una estructura de acero.

Platinas de acero

Al igual que los ángulos de acero poseen una serie de beneficios, tales como, resistencia, versatilidad, durabilidad, entre otros. Las platinas de acero serán utilizadas para sostener las bases para las cubetas y como palanca para el mecanismo de movimiento de los huevos. Las medidas de las platinas a ser usadas son de 50 mm x 3 mm, y en el caso de los soportes para los bases de las cubetas, se unen dos platinas para mayor estabilidad. También poseen las mismas propiedades mecánicas que los ángulos al ser un acero ASTM A36 del mismo grosor. El largo total de platinas utilizadas en la incubadora es de 3,45 m. Según el catálogo de la platina, cada metro pesa 1,18 kg/m, si multiplicamos 3,45 m x 1,18 kg/m obtenemos 4,07 kg.

Rodamientos

Para saber el peso que se ejerce en la base para las cubetas, sumamos el peso de la base para las cubetas más 90 huevos, que es la capacidad por base para cubetas:

La longitud total de ángulo de acero que posee cada base para las cubetas es de 2,35 m x 1,81 kg/m = 4,25 kg.

Un huevo pesa un promedio de 60 g * 90 = 5400 g = 5,4 kg

$$Peso = 4,25 kg + 5,4 kg = 9,65 kg * 9,81 \frac{m}{s^2} = 94,65 N = 0,095kN$$

Esta carga es ejercida en dos rodamientos y es un valor muy inferior a lo que puede soportar un rodamiento. En función de la carga que es de baja magnitud, y de acuerdo con el diámetro del eje de 10 mm, se selecciona el rodamiento NTN 6200LLUC3, cuya vida útil se alarga debido a la poca carga que soporta y las mínimas revoluciones que realiza en una semana.

La incubadora posee 4 rodamientos NTN 6200LLUC3 que sujetan las bases de las cubetas permitiendo su movimiento a 90°. Las bases para las cubetas se mueven 3 veces al día lo que da un total de 270° por día asumiendo que las 3 veces se movieron a 90°, por lo cual se puede decir que no completa una vuelta por día. Las medidas de los rodamientos son:

Diámetro interior = 10 mm

Diámetro exterior = 30 mm

Ancho del rodamiento = 9 mm

Capacidad carga estática = 2,39 kN

Accesorios:

Cubetas para huevos

El campo avícola de la UTEQ, posee un gran número de cubetas para huevos, las cuales no se están utilizando. Para la construcción de la incubadora se utilizará las cubetas de la UTEQ, cuyas dimensiones son de 29 cm x 29 cm y posee una capacidad de 30 huevos. En las bases para las cubetas que posee la incubadora caben tres cubetas por bases, dando un total de 6 cubetas y 180 huevos.

Pernos, tuercas, anillos

Estos materiales son los encargados de sostener la madera a la estructura, para conocer el esfuerzo cortante se debe considerar el peso de la madera dividida por todos los pernos que la sostienen:

$$\tau = F / A$$

Donde:

τ = Esfuerzo constante.

F = Fuerza ejercida por la madera.

A = Área del perno

El diámetro del perno es de ¼ pulg= 6,35mm que es $3,165 \times 10^{-5} m^2$ multiplicado por 6 pernos que sostienen una plancha de madera lateral de la incubadora, da un resultado de $1,90 \times 10^{-4} m^2$.

Se calcula la masa de una plancha de madera lateral de la incubadora:

Volumen = $0,97 \times 0,44 \times 0,015 \text{ m} = 0,0064 \text{ m}^3$.

Densidad madera triplex = 550 kg/m^3

$$Masa = 550 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,0064 \text{ m}^3 = 3,52 \text{ kg}$$

Para obtener el peso:

$$Peso = masa * gravedad$$

$$Peso = 3,52 \text{ kg} * \frac{9,81 \text{ m}}{\text{s}^2} = 34 \text{ N}$$

El peso equivale a la fuerza, aplicando la fórmula de esfuerzo cortante:

$$\tau = 34 \text{ N} / 1,90 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 178947,36 \text{ Pa} = 0,179 \text{ MPa}$$

Puede observarse que tiene un esfuerzo cortante muy bajo. Sin embargo, se utiliza un perno de ¼ pulg para ajustar adecuadamente la madera a la estructura, tomando en cuenta también que una broca muy pequeña dificultaría realizar los agujeros en la estructura.

Bisagras.

Las bisagras sostienen las puertas y permiten su movimiento. La puerta de la sección de incubación tiene 3 bisagras, y la puerta de la sección inferior tiene 2 bisagras.

4.1.4. Mecanismo de movimiento para todos los huevos.

La palanca que realiza el movimiento de las cubetas tiene un dimensionamiento de 700 mm de largo x 50 mm de ancho x 3 mm de grosor. La palanca se conecta a las bases de las cubetas por medio de un eje que pasa por una ranura de 35 mm de largo x 10 mm de

ancho. La separación de cada base que sostienen las cubetas es de 20 cm, esta separación permite colocar y quitar los huevos de una manera segura y simple.

En la Figura 17 se observa que la palanca sostiene las dos bases de cubetas con un eje que conecta la palanca a las ranuras. Para sostener la palanca a la mitad, se utiliza un tornillo en la parte superior, debido a que cada agujero representa un ángulo diferente.

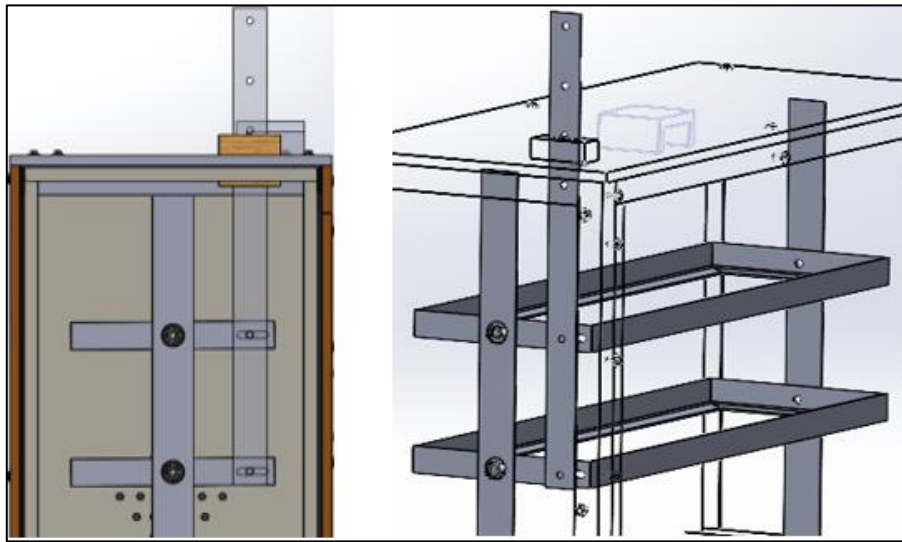


Figura 18. Palanca sosteniendo las bases para cubetas de forma horizontal.

En la Figura 18 y 19. Se observa como la palanca ha desplazado las bases para las cubetas a 45° tanto para arriba como para abajo. El eje se desliza a través de la ranura evitando que la palanca gire de manera horizontal y su movimiento sea únicamente de manera vertical.

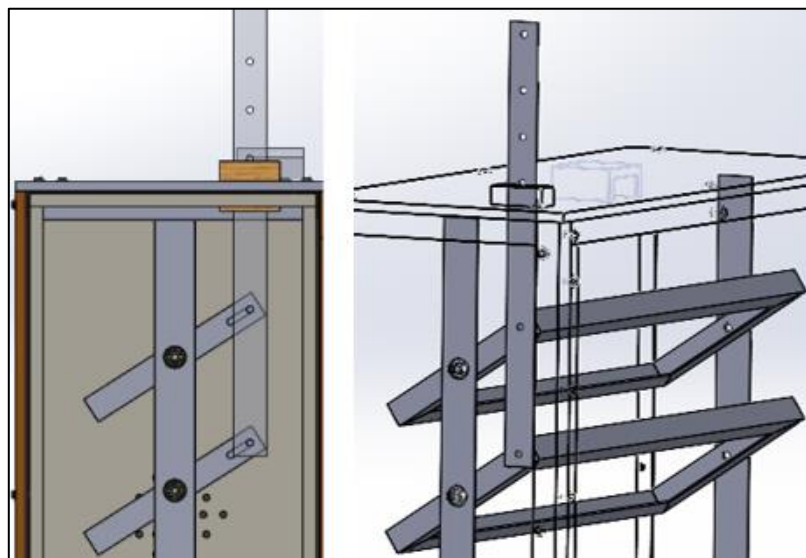


Figura 19. Palanca sosteniendo las bases para cubetas de forma vertical hacia arriba.

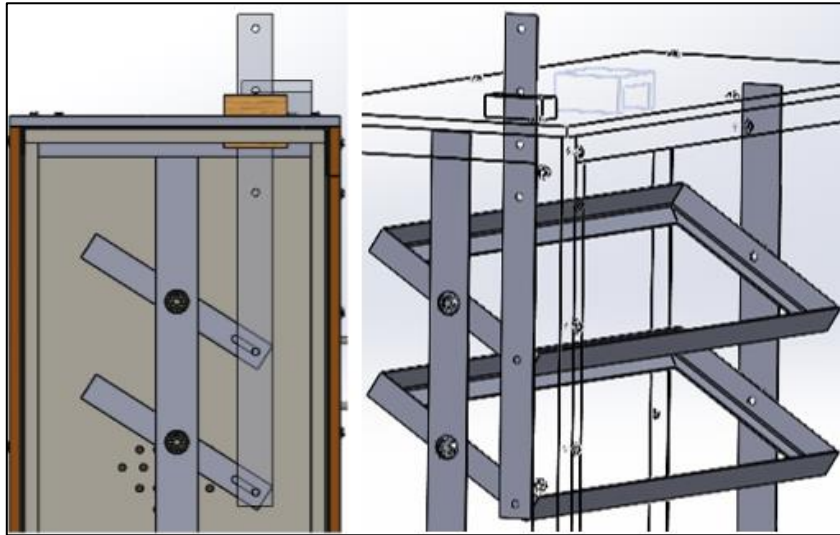


Figura 20. Palanca sosteniendo las bases para cubetas de forma vertical hacia abajo.

Este mecanismo fue realizado de manera práctica en SolidWorks, simulando su movimiento y analizando su función. Al realizar la prueba de funcionamiento de este mecanismo, se pudo observar que cumple con lo requerido, se mueve 45° hacia arriba y hacia abajo, para facilitar su movimiento se puede aplicar lubricante o encerar el área que se mueve en el soporte de sujeción de la palanca. La altura que alcanza la palanca en la incubadora al subirla completamente es de 1,65 metros, por lo que una persona con un tamaño promedio de 1,60 metros no tendría problemas en usar este mecanismo. Al mover el mecanismo se debe hacerlo lentamente para no perjudicar el desarrollo de los huevos.

4.2. Cálculo de energía necesaria para elevar la temperatura de la incubadora.

Las dimensiones de la incubadora son 100 x 40 x 65cm en la sección superior o de incubación y en la sección inferior o de nacimiento son 100x 40 x 20 cm.

Volumen superior = $260000 \text{ cm}^3 = 0,26 \text{ m}^3$ de aire en el interior.

Volumen inferior = $80000 \text{ cm}^3 = 0,08 \text{ m}^3$ de aire en el interior.

Densidad del aire = $1,25 \text{ kg/m}^3$

Masa total del aire en la sección superior = Volumen superior * $1,25 \text{ kg/m}^3 = 0,325 \text{ kg}$

Masa total del aire en la sección inferior = Volumen inferior * $1,25 \text{ kg/m}^3 = 0,01 \text{ kg}$

Calor específico a volumen constante para el aire $C_v = 0,718 \text{ KJ/Kg} \cdot \text{K}$

La temperatura del aire en la ciudad de Quevedo ronda los 27°C , pero para realizar el cálculo se considerará una temperatura más baja de $T_1 = 22^\circ\text{C}$ por causa de la temperatura en las noches.

La temperatura final es la máxima temperatura de la incubadora $T_2 = 38^\circ\text{C}$.

Se realiza un balance de energía en el interior de la incubadora para la sección superior:

$$Q = m * (T_2 - T_1) * C_v$$

$$Q = 0,325 \text{ kg} * (38 - 22)^\circ\text{C} * 0,718 \text{ KJ/Kg} * \text{K}$$

$$Q = 3,73 \text{ KJ} = 3730 \text{ J}$$

Para la sección inferior se realiza el mismo proceso cambiando el valor de la masa y se obtiene que $Q = 0,11 \text{ KJ} = 114,88 \text{ J}$

Estas energías deben aplicarse en la incubadora para lograr un ambiente estable.

Para el cálculo se toma un tiempo de 10 minutos, con la finalidad de tener rango de confianza sobre los cálculos realizados, debido a que en 10 minutos el calor ya comienza a fluir dentro de la incubadora.

Tiempo = 600 segundos

Energía total sección superior = 3730 J

Potencia a disipar = $Q/t = 3730\text{J}/600\text{s} = 6,21 \text{ W}$ en estado transitorio.

Energía total sección inferior = 114,88 J

Potencia a disipar = $Q/t = 114,88\text{J}/600\text{s} = 0,19 \text{ W}$ en estado transitorio.

4.2.1. Cálculo del calor requerido por los huevos

Se realiza un balance de energía utilizando la masa de los huevos:

$$Q = m * (T_2 - T_1) * C_v$$

La masa promedio un huevo es = 60 g, 180 huevos * 60g = 10800 g = 10,8 kg.

El huevo posee un 73% de agua en su peso total, por lo cual para efectos de cálculos se tomará las características del agua, siendo $C_{V_{\text{huevo}}}$ (Calor específico a volumen constante) = $C_{p_{\text{agua}}}$ (calor específico a presión constante) = 4,18 KJ/Kg°C

Reemplazando datos:

$$Q = 10,8 \text{ kg} * (38 - 27)^\circ\text{C} * 4,18\text{KJ/Kg}^\circ\text{C}$$

$$Q = 496,58 \text{ KJ}$$

Para que los huevos alcancen 38° se debe evitar un cambio brusco de temperatura para prevenir efectos nocivos en los huevos. Por lo que un tiempo aceptable para alcanzar un estado estable es de aproximadamente 2 horas.

Potencia final= 496580 J/7200 s= 68,96 W es la potencia requerida para alcanzar un estado estable.

Para la sección de nacimiento no se puede considerar este valor, debido a que los pollitos están por nacer, algunos nacen hasta 3 días antes de los 21 días, por lo cual no se puede usar el mismo calor específico, tomando en cuenta que la agrupación de los pollitos durante su estadía en la sección de nacimiento hace que generen su propio calor.

4.3. Pérdidas de calor en la incubadora

4.3.1. Pérdidas de energía al abrir la puerta

Para realizar el cálculo de estos datos, se experimentó con la incubadora de la universidad apagando la fuente de calor (foco) cuando la temperatura interior era 38°C, el tiempo que demoró hasta alcanzar la temperatura del ambiente 27°C fue de 230 – 240 segundos en promedio.

De acuerdo a estos datos, se procede a utilizar 240 segundos para calcular la energía que debe reponer el sistema durante el funcionamiento de la incubadora:

Energía total en la incubadora hasta establecerse con la temperatura ambiental = 3730 J

Tiempo en el que el calor alcanza la temperatura ambiente = 240 s

Tiempo total = 240 s

Energía total = 3730 J

$$\text{Potencia a disipar} = \frac{Q}{t} = 3730\text{J}/240\text{s} = 15,54\text{ W}$$

Este mismo valor es considerado para la sección inferior ya que se emplea el mismo procedimiento.

4.3.2. Pérdidas de calor a través de las paredes de la incubadora (sección superior o incubación)

Cálculo del coeficiente de convección del aire

Para poder calcular las pérdidas de calor en la sección superior de la incubadora, primero se debe deducir el coeficiente de convección del aire. Las pérdidas de las paredes de la incubadora son hacia el exterior, por lo que se procede a utilizar un coeficiente de convección del aire externo a la incubadora. Para los cálculos se tiene los siguientes datos:

Como la incubadora se encontrará en un lugar cerrado se utilizará la velocidad del aire ligero.

$$\text{Velocidad del aire} = 2,2\text{ m/s}^2.$$

Temperatura promedio o película utilizando la temperatura máxima de la incubadora y la temperatura ambiente.

$$T_{prom} = \frac{(27 + 38)^{\circ}\text{C}}{2} = 32,5\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Se realiza una interpolación de aire a 1 atm para la temperatura promedio de 32,5 °C

Tabla 7. Interpolación para el aire 1 atm a una temperatura 32,5°C

°C	k (W/m · K)	μ (kg/m · s)	ρ (kg/m ³)	C _p (J/kg · K)
30	0,02588	1,872 * 10 ⁻⁵	1,164	1007
32,5	0,02606	1,8835 * 10⁻⁵	1,1545	1007
35	0,02625	1,895 * 10 ⁻⁵	1,145	1007

Se obtiene el número de Reynolds (Re):

$L = 0,659$ m medida de la altura las planchas.

$$Re = \frac{\rho v L}{\mu}$$

Donde:

ρ = densidad del aire

v = velocidad del aire

μ = viscosidad dinámica

L = longitud

$$Re = \frac{\left(1,1545 \frac{kg}{m^3}\right) \left(2,22 \frac{m}{s}\right) (0,659m)}{1,895 * 10^{-5} (kg/m \cdot s)}$$

$$Re = 88866.16$$

Se cumple que el número de Reynolds (Re) es $Re < 5 * 10^5$, lo que da un flujo laminar.

Se realiza el número de Prandtl (Pr):

$$Pr = \frac{\mu C_p}{k}$$

Donde:

μ = viscosidad dinámica

C_p = calor específico

k = conductividad térmica

$$Pr = \frac{\left(1,895 * 10^{-5} \frac{kg}{m} \cdot s\right) \left(1007 \frac{J}{kg} \cdot K\right)}{(0,02606 W/m \cdot K)}$$

$$Pr = 0,7278$$

Se cumple que el número de Prandtl (Pr) es $Pr > 0,6$ es un flujo laminar.

Para el número de Nusselt (Nu) se utiliza la siguiente ecuación de flujo laminar:

$$Nu = \frac{hL}{k} = 0,664Re^{0,5}Pr^{\frac{1}{3}}$$

$$Nu = 0,664(88866.16)^{0,5}(0,7278)^{1/3}$$

$$Nu = 178,05$$

Ya obteniendo el número de Nusselt se despeja la variable del coeficiente de calor por convección del aire (h):

$$h = \frac{Nu * k}{L}$$

$$h = \frac{(178,05) * (0,02606 W/m \cdot K)}{(0,659m)}$$

$$h = 7,045 \left(\frac{W}{m^2} \cdot k\right)$$

Siendo $7,045 \left(\frac{W}{m^2} \cdot k\right)$ el valor del coeficiente de calor por convección del aire que se utilizará para realizar el flujo de calor en las paredes de la incubadora para la sección superior.

Cálculo de espesor del aislante térmico.

En este apartado se calcula el espesor de espuma Flex (poliestireno), para que la incubadora pueda mantener la temperatura adecuada. Esto se realiza con el área de la pared de mayor tamaño y se determina cuántas pérdidas de calor existen con diferentes espesores. Este cálculo se lo realiza utilizando la ecuación (10).

Datos conocidos de la incubadora

$$A = 1,058m * 0,659m = 0,697 m^2$$

$$k_1 = 0,12 \text{ W/m K}$$

$$k_2 = 0,027 \text{ W/m K}$$

$$h = 19,877 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 38,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$

A= Área de la pared de mayor tamaño.

L₁ = Espesor de la madera.

k₁ = Conductividad térmica de la madera.

L₂ = Espesor de la espuma Flex.

k₂ = Conductividad térmica de la espuma Flex.

h = Coeficiente de calor por convección del aire.

T₁ = Temperatura interna de la incubadora.

T₂ = Temperatura ambiente.

$$Q = \frac{27^\circ\text{C} - 38^\circ\text{C}}{\left(\frac{1}{7,045 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} (0,697 \text{ m}^2)} \right) + \left(\frac{0,015 \text{ m}}{\left(0,12 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}\right) (0,697 \text{ m}^2)} \right)_{\text{madera}} + \left(\frac{0,01 \text{ m}}{\left(0,027 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}\right) (0,697 \text{ m}^2)} \right)_{\text{Flex}}}$$

$$Q = -12,03 \text{ W}$$

Una vez obtenido este resultado de pérdidas de calor se realiza con distintos espesores para escoger el espesor ideal.

Tabla 8. Flujo de calor perdido con diferentes espesores de aislamiento.

L_2 (m)	Q (W)
0,01	-12,03
0,015	-9,32
0,02	-7,61
0,03	-5,56

Teniendo en cuenta los resultados de la tabla 8 y considerando el precio del aislamiento térmico, la mejor solución es utilizar un aislamiento con un espesor de 2 cm, la energía perdida en este caso será 7,61 W a través de la pared más grande sin valorar los defectos por construcción y montaje.

Flujo de calor en las paredes de la incubadora (sección superior o incubación)

Una vez realizado el coeficiente de convección del aire para esta sección y el grosor del aislante térmico, se procede a realizar los cálculos. La Figura 20 muestra un diagrama de la parte superior de la incubadora que permite identificar sus partes y las variables que se van a calcular.

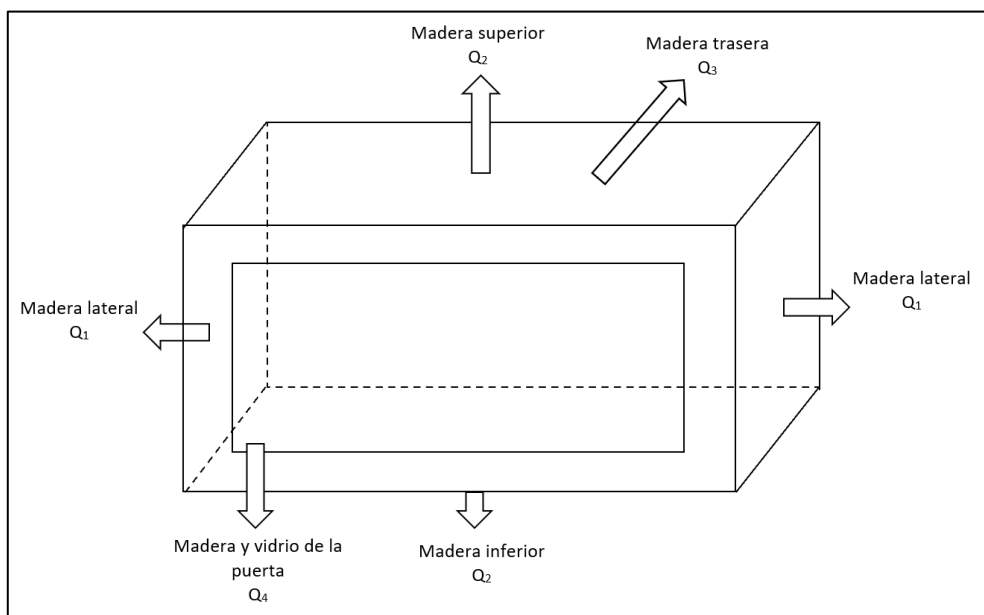


Figura 21. Análisis de la conducción a través de las paredes de la incubadora.

Se procede a usar la ecuación (10):

$$Q = \frac{T_1 - T_4}{\left(\frac{1}{hA}\right) + \left(\frac{L_1}{k_1 A}\right)_{madera} + \left(\frac{L_2}{k_2 A}\right)_{flex}}$$

Donde:

Q = Calor de paredes

L_1 = Espesor de la madera.

L_2 = Espesor de la espuma Flex

A = Área.

T_1 = Temperatura interna de la incubadora.

T_2 = Temperatura ambiente.

k_1 = Conductividad térmica de la madera.

k_2 = Conductividad térmica de la espuma Flex.

h = Coeficiente de calor por convección del aire.

Se presentan los siguientes datos para las paredes laterales:

$$A_1 = 0,659\text{m} * 0,428\text{m} = 0,282 \text{ m}^2$$

$$L_1 = 15 \text{ mm} = 0,015 \text{ m}$$

$$k_1 = 0,12 \text{ W/m K}$$

$$L_2 = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$$

$$k_2 = 0,027 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$$

$$h = 7,045 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 38,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 27 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = \frac{27^{\circ}\text{C} - 38^{\circ}\text{C}}{\left(\frac{1}{7,045 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}} (0,282 \text{ m}^2)}\right) + \left(\frac{0,015 \text{ m}}{\left(0,12 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}\right) (0,282 \text{ m}^2)}\right)_{\text{madera}} + \left(\frac{0,02 \text{ m}}{\left(0,027 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}\right) (0,282 \text{ m}^2)}\right)_{\text{Flex}}}$$

$$Q_1 = -3,08 \text{ W} * 2 = -6,16 \text{ W}$$

El resultado se lo multiplica por dos ya que son dos paredes laterales.

Para obtener el resultado de las paredes siguientes, se presenta la siguiente tabla:

Tabla 9. Flujo de calor perdido en las paredes de la incubadora (Sección superior).

L ₁ (m)	L ₂ (m)	h (W/m ² °C)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	k ₁ (W/m °C)	k ₂ (W/m °C)	Área (m ²)	Q (W)
0,015	0,02	7,045	38	27	0,12	0,027	0,282	Q ₁ = - 6,16
0,015	0,02	7,045	38	27	0,12	0,027	0,453	Q ₂ = - 9,89
0,015	0,02	7,045	38	27	0,12	0,027	0,697	Q ₃ = - 7,61

Q₁ es la pérdida de calor en las paredes lateral izquierda y derecha.

Q₂ es la pérdida de calor en las paredes superior e inferior.

Q₃ es la pérdida de calor en la pared posterior.

El flujo de calor en la parte frontal de la incubadora se la realizará en dos partes, ya que es la puerta y se compone de vidrio y madera con aislante.

Tabla 10. Flujo de calor perdido en la parte frontal, marco de la puerta.

L ₁ (m)	L ₂ (m)	h (W/m ² °C)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	k ₁ (W/m °C)	k ₂ (W/m °C)	Área (m ²)	Q (W)
0,015	0,02	7,045	38	27	0,12	0,027	0,215	Q _{4m} = - 235

Q_{4m} corresponde a la pérdida de calor en la parte de la madera con el aislante térmico.

Para la sección del vidrio se tiene la siguiente tabla.

Tabla 11. Flujo de calor perdido en la parte frontal, sección de vidrio.

$L_3(\text{m})$	$h (\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	$T_1 (^\circ\text{C})$	$T_2 (^\circ\text{C})$	$k_3(\text{W}/\text{m } ^\circ\text{C})$	Área (m^2)	Q (W)
0,006	7,045	38	27	0,053	0,2886	$Q_{4v} = -12,44$

Para calcular el Q_4 se suman las pérdidas en el marco de la puerta Q_{4m} y la parte de vidrio Q_{4v} .

$$Q_4 = Q_{4m} + Q_{4v} = (-2,35 \text{ W}) + (-12,44 \text{ W})$$

$$Q_4 = -14,79 \text{ W}$$

Se puede observar un valor alto de pérdida debido a que no se cuenta con un aislante térmico en la madera. La suma de las dos secciones es Q_4 .

Se suman todas las pérdidas calculadas de todas las paredes de la incubadora:

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q_{total} = (-6,16 \text{ W}) + (-9,89 \text{ W}) + (-7,61 \text{ W}) + (-14,79 \text{ W})$$

$$Q_{total} = -38,45 \text{ W}$$

Este es un aproximado de las pérdidas de energía que se produce en la incubadora.

4.3.3. Pérdidas de calor a través de las paredes de la incubadora (sección inferior o nacimiento)

Cálculo del coeficiente de convección del aire

La velocidad del aire y las temperaturas son las mismas que en la sección anterior, solo cambia la longitud de las planchas, entonces:

Se obtiene el número de Reynolds (Re):

$L = 0,227 \text{ m}$ medida de altura de las panchas.

$$Re = \frac{\rho v L}{\mu}$$

$$Re = \frac{\left(1,1545 \frac{kg}{m^3}\right) \left(2,22 \frac{m}{s}\right) (0,227m)}{1,895 * 10^{-5}(kg/m \cdot s)}$$

$$Re = 30701,78$$

Da un flujo laminar.

Conocemos que el número de Prandtl = 0,7278, siendo un flujo laminar.

Se procede a calcular el número de Nusselt:

$$Nu = 0,664(30701,78)^{0,5}(0,7278)^{1/3}$$

$$Nu = 104,65$$

Y por último obtenemos el coeficiente de convección:

$$h = \frac{(104,65) * (0,02606 W/m \cdot K)}{(0,227m)}$$

$$h = 12,01 \left(\frac{W}{m^2} \cdot K\right)$$

Se puede observar que el coeficiente es mayor que en la sección anterior, El coeficiente de convección no está directamente relacionado con la longitud de la superficie en contacto con el fluido. De hecho, en algunos casos, un coeficiente de convección más alto puede ocurrir en superficies más cortas.

Flujo de calor en las paredes de la incubadora (sección inferior o nacimiento)

Para realizar este análisis se tienen la temperatura ambiente que en la ciudad de Quevedo ronda en promedio los 27°C para este y la temperatura final de 37°C que es la que deben estar los pollitos al nacer. En esta sección no interviene el ventilador. La figura 21 muestra un diagrama de la parte inferior de la incubadora que permite identificar sus partes y las variables que se van a calcular.

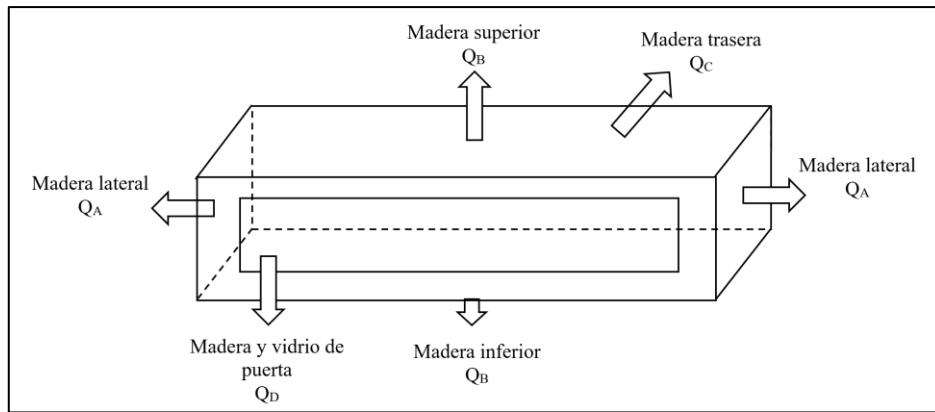


Figura 22. Análisis de la conducción a través de las paredes de la incubadora (Nacimiento).

Se utilizará la ecuación (10) para obtener los resultados presentados en la Tabla 12:

Tabla 12. Flujo de calor perdido en las paredes de la incubadora (nacimiento).

L ₁ (m)	L ₂ (m)	h (W/m ² °C)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	k ₁ (W/m °C)	k ₂ (W/m °C)	Área (m ²)	Q (W)
0,015	0,02	12,01	37	27	0,12	0,027	0,097	Q _A = - 2,04
0,015	0,02	12,01	37	27	0,12	0,027	0,453	Q _B = - 9,55
0,015	0,02	12,01	37	27	0,12	0,027	0,216	Q _C = - 4,55

Para realizar el cálculo de la parte frontal de la sección inferior de la incubadora, se considera que la parte frontal está conformada por la puerta, la cual lleva madera y vidrio. En la tabla 13 se observan los resultados obtenidos:

Tabla 13. Flujo de calor perdido en la parte frontal de la incubadora (nacimiento).

	L(m)	h (W/m ² °C)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	k (W/m °C)	Área (m ²)	Q (W)
Madera	0,015	12,01	37	27	0,12	0,148	- 7,10
Vidrio	0,006	12,01	37	27	0,053	0,068	- 3,46
Total, Q _D							- 10,56

Q_D es la pérdida total de energía que se da en la parte frontal de la sección inferior de la incubadora.

Se suman todas las pérdidas calculadas de todas las paredes de la incubadora:

$$Q_{total} = Q_A + Q_B + Q_C + Q_D$$

$$Q_{total} = (-2,04 W) + (-9,55 W) + (-4,55 W) + (-10,56 W)$$

$$Q_{total} = -26,7 W$$

Lo cual resulta en un total de $-26,7 W$ de pérdidas para sección inferior de la incubadora.

4.3.4. Cálculo de las resistencias

Para conocer la potencia que las resistencias necesitan alcanzar, se debe sumar las potencias calculadas anteriormente tanto para sección superior como para la inferior:

Tabla 14. Pérdidas totales para la sección superior de la incubadora

Energía necesaria para elevar la temperatura de la incubadora	6,21 W
Calor requerido por los huevos	68,96 W
Pérdidas al abrir la puerta	15,54 W
Pérdidas de calor a través de las paredes	38,45 W
Total	129,16 W

Se conoce que la resistencia es de 33 ohm/m, para calcular la longitud de los cables resistencia se despeja la fórmula de la potencia:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$R = \frac{V^2}{P}$$

Donde:

V = Voltaje.

R = Resistencia (ohmios)

P = Potencia

$$R = \frac{(110)^2 V}{129,16 W/2} = 187,36 \text{ ohm}$$

La potencia se divide en dos ya que dos resistencias deben alcanzar 129,16 W.

Se calcula la longitud de las dos resistencias con el resultado obtenido.

$$\text{longitud} = 187,36 \text{ ohm} / 33\text{ohm} * m = 5,68 \text{ m}$$

Se necesitan dos resistencias de 5,68 m para alcanzar 129,16 W, lo que da un total de 11,36 metros de cable resistencia.

Para la sección inferior tenemos:

Tabla 15. Pérdidas totales para la sección inferior de la incubadora

Energía necesaria para elevar la temperatura de la incubadora	0,19 W
Pérdidas al abrir la puerta	15,54 W
Pérdidas de calor a través de las paredes	26,7 W
Total	42,43 W

Para esta sección no se requiere tanta energía, por lo que solo se necesita una resistencia.

Se procede a realizar el cálculo con el total de energía perdida para la sección inferior:

$$R = \frac{(110)^2 V}{42,43 W} = 285,17 \text{ ohm}$$

Se calcula la longitud de la resistencia con el resultado obtenido.

$$\text{longitud} = 285,17 \text{ ohm} / 33\text{ohm} * m = 8,64 \text{ m}$$

Se observa que la longitud de la resistencia es mayor cuando no se requiere mucha energía. En la sección inferior de la incubadora, las pérdidas son menores al ser de un volumen menor al volumen de la sección superior.



Figura 23. Cable calefactor utilizado en la incubadora.

4.3.5. Cálculo del humidificador y ventilador

Humidificador

Para calcular la tasa de humidificación necesaria para mantener una humedad relativa del 70% en un espacio de 0.27 m^3 que es el volumen de la incubadora, se debe considerar varios factores, como la temperatura y la ventilación del área, así como la eficiencia del humidificador. Como una estimación general se puede utilizar la siguiente fórmula para calcular la tasa de humidificación requerida:

Tasa de humidificación = Volumen del espacio x (Humedad relativa deseada - Humedad relativa actual) / tiempo

Estimando que la humedad relativa actual de la incubadora es del 50% y se desea aumentarla al 70%. Si se requiere mantener la humedad relativa en el 70%, se debe humidificar el aire a una tasa que compense cualquier pérdida de humedad debido a la temperatura y la ventilación. Suponiendo que la temperatura y la ventilación del área no son un problema importante y que se quiere mantener una humedad relativa del 70% en todo momento. Si el espacio es de 0.27 m^3 , la tasa de humidificación requerida sería:

$$\text{Tasa de humidificación} = \frac{0.27 \text{ m}^3 \times (70\% - 50\%)}{1 \text{ hora}} = 0.054 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Para convertir a mililitros por hora, se multiplica por 1000:

$$Tasa\ de\ humidificación = 0.054 \frac{m^3}{hora} \times 1000 \frac{ml}{m^3} = 54\ ml/hora$$

Para mantener una humedad relativa del 70% dentro de la incubadora, se necesitaría un humidificador capaz de humidificar el aire a una tasa de al menos 54 ml/hora.

El humidificador utilizado en la incubadora es el Mist maker niebla M-12L SOBO. Posee una potencia 20 W, un bajo voltaje de 25V y una capacidad de ≥ 400 ml/h. Al ser de alta capacidad, combate contra la ventilación y temperatura de la incubadora proporcionando la humedad requerida y más, el termostato evita que los porcentajes de humedad sobrepasen los límites requeridos y configurados de 60 - 70%.



Figura 24. Humidificador Mist maker niebla M-12L SOBO.

Ventilador

Es importante tener un sistema de ventilación que permita que el aire caliente circule dentro de la incubadora y proporcione oxígeno a los huevos. Es importante tener en cuenta que la ventilación no debe ser directa para los huevos porque los secaría perjudicando a su desarrollo. En general, se recomienda que la circulación de aire sea de al menos 4 cambios por hora para mantener una buena calidad de aire en una habitación. Para calcular los CFM (pies cúbicos por minuto) necesarios para el área de la incubadora 0,27 m³ con 4 cambios de aire por hora, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$CFM = (Volumen\ del\ área \times\ Cambios\ de\ aire\ por\ hora) / 60$$

$$CFM = (0,27\ m^3 \times 4) / 60\ s$$

$$CFM = 0,018\ m^3/s$$

Para convertir de metros cúbicos por segundo (m^3/s) a CFM, podemos multiplicar por 2118.88:

$$CFM = 0,018 m^3/s \times 2118.88 = 38,1 CFM$$

Por lo tanto, se necesitaría un ventilador con una capacidad de al menos 38,1 CFM para proporcionar una buena circulación de aire en la incubadora.

Para que la ventilación no sea directa con los huevos se ha optado por ubicar el ventilador en la parte de abajo. El ventilador usado es un Tidar Modelo: RQA9225HSL, flujo de aire: 12CFM-90CFM \pm 10%. El ventilador no alcanza el máximo de CFM debido a que el área donde recibe el aire es menor al área del ventilador. Las dimensiones son 9x9 cm, lo cual encaja sin problemas en la parte inferior de la incubadora. Funciona a 110V a un consumo de 0,10A. Para conocer la potencia se utiliza la siguiente fórmula:

$$W = V \times A$$

Donde:

W = Potencia

V = Voltaje

A = Corriente

$$W = 110V \times 0.10A$$

$$W = 11W$$

Por lo tanto, el ventilador consume 11W de potencia.



Figura 25. Ventilador Tidar Modelo: RQA9225HSL.

4.3.6. Consumo energético

Para el consumo energético se suman las potencias que generan las resistencias, el humidificador y ventilador, tomando en cuenta que funcionan por intervalos de tiempo durante el día.

$$C_e = P * t * Costo$$

Donde:

P = Potencia total.

t = Tiempo.

Para el cálculo del tiempo de las resistencias, se realiza con los datos de la Tabla 17, por eso se estima que en una hora operación se enciende 5,27 veces y por un tiempo de 7,69 minutos cada vez, una vez obtenido esto se tiene que en un día este encendido por 16,37 horas.

$$C_e = \frac{171,59}{1000} kW * 16,37 h * \frac{\$0,10}{kWh} = \$ 0,281/día$$

$$C_e = 21días * \frac{\$0,325}{día} = \$5,88$$

Para calcular el consumo energético del ventilador va a actuar el mismo tiempo de los cables calefactores ya que esta conectados.

$$C_e = \frac{11}{1000} kW * 16,37 h * \frac{\$0,10}{kWh} = \$ 0,018/día$$

$$C_e = 21días * \frac{\$0,018}{día} = \$0,38$$

El humidificador este encendido un poco más de tiempo que los cables calefactores debido a que cuando sube la temperatura baja la humedad, por eso se podría decir que se enciende 18 horas al día para mantener la humedad relativa en la incubadora.

$$C_e = \frac{20}{1000} kW * 18 h * \frac{\$0,10}{kWh} = \$ 0,036/día$$

a través de su finca y sus gallinas, facilitó cierta cantidad de huevos para poder realizar las pruebas. Para la primera prueba fueron 50 y para la segunda prueba fueron 29 huevos. Los huevos fueron colocados el mismo día que fueron recolectados y recibidos, sin embargo, se desconoce el tiempo en el que las gallinas pusieron los huevos.

Preparar incubadora

Antes de colocar los huevos se debe encender la incubadora y colocar agua en el recipiente que se utilizará para el humidificador. El proceso de calentamiento demora alrededor de 25 min. La configuración de la temperatura y humedad en la incubadora permanece configurada en el termostato.



Figura 27. Incubadora encendida para posteriormente poner los huevos.

Colocar huevos en incubadora

Antes de colocar los huevos en la incubadora se los ubica en las cubetas, si los huevos están sucios se los debe limpiar con un trapo seco. Dependiendo la cantidad de huevos se los puede ubicar unidos o separados. Las cubetas se colocan en las bases dentro de la incubadora en el menor tiempo posible para evitar que se pierda mucho calor. Cada base para cubeta tiene la capacidad para 3 cubetas.



Figura 28. Huevos colocados en la incubadora.

Incubación de los huevos

Una vez que los huevos están dentro de la incubadora, se debe utilizar el mecanismo de movimiento de los huevos (palanca) para cambiar la posición de los huevos al menos 3 veces al día, es decir, cada 8 horas. Por otro lado, se debe estar pendiente del recipiente con agua donde se encuentra el humidificador, el recipiente usado en la incubadora tiene una capacidad de 6 litros y demora dos días en agotarse el agua al nivel de altura del humidificador.

En la primera prueba fueron incubados 50 huevos. Debido a una mala conexión entre el cable resistencia y el cable eléctrico por medio de una unión, ocurrieron chispas dentro de la unión que la calentaron demasiado al punto de quemarla. Las chipas ocurrieron debido a que dentro de la unión el cobre del cable eléctrico rozaba partes de la fibra de la resistencia. Este caso ocurrió a finales de la primera semana de incubación y a mediados de la tercera semana vuelve a ocurrir en otra conexión del cable resistencia. Para reparar esta mala conexión se utiliza una unión nueva, asegurándose de que, al colocar los cables en la unión, los elementos conductores de ambos cables estén lo suficientemente separados para evitar roces. La reparación de estos fallos, ocasionó considerables pérdidas de calor y humedad en los huevos, consecuentemente el proceso de incubación fue interrumpido llevando al mal desarrollo de los huevos e incluso la pérdida de la mayoría.

En la segunda prueba de incubación, habiendo corregido los fallos que ocurrieron en la primera prueba, no se obtuvieron fallos, por lo que no hubo ningún inconveniente durante los 21 días de incubación de los huevos.

Nacimiento

Los huevos deben colocarse en la parte de nacimiento de la incubadora 3 o 4 días antes de concluir los 21 días de incubación, debido a que hay polluelos que suelen nacer antes.

En la primera prueba debido a los fallos explicados anteriormente, 16 de 50 huevos nacieron, pero 4 mueren por un mal desarrollo, dejando un total de 12 polluelos. Varios polluelos tuvieron dificultades al nacer, ya que aparentaban ser débiles. Los 34 huevos que no nacieron fue una pequeña parte por infertilidad y la mayor parte por mal proceso de incubación.

En la segunda prueba tras un correcto proceso de desarrollo, de 29 huevos incubados nacieron 26. Todos los polluelos mostraron una buena apariencia y salud.



Figura 29. Primera prueba realizada, pollitos en la sección del nacimiento.



Figura 30. Segunda prueba realizada, pollitos en la sección del nacimiento

4.6. Temperatura de la incubadora

Luego de ensamblar la incubadora y todos sus componentes, se procede a realizar las pruebas de funcionamiento sin huevos y con huevos. Estas pruebas fueron realizadas en la tarde alrededor de las 14 horas con una temperatura ambiente de 28°. La finalidad de estas pruebas es conocer el comportamiento de la temperatura y humedad durante el funcionamiento de la incubadora. En la tabla 16 se puede observar los datos obtenidos del funcionamiento de la incubadora sin los huevos.

Tabla 16. Temperatura de la incubadora (sin huevos)

Tiempo (min)	T (°C)	% Humedad
0,00	29,40	76,50
3,35	30,00	77,00
5,53	31,00	74,20
7,58	32,00	70,90
10,15	33,00	67,90
12,47	34,00	64,80
15,20	35,00	62,20
17,30	35,50	60,00
18,23	36,00	59,70
21,57	37,00	59,70
25,20	37,80	58,70
26,18	38,00	59,00
29,16	38,00	63,90
30,23	37,90	64,80
30,51	37,80	65,30
31,25	37,70	66,10

32,01	37,70	65,80
32,30	37,60	64,30
32,53	37,50	63,70
33,40	37,40	62,60
34,11	37,50	62,30
36,24	37,60	61,00
36,48	37,70	60,70
37,18	37,80	60,50
38,06	37,90	60,00
38,22	38,00	61,10
39,03	38,10	62,30
41,26	38,00	65,90
42,28	37,90	67,30
43,14	37,80	68,50
43,53	37,70	69,30
44,38	37,60	67,90
44,55	37,50	66,80
48,28	37,60	62,20
48,53	37,70	61,80
49,12	37,80	61,40
49,51	37,90	61,70
50,25	38,00	62,00
51,04	38,10	63,10
54,16	38,00	68,20
55,16	37,90	69,70
55,32	37,90	70,00
55,52	37,80	70,50
56,22	37,70	71,20
57,01	37,60	69,20
57,20	37,50	67,50
60,00	37,60	60,90
61,25	37,70	60,40
61,45	37,80	60,00
62,00	37,90	60,40

En la tabla 17 se puede observar los datos obtenidos del funcionamiento de la incubadora con los huevos.

Tabla 17. Temperatura de la incubadora (con huevos)

Tiempo (min)	T (°C)	% Humedad
0,00	35,80	59,40

0,27	35,70	59,70
0,50	35,60	60,30
0,52	35,50	61,30
1,32	35,40	62,50
4,39	35,50	64,80
5,36	35,60	65,00
6,22	35,70	64,80
7,08	35,80	64,90
7,59	35,90	64,80
8,43	36,00	64,60
9,36	36,10	64,30
10,58	36,20	64,20
11,20	36,30	64,00
12,08	36,40	64,00
12,54	36,50	63,80
14,10	36,60	63,50
14,41	36,70	63,40
16,11	36,80	63,10
16,50	36,90	63,00
17,58	37,00	63,10
19,02	37,10	63,00
19,50	37,20	62,70
20,28	37,30	62,50
21,58	37,40	62,20
22,34	37,50	62,20
24,50	37,60	61,70
25,38	37,70	61,50
26,32	37,80	61,30
27,30	37,90	63,70
29,31	37,80	67,00
30,40	37,70	68,00
31,23	37,60	67,90
32,01	37,50	66,20
36,45	37,60	62,80
37,16	37,70	62,60
38,09	37,80	62,50
39,12	37,90	63,90
42,37	37,70	70,90
43,26	37,70	71,30
44,26	37,60	68,30
48,45	37,60	61,20
49,11	37,70	60,80
50,06	37,80	60,00
50,47	37,90	60,90

51,47	38,00	62,80
54,02	37,90	67,70
55,14	37,90	70,00
55,49	37,80	71,60
56,15	37,70	71,90

En la figura 30, temperatura vs tiempo (sin huevos), se inicia con la temperatura ambiente, y aumenta hasta 38°C, luego se reduce hasta 37,4°C como una mínima temperatura, ya que el calor comenzará a aumentar hasta 38°C manteniendo ese rango de temperatura como lo muestra la figura. En la temperatura vs tiempo (con huevos), la temperatura comienza en 35,80°C debido a que la incubadora ya estaba en funcionamiento y se reduce un poco debido a las pérdidas causadas por abrir la incubadora y colocar los huevos, luego alcanza un máximo de 37,90°C en un mayor tiempo que estando sin huevos, después se reduce la temperatura hasta un mínimo de 37,60°C donde vuelve a aumentar manteniéndose dentro del rango requerido.

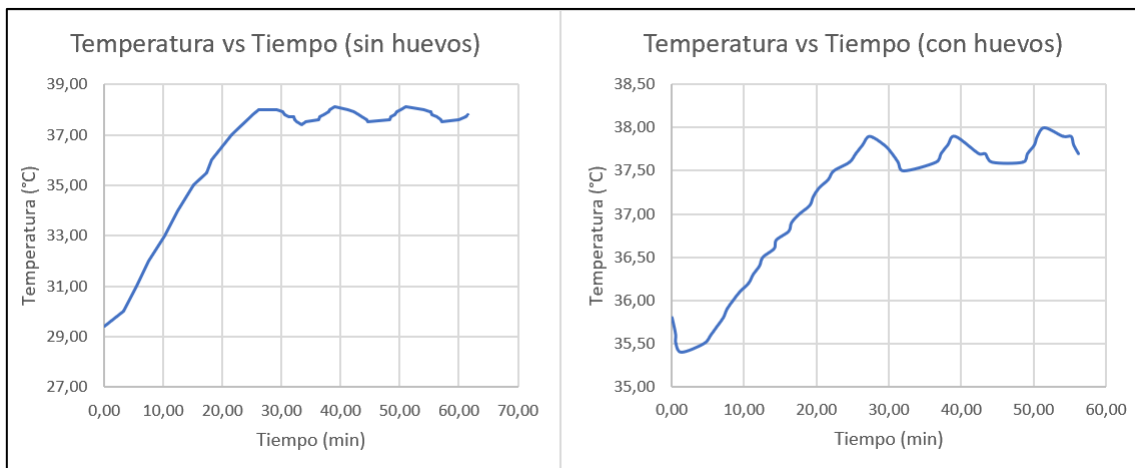


Figura 31. Gráfico de temperatura vs tiempo en la incubadora (sin huevos y con huevos).

La figura 31, humedad vs tiempo (sin huevos), presenta que la humedad comienza con un valor alto debido a anteriores pruebas de funcionamiento, y conforme la temperatura aumenta, la humedad disminuirá hasta un mínimo de 58,70% donde comenzará a aumentar hasta un máximo de 71,20%. En la humedad vs tiempo (con huevos). La humedad se ha perdido bastante por haber abierto la incubadora para colocar los huevos, luego aumenta hasta 65% y comienza a disminuir porque la temperatura ha aumentado,

posteriormente comienza a subir la humedad por que la resistencia se ha apagado y así alcanza su punto máximo.

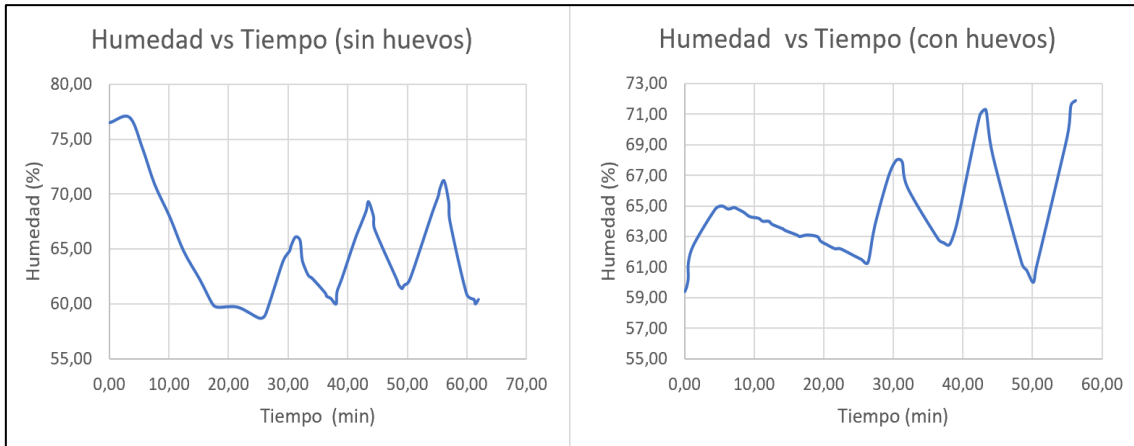


Figura 32. Gráfico de la humedad vs tiempo de la incubadora (sin huevos y con huevos).

4.7. Análisis de la viabilidad de reproducción

La cantidad de huevos introducidos en la incubadora, habiendo huevos fértiles como infértiles, se tienen los siguientes datos de la Tabla 18 de las pruebas realizadas. Con estos datos obtenidos se sacan los porcentajes de viabilidad, eclosionalidad, mortalidad, fertilidad y eficiencia de la incubadora.

Tabla 18. Datos obtenidos de las pruebas de incubación.

Pruebas	Huevos introducidos	Huevos infértiles	Huevos fértiles	Nacidos vivos
1	50	10	40	16
2	29	2	27	25

Tabla 19. Porcentajes de la medición de experimentales como viabilidad, eclosionalidad, mortalidad, fertilidad y eficiencia de la incubadora.

Pruebas	Viabilidad (%)	Eclosionalidad (%)	Mortalidad (%)	Fertilidad (%)	Eficiencia (%)
1	30	32	25	80	37,5
2	92,59	86,21	0	93,10	92,72

Como se observa en la tabla 19 la primera prueba se obtuvieron pocos pollitos nacidos debido a los inconvenientes ya mencionados anteriormente en el procedimiento y una vez que se resolvieron estos fallos se realiza una segunda prueba obteniendo mejores datos ya que la eficiencia de la incubadora subió en 55,22% respecto de la primera prueba obteniendo una eficiencia de 92,72%.

4.8. Análisis de costos

Se presentan la inversión de los materiales y componentes que se utilizaron para la construcción de la incubadora.

4.8.1. Costos estructurales

En esta tabla 20 se presentan los costos de los materiales que se necesitaron para la construcción de la estructura.

Tabla 20. Costos estructurales

Cantidad	Descripción	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
3,5	Ángulos de acero de 40mm X 3mm	15,69	54,92
1	Platina de acero 50mm X 3mm	10,27	10,27
5	Bisagras Omega 3”	0,60	3,00
1 1/2	Plancha de madera tríplex de 15mm	40,00	62,82

2	Plancha de espuma Flex	7,00	14,00
56	Pernos	0,15	8,40
56	Anillos	0,05	2,80
1	Litro de pintura esmalte anticorrosivo blanco	3,92	3,92
26	Cáncamos	0,10	2,60
2	Agarraderas	1,55	3,10
1	Litro pintura para madera	6,10	6,10
1	Metro cuadrado de malla metálica	5,00	5,00
1	Vidrio 6mm	16,00	16,00
Total			\$ 192,93

El costo de los materiales para la estructura de la incubadora fue de \$192,93 dólares americanos.

4.8.2. Costos para el movimiento manual

En esta tabla 21 pertenece a los materiales empleados para dar el movimiento manual a la base de las cubetas.

Tabla 21. Costos para el movimiento manual

Cantidad	Descripción	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
4	Rodamientos NTN	3,00	12,00
8	Pernos	0,35	2,80
20	Anillos	0,10	2,00
1	Agarradera	1,75	1,75
Total			\$ 18,55

Esto tiene un valor de \$ 18,55 dólares americanos para darle el movimiento manual a la incubadora.

4.8.3. Costos componentes térmicos

Los gastos para los componentes térmicos se muestran en la tabla 22.

Tabla 22. Costos componentes térmicos

Cantidad	Descripción	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
1	Termostato STC-3028	26,00	26,00
20	Metro de cable calefactor 33 ohmios/m	1,50	30,00
4	Conectores aluminio	0,25	1,00
1	Humidificador	18,50	18,50
3	Metro de cable	0,40	1,20
1	Ventilador	8,50	8,50
1	Enchufe	0,35	0,35
1	Canaleta	1,00	1,00
1	Taipe negro	1,00	1,00
	Total		\$ 87,55

Se gasto un total de \$ 87,55 dólares americanos para los componentes térmicos.

4.8.4. Costos de mano de obra

En la tabla 23 se dan los costos de la mano de obra en la que refleja ciertas actividades, como son los gastos de la maquinaria y herramientas empleadas para cada operación.

Tabla 23. Costos de mano de obra

Actividad	Tiempo (horas)	Costo/hora (USD)	Costo total (USD)
Soldadura de ángulos para la estructura	3	8,34	25,02
Pintado	1	5,00	5,00

Arreglos en la madera	1	6,00	6,00
Realizar puertas de madera	4	8,75	35,00
Fresado para ranuras	2	20,00	40,00
Torneado	2	10,00	20,00
Total			\$ 131,02

4.8.5. Costo total de la incubadora

El costo total invertido se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 24. Costo total de la incubadora

Descripción	Costo (USD)
Estructura	192,93
Movimiento manual	18,55
Componentes térmicos	87,55
Mano de obra	111,02
Costo total	\$ 410,05

El costo total para la construcción de la incubadora fue de \$ 410,05 dólares americanos.

4.9. Discusión

4.9.1. Mecanismo de movimiento de todos los huevos.

La palanca que mueve las bases de las cubetas a un ángulo de 45° es una idea propia, ingeniada por la necesidad de mover todos los huevos en una incubadora sin abrir la puerta y hacerlo manualmente uno por uno. El mecanismo es fácil de usar incluso para una persona de baja estatura, ya que la altura máxima que alcanza la palanca cuando es levantada es de 1,65 m. Es importante aplicar algún tipo de lubricante o vela a la palanca

si se desea que esta se mueva fácilmente, aplicar los seguros es algo sencillo ya que cada seguro representa la posición que se desea mover las cubetas. Existen incubadoras con mecanismos que realizan el movimiento automatizado de todos los huevos y comparando al mecanismo construido, se obtienen los mismos resultados referente al movimiento de los huevos.

4.9.2. Cálculo de energía necesaria para elevar la temperatura de la incubadora.

El balance de energía obtenido se puede comparar con la tesis “Diseño y construcción de un prototipo de incubadora avícola basado en el análisis fenomenológico del equipo”

La energía que se obtuvo es menor a la energía calculada a la tesis referenciada, debido a que han utilizado una temperatura menor para efectos de cálculos. Al tener un resultado similar tomando en cuenta las dimensiones de la incubadora, se puede decir que los valores calculados son correctos.

4.9.3. Cálculo del calor requerido por los huevos.

Este cálculo se puede comparar nuevamente con la tesis “Diseño y construcción de un prototipo de incubadora avícola basado en el análisis fenomenológico del equipo” [34].

Al haber tomado valores similares debido a que se quiere realizar el mismo análisis, se obtiene una energía requerida menor ya que la incubadora tiene una capacidad menor de huevos, se puede analizar que los datos concuerdan con lo requerido.

4.9.4. Pérdida de energía al abrir la puerta

Comparando con la tesis “Diseño y construcción de un prototipo de incubadora avícola basado en el análisis fenomenológico del equipo” [34]. Las pérdidas de energía al abrir la puerta fueron calculadas de una manera similar, experimentando el tiempo en el que la temperatura reduce al abrir la puerta de una incubadora alterna. Los valores del resultado son mucho menores a los resultados referenciados debido a la diferencia de temperaturas, incluso el tiempo varía, sin embargo, los resultados concuerdan con el cálculo realizado.

4.9.5. Análisis de la conducción a través de las paredes de la incubadora

En este apartado se calcula las pérdidas de calor a través de todas las paredes de la incubadora, para determinar si el aislante que se instalado es el adecuado y si su espesor puede reducir las pérdidas de calor. Por eso se decide poner espuma Flex o (poliestireno) con un espesor de 2 cm en el interior de la incubadora para mantener el calor y no se pierda en el ambiente. Si se quiere menorar las pérdidas se puede reducir el área del vidrio de la puerta superior o poner un espesor más grande de espuma Flex pero este último encarecería el precio. Se obteniendo el valor de $-38,45$ W de pérdidas de calor en las paredes de la incubadora en la sección superior y $-26,7$ W para la sección inferior. Se tiene en cuenta estos valores de pérdidas para la potencia total de $171,59$ W de las resistencias para que pueda alcanzar la temperatura ideal y conservarla.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se revisó varias investigaciones para lograr obtener el conocimiento del tipo de incubadora a ser construida y los parámetros requeridos por los huevos para una correcta incubación.
- Se realizó un análisis de las propiedades mecánicas de los materiales para conocer si son adecuados y cumplen con lo requerido para una correcta construcción y funcionamiento de la incubadora. Los materiales para la estructura son ángulos de acero de 40x3mm, platinas de 50x3mm. Para el recubrimiento se utilizó madera tríplex de 15mm de grosor, y espuma Flex con un grosor de 20mm cuyo valor fue calculado para evitar grandes pérdidas de calor en la incubadora. También se seleccionaron herramientas como el termostato que mide y controla la temperatura y humedad dentro de la incubadora, y el termohigrómetro que permite verificar o comparar los valores medidos por el termostato.
- Se elaboró un mecanismo manual (palanca) que sostiene las dos bases donde se ubican las cubetas de huevos. Las bases llevan una ranura (ojo chino) que permite que el eje que conecta la ranura con la palanca, gire las bases a un ángulo de 45 grados hacia arriba y hacia debajo de la horizontal. La palanca tiene 3 seguros separados a 73mm que representan las 3 diferentes posiciones de las cubetas (Arriba, abajo, medio). Es muy fácil de usar incluso para personas de baja estatura y se la fricción de la palanca con la madera es alta, se puede aplicar cera de vela o algún lubricante para suavizar su movimiento.
- Se obtuvieron las condiciones ideales de humedad (60-70%) y temperatura (37,3 – 38°) habiendo aplicado una correcta longitud de los cables resistencia y un humidificador de alta capacidad, ambas herramientas son controladas por un termostato que regula constantemente el rango definido de humedad y temperatura. Para verificar que los datos tomados por el sensor del termostato son correctos, se utilizó un termohigrómetro para corroborar los datos de medición, observando que la variación de temperatura en ambos instrumentos variaba con apenas decimales.
- Tras haber construido la incubadora e instalado todos sus componentes, se realizaron las pruebas de funcionamiento sin los huevos, obteniendo buenos resultados ya que la incubadora posee los datos requeridos de temperatura y humedad para una correcta incubación. La movilidad de los huevos mediante el

mecanismo funciona correctamente, es decir, las bases de las cubetas cambian su posición a 45° , sin atascarse o presentar inconvenientes a la hora de realizar el movimiento. Se realizaron dos pruebas con huevos, en la primera prueba se obtuvo una eficiencia muy baja de 37,5%, debido a fallos técnicos con el sistema eléctrico de la incubadora. Para la segunda prueba, se corrigen los fallos, evitando que vuelvan a ocurrir y se logra obtener una eficiencia de 92,72%.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda tener cuidado con las conexiones del cable resistencia al cable de corriente mediante la unión, la unión es un metal conductor, si se toca ambas uniones de cada extremo del cable resistencia, ocasionará un corto circuito que consecuentemente quemará el termostato y este no va a funcionar.
- Se debe verificar las conexiones, que no vayan a provocar chispas dentro de la unión, cuando no hay un contacto firme de la unión con la resistencia o cable de corriente, comenzará a producir chispas, el cuál sobrecalentará la unión y esta se quemará.
- Utilizar un recipiente grande y adecuado para el agua, el humidificador funciona arrojando agua hacia arriba, el cuál va a salpicar bastante agua, si el recipiente es muy pequeño provocará que el agua salpique demasiado y quede mojado la base donde el recipiente se asienta. Si hay un exceso de agua en el recipiente que sobrepase demasiado la altura del humidificador, el humidificador no podrá funcionar de la manera correcta y consecuentemente no habrá humedad y el humidificador podría dañarse.
- Cuando los pollos estén prontos para pasar al área de nacimiento, se recomienda desconectar el humidificador en la parte de atrás de la incubadora, para evitar que este siga trabajando cuando no es requerido.
- Para las puertas se recomienda usar un vidrio con un área menor o un mayor grosor, para evitar pérdidas de calor y mantener el interior de la incubadora adecuado.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- [1] «Incubación de huevos,» [En línea]. Available: <http://www.departamento.us.es/gprodanim/PCA/practicaincubacion.pdf>.
- [2] J. M. Echarri Loidi, *Incubación Natural*, Madrid: Ministerio de Agricultura, 1950, pp. 14-50.
- [3] «Planeta Avícola,» [En línea]. Available: <https://tugallinaonline.es/planeta-avicola/incubacion-natural-de-huevos-de-gallina/>.
- [4] J. M. Echarri Loidi, «Incubación Artificial,» de *Hojas divulgatorias*, Madrid, 1957, pp. 18-57.
- [5] E. Castilla Gómez y J. Mendoza Galicia, *Diseño y construcción de un prototipo de incubadora avícola basado en el análisis fenomenológico del equipo*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.
- [6] «Mundogallina.net,» [En línea]. Available: https://www.mundogallina.net/accesorios/incubadora-de-huevos/#La_incubadora_mas_vendida_Incubadora_lumia_8_automatica.
- [7] J. Navarro Macedo, «Implementación de una incubadora de huevos de aves para la mejora de la productividad en Tarapoa,» 2018. [En línea]. Available: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/27106/Navarro_MJ.pdf?sequenc.
- [8] «AgrieExpo,» [En línea]. Available: <https://www.agriexpo.online/es/prod/gqf-manufacturing-company/product-181204-49354.html>.
- [9] E. Romanini, «Petersime,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.petersime.com/es/departamento-de-desarrollo-de-incubacion/como-cargar-correctamente-los-huevos-en-sus-incubadoras-para-lograr-un-equi-2/>.

- [10] UFCTI, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA INCUBADORA DE HUEVO, 2015.
- [11] Á. I. Salazar, «¿Por qué es importante ventilar los ambientes de una planta incubadora?,» *Actualidad Avipecuaria*, 31 Mayo 2021.
- [12] N. J. Sandoval, «Incubadora semi automática,» [En línea]. Available: https://www.academia.edu/38657915/Marco_referencial.
- [13] «All Biz,» [En línea]. Available: <https://all.biz/ar-es/nacedora-por-aire-forzado-g50322>.
- [14] «Avicultura,» [En línea]. Available: <https://www.engormix.com/avicultura/foros/que-diferencia-hay-clases-t15070/>.
- [15] J. A. Cuéllar Sáenz, «Incubación: obtención de pollitas para puesta y de pollitas para carne,» *Veterinaria Digital*, 07 Enero 2021.
- [16] R. A. L. Eduardo, «Estudio de factibilidad financiera para la sustitución del sistema de incubación de huevos de gallina en la empresa Avícola Di Palma, Honduras.,» 2021. [En línea]. Available: <https://bdigital.zamorano.edu/items/0c700daa-3c6c-4321-ace9-f68a593e79d6>.
- [17] Cobb, «Incubación Cobb - Guia de Manejo,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/1c6639cb0f/Cobb-Hatchery-Guide-Espanol.pdf>.
- [18] A. C. Ramos, Manejo del huevo fertil antes de la incubación, 2010.
- [19] A. Callejo Ramos, «Manejo del huevo fertil antes de la incubación,» *Open Course Ware UPM*, vol. 07, nº 71, 2001.
- [20] B. A. Erazo, «DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA INCUBADORA DE HUEVOS PARA UNA ROCESADORA DE POLLOS EN EL TENA,» 2016.

- [21] A. Van Brecht, H. Hens, J.-L. Lemaire, J. M. Aerts, P. Degraeve y D. Berckmans, «Quantification of the heat exchange of chicken eggs,» *Science Direct*, vol. 84, nº 3, pp. 353-361, 2005.
- [22] I. C. Boleli, V. S. Morita, J. J. B. Matos, M. Thimotheo y V. R. Almeida, «Poultry Egg Incubation: Integrating and Optimizing Production Efficiency,» *Scielo Poultry Science*, vol. 18, nº 2, 2016.
- [23] YUNUS CENGEL y AFSHIN GHAJAR, Transferencia de calor y masa.
- [24] «Google Maps,» [En línea]. Available: <https://www.google.com.ec/maps/place/Universidad+T%C3%A9cnica+Estatal+de+Quevedo+-+Campus+La+Mar%C3%ADa/@-1.0782936,-79.5004819,16.5z/data=!4m6!3m5!1s0x902b51084d7ab623:0x6bcc71baac287771!8m2!3d-1.0803162!4d-79.5014542!16s%2Fg%2F11b8c476dh?hl=es>.
- [25] D. A. Masaquiza-Moposita, J. S. Vargas-Hidalgo y N. R. Ortiz-Naveda, «Incubación artificial y producción de huevos,» *Revista Interdisciplinaria de humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología*, vol. 7, nº 1, 30 Abril 2021.
- [26] M. d. C. Meza Aguilar y M. Campuzano Pérez, «Arquitectura,» 16 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/termohigrometro.pdf>.
- [27] «Cetricnic,» [En línea]. Available: <https://www.cetricnic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=345023001&cPath=703>.
- [28] Incubadora Top,, «Incubadora Top,» [En línea]. Available: <https://incubadora.top/termostatos-para-incubadoras>. [Último acceso: 04 01 2023].
- [29] E. Rodríguez Fuentes, «Diseño y construcción de un termostato digital de control,» 2020. [En línea]. Available: <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/20404>.
- [30] «Acuáticos & Toscanini Solutions,» [En línea]. Available: <https://acuaticostoscanini.com/producto.php?id=142>.

- [31] Osaka Electronics,, «Osaka Electronics,» 09 Noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://osakaelectronicsltda.com/blog/recomendaciones/que-es-un-multimetro-digital>. [Último acceso: Enero 2023].
- [32] «Incubadoras,» [En línea]. Available: <https://incubadorasynacedoras.com/871-resistencias>.
- [33] ITop, «Incubadora.Top,» 2022. [En línea]. Available: <https://incubadora.top/bombillas-para-incubadoras>.
- [34] E. CASTILLA GÓMEZ y J. MENDOZA GALICIA , «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE INCUBADORA AVÍCOLA BASADO EN EL ANÁLISIS FENOMENOLÓGICO DEL EQUIPO,» [En línea]. Available: <https://acrobat.adobe.com/id/urn:aaid:sc:VA6C2:bfe00d94-67a3-4a54-9357-485cdd25c5ce>.
- [35] E. O. Oviedo-Rondón, «AVINEWS,» Febrero 2021. [En línea]. Available: <https://avinews.com/almacenamiento-del-huevo-tres-areas-claves/>.
- [36] Huerta, «Cría aves: cómo usar la incubadora familiar,» [En línea]. Available: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_cartillas_cria_de_aves_como_usar_la_incubadora.pdf.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo 1. Caja de control de electrónicos y resistencia de la incubadora.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 2. Madera para paredes de la máquina incubadora de huevos.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

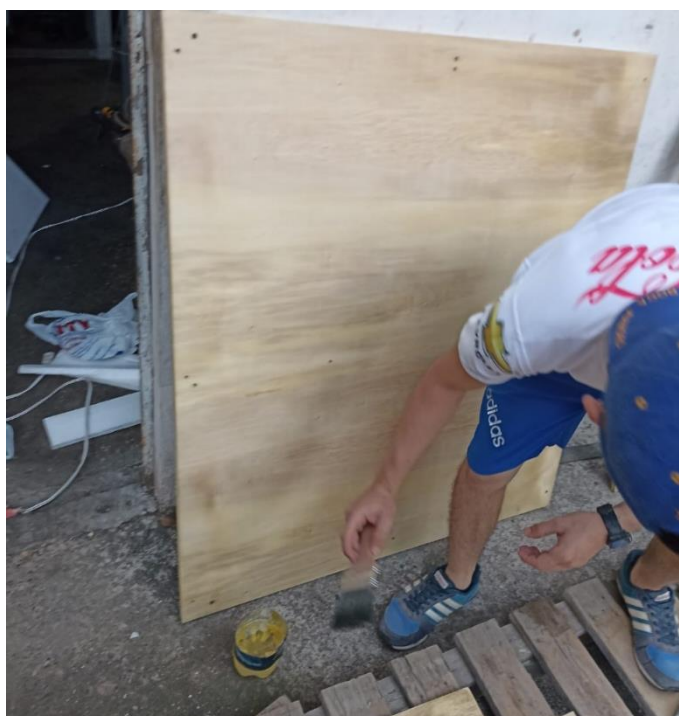
Anexo 3. Solución protectora y abrillantadora para madera.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 4. Tratamiento de la madera para protección con abrillantador.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 5. Cortes acorde a medidas necesarias para el equipo incubador.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 6. Puerta en marco de madera para control y visualización del estado de los huevos.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 7. Equipo de soldadura y corte utilizados para la elaboración de la incubadora.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 8. Soporte para posicionamiento de los huevos y movimiento a 90 grados.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 9. Ensamblado de partes fijas de estructura de la incubadora.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 10. Máquina fresadora utilizada para elaboración de ranuras a perfiles usados en la estructura de la incubadora.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 11. Fresado de ranura para limitar el movimiento de la cama móvil de la incubadora.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 12. Perfiles ranurados con fresadora.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

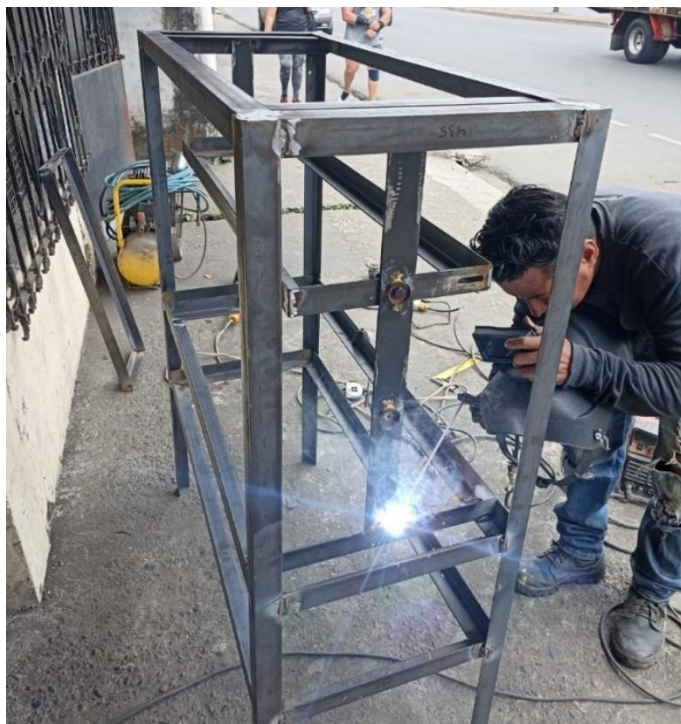
Anexo 13. Soldadura de cilindros soporte para rodamientos de cama móvil.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 14. Acoplado y soldadura en base vertical de cama móvil.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 15. Rodamientos para cama móvil a 90 grados, modelo NTN 6200.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 16. Estructura en perfil tipo ángulo terminada para incubadora.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 17. Pintado con pintura de fondo para proteger la soldadura y el material de la corrosión.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 18. Pintado en tono blanco luego del curado de pintura de fondo.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 19. Estructura pintada y colocada al sol para curado.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 20. Colocación de aislamiento térmico de sección inferior de las camas de inclinación.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 21. Colocación de paredes de madera y aislamiento térmico.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 22. Instalación de resistencia eléctrica y otros componentes.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 23. Colocación de marcos frontales y recubrimiento del aislante térmico.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 24. Prueba de inclinación previo a cierre total del equipo.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 25. Colocación de recubrimientos de aislante en la zona de incubación.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 26. Perforado para la recirculación de aire por ventilación forzada.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 27. Instalación de puerta frontal con pared de cristal para monitoreo de huevos.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 28. Incubadora terminada y lista para iniciar el proceso de incubación.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 29. Colocación de huevos en cubetas sobre la cama inclinables para su incubación bajo óptimas condiciones.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 30. Eclosión del primer huevo luego de 21 días de incubación.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 31. Eclosión de otros huevos y control de temperatura en cama inferior.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.

Anexo 32. Nacimiento primera prueba de pollitos.



Fuente: Autores.

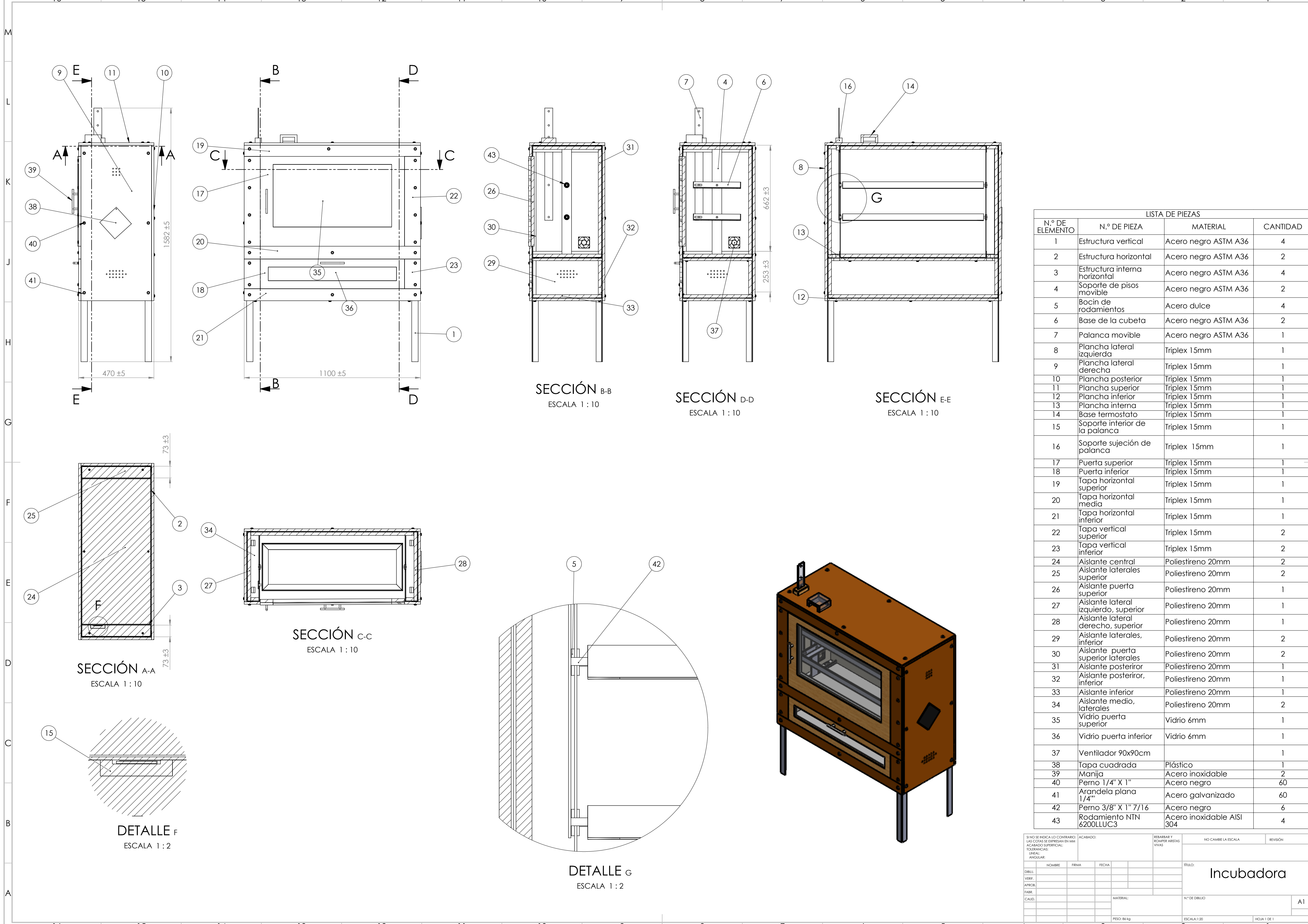
Elaborado: Autores.

Anexo 33. Nacimiento segunda prueba de pollitos.



Fuente: Autores.

Elaborado: Autores.



LISTA DE PIEZAS			
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD
1	Estructura vertical	Acero negro ASTM A36	4
2	Estructura horizontal	Acero negro ASTM A36	2
3	Estructura interna horizontal	Acero negro ASTM A36	4
4	Soporte de pisos móvil	Acero negro ASTM A36	2
5	Bocin de rodamientos	Acero dulce	4
6	Base de la cubeta	Acero negro ASTM A36	2
7	Palanca móvil	Acero negro ASTM A36	1
8	Plancha lateral izquierda	Triplex 15mm	1
9	Plancha lateral derecha	Triplex 15mm	1
10	Plancha posterior	Triplex 15mm	1
11	Plancha superior	Triplex 15mm	1
12	Plancha inferior	Triplex 15mm	1
13	Plancha interna	Triplex 15mm	1
14	Base termostato	Triplex 15mm	1
15	Soporte interior de la palanca	Triplex 15mm	1
16	Soporte sujeción de palanca	Triplex 15mm	1
17	Puerta superior	Triplex 15mm	1
18	Puerta inferior	Triplex 15mm	1
19	Tapa horizontal superior	Triplex 15mm	1
20	Tapa horizontal media	Triplex 15mm	1
21	Tapa horizontal inferior	Triplex 15mm	1
22	Tapa vertical superior	Triplex 15mm	2
23	Tapa vertical inferior	Triplex 15mm	2
24	Aislante central	Poliestireno 20mm	2
25	Aislante laterales superior	Poliestireno 20mm	2
26	Aislante puerta superior	Poliestireno 20mm	1
27	Aislante lateral izquierdo, superior	Poliestireno 20mm	1
28	Aislante lateral derecho, superior	Poliestireno 20mm	1
29	Aislante laterales, inferior	Poliestireno 20mm	2
30	Aislante puerta superior laterales	Poliestireno 20mm	2
31	Aislante posterior	Poliestireno 20mm	1
32	Aislante posterior, inferior	Poliestireno 20mm	1
33	Aislante inferior	Poliestireno 20mm	1
34	Aislante medio, laterales	Poliestireno 20mm	2
35	Vidrio puerta superior	Vidrio 6mm	1
36	Vidrio puerta inferior	Vidrio 6mm	1
37	Ventilador 90x90cm		1
38	Tapa cuadrada	Plástico	1
39	Manija	Acero inoxidable	2
40	Perno 1/4" X 1"	Acero negro	60
41	Arandela plana 1/4"	Acero galvanizado	60
42	Perno 3/8" X 1" 7/16	Acero negro	6
43	Rodamiento NTN 6200LUC3	Acero inoxidable AISI 304	4

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:
 REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBE LA ESCALA
 REVISIÓN

TÍTULO: **Incubadora**

N.º DE DIBUJO: A1

ESCALA: 1:20
 PESO: 84 kg
 HOJA 1 DE 1

DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO
VERIF.				
APROB.				
FABR.				
CALID.				

4 3 2 1

F

E

D

C

B

F

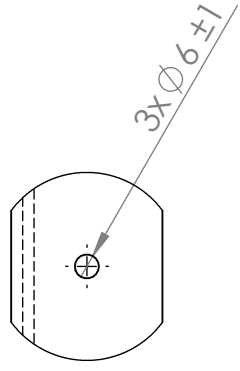
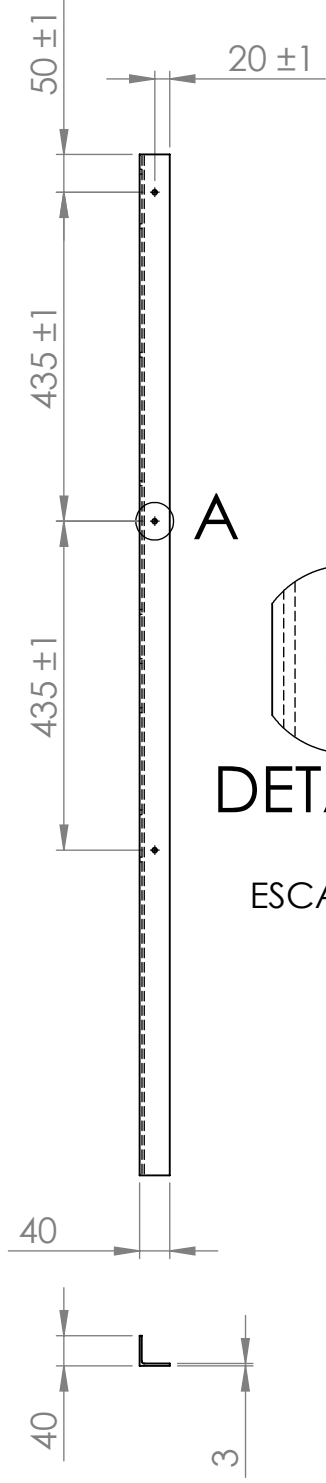
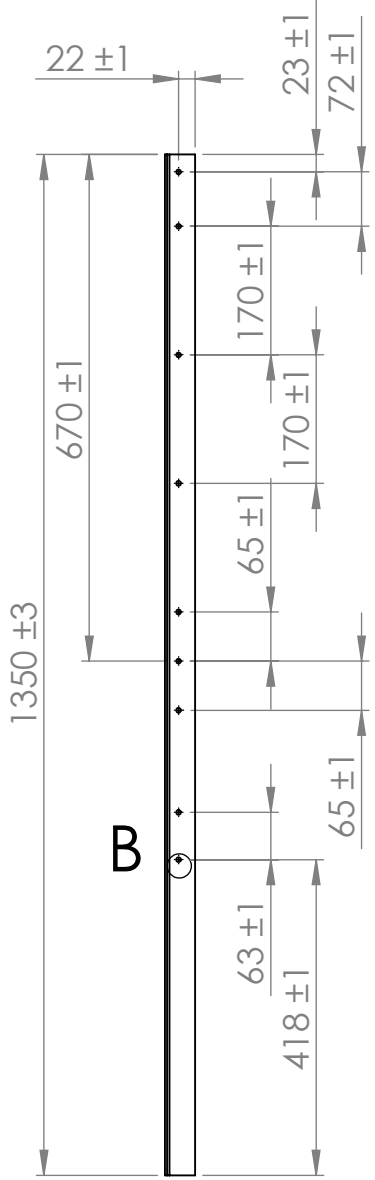
E

D

C

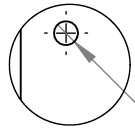
B

A



DETALLE A

ESCALA 1 : 2



DETALLE B

ESCALA 1 : 2

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +/- 0,12
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Ángulo 40 x 40 x 3

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:
Estructura vertical

MATERIAL:
ASTM A36

N.º DE DIBUJO
1

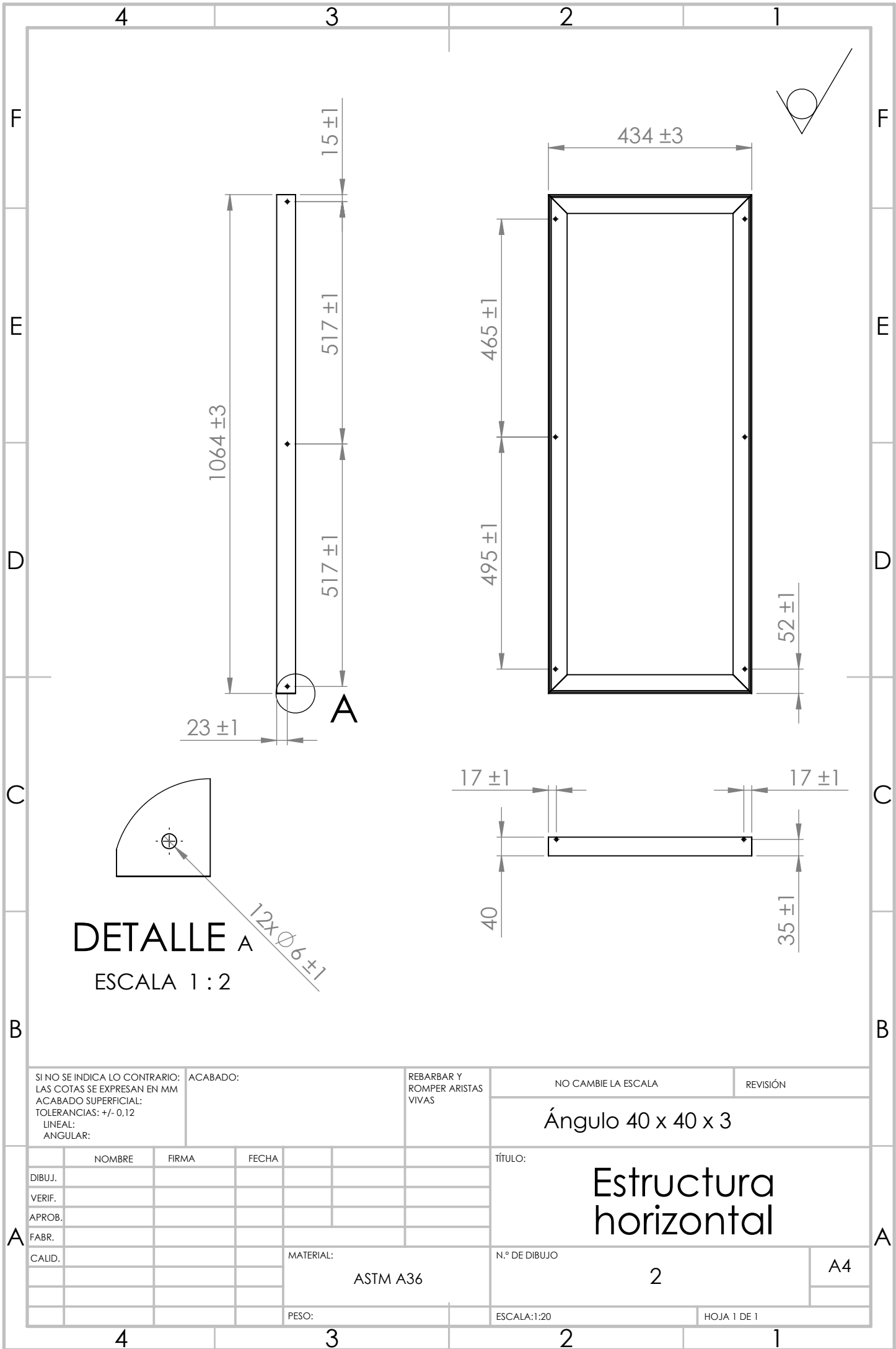
A4

PESO:

ESCALA: 1:10

HOJA 1 DE 1

4 3 2 1



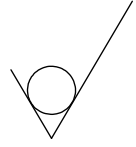
DETALLE A
 ESCALA 1 : 2

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/- 0,12 LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
				Ángulo 40 x 40 x 3	
NOMBRE			FIRMA	TÍTULO:	
DIBUJ.			Estructura horizontal		
VERIF.			N.º DE DIBUJO		
APROB.			2		
FABR.			A4		
CALID.			MATERIAL:	ESCALA:1:20	
			ASTM A36	HOJA 1 DE 1	
PESO:					

4 3 2 1

F

F

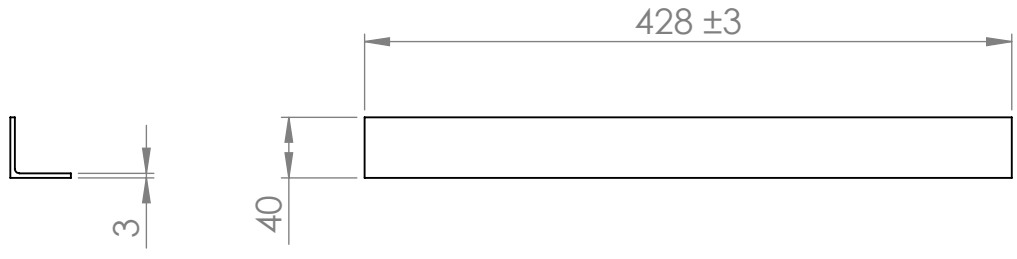


E

E

D

D



C

C

B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/- 0,12 LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
	Ángulo 40 x 40 x 3			

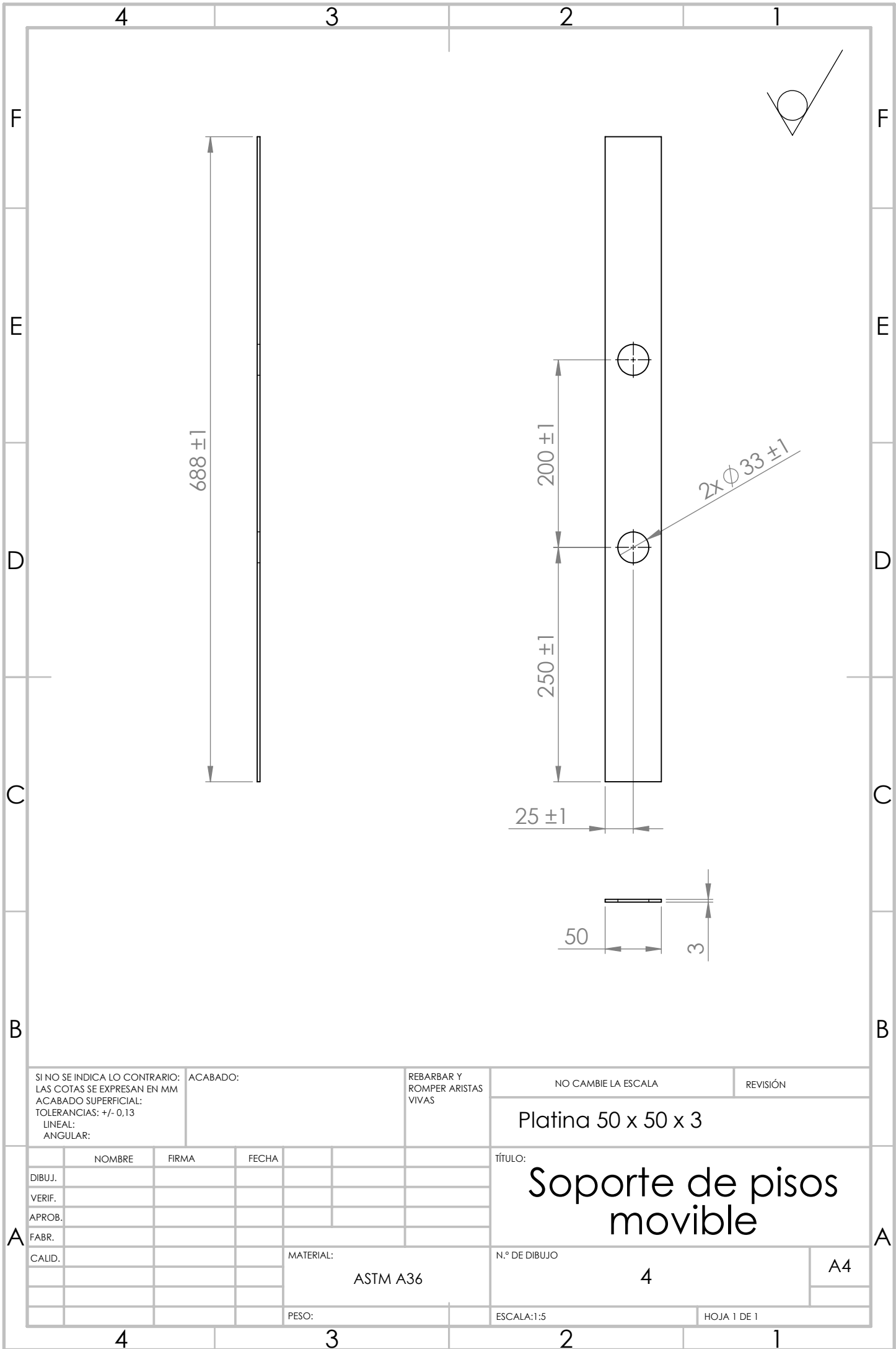
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO: <h1 style="text-align: center;">Estructura interna horizontal</h1>	
MATERIAL: ASTM A36	N.º DE DIBUJO 3
ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1

A

A

4 3 2 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS: +/- 0,13
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Platina 50 x 50 x 3

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:
**Soporte de pisos
 movible**

N.º DE DIBUJO
 4

A4

MATERIAL:
 ASTM A36

PESO:

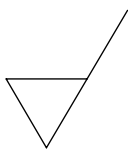
ESCALA: 1:5

HOJA 1 DE 1

4 3 2 1

F

F



E

E

$\varnothing 30 \pm 1$

$\varnothing 33 \pm 1$

10 ± 1

D

D

C

C

B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	
DIBUJ.				
VERIF.				
APROB.				
FABR.				
CALID.				

TÍTULO:		<h1>Bocin de rodamiento</h1>	
N.º DE DIBUJO			
5		A4	
PESO:		ESCALA: 2:1	
		HOJA 1 DE 1	

A

A

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

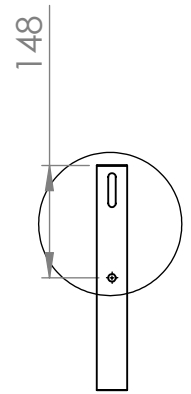
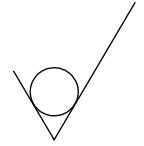
C

B

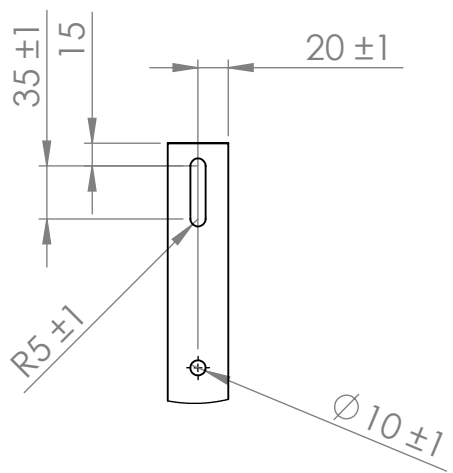
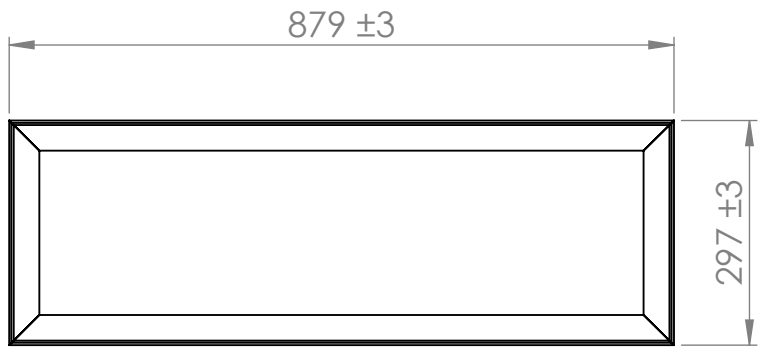
B

A

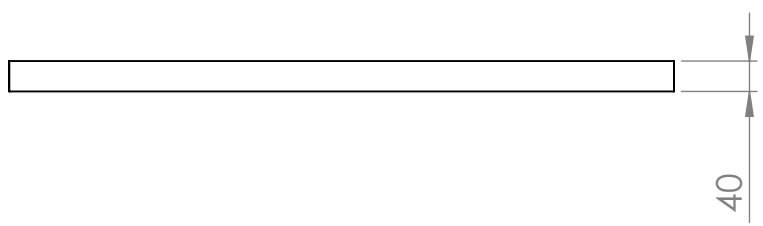
A



A

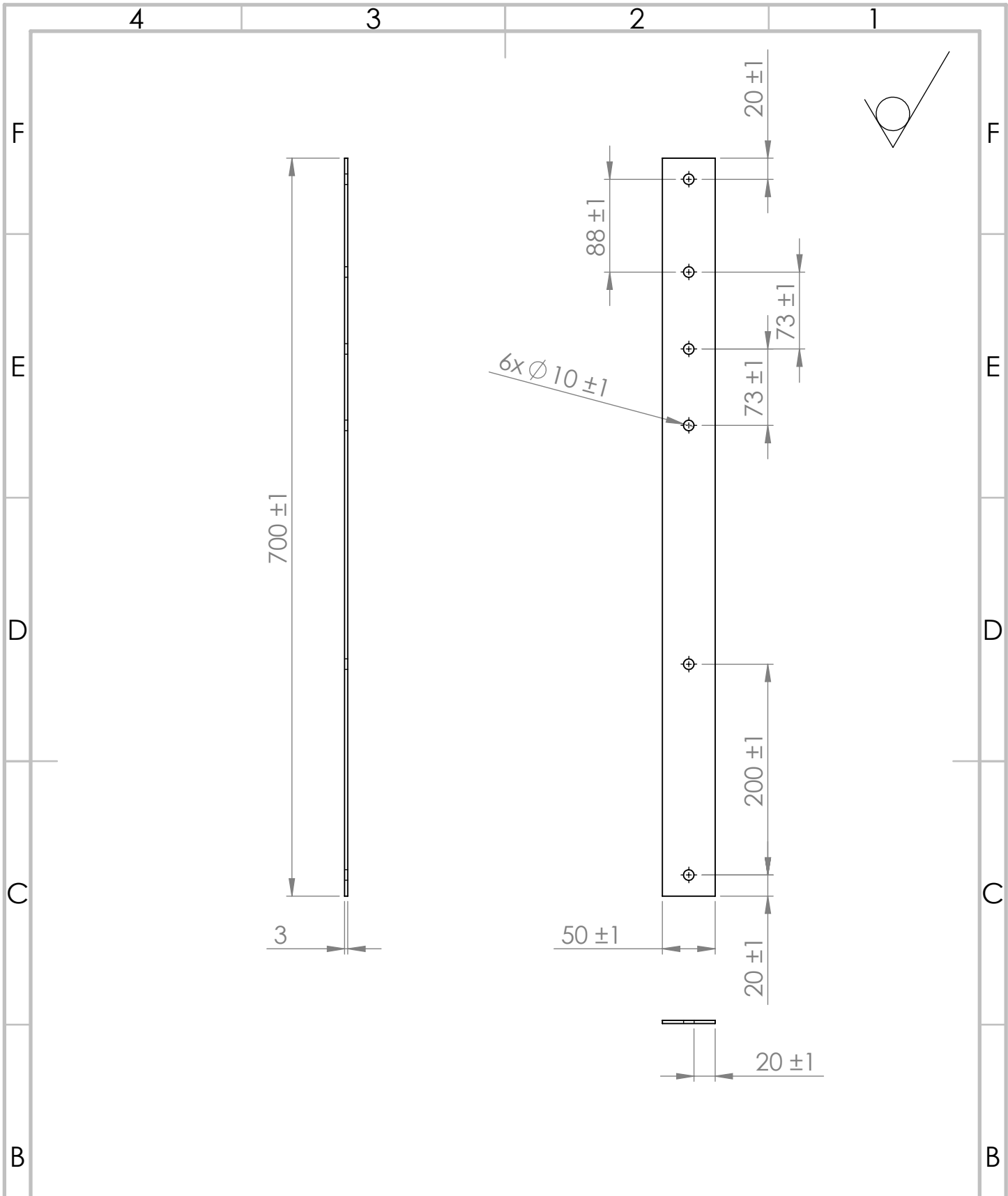


DETALLE A
ESCALA 1 : 5

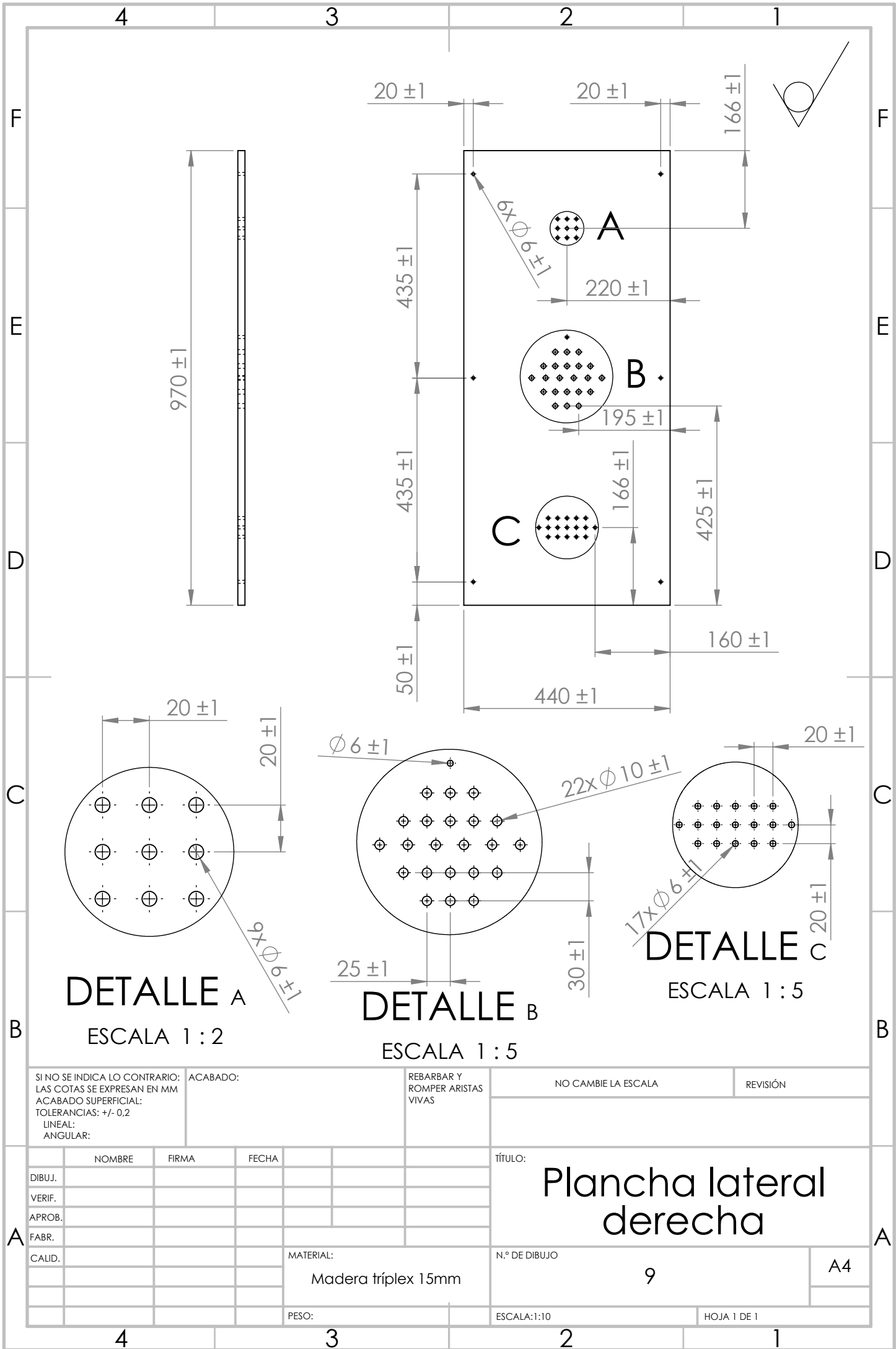


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/- 0,12 LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
				Ángulo 40 x 40 x 3	
NOMBRE		FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
DIBUJ.				Base de la cubeta	
VERIF.				N.º DE DIBUJO	
APROB.				6	
FABR.				A4	
CALID.		MATERIAL:		ESCALA: 1:10	
		ASTM A36		HOJA 1 DE 1	
		PESO:			

4 3 2 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/- 0,13 LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
				Platina 50 x 50 x 3	
NOMBRE			FIRMA	TÍTULO:	
DIBUJ.				<h1>Palanca de movimiento</h1>	
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.					
MATERIAL:			N.º DE DIBUJO		
ASTM A36			7		
PESO:			ESCALA: 1:5		HOJA 1 DE 1
					A4



DETALLE A
ESCALA 1 : 2

DETALLE B
ESCALA 1 : 5

DETALLE C
ESCALA 1 : 5

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +/- 0,2
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

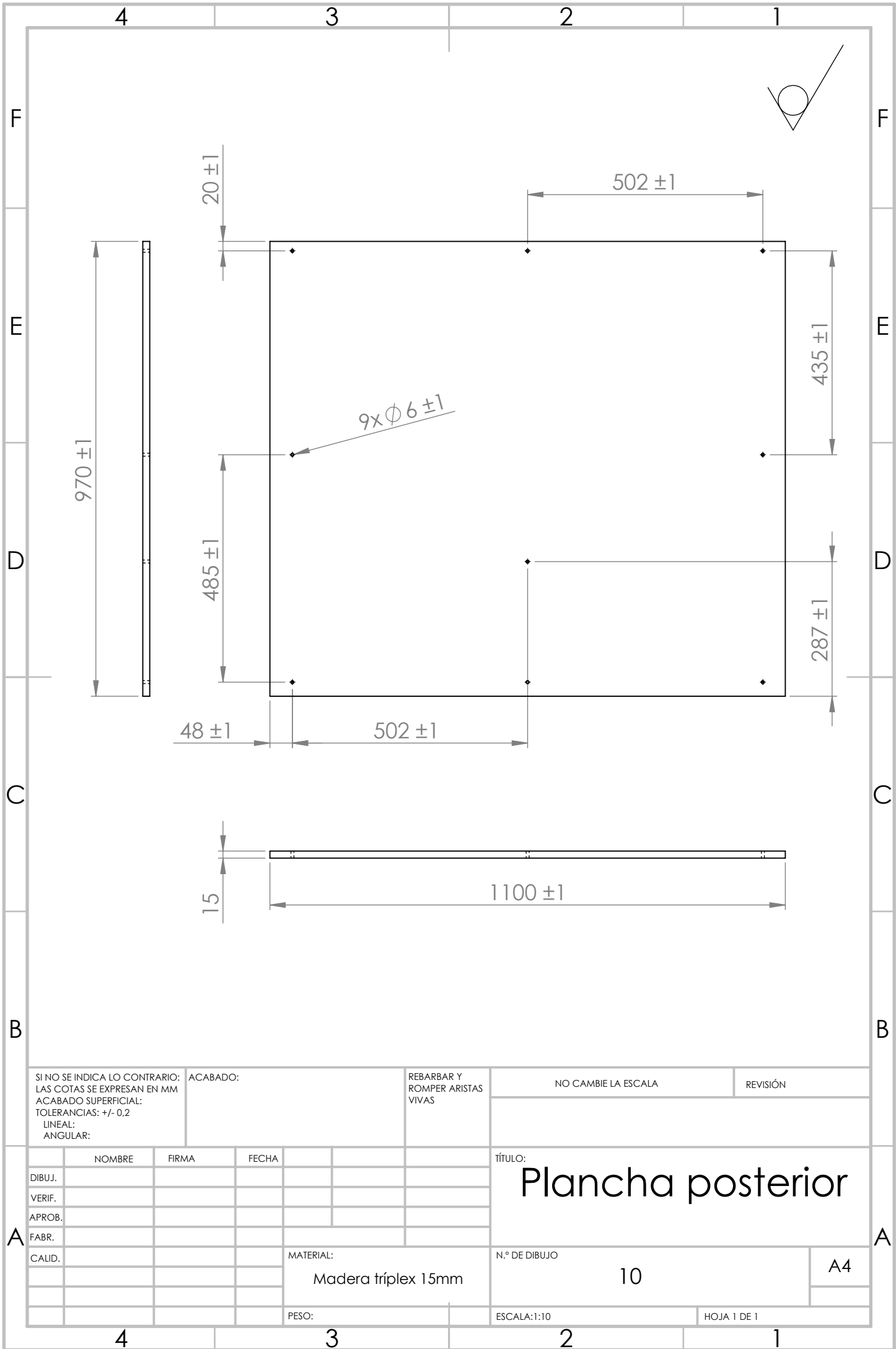
REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO: Plancha lateral derecha	
N.º DE DIBUJO 9	A4
PESO:	ESCALA:1:10
HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS: +/- 0,2
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:
Plancha posterior

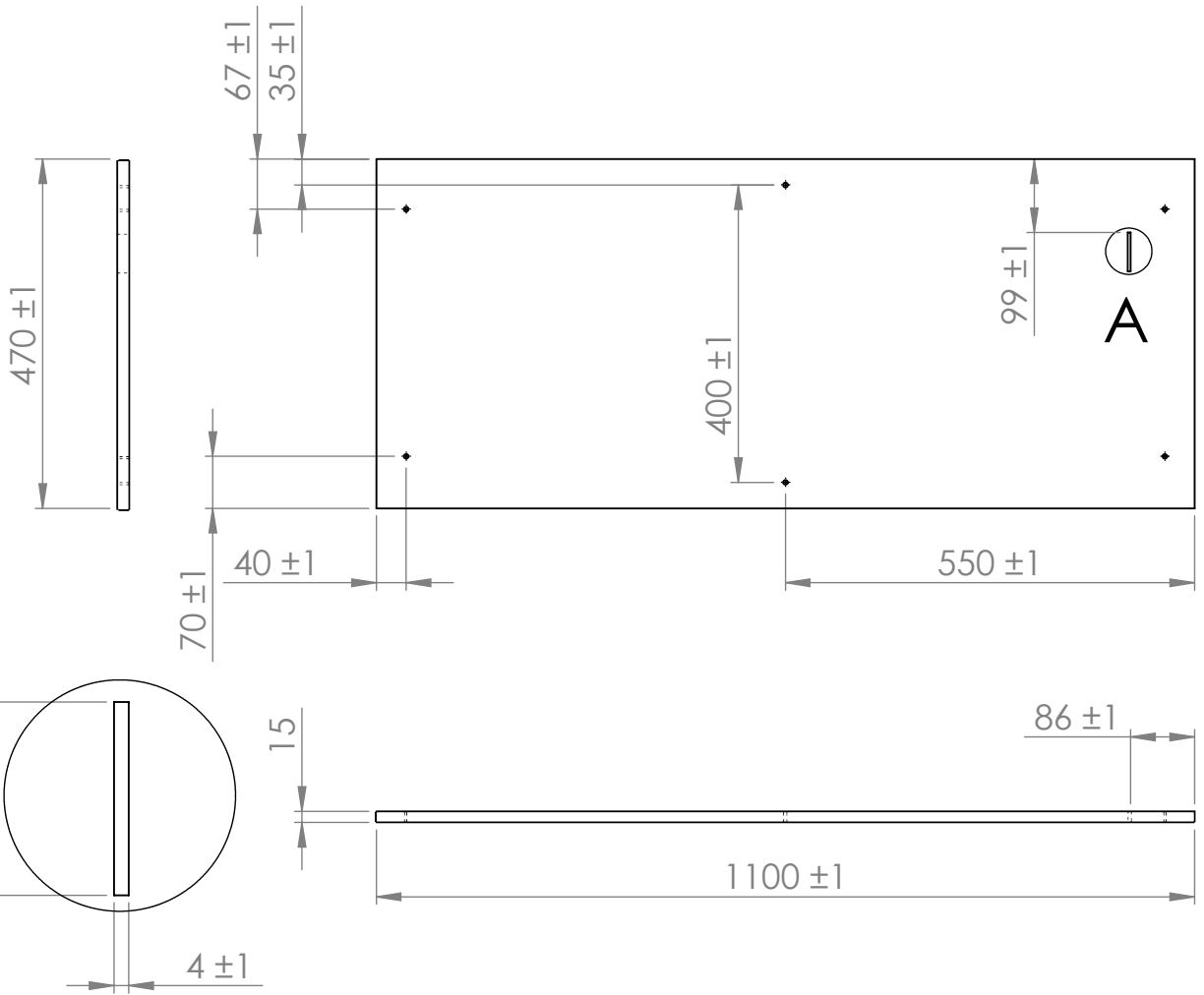
N.º DE DIBUJO
 10

A4

PESO:

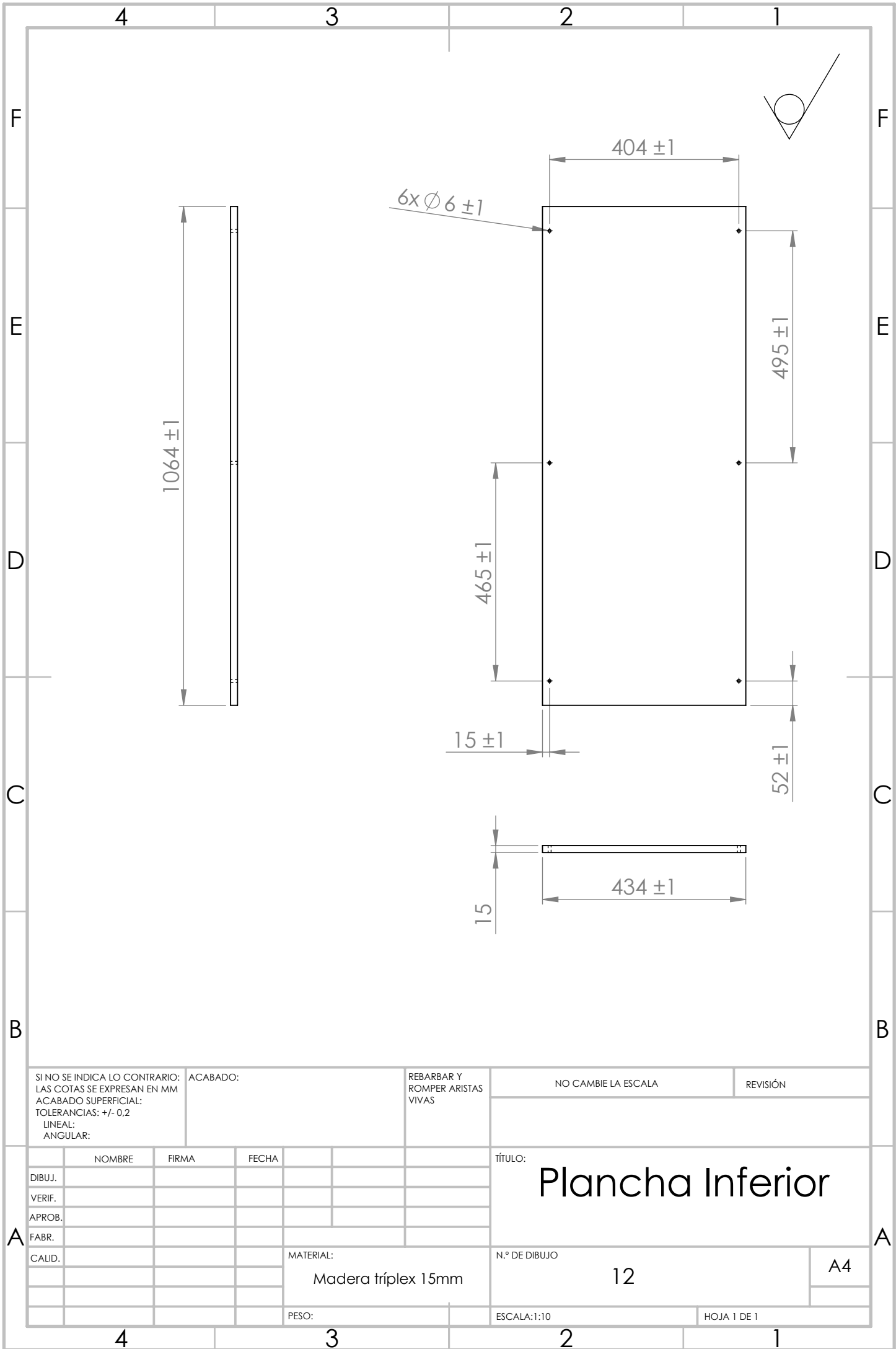
ESCALA:1:10

HOJA 1 DE 1



DETALLE A
 ESCALA 1 : 2

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/- 0,2 LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			NOMBRE	FIRMA	FECHA																															TÍTULO: <h1>Plancha Superior</h1>		
NOMBRE	FIRMA	FECHA																																				
MATERIAL: Madera triplex 15mm			N.º DE DIBUJO 11		A4																																	
PESO:			ESCALA: 1:10		HOJA 1 DE 1																																	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS: +/- 0,2
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

 REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

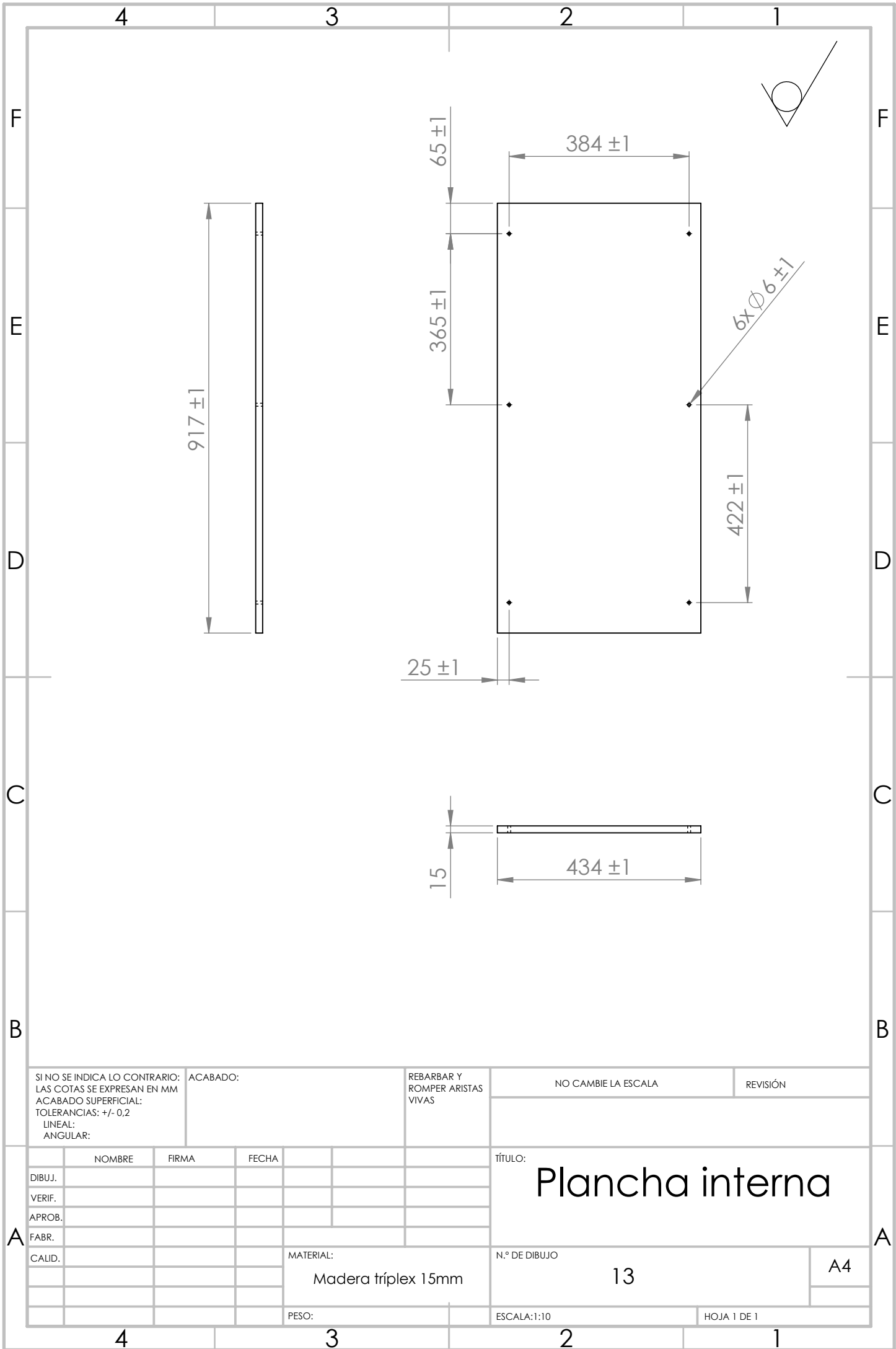
REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:
Plancha Inferior

N.º DE DIBUJO
 12

A4



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS: +/- 0,2
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:
Plancha interna

N.º DE DIBUJO
13

ESCALA: 1:10

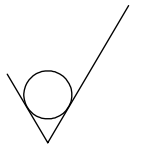
HOJA 1 DE 1

A4

4 3 2 1

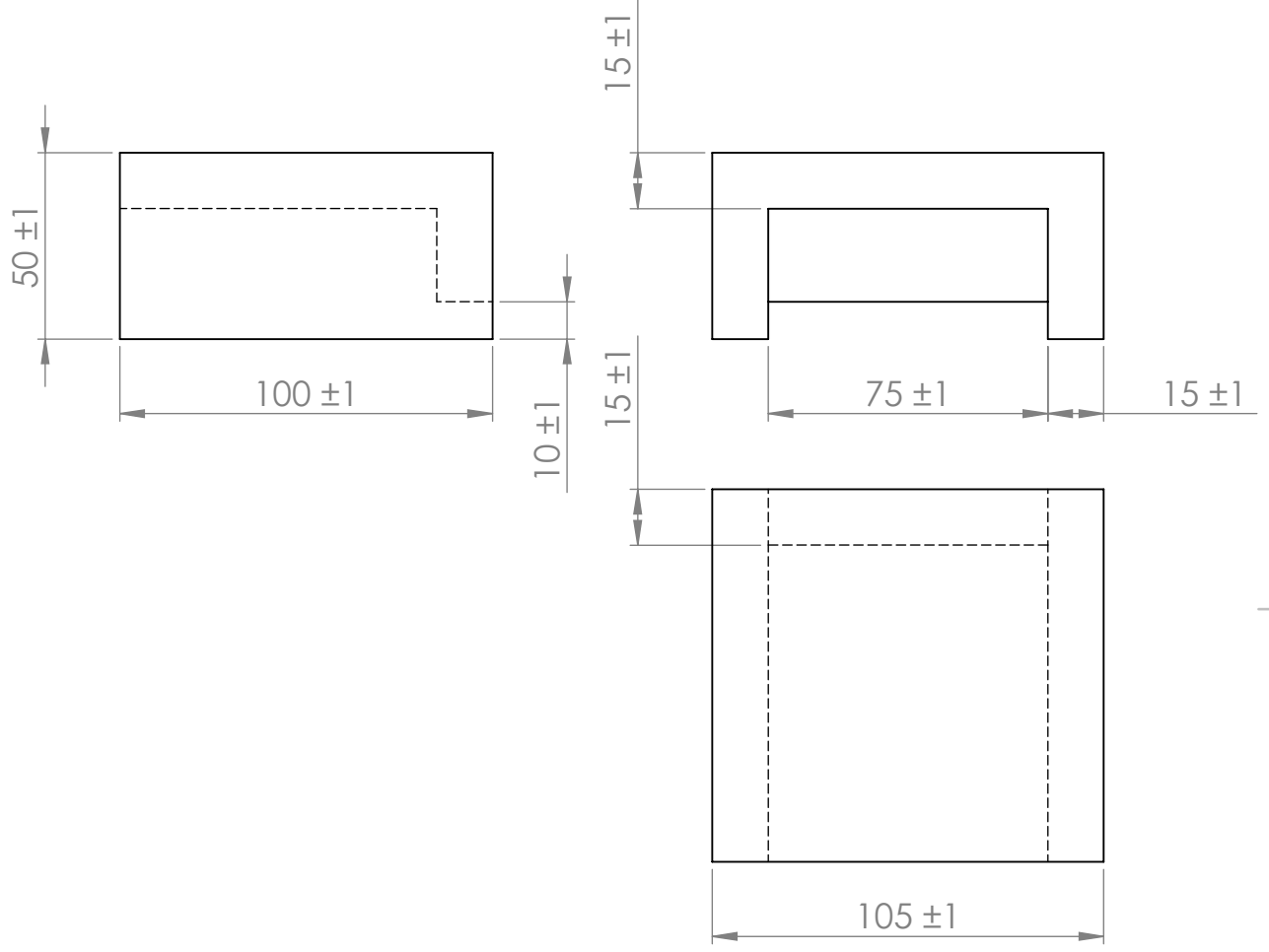
F

F



E

E



D

D

C

C

B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS: +/- 0,2
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:
Base Termostato

N.º DE DIBUJO
14

ESCALA:1:2

HOJA 1 DE 1

A

A

4 3 2 1

MATERIAL:
 Madera triplex 15mm

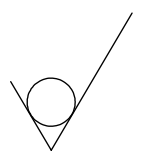
A4

PESO:

4 3 2 1

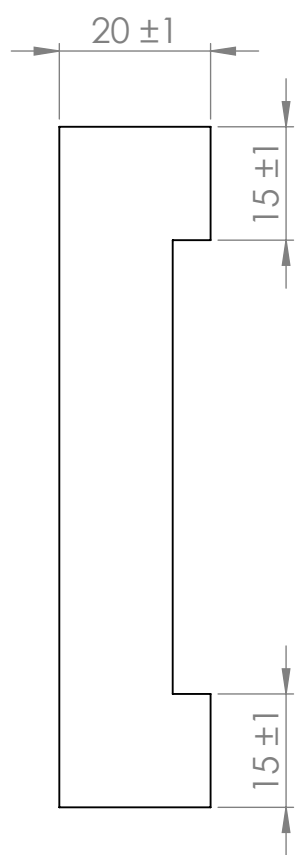
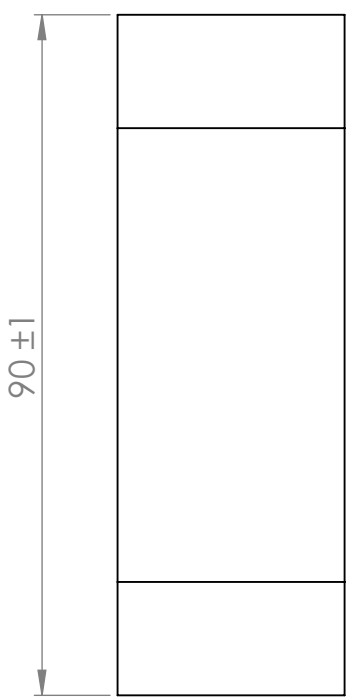
F

F



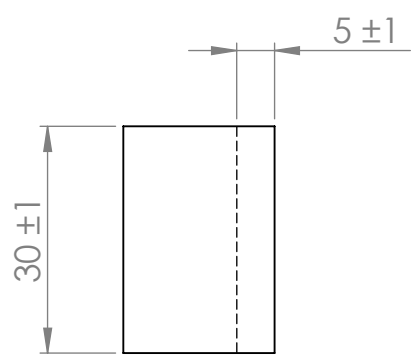
E

E



D

D



C

C

B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/- 0,2 LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN

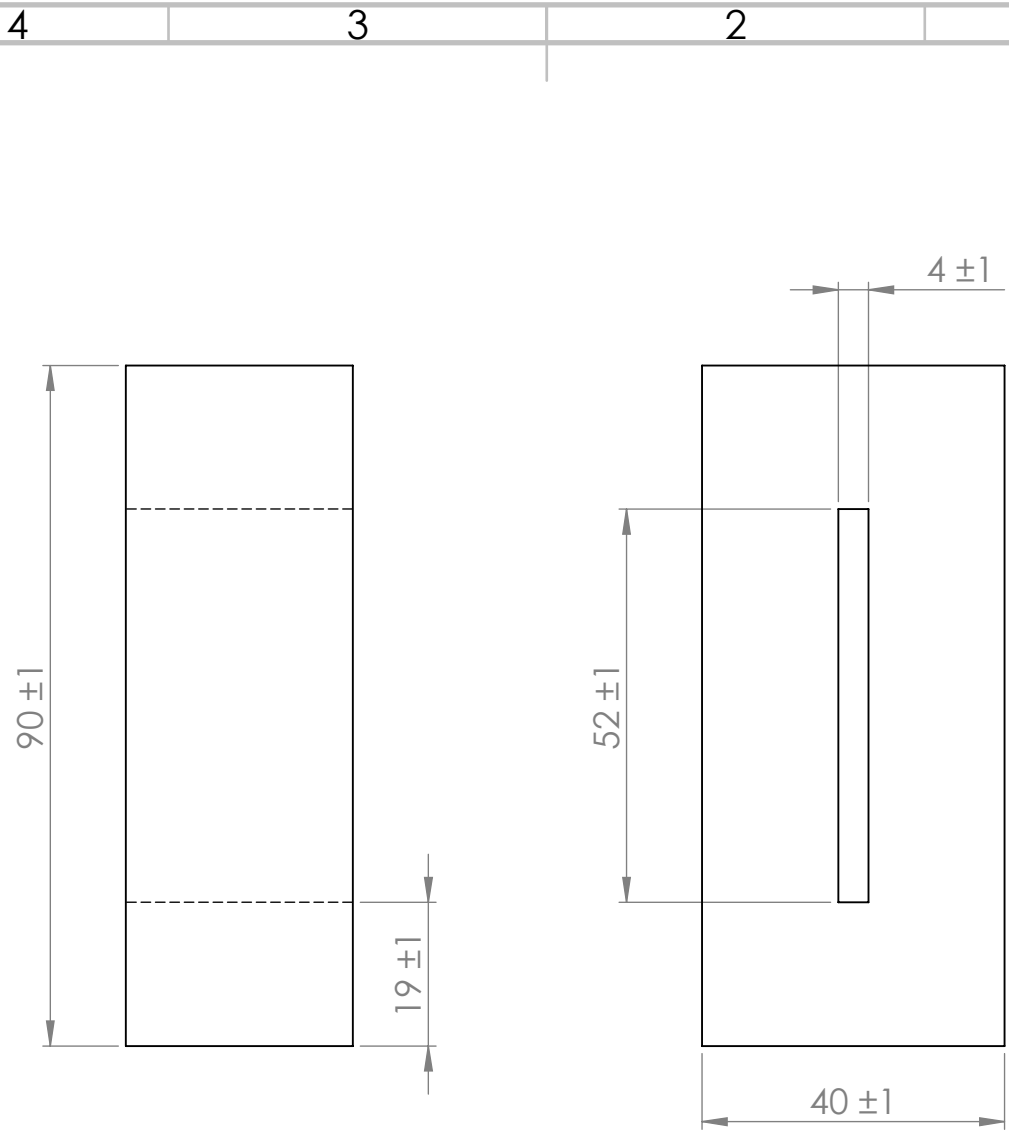
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	
DIBUJ.				
VERIF.				
APROB.				
FABR.				
CALID.				

TÍTULO: Soporte interior de la palanca	
N.º DE DIBUJO 15	A4
PESO:	ESCALA: 1:1
	HOJA 1 DE 1

A

A

4 3 2 1



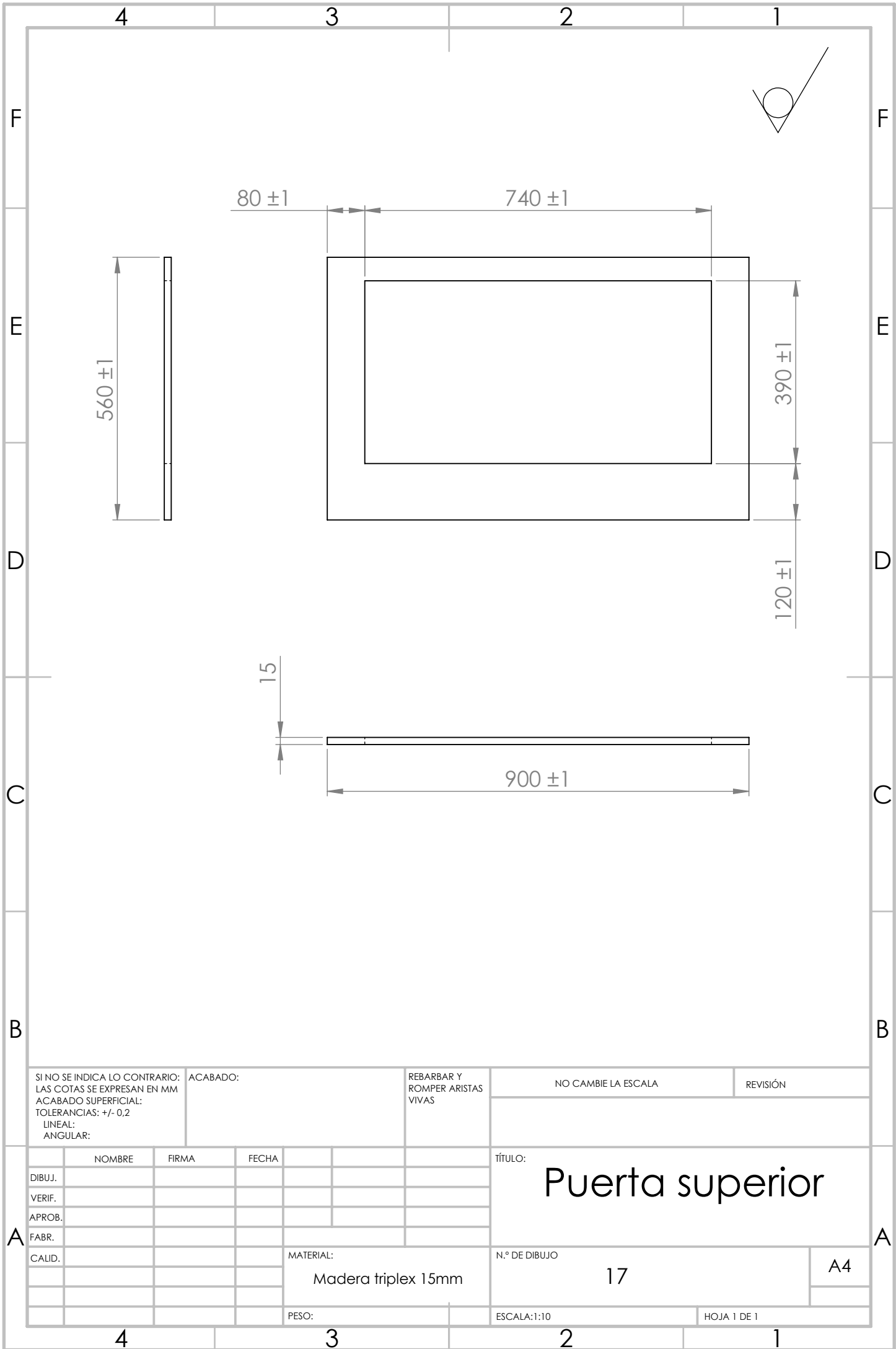
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/- 0,2 LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN																		
<table border="1"> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.			VERIF.			APROB.			FABR.			CALID.			TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Soporte sujeción de palanca</h2>		A4
NOMBRE	FIRMA	FECHA																					
DIBUJ.																							
VERIF.																							
APROB.																							
FABR.																							
CALID.																							
MATERIAL: Madera triplex 15mm			N.º DE DIBUJO 16																				
PESO:			ESCALA: 1:1		HOJA 1 DE 1																		

F
E
D
C
B
A

F
E
D
C
B
A

4 3 2 1

4 3 2 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS: +/- 0,2
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

 REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA
 REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:
Puerta superior

N.º DE DIBUJO
17

ESCALA:1:10
 HOJA 1 DE 1

MATERIAL:
Madera triplex 15mm

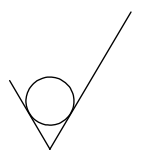
PESO:

A4

4 3 2 1

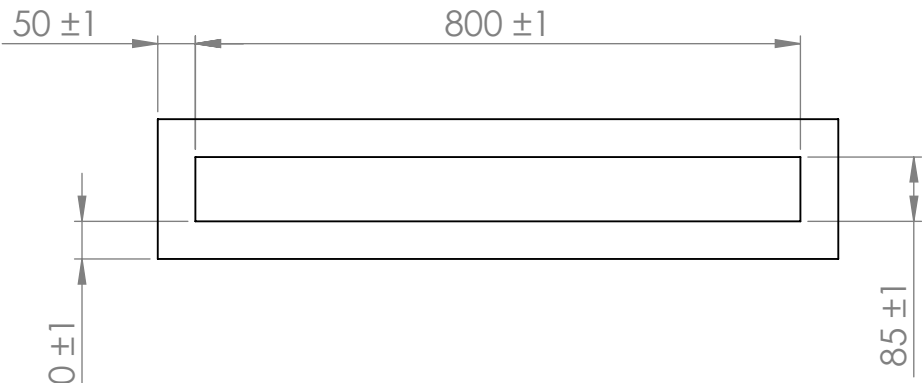
F

F



E

E



D

D

C

C

B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS: +/- 0,2
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

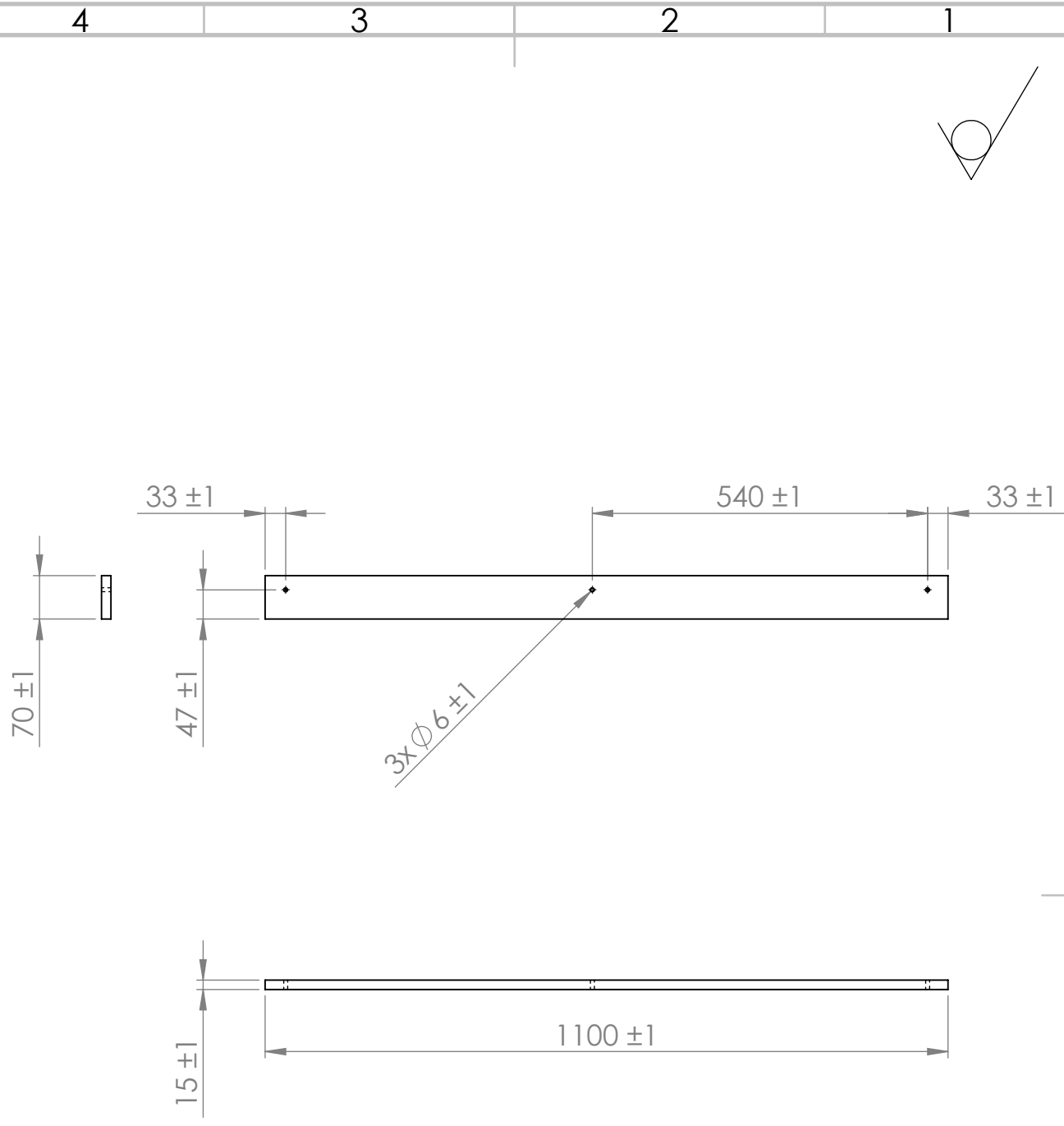
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO: <h1>Puerta Inferior</h1>	
N.º DE DIBUJO 18	A4
PESO:	ESCALA:1:10
	HOJA 1 DE 1

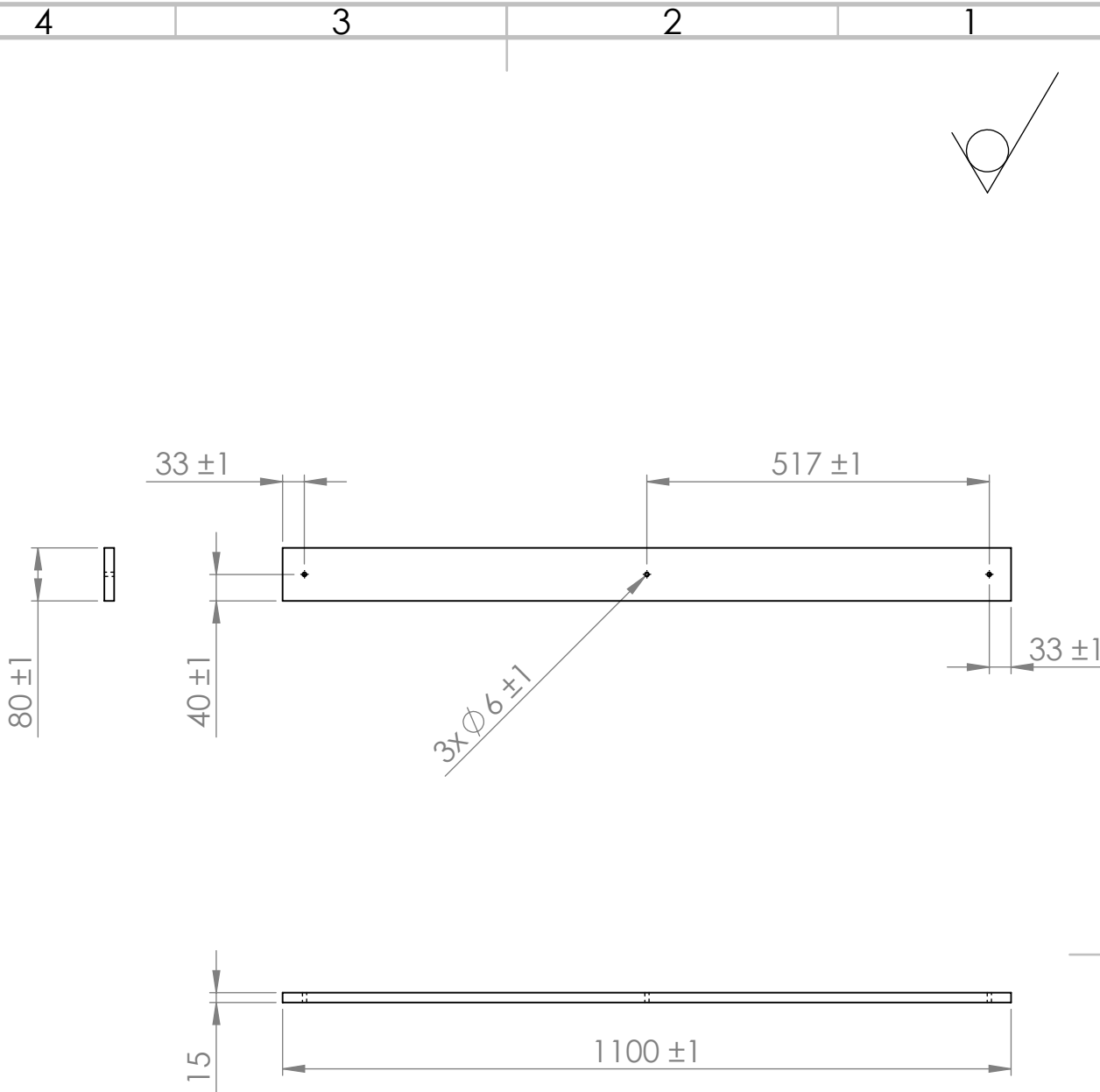
A

A

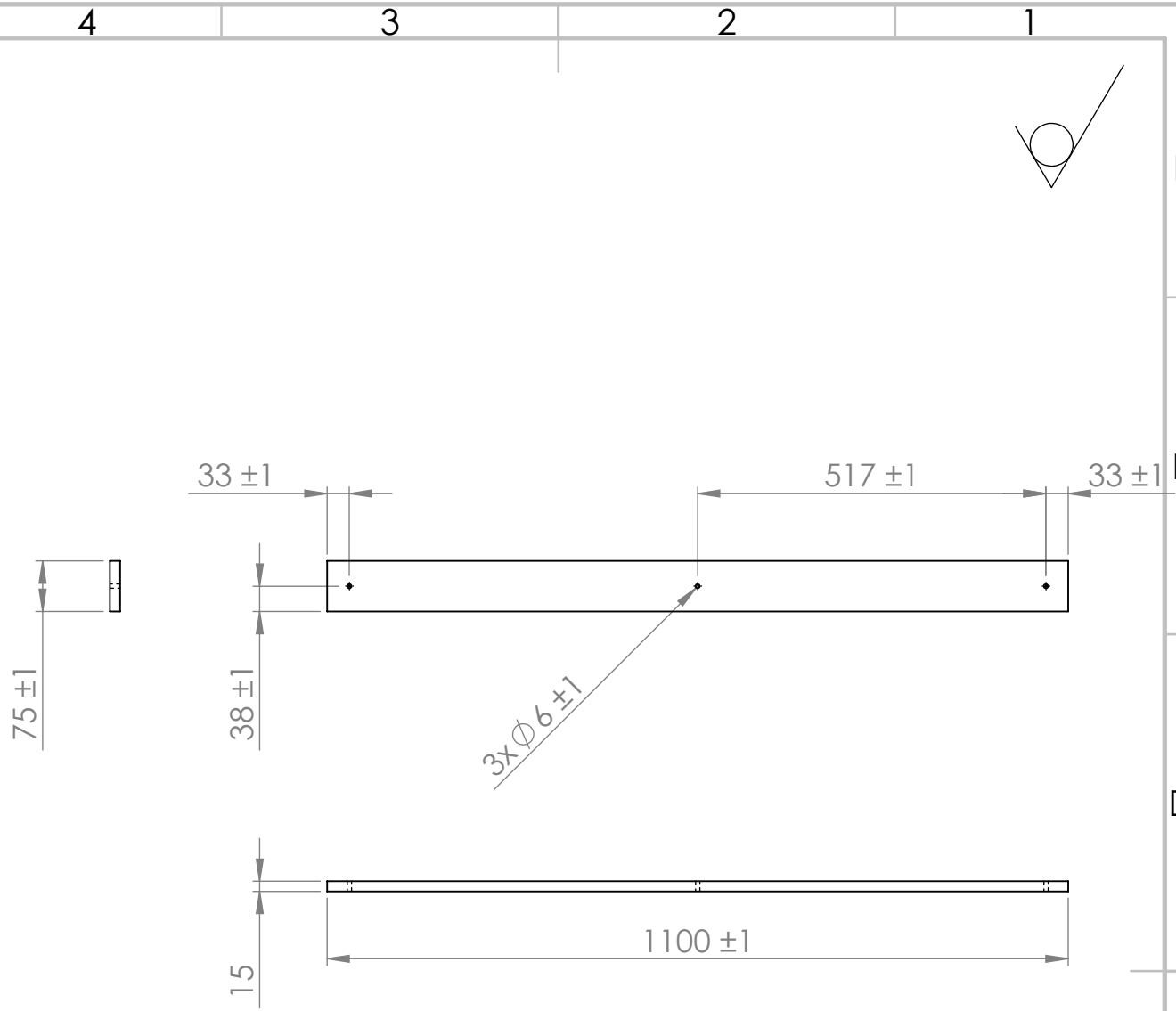
4 3 2 1



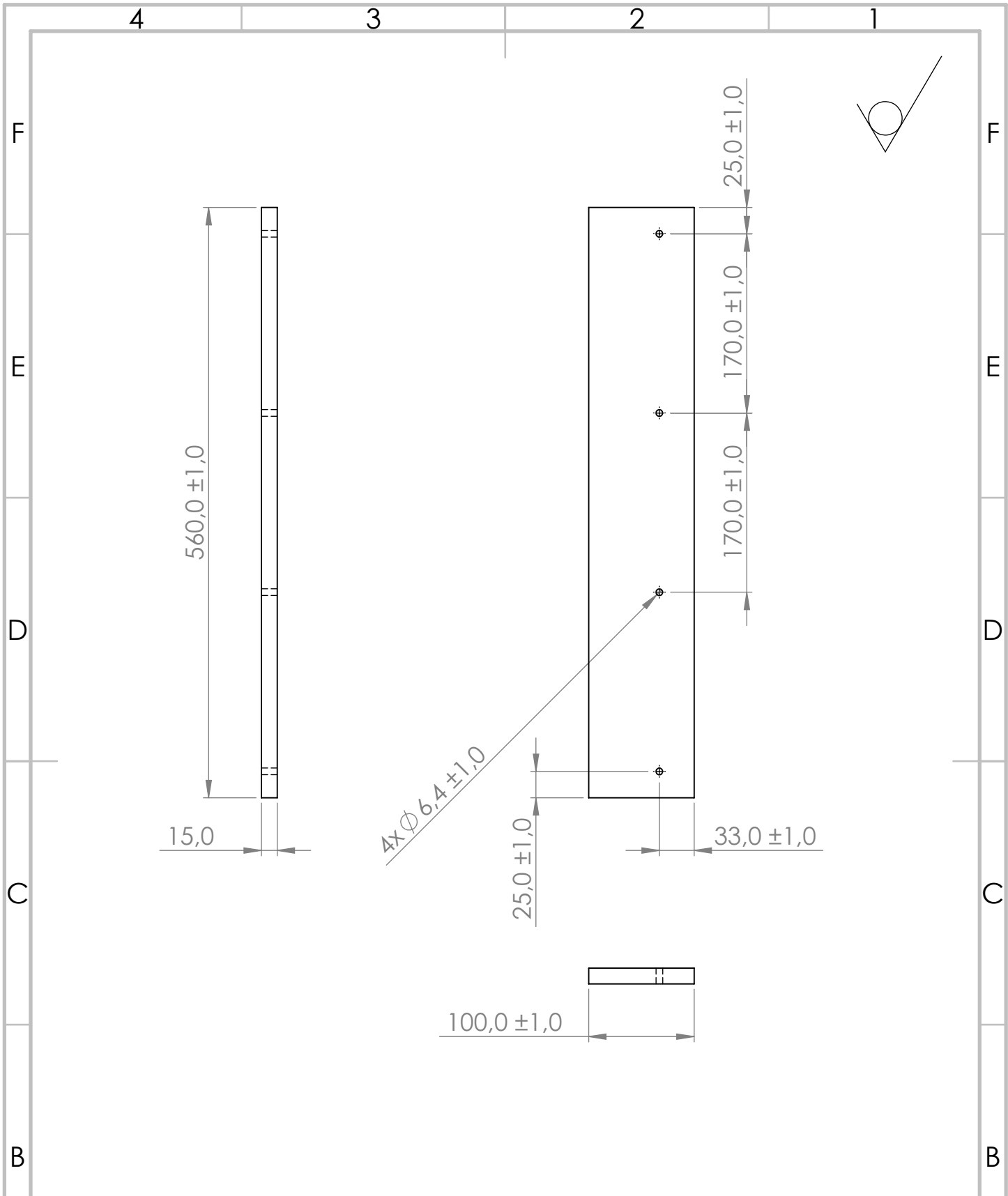
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/- 0,2 LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.		FIRMA		FECHA		TÍTULO: Tapa horizontal superior			
VERIF.						N.º DE DIBUJO		A4	
APROB.						19			
FABR.						ESCALA:1:10		HOJA 1 DE 1	
CALID.						MATERIAL: Madera triplex 15mm			
						PESO:			



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/- 0,2 LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.		NOMBRE		TÍTULO: Tapa horizontal media	
VERIF.		FIRMA		N.º DE DIBUJO 20	
APROB.		FECHA		A4	
FABR.		MATERIAL: Madera triplex 15mm		ESCALA:1:10	
CALID.		PESO:		HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/- 0,2 LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			NOMBRE	FIRMA	FECHA																TÍTULO: <h1 style="text-align: center;">Tapa horizontal inferior</h1>		
NOMBRE	FIRMA	FECHA																					
MATERIAL: Madera triplex 15mm			N.º DE DIBUJO 21		A4																		
PESO:			ESCALA: 1:10		HOJA 1 DE 1																		



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS: +/- 0,2
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

 REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

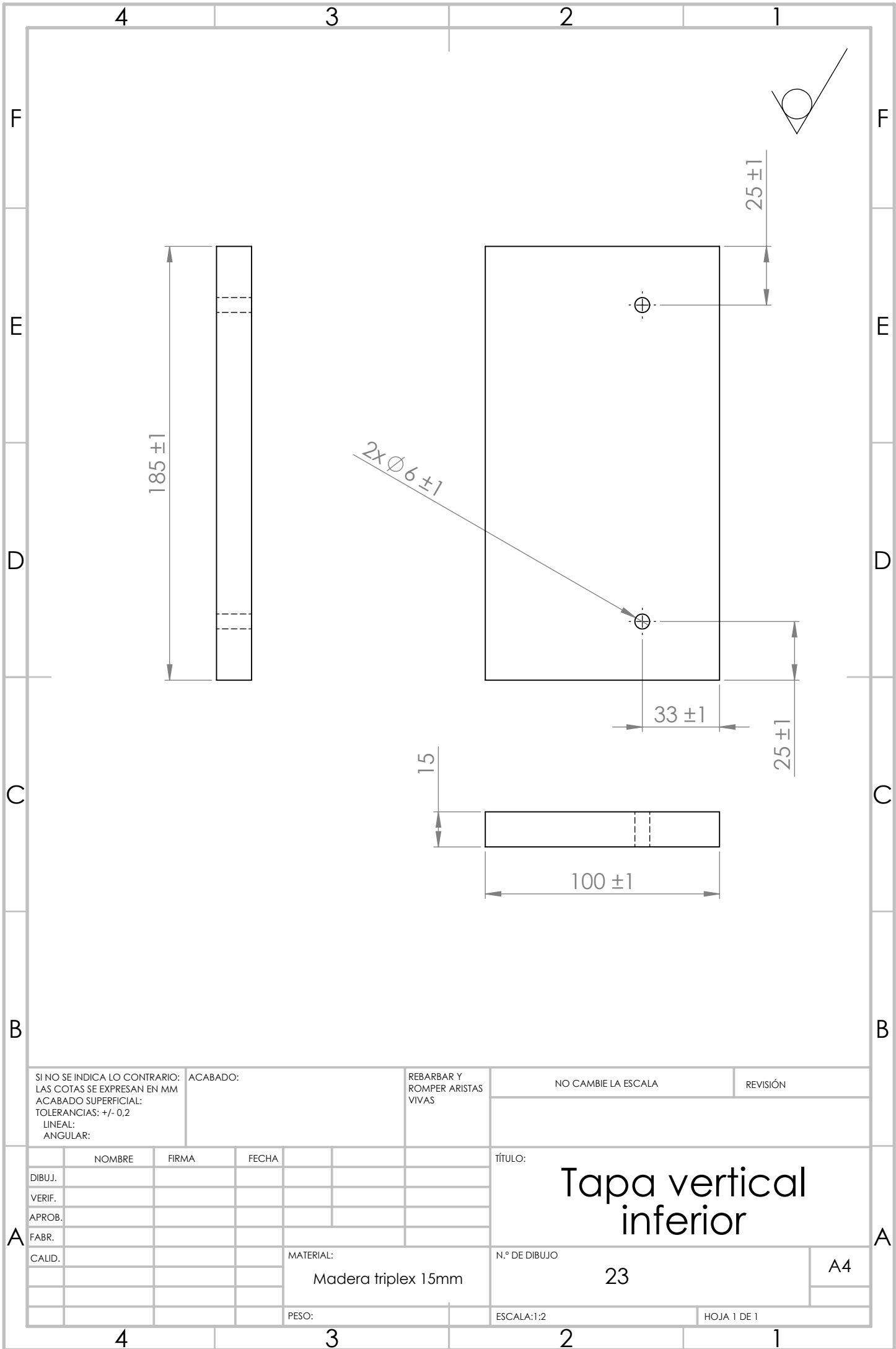
TÍTULO:
Tapas vertical superior

N.º DE DIBUJO
22

MATERIAL:
Madera triplex 15mm

ESCALA:1:5

HOJA 1 DE 1

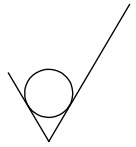


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/- 0,2 LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO: Tapa vertical inferior			
DIBUJ.		VERIF.		APROB.		MATERIAL: Madera triplex 15mm			
FABR.		CALID.		PESO:		N.º DE DIBUJO 23		A4	
4		3		2		ESCALA:1:2			
4		3		2		HOJA 1 DE 1			

4 3 2 1

F

F

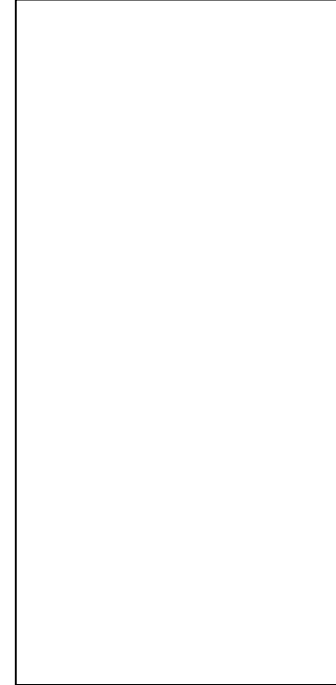


E

E



906 ± 1



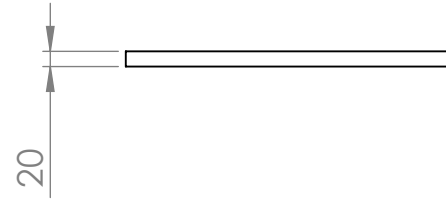
428 ± 1

D

D

C

C



20

B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +/- 2
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO: Aislante central	
N.º DE DIBUJO 24	A4
PESO:	ESCALA:1:10
	HOJA 1 DE 1

A

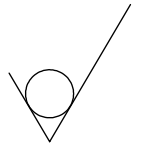
A

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F



E

E

D

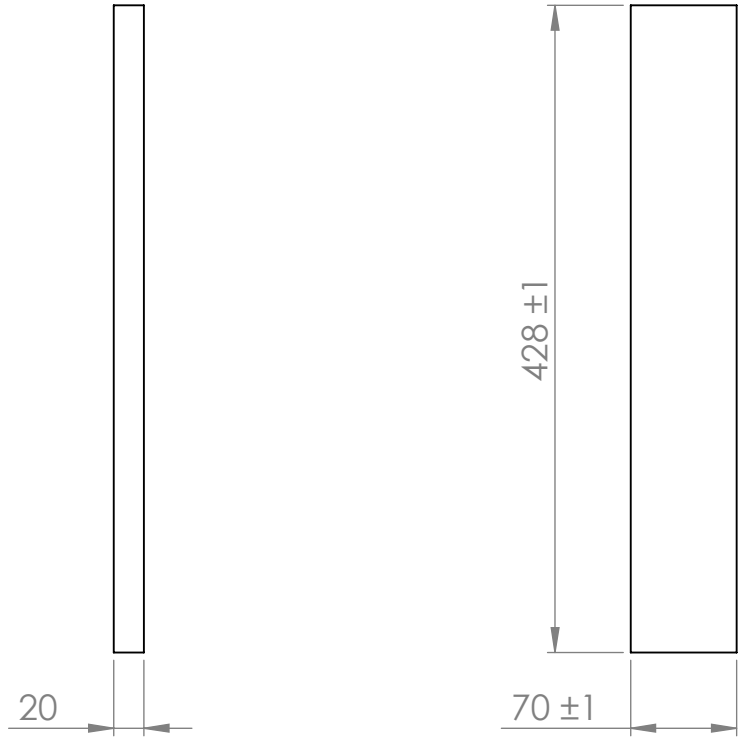
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS: +/- 2
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:
**Aislante laterales,
 superior**

N.º DE DIBUJO
 25

A4

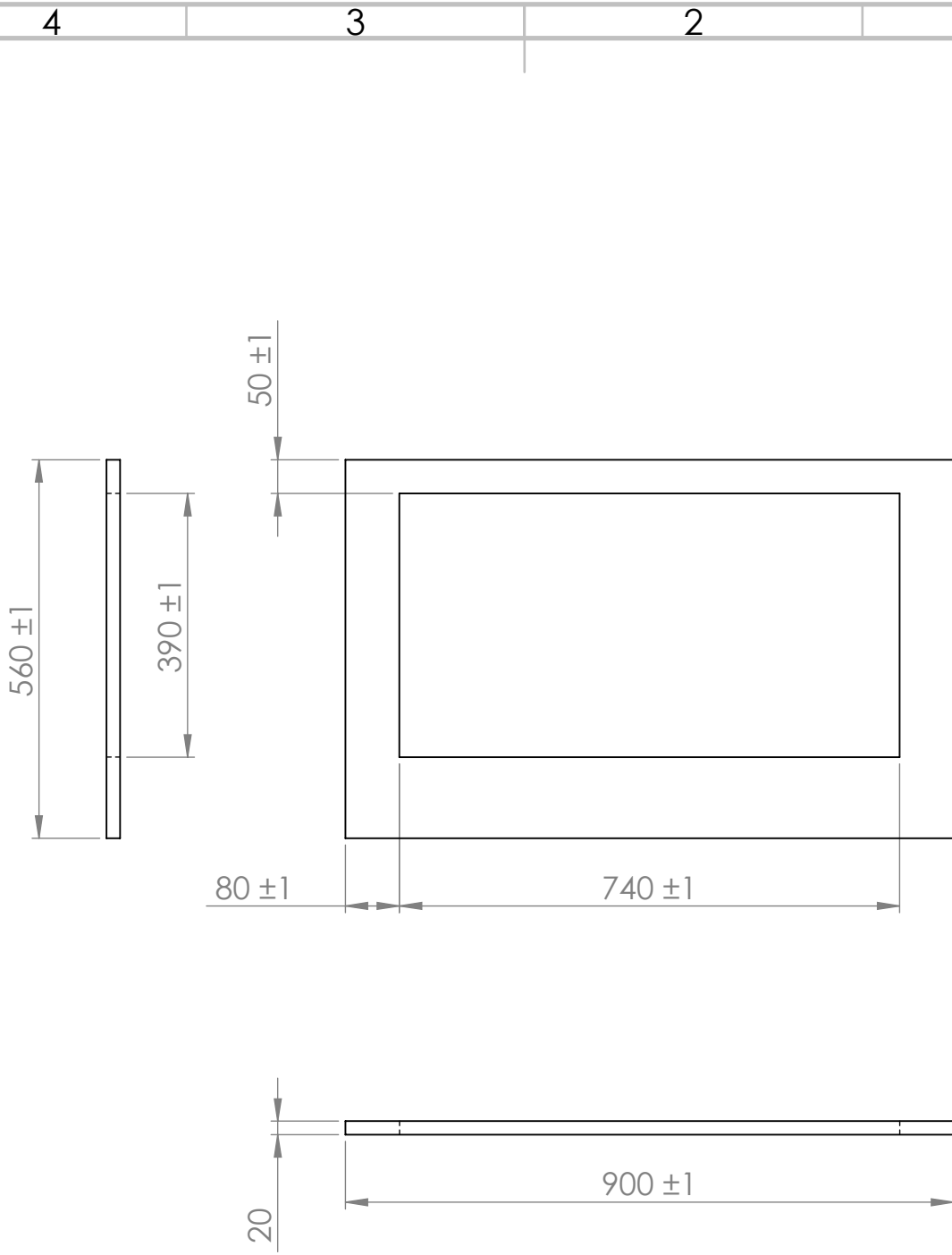
ESCALA:1:5

HOJA 1 DE 1

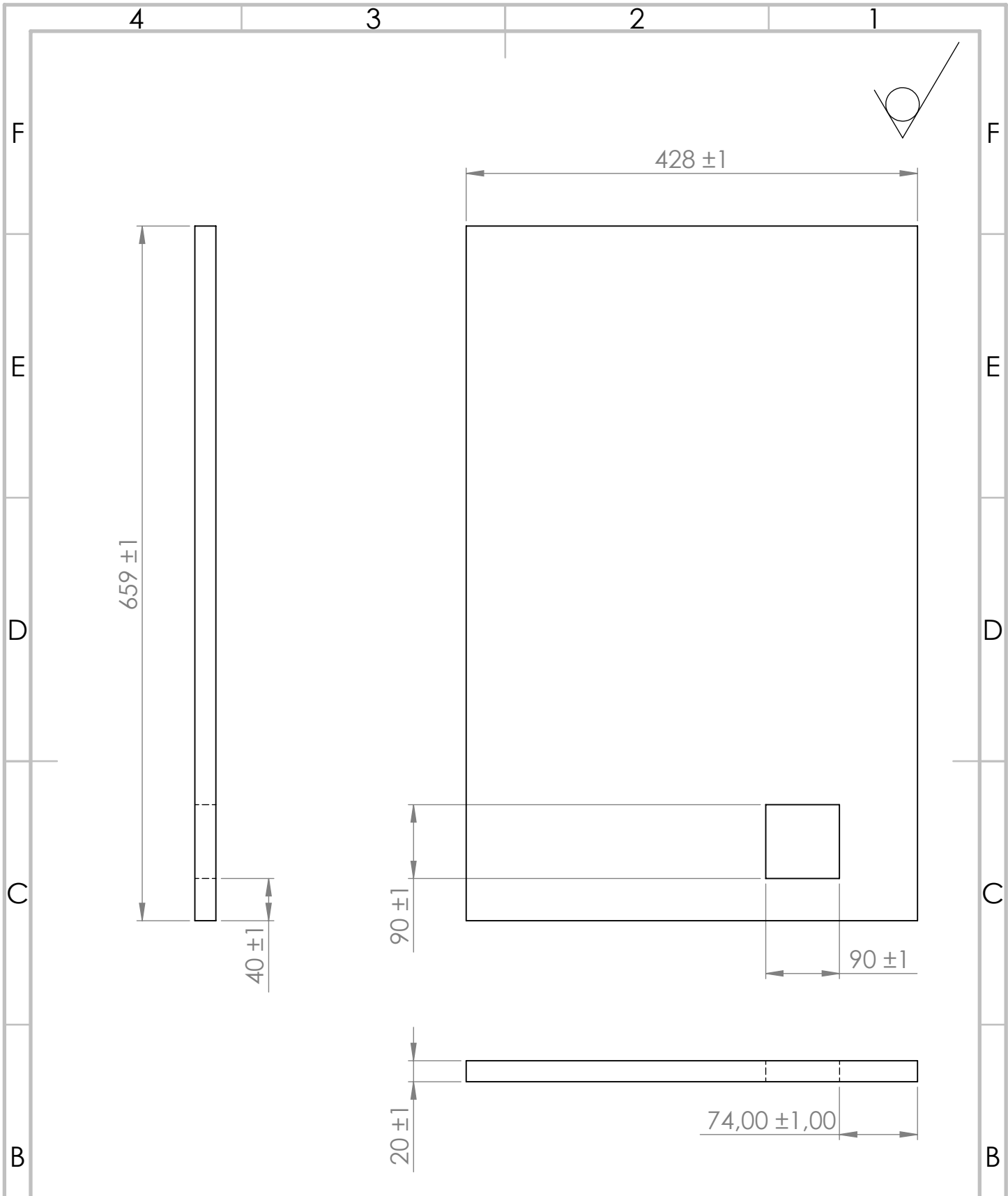
4 3 2 1

A

A



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/- 2 LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			NOMBRE	FIRMA	FECHA																															TÍTULO: Aislamiento puerta superior		
NOMBRE	FIRMA	FECHA																																				
MATERIAL: Poliestireno 20mm			N.º DE DIBUJO 26		A4																																	
PESO:			ESCALA:1:10		HOJA 1 DE 1																																	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS: +/- 2
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO: Aislante lateral izquierdo, superior	
N.º DE DIBUJO 27	A4
PESO:	ESCALA:1:5
	HOJA 1 DE 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

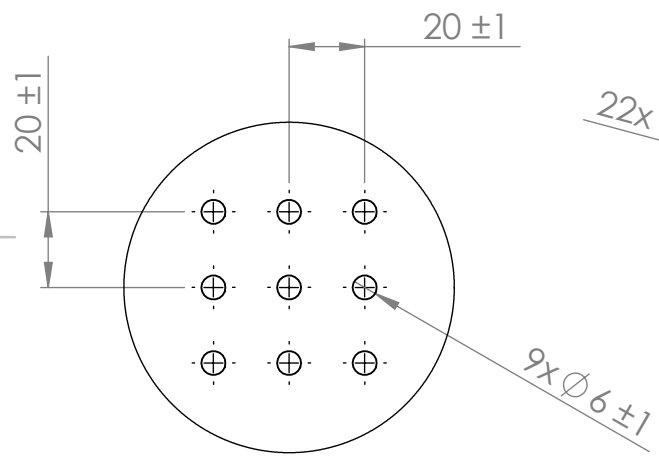
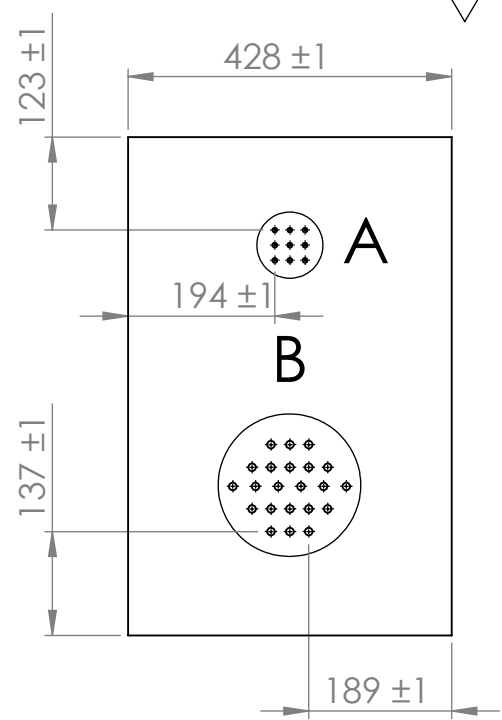
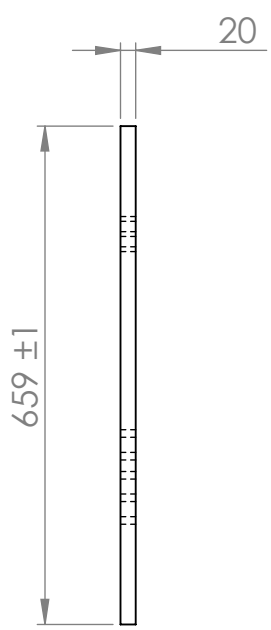
C

B

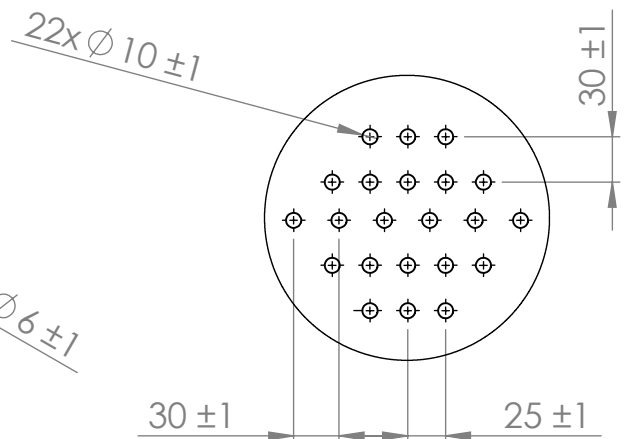
B

A

A



DETALLE A
ESCALA 1 : 2



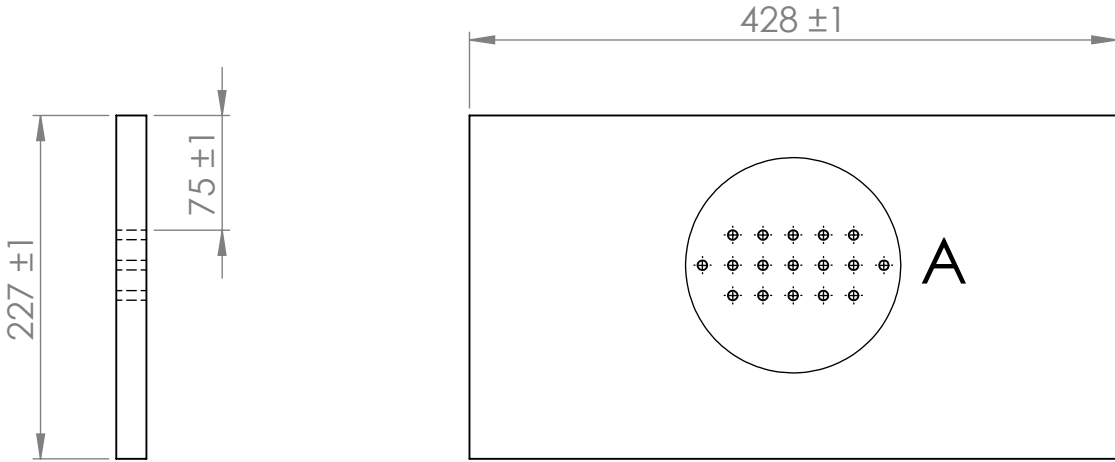
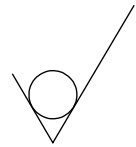
DETALLE B
ESCALA 1 : 5

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/- 2 LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN															
<table border="1"> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>			NOMBRE	FIRMA	FECHA													TÍTULO: <h1 style="text-align: center;">Aislante lateral derecho, superior</h1>		
NOMBRE	FIRMA	FECHA																		
MATERIAL: Poliestireno 20mm			N.º DE DIBUJO 28		A4															
PESO:			ESCALA: 1:10		HOJA 1 DE 1															

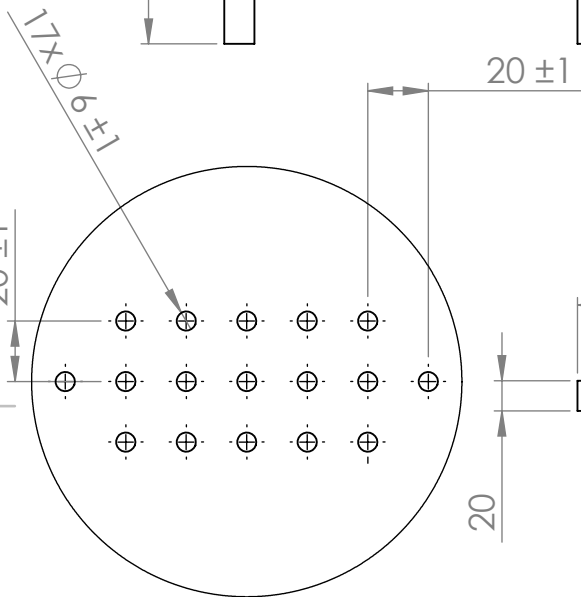
4 3 2 1

4 3 2 1

F F



E E



D D

C C

DETALLE A
 ESCALA 2 : 5

B B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/- 2 LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN

DIBUJ.			TÍTULO:	
VERIF.			Aislante laterales, inferior	
APROB.				
FABR.			N.º DE DIBUJO	
CALID.			29	
MATERIAL:			A4	
Poliestireno 20mm			ESCALA:1:5	
PESO:			HOJA 1 DE 1	

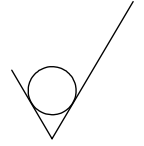
A A

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F



E

E

D

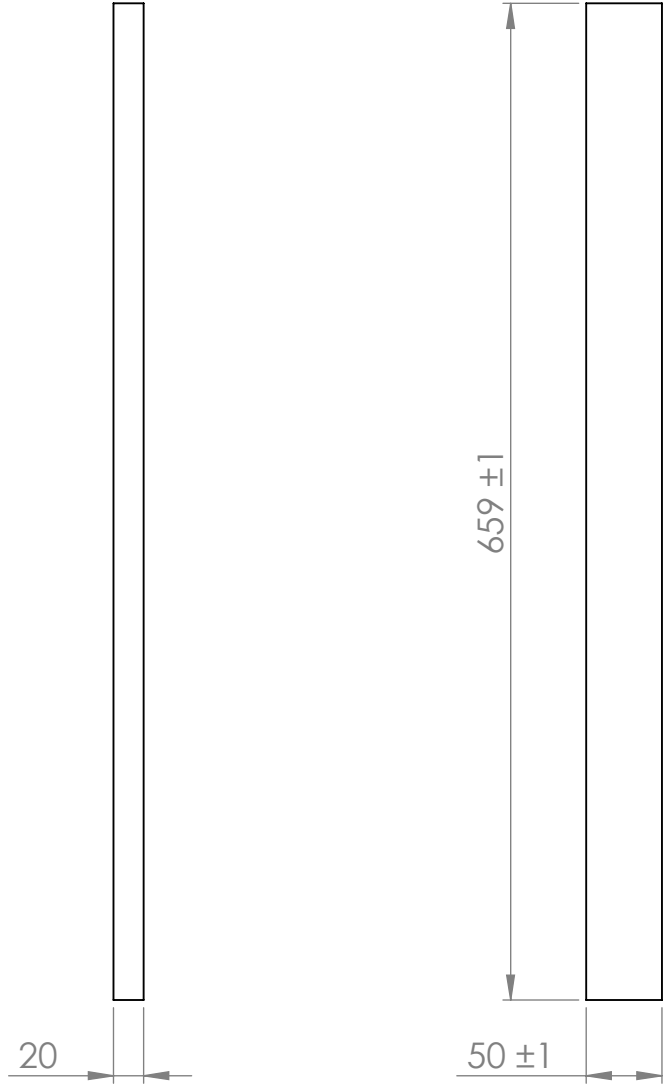
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS: +/- 2
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:
Aislante puerta superior laterales

N.º DE DIBUJO
30

MATERIAL:
Poliestireno 20mm

ESCALA:1:5

HOJA 1 DE 1

A4

A

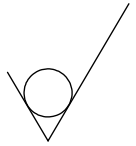
A

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F



20 ±1 50 ±1 50 ±1

E

E

656 ±1

A

D

D

20 ±1 3 ±1 17 ±1

1016 ±1

C

C

DETALLE A

ESCALA 1 : 5

B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/- 2 LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN

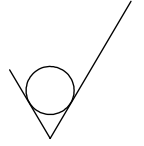
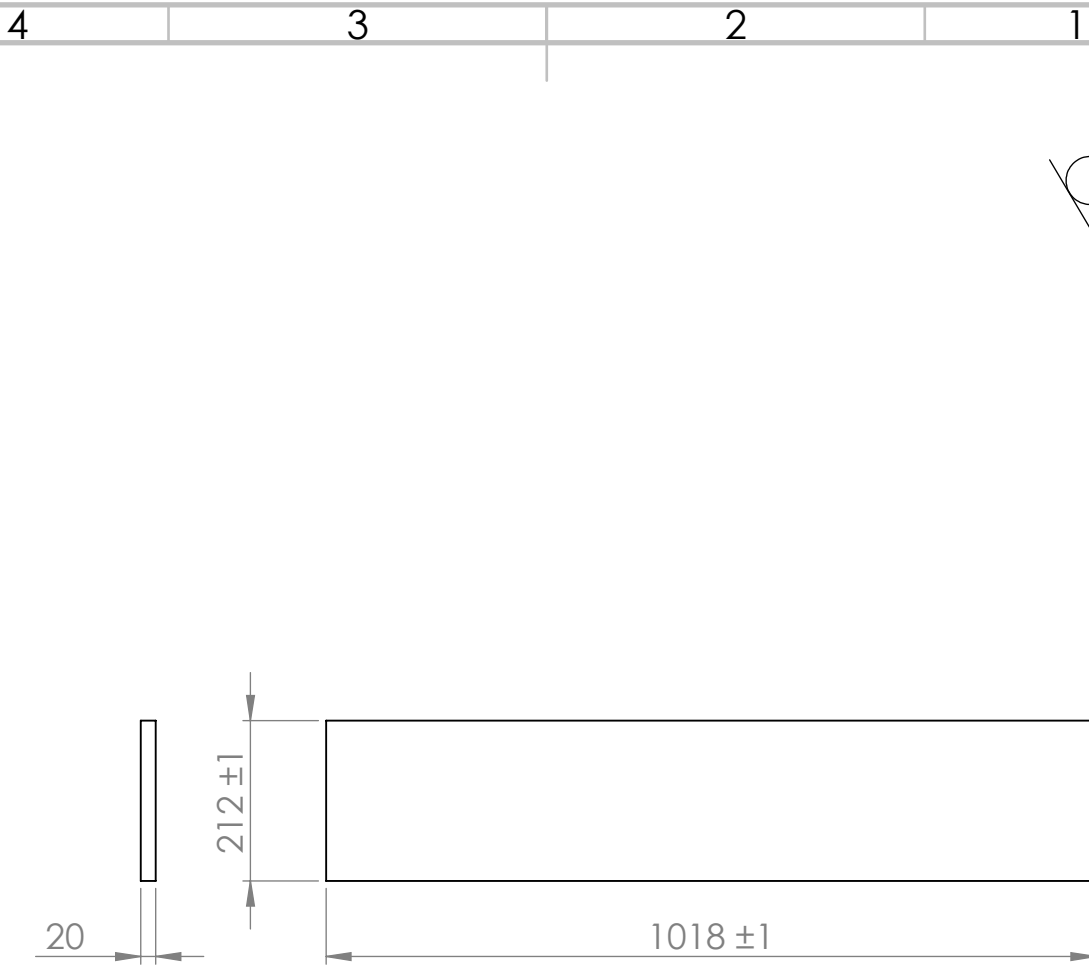
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:	Aislante posterior
N.º DE DIBUJO	
MATERIAL:	Poliestireno 20mm
PESO:	
ESCALA:1:10	HOJA 1 DE 1

A

A

4 3 2 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/- 2 LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.		FIRMA		FECHA		TÍTULO: <h1 style="text-align: center;">Aislante posterior, inferior</h1>			
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CALID.									
				MATERIAL: Poliestireno 20mm		N.º DE DIBUJO 32		A4	
				PESO:		ESCALA:1:10		HOJA 1 DE 1	

F
E
D
C
B
A

F
E
D
C
B
A

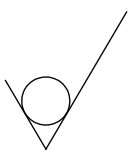
4 3 2 1

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F



E

E

D

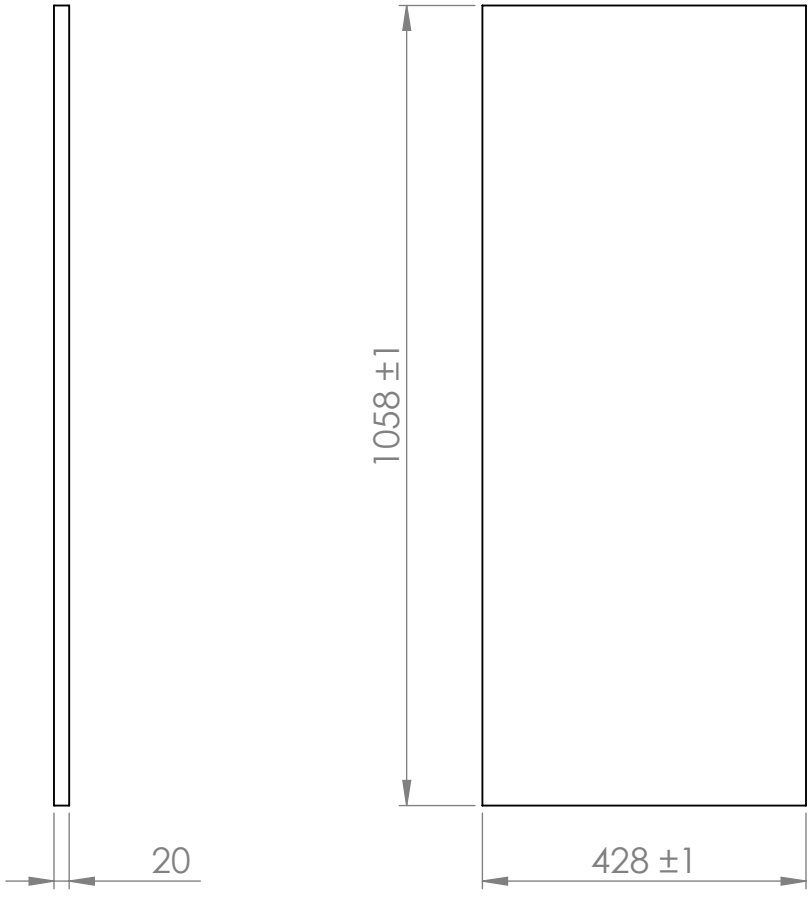
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS: +/- 2
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:
Aislante inferior

N.º DE DIBUJO
33

MATERIAL:
Poliestireno 20mm

PESO:

ESCALA:1:10

HOJA 1 DE 1

4 3 2 1

A

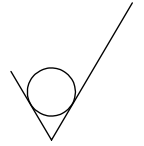
A

A4

4 3 2 1

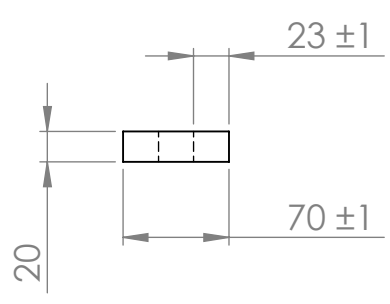
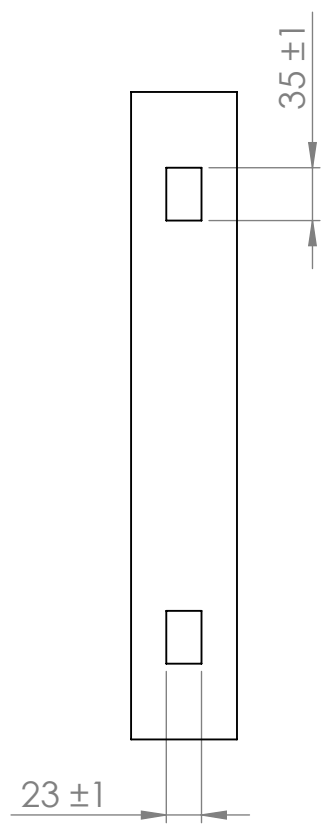
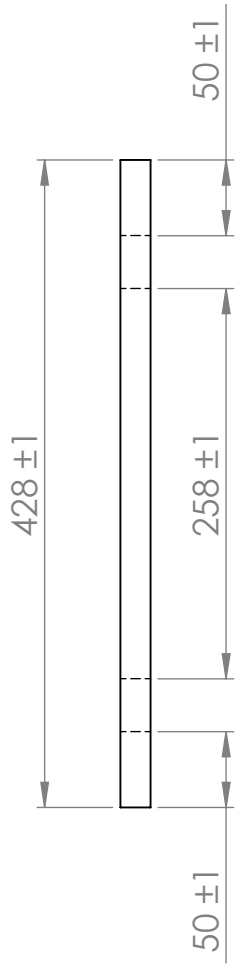
F

F



E

E



D

D

C

C

B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/- 2 LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:	Aislante medio, laterales	
N.º DE DIBUJO	34	A4
PESO:		ESCALA:1:5
		HOJA 1 DE 1

A

A

4 3 2 1