

upna

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL, INFORMÁTICA
Y DE TELECOMUNICACIÓN
(ETSIIT)

PESTILLO ACCESIBLE PARA PUERTA CORREDERA



DETECCIÓN Y DEFINICIÓN DE NECESIDAD Y DISEÑO

TRABAJO DE FIN DE GRADO
· INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES ·



AUTOR DEL TRABAJO · JAVIER PÉREZ PUJOL
DIRECTOR ACADÉMICO · JOAQUÍN SEVILLA MORÓDER

ÍNDICE

1. OBJETIVO	1
2. INTRODUCCIÓN	1
3. DETECCIÓN DE NECESIDAD.....	2
4. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	4
4.1. CUESTIONARIO	4
4.2. RESULTADOS.....	6
5. DISEÑO DEL PESTILLO PARA PUERTA CORREDERA.....	8
5.1. REQUISITOS DEL DISEÑO	8
5.2. ANÁLISIS DE SOLUCIONES	9
5.3. SOLUCIÓN ADOPTADA.....	11
5.4. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	13
5.4.1. Conjunto Mecánico y Funcionamiento.....	13
5.4.2. Diseño de los Componentes del Pestillo	16
5.4.3. Materiales.....	23
5.4.4. Procesos de fabricación y acabados superficiales.....	24
5.4.5. Instalación del Pestillo.....	26
6. PROTOTIPADO	27
6.1. PIEZAS DEL PROTOTIPO	27
6.2. MONTAJE DEL PROTOTIPO	28
7. EVALUACIÓN DEL DISEÑO Y MEJORAS	32
8. DESARROLLO FUTURO	36
8.1. OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO	36
8.2. REALIZACIÓN DEL MODELO DE NEGOCIO	36
8.3. EMPRENDIMIENTO	37
8.4. CONTACTO CON EMPRESAS Y ENTIDADES PÚBLICAS	37
9. CONCLUSIONES.....	37
10. NORMATIVAS EMPLEADAS.....	38
11. REFERENCIAS	39
12. BIBLIOGRAFÍA	40
ANEXOS	
ANEXO 1. CÁLCULO DE LA FUERZA EJERCIDA POR UNA PERSONA.....	41

ANEXO 2. CÁLCULOS PARA DETERMINAR VARIABLES DE DISEÑO EN BASE A CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO	43
A2.1. RELACIÓN ENTRE EL GIRO DEL GANCHO Y EL RADIO DEL ENGRANAJE	43
A2.2. FUERZA DE AYUDA PARA EL CIERRE DE LA PUERTA.....	43
A2.3. EVITAR QUE LA PUERTA SE ABRA DESDE FUERA.....	45
A2.4. EVITAR EL GRIPAMIENTO DEL GANCHO.....	47
A2.5 CÁLCULO DE ÁNGULO θ PARA AYUDAR AL ENGANCHE.....	48
A2.6. COMBINACIÓN DE LAS CONDICIONES OBTENIDAS.....	49
ANEXO 3. CÁLCULOS DE DISEÑO: UNIONES ATORNILLADAS, AJUSTES Y TOLERANCIAS .51	51
A3.1. CÁLCULO DE UNIONES ATORNILLADAS.....	51
A3.1.1. EMBELLECEDOR EXTERIOR.....	53
A3.1.2. MANILLA.....	54
A3.1.3. TAPA DERECHA.....	56
A3.2. CÁLCULO DE JUEGOS PARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO.....	57
A3.2.1. JUEGO A.....	58
A3.2.2. JUEGO B.....	61
A3.2.3. JUEGO C.....	63
A3.2.4. JUEGO D	68
A3.3. CÁLCULO DE AJUSTES Y TOLERANCIAS	69
A3.3.1. AJUSTE 1	70
A3.3.2. AJUSTE 2	72
A3.3.3. AJUSTE 3	74
A3.3.4. AJUSTE 4	75
A3.3.5. AJUSTE 5	76
A3.3.6. AJUSTE 6	77
A3.3.7. AJUSTE 7	80
A3.4. CÁLCULO DE TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS	82
A3.4.1. TOLERANCIA GEOMÉTRICA 1	83
A3.4.2. TOLERANCIA GEOMETRICA 2	85
ANEXO 4. SIMULACIONES DE TENSIONES	88
ANEXO 5. PLANOS	125
ANEXO 6. MUESTRAS DE ESTUDIO	142

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ejemplos de pestillos comúnmente empleados para baños.</i>	3
<i>Figura 2. Croquis del diseño del mecanismo de botón.</i>	9
<i>Figura 3. Croquis del mecanismo Engranaje-Cremallera.</i>	10
<i>Figura 4. Croquis del mecanismo de movimiento circular.</i>	10
<i>Figura 5. Ponderación de criterios del método de decisión multicriterio.</i>	12
<i>Figura 6. Valoración de las alternativas.</i>	13
<i>Figura 7. Diseño del sistema de cerrojo con los nombres de los componentes que lo forman.</i>	14
<i>Figura 8. Representación del funcionamiento del conjunto mecánico.</i>	15
<i>Figura 9. Funcionamiento del mecanismo instalado en la puerta corredera. La circunferencia gris marca la posición del engranaje.</i>	15
<i>Figura 10. Representación de los pasos a seguir para la apertura desde el exterior en caso de emergencia.</i>	16
<i>Figura 11. Eje libre (izquierda). Eje junto con el gancho, engranaje y tuerca (derecha).</i>	17
<i>Figura 12. Gancho.</i>	18
<i>Figura 13. Guía.</i>	19
<i>Figura 14. Manilla.</i>	20
<i>Figura 15. Tapa izquierda (izquierda) y Tapa derecha (derecha).</i>	21
<i>Figura 16. Engranaje (izquierda) y Cremallera (derecha).</i>	22
<i>Figura 17. Enganche (izquierda) e instalación en el marco (derecha).</i>	22
<i>Figura 18. Valores típicos correspondientes a la rugosidad superficial (Ra) de diferentes procesos de fabricación</i>	25
<i>Figura 19. Piezas del prototipo en impresión 3D.</i>	28
<i>Figura 20. Montaje del gancho y el engranaje en el eje.</i>	28
<i>Figura 21. Montaje de la cremallera en la guía.</i>	29
<i>Figura 22. Montaje de los subconjuntos obtenidos en los pasos en la tapa izquierda</i>	29
<i>Figura 23. Montaje de la tapa derecha y cierre del conjunto.</i>	30
<i>Figura 24. Fijación de la manilla en la guía.</i>	30
<i>Figura 25. Detalle de la disposición en el interior del engranaje y el gancho.</i>	31
<i>Figura 26. Vista lateral del mecanismo.</i>	31
<i>Figura 27. Detalle del sistema de apertura desde el exterior.</i>	31
<i>Figura A.1. Sistema de fuerzas entre el gancho y el enganche al cerrar el pestillo.</i>	44
<i>Figura A.2. Croquis del gancho.</i>	44
<i>Figura A.3. Representación del sistema de fuerzas sobre el gancho en el caso de apertura desde el exterior.</i>	46
<i>Figura A.4. Representación del sistema en el caso de apertura del pestillo.</i>	47
<i>Figura A.5. Representación del sistema de fuerzas sobre el gancho en el caso de cierre de la puerta con el gancho echado.</i>	48
<i>Figura A.6. Diseño final del gancho con las medidas y ángulos calculados.</i>	50

<i>Figura A.7. Representación de las distancias mínimas en la dirección de la fuerza y en la dirección perpendicular a la fuerza. A la izquierda representado para una fuerza en la dirección horizontal y a la derecha en la dirección vertical.</i>	<i>52</i>
<i>Figura A.8. Embellecedor colocado en el lado exterior de la puerta.</i>	<i>53</i>
<i>Figura A.9. Imagen del diseño de la manilla del mecanismo.</i>	<i>55</i>
<i>Figura A.10. Imagen del diseño de la tapa derecha del mecanismo.</i>	<i>56</i>
<i>Figura A.11. Representación del Juego A y del conjunto con las piezas involucradas en su cálculo.</i>	<i>58</i>
<i>Figura A. 12. Representación de las medidas 1A y 2A para el cálculo del Juego A.</i>	<i>59</i>
<i>Figura A.13. Croquis del cálculo de tolerancia normalizada para la medida 6A.</i>	<i>60</i>
<i>Figura A.14. Representación del Juego B y del conjunto con las piezas involucradas en su cálculo.</i>	<i>61</i>
<i>Figura A.15. Representación de las medidas 3B y 4B para el cálculo del Juego B.</i>	<i>62</i>
<i>Figura A.16. Croquis del cálculo de tolerancia normalizada para la medida 6B.</i>	<i>63</i>
<i>Figura A.17. Representación de juego C y de las piezas involucradas.</i>	<i>64</i>
<i>Figura A.18. Representación de las medidas con tolerancias generales finas para las piezas 1 y 5.</i>	<i>65</i>
<i>Figura A.19. Esquema del método de transferencias de cotas.</i>	<i>65</i>
<i>Figura A.20. Croquis del cálculo de tolerancia normalizada para la medida 6C.</i>	<i>67</i>
<i>Figura A.21. Representación de juego D y de las piezas involucradas.</i>	<i>68</i>
<i>Figura A.22. Representación del acople entre la guía y la cremallera.</i>	<i>70</i>
<i>Figura A.23. Representación del sistema de eje base.</i>	<i>71</i>
<i>Figura A.24. Representación del sistema de agujero base.</i>	<i>73</i>
<i>Figura A.25. Representación de la unión entre eje y engranaje. También es la misma para el gancho.</i>	<i>74</i>
<i>Figura A.26. Representación de la unión entre eje y engranaje. También es la misma para el gancho.</i>	<i>75</i>
<i>Figura A.27. Representación de la unión entre la guía y las tapas derecha e izquierda.</i>	<i>76</i>
<i>Figura A.28. Representación de los taladros. De izquierda a derecha: Manilla, Tapa Izquierda y Guía.</i>	<i>78</i>
<i>Figura A.29. Croquis con las medidas del tornillo DIN 84/ ISO 1207.</i>	<i>78</i>
<i>Figura A.30. Representación del taladro a calcular en el ajuste 6.</i>	<i>79</i>
<i>Figura A.31. Representación de los taladros de la tapa derecha.</i>	<i>81</i>
<i>Figura A.32. Representación de una tolerancia de perpendicularidad (izquierda) y de coaxialidad (derecha).</i>	<i>83</i>
<i>Figura A.33. Representación de las tolerancias geométricas de perpendicularidad y sus referencias para la parte izquierda del eje y la tapa izquierda.</i>	<i>84</i>
<i>Figura A.34. Representación del caso de no desviación en la perpendicularidad (izquierda) y del caso en el que ambas piezas tienen la desviación máxima permitida en sentidos contrarios (derecha).</i>	<i>85</i>
<i>Figura A.35. Representación de la unión entre la tapa derecha y la izquierda.</i>	<i>85</i>
<i>Figura A.36. Representación de la tolerancia de posición para los taladros de la tapa izquierda y derecha.</i>	<i>86</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Resultados del estudio realizado sobre la accesibilidad de las puertas de los baños en Pamplona.</i>	7
<i>Tabla 2. Muestra la escala de valoración de los criterios empleados para la toma de decisión multicriterio.</i>	11
<i>Tabla 3. Tabla de compatibilidad de metales a la intemperie</i>	23
<i>Tabla 4. Tabla que relaciona la tolerancia y la calidad superficial.</i>	25
<i>Tabla 5. Relación entre procesos de mecanizado y sus valores de rugosidad esperados</i> ...	26
<i>Tabla A.1. Muestra la fuerza isométrica máxima</i>	40
<i>Tabla A.2. Tabla de valores para el multiplicador de velocidad (mv)</i>	41
<i>Tabla A.3. Recomendación entre carga y métrica del tornillo</i>	51
<i>Tabla A.4. Norma ISO 2768 para tolerancias dimensionales generales.</i>	58

RESUMEN

En el presente trabajo se va a realizar el diseño de un pestillo accesible para puertas correderas. El proyecto se basará en un estudio realizado de la actual situación de los baños en materia de accesibilidad. En dicho estudio se verá que un aspecto con gran margen de mejora son los pestillos, ya que en la mayoría de los casos se emplean diseños que no cumplen los 7 principios de la accesibilidad universal. Se estudiarán una serie de alternativas y se escogerá para desarrollar su diseño en totalidad aquella que alcance la máxima puntuación en un método de decisión multicriterio. De la alternativa seleccionada, se diseñarán todos sus componentes mediante la herramienta de CAD Solidworks. Se realizarán los cálculos de ajustes y tolerancias pertinentes, simulaciones de tensiones y los planos de cada una de las piezas debidamente acotadas. También se explicarán las decisiones de diseño tomadas para determinar dimensiones y geometrías, así como la selección del material a emplear. Finalmente, se llevará a cabo una evaluación del diseño final y se propondrán mejoras y pasos a seguir en caso de continuar el proyecto más allá del alcance de este Trabajo Fin de Grado.

ABSTRACT

The purpose of the present Project is to design a sliding door's latch that guarantees the principles of accessibility. This project will be based on a study made about the actual situation of bathrooms as far as accessibility is concerned. In the mentioned study, will be shown that the part of the bathroom which has the largest room for improvement is the door's latch, as most of them do not satisfy the 7 principles of universal accessibility. Several latch designs will be analyzed and one of them will be chosen based on a multicriteria decision method. The latch been chosen will be design in its entirety with the CAD software Solidworks. Limits, fits and tolerance calculations will be made, as well as some stress simulations and the technical drawing of all the latch's parts. Besides, design decisions made to allocate dimensions or to assign materials will be explained. Last, but not least, an evaluation of the final design of the latch will be done in order to ensure that guarantees the principles of universal accessibility.

PALABRAS CLAVE

accesibilidad; pestillo; diseño; accesibilidad universal; baño; puerta corredera

KEYWORDS

accessibility; lock; design; universal accessibility; bathroom; sliding door

1. OBJETIVO

Partiendo de la sensación de que hay un problema de accesibilidad a los baños públicos, y en particular en sus pestillos, se plantea el objetivo de analizar dicha accesibilidad y plantear mejoras, particularmente diseñando un pestillo que cumpla los principios de la accesibilidad mediante el diseño universal y sirva como alternativa a los modelos actuales.

2. INTRODUCCIÓN

La Real Academia española, otorga a la palabra accesibilidad la siguiente definición:

“Condición que deben cumplir los entornos, productos y servicios para que sean comprensibles, utilizables y practicables por todos los ciudadanos, incluidas las personas con discapacidad.”

Dicha definición recalca unos aspectos que, si bien una vez pensados parecen bastante intuitivos, muchas veces pasamos por alto, y es que para que algo sea accesible debe cumplir con tres condiciones fundamentales: debe poder ser percibido, entendido y accionado por todo el mundo. Estos tres principios vienen relacionados a que la accesibilidad debe serlo de manera sensorial, cognitiva y física.

Aunque este concepto de accesibilidad recoge los tres aspectos principales para que un entorno sea apto para cualquiera, deja fuera otros igual de importantes para que, además de ser apto, dicho entorno sea óptimo. Estos aspectos los recoge la que se conoce como “accesibilidad universal”. Esta accesibilidad alberga la definición anteriormente citada y además incluye las ideas de comodidad, seguridad, eficiencia y disfrute. Estas nuevas ideas son igual de importantes que las primeras, ya que si un servicio no ofrece comodidad ni seguridad es muy probable que el usuario no lo utilice, perdiendo dicho servicio su sentido. Estos nuevos aspectos se ligan a su vez al concepto de “usabilidad”. Por ello se podría resumir en que:

Accesibilidad + Usabilidad = Accesibilidad Universal

Por tanto, el objetivo último de una sociedad a la hora de introducir nuevos entornos, productos o servicios, es diseñarlos y desarrollarlos bajo la premisa de la accesibilidad universal. Para lograr este objetivo, existen siete principios que se deben seguir:

1. **Uso equitativo:** El diseño debe ser útil para todas las personas.
2. **Uso flexible:** El diseño se acomoda a un amplio rango de preferencias y habilidades individuales.
3. **Uso simple e intuitivo:** El uso del diseño es fácil de entender, sin importar la experiencia, conocimientos, habilidades del lenguaje o nivel de concentración del usuario.

4. **Información perceptible:** El diseño transmite la información necesaria de forma efectiva al usuario.
5. **Tolerancia al error:** El diseño minimiza riesgos y consecuencias adversas de acciones involuntarias o accidentales.
6. **Mínimo esfuerzo físico:** El diseño puede ser usado cómoda y eficientemente minimizando la fatiga.
7. **Adecuado tamaño de aproximación y uso:** Proporcionar un tamaño y espacio adecuado para el acercamiento, alcance, manipulación y uso, independientemente del tamaño corporal, postura o movilidad del usuario.

Este trabajo seguirá esta línea de diseño llegando a una solución que cumpla dichos principios.

3. DETECCIÓN DE NECESIDAD

Cada vez se es más consciente como sociedad de la importancia de crear un entorno accesible para todos. Actualmente existen numerosas normativas que promueven este hecho, como es el caso del Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad (DB-SUA) relacionado al Código Técnico de la Edificación (CTE). Este documento establece los requisitos que debe cumplir un lugar para ser considerado accesible. Sin embargo, un alto porcentaje de los servicios o establecimientos (especialmente privados) de los que se hacen uso habitualmente, no cumplen estas normativas. Esto se debe principalmente a que los locales anteriores a las nuevas normativas, no están obligados a cumplir dichas normativas a menos que se vaya a realizar una reforma de gran importancia. No obstante, los nuevos locales sí lo están y, aun así, se encuentran casos que siguen sin cumplir algunos aspectos.

Uno de los apartados que más quebraderos de cabeza trae a los arquitectos encargados de realizar reformas o nuevas instalaciones, es el de asegurar la accesibilidad en el baño y, principalmente, en la elección del pestillo a emplear en las puertas. Este hecho se recalcó en una reunión que se mantuvo con la arquitecta Marcela Vega, creadora y gerente de Calícrates¹. Actualmente no existen alternativas de pestillos que cumplan todos los principios de la accesibilidad universal y el diseño para todos, llegando a Marcela numerosas quejas de usuarios a los que les resulta muy difícil utilizar un servicio esencial como son los baños debido este hecho. Además de con Marcela, se mantuvo también una charla con Luis Casado, presidente y fundador de la Fundación Ideas², con el que se constató una vez más la necesidad real de conseguir un pestillo realmente accesible para todos y se comentaron distintas alternativas que se podrían plantear.

¹ Calícrates: Empresa dedicada al diseño de entornos accesibles así como a la divulgación y formación.

² Fundación Ideas: entidad privada, sin ánimo de lucro, dedicada a la inclusión laboral y social con sedes en Pamplona y Barcelona.

Un gran número de pestillos que son comúnmente empleados en los baños no cumplen los requisitos de accesibilidad universal. A continuación se muestran algunos ejemplos:



Figura 1. Ejemplos de pestillos comúnmente empleados para baños.

Estos pestillos, son los que normalmente se pueden encontrar cuando se hace uso de un baño, aun cuando el baño está catalogado para personas con discapacidad. Una de las maneras más sencillas para plantearse, a grandes rasgos, si un mecanismo es accesible o no, es pensar si se puede accionar usando únicamente el puño. Mediante esta hipótesis se plantea la situación que experimentaría una persona con falta de movilidad en las articulaciones (artritis) o que por desgracia padezca de malformaciones en las extremidades, por poner algunos ejemplos. Viendo los ejemplos de la Figura 1, puede verse que la dificultad de accionar esos pestillos aumenta considerablemente o incluso se imposibilita bajo estas hipótesis.

Se debe resaltar que en una sociedad con gran número de población envejecida (mayores de 70 años) como es la española, un gran número de las personas que padecen alguna discapacidad provienen de este sector. Según los últimos datos disponibles por el Instituto Nacional de Estadística, en base a la Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia, en España hay casi cuatro millones de personas que padecen alguna discapacidad, donde el 50% superan los 70 años [1]. Concretamente en Navarra, de las más de cuarenta mil personas que indica el estudio que padecen discapacidad, más del 60% se encuentran por encima de los 70 años [2]. Con la tendencia actual hacia una esperanza de vida mayor, se debe poner especial atención en este sector de la población y asegurar un entorno accesible y respetuoso hacia ellos.

Por tanto, la necesidad de un pestillo que cumpla los requisitos de accesibilidad universal parece ser bastante real, ya que el mercado carece de soluciones adecuadas. En el siguiente apartado se realizará un estudio de la actual situación de los baños de Pamplona para ver realmente el alcance de este problema.

4. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. CUESTIONARIO

Para la realización del estudio se ha empleado un cuestionario elaborado por Cálicrates. Este cuestionario está basado en el código técnico de la edificación (CTE), más concretamente el Documento Básico de seguridad de Utilización y Accesibilidad, la norma UNE 170001³ y en algunas “buenas prácticas”. Con todo ello, se ha realizado la plantilla que se muestra a continuación, con la que se pretende resumir todo lo estipulado en los documentos y normas mencionados. De esta manera es posible analizar correctamente la accesibilidad de las puertas de los diferentes baños de la ciudad.

Parámetro	Referencia	Med. (cm)	Análisis	Observaciones
Puerta general de los aseos				
Aseos señalizados con pictogramas homologados (incluye el SIA)	CTE – Sí			
Tamaño del letrero	BP – 16 x 16			
Altura del letrero	CTE – 80 a 120			
Con relieve	CTE – Sí			
Con braille	BP – Sí			
Contraste entre el cartel y la pared	CTE – Sí			
Contraste entre el pictograma y el fondo del cartel	CTE – Sí			
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí			
La puerta presenta desnivel	CTE - No			
Puerta con muelle de retorno	BP – No			
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80			
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120			
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120			
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí			
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí			
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí			
Altura del pomo de la puerta	CTE – 80 a 120			

³ UNE 170001: Norma dedicada a la Accesibilidad Universal.

Parámetro	Referencia	Med. (cm)	Análisis	Observaciones
Puerta de cabina adaptada				
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí			
La puerta presenta desnivel	CTE - No			
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80			
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120			
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120			
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí			
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí			
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí			
Altura de la manilla o tirador	CTE – 80 a 120			
Cerrojo fácil de manipular	BP – Sí			
Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón	CTE - ≥ 30			
Cerrojo con apertura desde el exterior	BP – Sí			
Cierre de puerta de cabina con sistema visual de “ocupado o libre”	BP – Sí			
Puerta con banda libre inferior	BP - Sí			
Puerta con muelle de retorno	BP – No			

En el análisis, se ha querido diferenciar entre la parte de uso general para todas las personas y la parte dedicada a las personas con discapacidades, ya que tienen distintas normativas que cumplir. En la columna de referencias se concreta la fuente de la que se ha sacado el requisito a analizar, siendo

- CTE: Código Técnico de la Edificación
- UNE: Norma UNE 170001
- BP: Buenas Prácticas (no son de obligado cumplimiento)

También es necesario explicar que, en el apartado de referencia, si aparece un rango de números, el parámetro a analizar deberá estar comprendido entre dicho rango para cumplir el requisito. Por otro lado, si junto a la referencia aparece la palabra SÍ, para cumplir el requisito se deberá cumplir el parámetro. Por el contrario, en caso de aparecer la palabra NO, para cumplir el requisito no se deberá cumplir lo establecido en el parámetro.

4.2. RESULTADOS

Mediante el cuestionario se han analizado 15 baños, obteniendo 15 muestras para el estudio de la situación actual en Pamplona. La composición de estas muestras se divide en:

- 9 servicios públicos (auditorios, universidades, civibox, etc)
- 6 servicios privados (bares, oficinas, comercios, clubs deportivos, etc)

Se ha procurado realizar el estudio a un amplio ámbito de establecimientos, tanto públicos como privados, para conseguir reflejar de manera más fiel el estado de la accesibilidad en los baños. Las muestra tomadas pueden encontrarse en el anexo A6.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del estudio.

		SÍ	NO	NO APLICA	% SÍ	% NO
PUERTA GENERAL ASEOS	Aseos señalizados con pictogramas homologados (incluye el SIA)	11	4		73,33	26,67
	Tamaño del letrero	9	6		60,00	40,00
	Altura del letrero	1	13	1	7,14	92,86
	Con relieve	10	4	1	71,43	28,57
	Con braille	4	10	1	28,57	71,43
	Contraste entre el cartel y la pared	11	3	1	78,57	21,43
	Contraste entre el pictograma y el fondo del cartel	10	4	1	71,43	28,57
	Puerta abatible hacia el exterior o corredera	4	7	4	36,36	58,33
	La puerta presenta desnivel	10	1	4	90,91	8,33
	Puerta con muelle de retorno	7	4	4	63,64	33,33
	Ancho de la puerta	10	1	4	90,91	8,33
	Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	10	1	4	90,91	8,33
	Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	10	1	4	90,91	8,33
	Contraste entre la puerta y la pared	8	3	4	72,73	20,00
	Contraste entre la puerta y su manilla	8	2	5	80,00	20,00
	Pomo tipo manilla o tirador	10	0	5	100,00	0,00
Altura del pomo de la puerta	10	0	5	100,00	0,00	

		SÍ	NO	NO APLICA	%SÍ	%NO
PUERTA DE CABINA ADAPTADA	Puerta abatible hacia el exterior o corredera	11	4		73,33	26,67
	La puerta presenta desnivel	14	1		93,33	6,67
	Ancho de la puerta	15	0		100,00	0,00
	Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	14	1		93,33	6,67
	Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	13	2		86,67	13,33
	Contraste entre la puerta y la pared	6	9		40,00	60,00
	Contraste entre la puerta y su manilla	13	2		86,67	13,33
	Pomo tipo manilla o tirador	13	2		86,67	13,33
	Altura de la manilla o tirador	15	0		100,00	0,00
	Cerrojo fácil de manipular	4	11		26,67	73,33
	Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón	10	5		66,67	33,33
	Cerrojo con apertura desde el exterior	10	5		66,67	33,33
	Cierre de puerta de cabina con sistema visual de "ocupado o libre"	4	11		26,67	73,33
	Puerta con banda libre inferior	6	9		40,00	60,00
	Puerta con muelle de retorno	14	1		93,33	6,67

Tabla 1. Resultados del estudio realizado sobre la accesibilidad de las puertas de los baños en Pamplona.

Claramente, en vista de los resultados obtenidos, el pestillo es un gran punto de mejora para la accesibilidad de los baños. Como puede verse, únicamente el 27 % de las muestras analizadas cumplen con el requisito de tener un cerrojo fácil de manipular. Este estudio confirma la necesidad de establecer un diseño alternativo a los modelos actuales que cumpla con este requisito y, además, pueda garantizar otros parámetros que también tienen bajos índices de cumplimiento como son la inclusión de un sistema de libre y ocupado o la posibilidad de apertura desde el exterior en caso de emergencia.

De este estudio también se obtienen otros aspectos a mejorar más allá de lo referente a los pestillos. Por ejemplo, se detecta una gran deficiencia en la instalación de puertas correderas o abatibles hacia el exterior, condición expuesta en el CTE. También se muestra una carencia de contraste entre las puertas y la pared o una altura excesiva de los letreros.

Como se ha venido diciendo, este trabajo únicamente se concentra en el pestillo de las puertas, pero ya se ha visto que quedan por mejorar otros muchos aspectos para conseguir unos baños verdaderamente accesibles para todos.

5. DISEÑO DEL PESTILLO PARA PUERTA CORREDERA

En este apartado se explicará el diseño realizado para el pestillo de una puerta corredera en base a los principios de accesibilidad universal y los aspectos de mejora obtenidos en el estudio de los baños de Pamplona. Se analizarán los principales requisitos que debe cumplir el diseño, se valorarán distintas alternativas y se explicará en detalle el diseño de cada componente así como el funcionamiento del conjunto de la alternativa seleccionada.

Se opta por el diseño de un pestillo exclusivo para puerta corredera ya que este tipo de puertas son las que se tienden a emplear en los baños accesibles. Las puertas correderas facilitan la apertura de las mismas para las personas en silla de ruedas ya que no deben apartarse para abrirlas. A su vez, se consigue ahorrar mucho espacio, facilitando así el cumplimiento de los espacios mínimos requeridos para la maniobrabilidad en silla de ruedas que exige el CTE.

5.1. REQUISITOS DEL DISEÑO

Para determinar los principales requisitos que debe cumplir el diseño se ha empleado una plantilla facilitada por La Fundación Ideas que sirve para evaluar un diseño en base a los 7 principios de la accesibilidad universal. Esta plantilla se empleará para evaluar el diseño final en el apartado "Evaluación del Diseño", por lo que se tendrán en cuenta los aspectos que ahí se recogen para diseñar el pestillo.

A continuación, se exponen los requisitos que se tendrán en cuenta a la hora de diseñar el pestillo para puerta corredera en base a la accesibilidad universal:

- **Uso equitativo:** El diseño es útil y vendible a personas con diversas capacidades.
- **Uso flexible:** El diseño se acomoda a un amplio rango de preferencias y habilidades individuales.
- **Uso simple e intuitivo:** fácil de entender, sin importar la experiencia, conocimientos, habilidades del lenguaje o nivel de concentración del usuario.
- **Información perceptible:** aporta información necesaria de forma efectiva al usuario, sin importar las condiciones del ambiente o las capacidades sensoriales del usuario.
- **Tolerancia al error:** El diseño minimiza riesgos y consecuencias adversas de acciones involuntarias o accidentales.
- **Mínimo esfuerzo físico:** El diseño puede ser usado cómoda y eficientemente minimizando la fatiga.
- **Adecuado tamaño de aproximación y uso:** Proporciona un tamaño y espacio adecuado para el acercamiento, alcance, manipulación y uso, independientemente del tamaño corporal, postura o movilidad del usuario.

En cuanto a requisitos puramente técnicos no se impondrán limitaciones más allá de algunas condiciones como:

- Que no tenga unas dimensiones desmesuradas. **Máximo 15x15 cm**
- No tener un peso excesivo para facilitar el montaje e instalación en la puerta y abaratar costes. **Máximo 2 Kg.**
- Es imprescindible que el mecanismo tenga una **anchura total inferior a 30 mm**, ya que las puertas suelen oscilar entre los 30-35 mm de espesor.

También, en base a los resultados del estudio realizado en el apartado 4, se pondrá especial atención en cumplir los siguientes aspectos:

- Que el mecanismo tenga la posibilidad de abrirse desde el exterior en caso de emergencia.
- Pestillo fácil de manipular (muy relacionado a los 7 principios de la accesibilidad universal)
- Que incluya un sistema visual de ocupado o libre.

Estos tres aspectos son los principales problemas detectados en el estudio, por lo que será esencial su cumplimiento para garantizar que la propuesta es una alternativa que mejora los modelos actuales.

5.2. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

A continuación se exponen tres alternativas propuestas. Se explicará cada una de ellas y en base a un método de decisión multicriterio se evaluarán y se establecerá la mejor solución. Dicha solución será la que se lleve a cabo y la que se explicará en los apartados posteriores.

- **Alternativa 1:** Mecanismo de botón

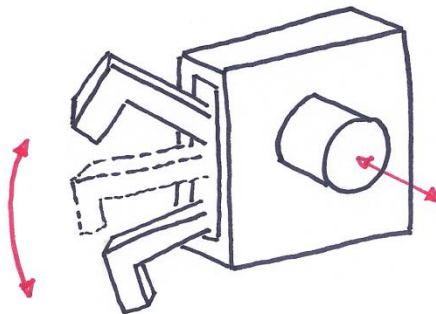


Figura 2. Croquis del diseño del mecanismo de botón.

El mecanismo consistiría en un enganche activado mediante un botón de doble posición. Al apretar una vez el botón, el gancho descendería quedando la puerta fijada. Apretando otra vez volvería a su posición inicial, levantando el gancho y liberando el pestillo.

Es una alternativa que permite una fácil instalación aunque el diseño de los componentes y el montaje puede ser complicado, ya que requiere de elementos muy pequeños y complejos

para el correcto funcionamiento. Una de sus ventajas más importantes es la facilidad de uso, ya que no requiere gran movilidad por parte del usuario, pudiéndose accionar con cualquier parte del cuerpo de manera sencilla.

- **Alternativa 2:** Mecanismo de Engranaje-Cremallera

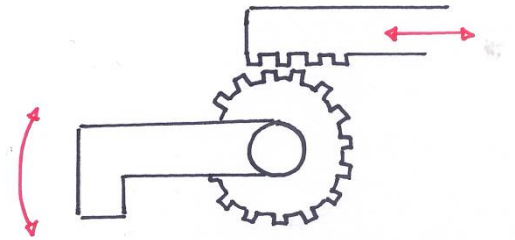


Figura 3. Croquis del mecanismo Engranaje-Cremallera.

Esta alternativa consistiría en un diseño basado en la transformación de un movimiento horizontal en uno de rotación gracias a la unión de un engranaje y una cremallera.

Una ventaja de este sistema es que el usuario únicamente tendría que realizar un movimiento horizontal de traslación. Este movimiento no requiere gran esfuerzo y puede ejecutarse con casi cualquier parte del cuerpo. Este diseño permite un montaje e instalación bastante sencillos, además de una gran robustez.

- **Alternativa 3:** Mecanismo de movimiento circular

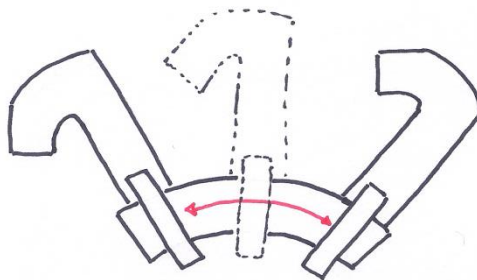


Figura 4. Croquis del mecanismo de movimiento circular.

Esta propuesta consistiría en un mecanismo muy sencillo en el que el propio usuario realizaría el movimiento circular para que el gancho girase y fijase la puerta.

La gran ventaja de este diseño es que es muy fácil de montar e instalar, además de fabricar. Esto se debe a que no serían necesarias un gran número de piezas y su complejidad de diseño y fabricación serían mínimas.

5.3. SOLUCIÓN ADOPTADA

Para la correcta selección de la alternativa se debe aplicar el método de decisión multicriterio. En este caso se evaluarán las tres alternativas mediante cuatro factores ponderados según la importancia de cada uno de ellos. Luego, cada factor se divide en magnitudes medibles a las cuales se les asigna una escala que va desde 1 hasta 5.

Los factores son:

- Precio
- Accesibilidad
- Facilidad de montaje e instalación
- Durabilidad y robustez

Para poder comparar unos factores con otros se les aplica la escala, así el valor 5 será el mejor y el valor 1 el peor. A continuación, se define cada factor con su descripción y escala.

ESCALA DE VALORACIONES		
CRITERIO	VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN
Precio (€)	1	> 100 €
	2	60 - 100 €
	3	40 - 60 €
	4	20- 40 €
	5	< 40 €
Accesibilidad	1	No cumple
	2	Cumple 1/4
	3	Cumple 2/4
	4	Cumple 3/4
	5	Cumple 4/4
Facilidad de Montaje e Instalación	1	Muy difícil
	2	Difícil
	3	Media
	4	Fácil
	5	Muy fácil
Durabilidad y Robustez	1	Muy poca
	2	Poca
	3	Media
	4	Alta
	5	Muy Alta

Tabla 2. Tabla que muestra la escala de valoración de los criterios empleados para la toma de decisión multicriterio.

Únicamente aclarar que para valorar la accesibilidad se ha tenido en cuenta 4 de los 7 principios de la accesibilidad universal. Los cuatro principios valorados son:

- Uso equitativo
- Uso flexible
- Uso simple e intuitivo
- Mínimo esfuerzo

De esta manera se evalúa con un 1 si la propuesta no cumple ninguno de estos tres principios y con un 5 si cumple los cuatro.

Los otros tres principios que faltarían no se analizan ya que dependen de otros factores que van más allá del funcionamiento del mecanismo y que, en mayor o menor medida, se pueden implementar en las tres propuestas.

Una vez definido cada factor es necesario realizar una ponderación para cada uno, ya que no todos tienen el mismo nivel de importancia.

Ponderación de Criterios

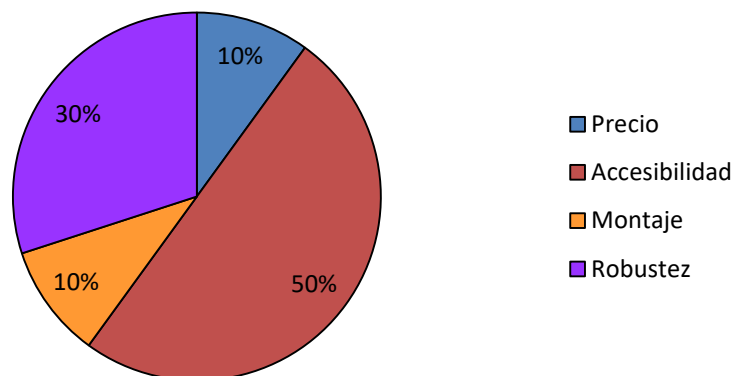


Figura 5. Ponderación de criterios del método de decisión multicriterio.

Como puede observarse se le ha dado una gran importancia a la accesibilidad (50%), ya que es un requisito indispensable. Como las tres propuestas son en gran medida accesibles, otro aspecto al que se le ha dado mayor importancia que al resto es la robustez del diseño (30%). Esto se debe a que una de las principales quejas que se tiene hoy en día de los pestillos en espacios públicos o en comercios, consiste en la poca robustez de los mismos, encontrándose muchos en mal estado o rotos sin posibilidad de funcionar. Los dos criterios restantes, precio y facilidad de montaje e instalación, tienen ambos una valoración del 10%.

Una vez definidos los factores y sus ponderaciones se puede estudiar la adecuación de cada uno de ellos a las tres alternativas propuestas mediante el siguiente gráfico.

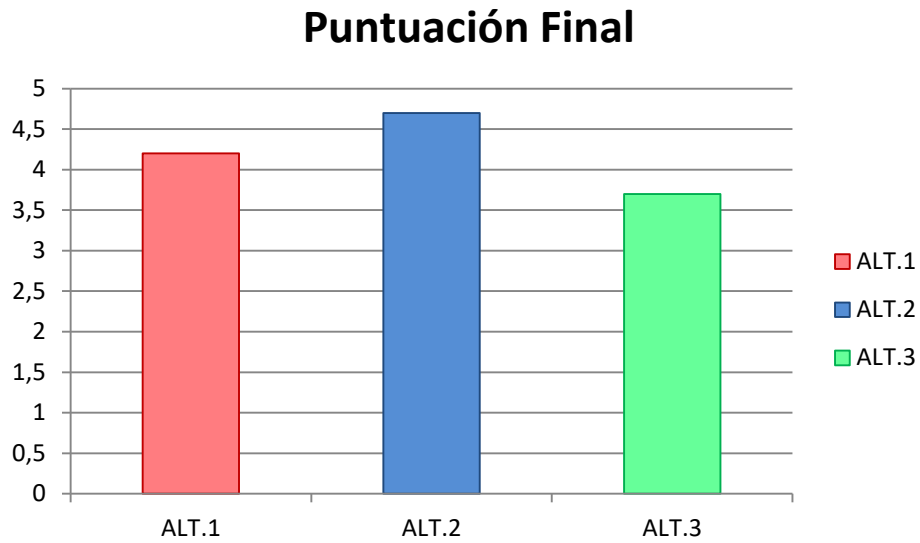


Figura 6. Valoración de las alternativas.

Como se puede observar en el gráfico, la alternativa que mayor puntuación ha obtenido es la alternativa 2 (Mecanismo de Engranaje-Cremallera) con un resultado de 4.7 sobre 5. Por lo tanto, se puede concluir que es la alternativa que mejor se adapta a los diferentes factores definidos. Esto se debe principalmente a su gran robustez frente a las demás opciones.

5.4. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

En este apartado se explicará el funcionamiento de la solución adoptada así como cada uno de los componentes que están involucrados en la misma.

5.4.1. Conjunto Mecánico y Funcionamiento

A continuación se va a proceder a mostrar el diseño mecánico del pestillo.

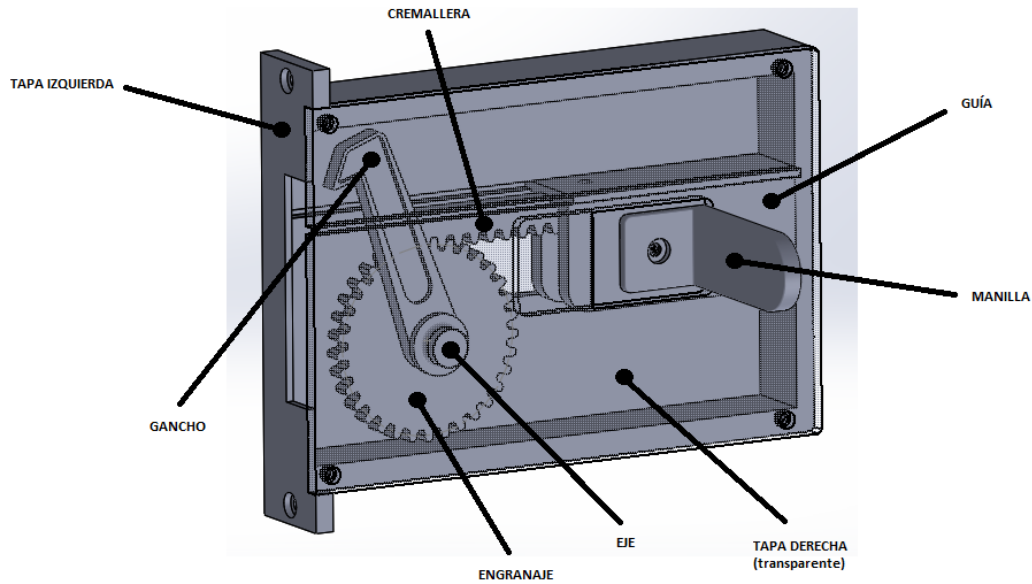


Figura 7. Diseño del sistema de cerrojo con los nombres de los componentes que lo forman.

El diseño consta de 8 piezas bajo plano más 9 normalizadas (tornillos y tuercas). Como se puede ver en la imagen, las 8 piezas bajo plano son las siguientes:

- **Eje:** pieza principal que realiza el movimiento rotativo para desplazar el gancho gracias a la transmisión entre la cremallera y el engranaje.
- **Gancho:** pieza que realiza el enganche con el marco para bloquear la puerta.
- **Engranaje:** realiza la transmisión de pares de fuerza para conseguir el movimiento giratorio del eje.
- **Cremallera:** junto al engranaje permite transformar un movimiento de traslación en uno de rotación.
- **Guía:** pieza unida a la manilla y cremallera que actúa como intermediario entre la actuación del usuario con la manilla y la transmisión de ese movimiento a la cremallera. A su vez sirve como elemento para la visualización del estado de ocupado o libre del servicio.
- **Manilla:** elemento con el que el usuario interactúa para la realización del movimiento de traslación de la cremallera.
- **Tapa izquierda:** parte izquierda de la caja que contiene todos los elementos.
- **Tapa derecha:** parte derecha de la caja que contiene todos los elementos.

El funcionamiento consiste en un movimiento de traslación horizontal ejercido en la manilla por parte del usuario. La manilla está atornillada a la guía a la que a su vez está unida la cremallera. De esta manera, al mover la manilla se mueve la cremallera en el mismo sentido, lo que provoca un movimiento giratorio del engranaje. Si el movimiento de la manilla es hacia la izquierda (visto desde la perspectiva de la Figura 6), el engranaje se moverá en sentido contrario a las agujas del reloj, lo que provocaría que el gancho bajase. Por el contrario, si el movimiento de la manilla fuese hacia la derecha, se produciría un movimiento del engranaje en sentido de las agujas del reloj, lo que provocaría que el gancho subiese.

En las siguientes imágenes puede verse representado este funcionamiento:

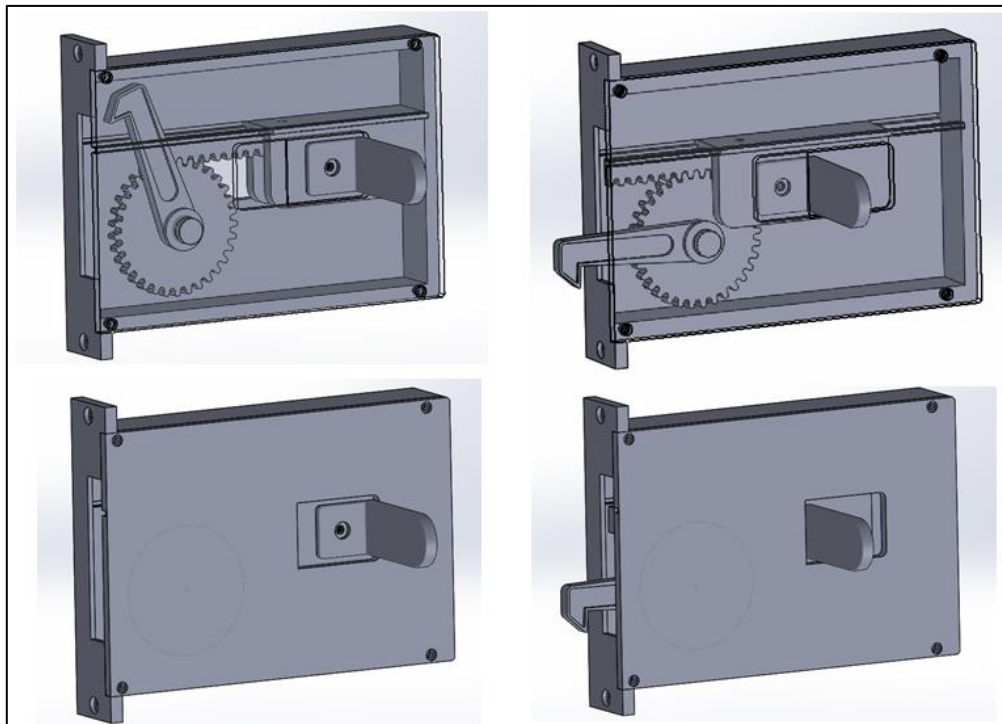


Figura 8. Representación del funcionamiento del conjunto mecánico.

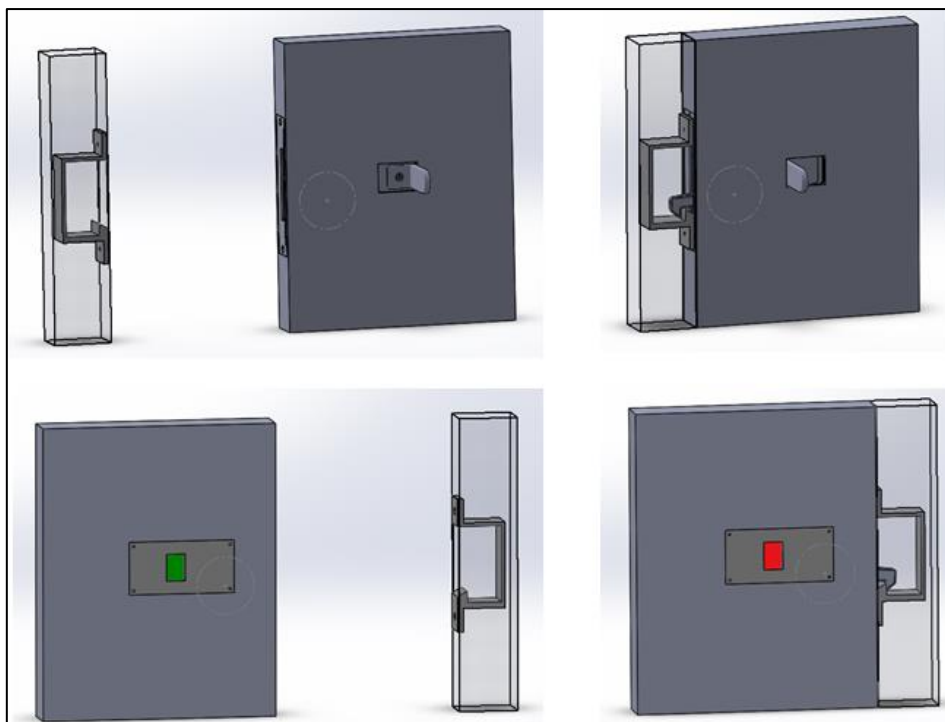


Figura 9. Funcionamiento del mecanismo instalado en la puerta corredera. La circunferencia gris marca la posición del engranaje.

Se puede encontrar el plano del conjunto mecánico en los anexos de los planos.

En cuanto a la función de apertura desde el exterior en caso de emergencia, la situación se resolvería de manera sencilla. El procedimiento consistiría en primer lugar en desatornillar el embellecedor exterior de la puerta. Hecho esto, queda a la vista un orificio en la guía que, mediante el mismo desatornillador o un bolígrafo, se puede tirar de él para levantar el pestillo. Este proceso puede verse en la siguiente imagen:

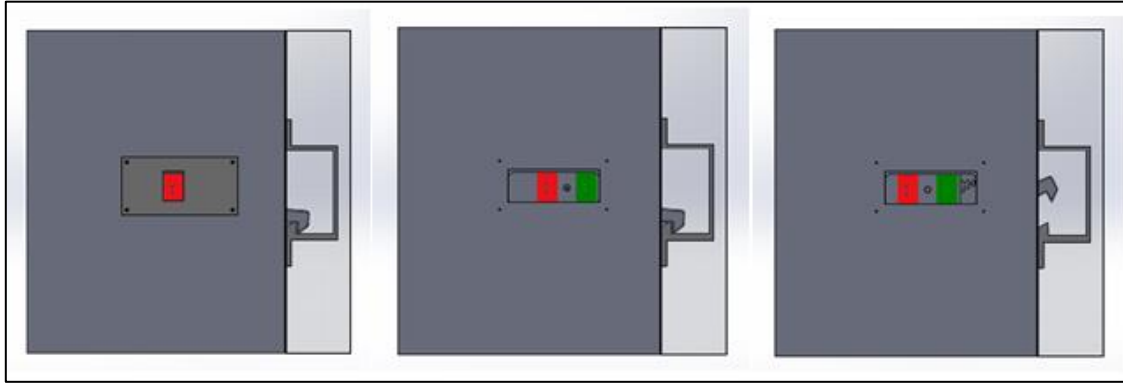


Figura 10. Representación de los pasos a seguir para la apertura desde el exterior en caso de emergencia.

5.4.2. Diseño de los Componentes del Pestillo

Se procede a la explicación de cada uno de los componentes que conforman el conjunto mecánico. Se comentarán las decisiones de diseño tomadas, así como algunos de los requisitos que tienen que cumplir.

Los primeros valores de diseño que se han calculado en base a condiciones de funcionamiento que se quieren o deben cumplir se muestran en el anexo A2. En estos cálculos se muestra el porqué del engranaje escogido, así como otras medidas que marcan el diseño de las demás piezas. Las hipótesis planteadas para determinar las principales variables de diseño son:

- Que la puerta no pueda abrirse desde fuera con el pestillo echado únicamente empujándola.
- Evitar el gripamiento del gancho.
- Que el gancho pueda deslizarse sobre el enganche para poder cerrar la puerta en caso de que el pestillo esté echado.

Con estas condiciones se han obtenido los valores recogidos en el anexo A2.

También se recomienda ver el anexo A3 donde se recogen todos los cálculos para la normalización de las dimensiones, así como los cálculos de uniones atornilladas, juegos, ajustes y tolerancias que deben cumplirse para el correcto funcionamiento del mecanismo. Como norma general, a todas las piezas se les aplican tolerancias dimensionales conforme a la

norma ISO 2768⁴ f-K y acabados superficiales N9, excepto en lugares específicos donde se requieren mejores acabados (ver planos para más detalle).

- **EJE:**

El eje es el componente fundamental del mecanismo. Sobre él recae la transmisión de los esfuerzos para girar el gancho al mover la manilla. En él van colocados el engranaje y el gancho tal y como puede verse en la Figura 11.

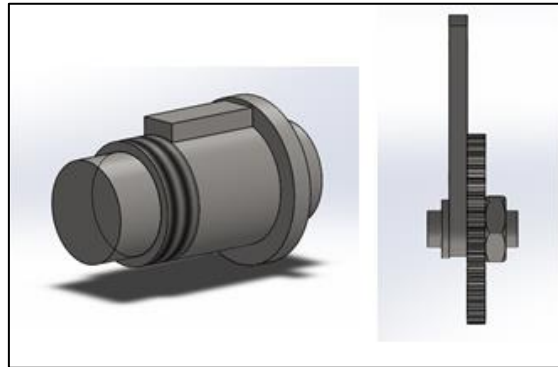


Figura 11. Eje libre (izquierda). Eje junto con el gancho, engranaje y tuerca (derecha).

El eje está diseñado como una única pieza, y consta de cuatro partes diferenciadas. En primer lugar están los dos extremos (izquierda y derecha) sobre los que girará. Éstos se colocarán en los orificios específicos de las tapas. Siguiendo la imagen del eje de la Figura 11, a continuación del extremo izquierdo, se encuentra una zona roscada de métrica M12 sobre la que se roscará una tuerca de la misma métrica. Esta tuerca tiene la función de hacer tope al gancho y el eje para que se muevan lo mínimo posible, tal y como puede verse en la figura anterior. A la derecha de la rosca se encuentra la chaveta. En este diseño se ha optado por realizarla en el mismo eje y acorde a la norma DIN 6885⁵. Como posible mejora podría fabricarse por separado para, en caso de sobre esfuerzo del eje, lo que se rompa sea la chaveta y únicamente se tuviese que cambiar esta pieza y no todo el eje. Por último se encuentra un tramo de eje, con un diámetro mayor al resto, que sirve de tope para el gancho y el engranaje.

El diámetro nominal principal del eje es de 12 mm, impuesto por el diámetro interior del engranaje de diámetro primitivo 49.5 mm y módulo 1.5 (ver anexo A2) que establece el fabricante Roller acreditado con la certificación de calidad ISO 9001 [3]. Para evitar tensiones elevadas en los cambios de sección entre diámetros, los extremos serán de diámetro igual a 10 mm y con cambios de sección redondeadas.

En los anexos de planos (plano P2) puede verse el plano acotado del eje y en el anexo A3 los cálculos de tolerancias dimensionales que le competen.

⁴ ISO 2768: Normativa que hace referencia a las tolerancias generales dimensionales y geométricas.

⁵ DIN 6885: Normativa que hace referencia a las dimensiones y tolerancias de las chavetas y chaveteros para ejes y cubos.

- **GANCHO:**

El gancho, al igual que el eje, es una parte fundamental del mecanismo. Como puede verse en el anexo A2, muchas de las funciones del mecanismo dependen de él. En la siguiente imagen puede verse el diseño del gancho.

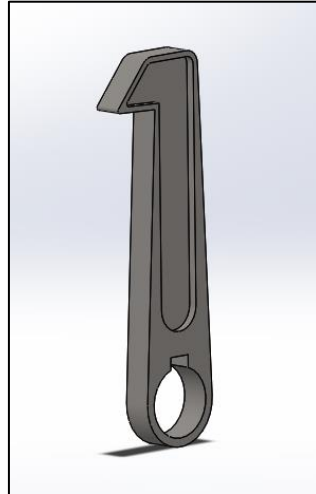


Figura 12. Gancho.

El gancho viene muy impuesto por las condiciones de diseño que se calculan en el anexo A2. De estas condiciones se obtiene su longitud hasta la cabeza ($\Delta d+d=5$ cm) así como los dos ángulo de ésta ($\theta=60^\circ$ y $\beta=2.5^\circ$). Como se ha explicado anteriormente, el gancho va colocado junto con el engranaje en el eje. Por ello, el orificio interior tendrá un diámetro nominal de 12 mm. El hueco dispuesto para la chaveta viene determinado por la norma DIN 6885.

Se ha estudiado la resistencia del gancho en el caso de que se intentase abrir la puerta con el pestillo echado, ya que sería esta pieza la que tendría que soportar toda la carga ejercida por la persona que intenta acceder. En el anexo A4 puede encontrarse esta simulación realizada mediante SOLIDWORKS. Los resultados obtenidos indican que para una fuerza de 30 N (fuerza calculada en el anexo A1 y que sirve de referencia como fuerza media que ejerce una persona al abrir una puerta corredera) el gancho resiste las sollicitaciones con un coeficiente de seguridad de 20. Por ello, se puede afirmar con seguridad que el diseño del gancho es válido para estas situaciones.

Puede encontrarse su plano en el anexo de planos y los cálculos de sus dimensiones normalizadas, para garantizar los juegos necesarios, en el anexo A3.

- **GUÍA:**

La guía es la pieza que sirve para trasladar el movimiento horizontal, ejercido por el usuario en la manilla, a la cremallera. También es parte fundamental del sistema de apertura

desde el exterior en caso de emergencia y para mostrar el estado de libre u ocupado del servicio.

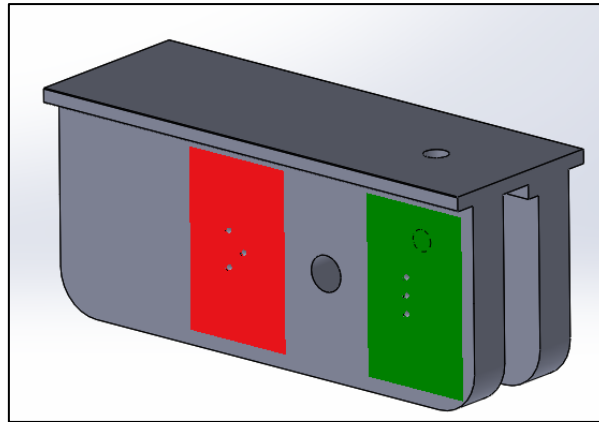


Figura 13. Guía.

Las dimensiones de la guía están calculadas en base a poder acoplar a ella la manilla y la cremallera, además de tener suficiente tamaño para poder observarse correctamente los estados de libre u ocupado. En ella, tal y como se ha mencionado anteriormente, se le incorpora un orificio de diámetro 5 mm para poderse abrir el pestillo desde fuera en caso de emergencia. También como medio para garantizar la accesibilidad universal, se le coloca en braille las letras L de libre en el espacio verde y O de ocupado en el espacio rojo. Dicho código braille se dispone en base al *Documento Técnico B1 de la Comisión Braille Española: Parámetros dimensionales del braille*⁶.

Sus dimensiones completas junto con sus tolerancias pueden encontrarse en el plano P4 de los anexos. Los cálculos de dichas tolerancias se encuentran en el anexo A3.

- **MANILLA:**

En cuanto al diseño de la manilla, se ha realizado una geometría sencilla con la que a simple vista pueda entenderse como debe accionarse y que además pueda ser usada con cualquier parte del cuerpo, para favorecer cualquier tipo de movilidad del usuario. El diseño de la manilla se muestra en la siguiente imagen:

⁶ Documento elaborado por la Comisión Braille Española junto con la ONCE. Versión actualizada a 23 de Diciembre de 2013.

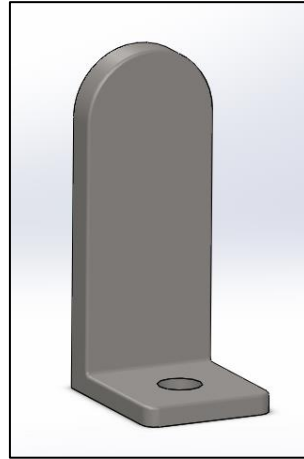


Figura 14. Manilla.

La manilla es la única parte del mecanismo con la que el usuario tiene interacción. Es por ello que deberá estar diseñada teniendo en cuenta un mal uso de ella. En el anexo A1, se calcula la fuerza máxima que puede generar una persona de media en un movimiento como el de la apertura de una puerta corredera, y se calcula también la fuerza estimada que una persona realizará habitualmente. La fuerza máxima corresponde a 150 N y la fuerza habitual a 24 N. En el anexo A4 correspondiente a la simulación de tensiones en la manilla, se muestra una simulación realizada de la manilla bajo una fuerza de 30 N y fabricada con acero inoxidable AISI 304. El resultado que se obtiene es un coeficiente de seguridad mayor de 2. En base a esto se puede decir que el diseño propuesto es válido. Sin embargo, únicamente soportará una fuerza máxima de 100 N.

Si se quisiese aumentar la resistencia, aunque no haga falta, se podría utilizar un acero inoxidable AISI 201, el cual tiene mejores propiedades mecánicas que el 304 y sigue siendo muy común en la industria. Mediante este material, tal y como se ve en las simulaciones del anexo A4, se obtiene un coeficiente de seguridad mayor a 3 para una fuerza de 30 N y una resistencia para una fuerza máxima de 150 N. Para seguir mejorando la pieza se debería cambiar su geometría.

Con todo lo dicho, se opta finalmente por un acero AISI 304 para la manilla, ya que cumple con los requisitos mínimos con gran margen y aún tiene suficiente aguante para un caso extremo de 100 N.

- **TAPA IZQUIERDA Y TAPA DERECHA**

Las tapas son los elementos del mecanismo que retienen todos los componentes. Sus dimensiones vienen limitadas por las condiciones de diseño, las cuales establecían que no se podía sobrepasar un espesor de 30 mm del mecanismo en su conjunto ni unas dimensiones de 15x15 cm. Ambas tapas pueden verse en la siguiente Figura:

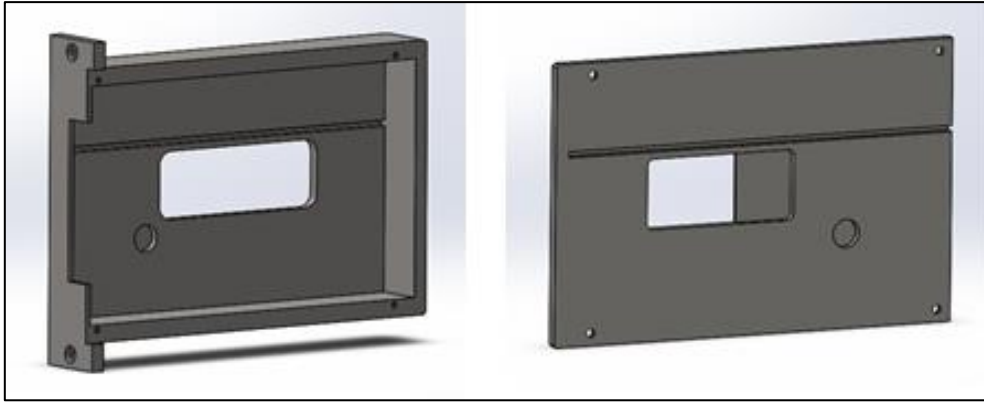


Figura 15. Tapa izquierda (izquierda) y Tapa derecha (derecha).

La tapa izquierda es la tapa principal y será la que se atornille a la puerta para fijar el mecanismo. La tapa derecha se atornillará a la tapa izquierda. Ambas tapas tienen un orificio de 10 mm de diámetro donde irá colocado el eje y sobre el que girará. También tienen una ranura, que transcurre a lo largo de toda la anchura de las tapas, por donde se trasladará la guía. Por último ambas tapas cuentan con una ventana que, en el caso de la tapa izquierda sirve para observar desde el exterior el color verde o rojo del sistema visual de estado del servicio, y, en el caso de la tapa derecha, sirve para colocar la manilla que utilizará el usuario para manipular el conjunto mecánico.

Los planos de ambas tapas y sus cálculos de tolerancias dimensionales y ajustes pueden encontrarse en los anexos de planos y en el anexo A3 respectivamente.

- **ENGRANAJE Y CREMALLERA**

El engranaje y la cremallera son piezas muy ligadas, ya que en base al módulo de una, la otra deberá tener el mismo para que el engrane se produzca de manera correcta. En el caso de este diseño, el que impone el sistema es el engranaje, ya que viene condicionado por los requisitos de funcionamiento que se quieren cumplir (anexo A2). En base a estos requisitos se obtiene un engranaje de módulo 1.5 y diámetro primitivo igual a 49.5 mm. Por tanto, la cremallera tendrá que ser igualmente de módulo 1.5. Ambas piezas pueden verse a continuación:

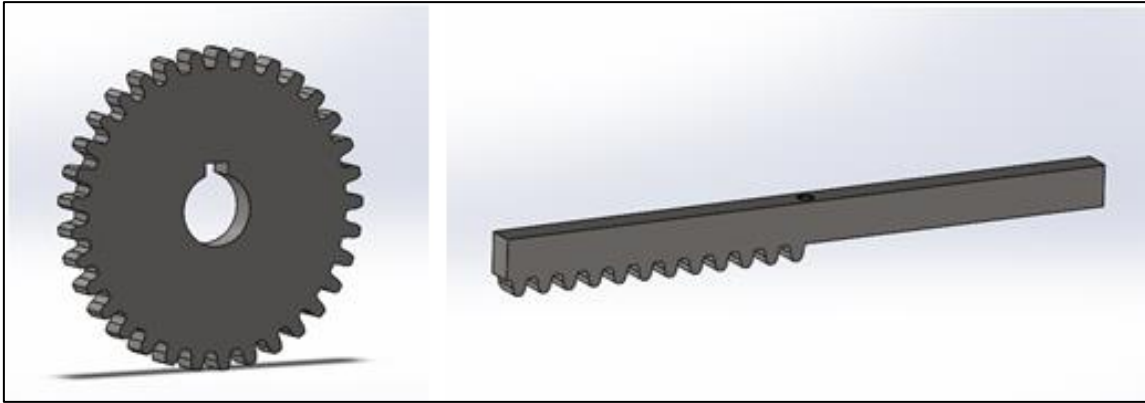


Figura 16. Engranaje (izquierda) y Cremallera (derecha).

En cuanto al engranaje, contiene un agujero de diámetro nominal de 12 mm sobre el que irá colocado el eje. A su vez, cuenta con un orificio para la chaveta obtenido de la norma DIN 6885. Su espesor es de 5 mm.

Por otro lado, la cremallera cuenta con un total de 12 dientes, suficientes para la función que debe realizar, y un taladro de métrica M3 para sujetarla a la guía.

Para más información consultar en los anexos de planos y en el anexo A3 correspondiente a los cálculos de ajustes y tolerancias.

- **ENGANCHE**

Por último, aunque no forme parte del conjunto mecánico del pestillo, está el enganche. El enganche es el elemento que se instala en el marco de la puerta para que el pestillo se ancle a él. Por tanto, es una pieza vital para el correcto funcionamiento del pestillo en su conjunto. A continuación se muestra una imagen del enganche y una representación de su instalación en el marco.

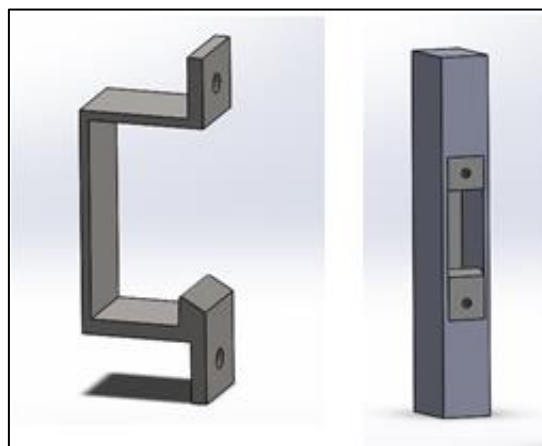


Figura 17. Enganche (izquierda) e instalación en el marco (derecha).

El enganche tiene los mismos ángulos calculados para el gancho, los cuales se pueden encontrar en el anexo dedicado al cálculo de las variables de diseño esenciales para cumplir los requisitos de funcionamiento (anexo A2). La instalación en el marco se llevará a cabo mediante una unión atornillada de métrica M2 en el propio marco.

Para mayor detalle se recomienda consultar el plano del enganche en los anexos de planos.

5.4.3. Materiales

El material que se empleará será un acero inoxidable AISI 304. Este acero goza de muy buenas propiedades mecánicas así como una buena conformabilidad. Sin embargo, la propiedad que lo hace ideal para este diseño es su excelente resistencia a la corrosión. Esta propiedad es fundamental, ya que el pestillo está pensado para usarse en los baños y, por tanto, estará en continuo contacto con ambientes húmedos. Ya sea por la propia humedad del ambiente o porque el usuario interactuará con el mecanismo con las manos mojadas.

El ambiente húmedo supone un gran problema en la unión de elementos debido al fenómeno de la corrosión galvánica. Este fenómeno se produce cuando dos metales con distinto potencial electroquímico se ponen en contacto o están en contacto por un medio electrolítico como puede ser el agua o la humedad del ambiente. En la siguiente tabla, ofrecida por Euro Inox⁷, puede verse una relación entre distintos metales en base a su compatibilidad por corrosión galvánica:

Material de superficie grande	Material de superficie pequeña				
	Acero al carbono / hierro fundido	Zn / acero galvanizado	Al	Cu	Acero inoxidable
Acero al carbono / hierro fundido	+	-	-	+	+
Zn / acero galvanizado	+	+	+	o	+
Al	o / -	o	+	o / -	+
Cu	-	-	-	+	+
Acero inoxidable	-	-	o / -	+	+

Clave: + bueno o dudoso - malo

* Aunque combinar estos metales tiene una influencia insignificante sobre los materiales, estas uniones no se recomiendan debido a la elevada autocorrosión del metal menos noble.

Tabla 3. Tabla de compatibilidad de metales a la intemperie. [4]

⁷ Euro Inox: asociación para el desarrollo del acero inoxidable en el mercado europeo.

Según la tabla, puede verse que siendo el acero inoxidable la superficie grande, únicamente es compatible con el cobre o con él mismo. Si lo unimos con otro material, por ejemplo el aluminio, éste hará de ánodo frente al acero inoxidable y acabará oxidándose.

Por todo ello, se opta finalmente por elaborar todas las piezas del **acero inoxidable AISI 304**. Con este material se cumplen los requisitos técnicos de resistencia y, además, se pueden encontrar fácilmente en la industria elementos normalizados de unión, como tuercas y tornillos, de este material. De esta manera, se evitará en gran medida que los tornillos u otros elementos del mecanismo se oxiden debido a la corrosión galvánica.

5.4.4. Procesos de fabricación y acabados superficiales

En cuanto al proceso de fabricación que se empleará para las piezas, se ha elegido un proceso de fundición por moldeo en arena. Este tipo de proceso es muy utilizado para la fabricación de todo tipo de piezas metálicas. Concretamente, se empleará un proceso con molde desechable pero modelo permanente. Gracias a esto, la inversión inicial de capital para la fabricación será menor que si se quisiera emplear modelos permanentes, ya que estos son extremadamente costosos y únicamente se emplean en piezas que requieran de una gran precisión dimensional. Entre las principales ventajas de la fundición por moldeo en arena se encuentran:

- Gran versatilidad para la fabricación de todo tipo de piezas.
- Beneficios económicos debido a la posibilidad de producción en masa.
- Es uno de los métodos más rápidos de fabricación para piezas con geometrías complejas.
- Excelente para materiales con altas temperaturas de fusión como los aceros.

Estas ventajas frente a otros procesos lo hacen ideal para la fabricación del pestillo. Sin embargo, la principal desventaja frente a otro tipo de proceso es el peor acabado superficial que se consigue. Esto puede verse en la siguiente imagen:

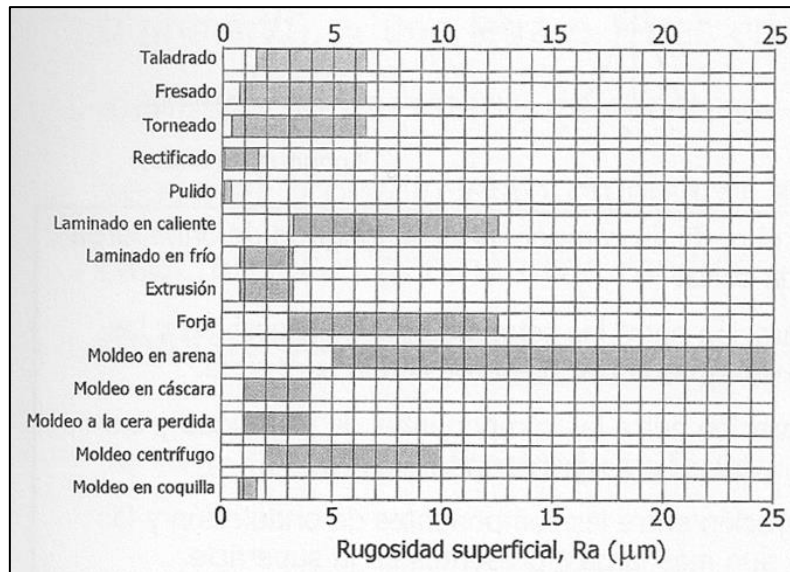


Figura 18. Valores típicos correspondientes a la rugosidad superficial (Ra) de diferentes procesos de fabricación. [5]

Como puede observarse, el proceso por moldeo en arena es uno de los procesos que peor acabado superficial consigue. Por ello, para conseguir los acabados superficiales, necesarios en los ajustes y para conseguir las tolerancias requeridas, se deberá recurrir a procesos de acabado después de la fabricación de las piezas. Para obtener la calidad del acabado superficial, se ha hecho uso de la siguiente tabla, en parte recogida en la norma UNE 1037⁸, que relaciona la tolerancia IT con el acabado superficial.

Indicaciones de los estados superficiales en los dibujos UNE 1037											
Ra (μm)	Clase	Ra (μm)	Clase	Ra (μm)	Clase	Ra (μm)	Clase	Ra (μm)	Clase	Ra (μm)	Clase
0.025	N1	0.1	N3	0.4	N5	1.6	N7	6.3	N9	25	N11
0.05	N2	0.2	N4	0.8	N6	3.2	N8	12.5	N10	50	N12
=	Mec. plano tangencial			X	Bruñido y fresado frontal			C	Mec. cilindrico frontal		
⊥	Mec. plano frontal y cilindrado			M	Pulido por tambor			R			
Relación entre la tolerancia y la calidad superficial											
Tolerancia		IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	
Superficies	Grupos de diámetros	Rugosidad Ra (μm.)									
Cilíndrica	> 3 hasta 18	0.3	0.5	0.8	1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12.0	
	> 18 hasta 80	0.5	0.8	1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12.0	20.0	
	> 80 hasta 250	0.8	1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12.0	20.0	30.0	
Plana		1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12.0	20.0	30.0	50.0	

Tabla 4. Tabla que relaciona la tolerancia y la calidad superficial.

En base a esta tabla y con las tolerancias dimensionales obtenidas en los cálculos de los ajustes y tolerancias del anexo A3, los acabados superficiales que se emplearán serán por norma general N9 y, en superficies concretas, N7 o N6. Por tanto, viendo la tabla de la Figura

⁸ UNE 1037: Normativa que hace referencia a las indicaciones de los estados superficiales en los dibujos.

anterior, se debe cubrir un rango de rugosidades que vayan desde los 0.8 hasta los 6.3 micrometros. Para saber que tipo de proceso puede conseguir estos resultados, se hace uso de la siguiente tabla:

Proceso de acabado	Rango de valores de Ra esperados	
	μm	μinch
Superacabado	0,025 - 0,20	1 - 0
Lapidado	0,025 - 0,40	1 - 16
Pulimento	0,025 - 0,40	1 - 16
Pulido (liso)	0,10 - 0,40	4 - 16
Bruñido	0,10 - 0,80	4 - 32
Esmerilado	0,10 - 1,6	4 - 64
Perforado con Diamante	0,20 - 0,40	8 - 16
Torneado con Diamante	0,20 - 0,40	8 - 16
Torneado	0,40 - 6,30	16 - 250
Perforado con Mecha	0,40 - 6,30	16 - 250
Trefilado	0,80 - 3,20	32 - 125
Mandrilado	0,80 - 3,20	32 - 125
Fresado	0,80 - 6,30	32 - 250
Electroerosión	1,60 - 6,30	64 - 250
Modelado por Prensa	1,60 - 12,50	64 - 500
Aplanamiento	1,60 - 12,50	64 - 500
Electrodeposición	0,80 - 0,80	8 - 32
Fresado químico	1,60 - 6,30	63 - 250
Laser	1,60 - 6,30	63 - 250
Aserrado	1,60 - 25,0	63 - 1000
Extrusión	0,80 - 3,20	32 - 125
Fundición a presión	0,80 - 1,60	32 - 63
Forjado	3,20 - 13,0	32 - 63
Laminación en Caliente	13,0 - 25,0	500 - 1000
Fundido con molde de arena	13,0 - 25,0	500 - 1000

Tabla 5. Relación entre procesos de mecanizado y sus valores de rugosidad esperados. [6]

En base a esta tabla, se observa que un método adecuado sería el de fresado, que contiene el rango de rugosidades que se buscan.

En resumen, el proceso de fabricación consistiría en un proceso de **fundición por molde de arena** y posteriormente se conseguiría el **acabado superficial por medio de un fresado**.

5.4.5. Instalación del Pestillo

Para la instalación del pestillo se debe cumplir lo establecido en el documento básico de seguridad de utilización y accesibilidad (DB-SUA) aprobado en el Real Decreto 314/2006. Esta normativa indica que para cumplir con las condiciones de accesibilidad en el baño, el pestillo deberá estar colocado a una altura de entre 80 y 120 cm respecto del suelo. También indica

que deberá estar situado a una distancia de 30 cm o más respecto del rincón del baño. Esta distancia es más difícil de controlar, ya que depende de la arquitectura del servicio. Sin embargo, el propio pestillo cuenta con una distancia mínima de 8 cm entre el extremo de la puerta y la manilla. Por tanto, podrá utilizarse en cualquier estancia que tenga una distancia desde el extremo de la puerta a la esquina del baño mayor o igual a 22 cm, hecho que cumple prácticamente cualquier establecimiento.

La instalación del pestillo en la puerta se lleva a cabo realizando, en primer lugar, un vaciado en la puerta para alojar la caja mediante una broca para madera. Seguidamente se realizan las ventanas en ambos lados del vaciado, una para la visualización del estado de libre y ocupado (lado exterior) y otra para la colocación de la manilla (lado interior). A continuación se introduce la caja en el vaciado de la puerta y se atornilla. Seguidamente se atornilla la manilla y se colocan los embellecedores. Por último, se realiza en el marco el vaciado correspondiente para el enganche, se coloca éste en el hueco y se atornilla al marco. Puede verse los planos de instalación en el anexo de planos (P14 y P16).

6. PROTOTIPADO

Una vez elaborado el diseño, se ha contado con la empresa ABAX Innovation Technologies para la realización de un prototipo con impresión 3D. El material elegido ha sido un plástico PETG, recomendado por la empresa para las características del mecanismo. Este plástico tiene mejores propiedades mecánicas que las resinas estándares y cuenta con mayor resistencia al desgaste. Además, se pueden conseguir buenos ajustes dimensionales ya que cada capa que se deposita de material cuenta con un espesor de 300 micras.

Se han realizado dos prototipados del mecanismo. En el primero no se consiguió precisar correctamente las dimensiones de las piezas para que se cumpliesen los juegos y tolerancias necesarias mediante la fabricación con la impresora 3D. Esto se debió a que, aunque se han calculado las tolerancias del diseño correctamente, la precisión de la impresora no alcanzaba el rango necesario, por lo que el primer prototipo tuvo fallos de montaje y no pudo funcionar correctamente.

Con lo aprendido del primer prototipo, se realizó un segundo. Esta vez sí se consiguió precisar correctamente las dimensiones de las piezas en base a las tolerancias de la impresora 3D y se obtuvieron unas piezas que se pueden montar correctamente, tal y como se mostrará a continuación.

6.1. PIEZAS DEL PROTOTIPO

A continuación se muestran las piezas obtenidas mediante el prototipado con impresión 3D.

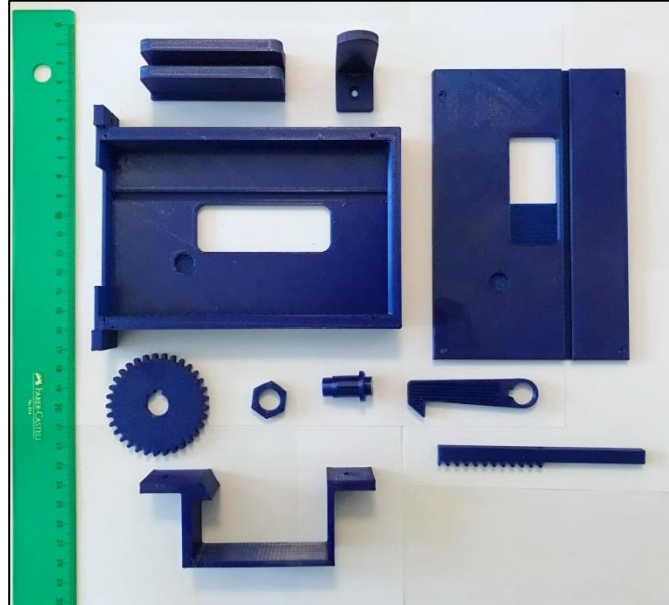


Figura 19. Piezas del prototipo en impresión 3D.

Algunas piezas se han realizado con dimensiones algo mayores a las encontradas en los planos. Esto se debe a que de esta manera se puede garantizar su montaje en base a las tolerancias de la impresora 3D.

6.2. MONTAJE DEL PROTOTIPO

A continuación se procede a explicar el montaje del mecanismo con la ayuda del prototipo.

- **Paso 1:**

En primer lugar se coloca el gancho y el engranaje en el eje y se rosca la tuerca para sujetarlos.

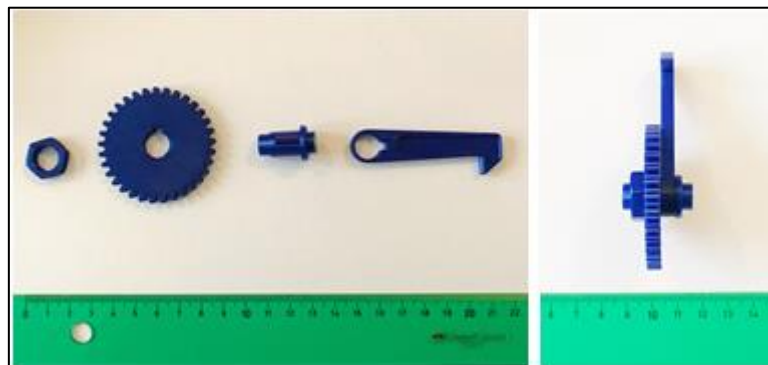


Figura 20. Montaje del gancho y el engranaje en el eje.

- **Paso 2:**

Se monta la cremallera en la guía.

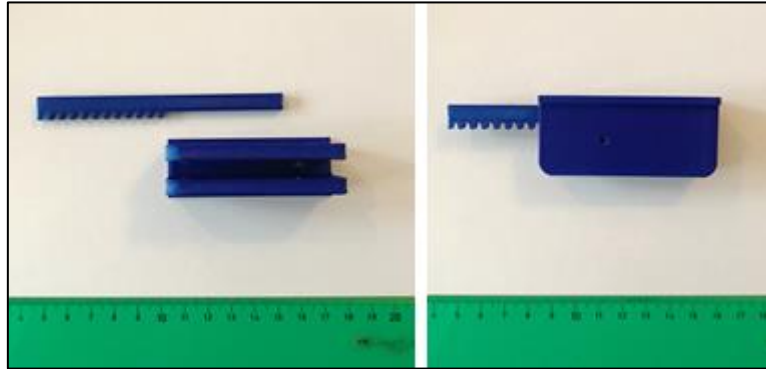


Figura 21. Montaje de la cremallera en la guía.

- **Paso 3:**

Se procede a colocar los conjuntos previamente montados en los pasos 1 y 2 en la tapa izquierda. El conjunto 1 (paso 1) irá en el orificio de la tapa para el eje y el conjunto 2 (paso 2) en la ranura para la guía.

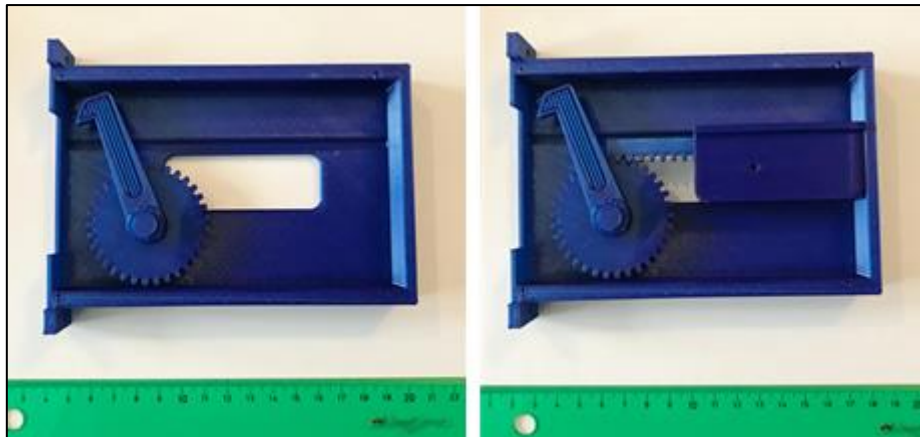


Figura 22. Montaje de los subconjuntos obtenidos en los pasos 1 y 2 en la tapa izquierda.

- **Paso 4:**

Cierre del mecanismo colocando la tapa derecha. Se hace coincidir el orificio circular con el eje y la ranura con la guía.

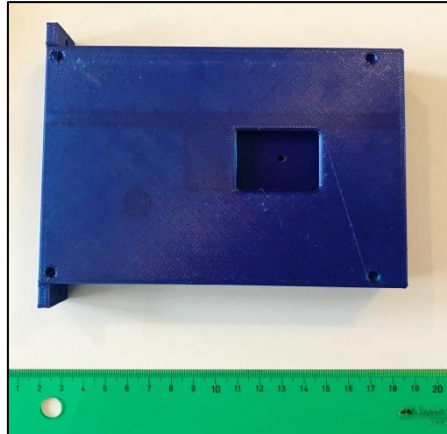


Figura 23. Montaje de la tapa derecha y cierre del conjunto.

- **Paso 5:**

Como último paso del montaje del conjunto mecánico, se fija la manilla en la guía.

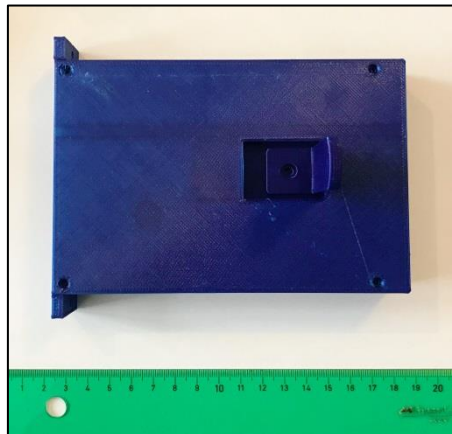


Figura 24. Fijación de la manilla en la guía.

A continuación se muestran algunas imágenes detalladas del mecanismo ya montado:

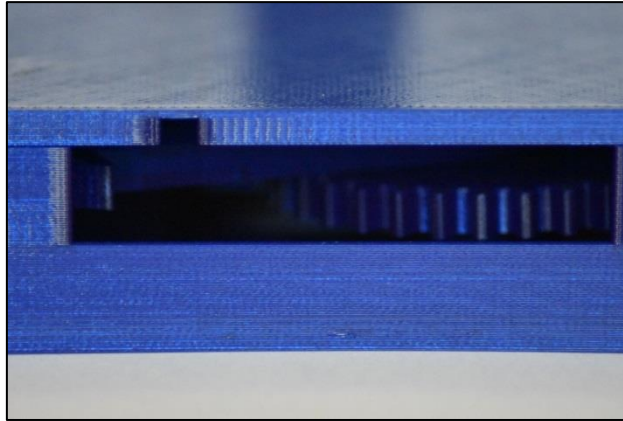


Figura 25. Detalle de la disposición en el interior del engranaje y el gancho.



Figura 26. Vista lateral del mecanismo.



Figura 27. Detalle del sistema de apertura desde el exterior.

En base al prototipo realizado, se ha podido constatar que el mecanismo funciona tal y como se había previsto. No obstante, se percibe una falta de fluidez en el movimiento que

impide en ocasiones accionar el mecanismo con un movimiento suave y continuo. Esto hecho se debe principalmente a que el acabado de la impresora 3D no es el óptimo. Por tanto, se han obtenido juegos mayores a los indicados, lo que provoca oscilaciones de las piezas mayores a las previstas en los cálculos.

Salvando estas pequeñas discrepancias conforme al diseño teórico del pestillo, el prototipo se considera un éxito y se empleará para llevar a cabo la evaluación del diseño.

7. EVALUACIÓN DEL DISEÑO Y MEJORAS

Una vez diseñado y calculado el pestillo, se debe proceder a su evaluación en base a la accesibilidad universal. Para ello, se hará uso de la plantilla facilitada por la fundación Ideas, la cual sirve para analizar los siete principios de la accesibilidad universal, algo imprescindible en el diseño, ya que un diseño en base a la accesibilidad universal es el objetivo principal. Dicha evaluación se llevará a cabo a su vez con la ayuda del prototipo del pestillo. La evaluación conforme a la plantilla se muestra al final de este apartado.

Tal y como muestra la plantilla, el diseño cumple con todos los requisitos para considerarse un producto con accesibilidad universal, por lo que se puede considerar un éxito. No obstante, hay algunos aspectos que se podrían mejorar en versiones futuras.

- **Mejoras en accesibilidad:**

En base a la accesibilidad, el diseño está abierto a algunas mejoras. Tal y como se comenta en la plantilla de evaluación, para mejorar el entendimiento del sistema de visualización de Libre u Ocupado del baño, que actualmente consiste en una pintura verde y roja y un texto en braille, se podría añadir además un texto con las palabras LIBRE y OCUPADO para una mejor comprensión.

También, otra característica que se podría añadir es un código QR o un código de barras para la identificación del pestillo en el baño por medio de aplicaciones de ayuda para personas con discapacidad visual. Actualmente existen varias aplicaciones para smartphones de ayuda, siendo las más populares Lookout (Google) y Seeing AI (Microsoft). Estas aplicaciones ayudan a las personas con deficiencia visual a identificar objetos, productos, personas y a entender el entorno que les rodea. Por medio de un código QR o un código de barras, se podría hacer que estas aplicaciones identificarán el pestillo en el baño, lo que ayudaría a las personas a orientarse para la salida y entrada al baño, ya que el pestillo se encuentra en la puerta. Además, podría servir para que la aplicación explicase el funcionamiento del pestillo, tal y como ya hacen actualmente con algunos productos.

- **Mejoras técnicas:**

En cuanto a mejoras técnicas del mecanismo, el pestillo también tiene cierto margen de mejora. Por un lado, podría ser interesante intentar disminuir el tamaño de algunas piezas para ahorrar en peso y material, lo que supone naturalmente un ahorro económico. Para ello las piezas que más margen de mejora tienen en este respecto son las tapas. Tal y como puede verse en la Figura 22, el conjunto tiene mucho espacio vacío, por lo que se podría reducir las dimensiones de las tapas con facilidad.

Otro aspecto a mejorar consiste en la resistencia mecánica de la manilla. Aunque sus requisitos mecánicos en un funcionamiento normal se cumplen con soltura (ver anexo A5), podría ser apropiado mejorar su resistencia para poder soportar más margen de esfuerzos. Actualmente, con un acero AISI 304 únicamente soporta esfuerzos hasta los 100N, si por ejemplo se emplease un acero inoxidable con mayor resistencia mecánica, como el AISI 201, se podría conseguir un margen de hasta 150 N con la misma geometría de la manilla (ver anexo A4).

Una característica que se podría estudiar, en caso de seguir avanzando en este proyecto, sería la incorporación de un tratamiento superficial para la manilla basado en procesos PVD (siglas en inglés para Deposición Física de Vapor). Recientes estudios han demostrado que, mediante este tipo de tratamientos, es posible agregar una capa superficial de materiales antibacterianos, como el TiN dopado con plata, a los metales sin que esto repercuta en sus propiedades mecánicas [7]. En cuanto a la resistencia a la corrosión propia de los aceros inoxidables, como el acero AISI 304 (material elegido para fabricar los componentes del pestillo), dicha resistencia tampoco se ve afectada [8]. La manilla es la parte del mecanismo a la que el usuario tiene acceso para accionarlo. Por tanto, aplicarle un tratamiento antibacteriano que perdure en el tiempo, como es el caso de los PVD, podría ser muy aconsejable.

En ambientes como hospitales o incluso en vestuarios de clubs deportivos, donde se necesita garantizar una gran higiene en las superficies, esta propiedad antibacteriana podría ser de gran utilidad. Por todo ello, este tipo de tratamientos superficiales serían un gran aspecto a analizar de cara a su implementación en el pestillo.

Revisión 7 principios del diseño universal en productos

Principios y atributos	¿Cumple?	Posible mejora
1. Uso equitativo: El diseño es útil y vendible a personas con diversas capacidades.	Sí	
1a. Mismas formas de uso para todos: idénticas o equivalentes.	Sí. La manera de accionar el pestillo es igual para todo el mundo.	
1b. Evita segregar o estigmatizar a cualquier usuario.	Sí.	
1c. Mismas garantías de privacidad y seguridad para todos.	Sí.	
1d. Que sea agradable para todos.	Sí.	
2. Uso Flexible: El diseño se acomoda a un amplio rango de preferencias y habilidades individuales.	Sí	
2a. Ofrece opciones en la forma de uso.	Sí. Puede accionarse con cualquier parte del cuerpo.	
2b. Sirve tanto para los diestros como para los zurdos.	Sí.	
2c. Facilita al usuario la precisión y exactitud.	Sí. La manilla únicamente puede desplazarse de manera horizontal.	
2d. Se adapta al ritmo de uso del usuario.	Sí. El mecanismo únicamente se mueve bajo la acción del usuario. Por tanto, el ritmo lo pone el usuario.	
3. Uso Simple e Intuitivo: fácil de entender, sin importar la experiencia, conocimientos, habilidades del lenguaje o nivel de concentración del usuario.	Sí	
3a. Elimina la complejidad innecesaria.	Sí. El mecanismo se acciona únicamente con un desplazamiento horizontal de la manilla. Solo necesita un movimiento.	
3b. Es consistente con la intuición y expectativas del usuario.	Sí.	
3c. Se acomoda a un rango amplio de grados de alfabetización y conocimientos del lenguaje.	Sí.	
3d. Ordena la información de acuerdo a su importancia.	No aplica	
3e. Proporciona información y retroalimentación eficaces durante y después de la tarea.	Sí. El mecanismo tiene dos topes (apertura y cierre) por lo que se es consciente de cuando se termina la acción.	
4. Información Perceptible: aporta información necesaria de forma efectiva al usuario, sin importar las condiciones del ambiente o las capacidades sensoriales del usuario.	Sí	
4a. Utiliza diferentes medios (pictóricos, verbales, táctiles) para la presentación de manera redundante de la información esencial.	Sí. El sistema de detección de si el baño esta libre u ocupado puede detectarse vía visual mediante colores o de manera táctil en braille.	Podría incorporarse además texto con las palabras LIBRE y OCUPADO.

Principios y atributos	¿Cumple?	Posible mejora
4b. Maximiza la legibilidad de la información esencial.	Sí. El único texto dispuesto es en braille y cumple con la normativa pertinente.	
4c. Diferencia elementos de manera que puedan ser descritos por sí solos (por ejemplo, que las instrucciones dadas sean fáciles de entender).	Sí.	
4d. Proporciona compatibilidad con varias técnicas o dispositivos usados por personas con limitaciones sensoriales.	Sí. Incorpora braille.	Podría colocarse un código QR o código de barras que, mediante aplicaciones como Lookout de google o Seeing AI de Microsoft, pudiese detectarse y decifrar al usuario de las aplicaciones donde esta situado y como interactuar con el mecanismo.
5. Tolerancia al Error: El diseño minimiza riesgos y consecuencias adversas de acciones involuntarias o accidentales.	Sí	
5a. Ordena los elementos para minimizar el peligro y errores: los elementos más usados están más accesibles; los elementos peligrosos son eliminados, aislados o cubiertos.	Sí.	
5b. Advierte de los peligros y errores.	No aplica. Al no ser un mecanismo peligroso, no es necesario indicar peligros y errores	
5c. Proporciona características para controlar las fallas.	Sí. Está diseñado para ser resistente a un mal uso y su accionamiento y desplazamiento están limitados	
5d. Descarta acciones inconscientes en tareas que requieren concentración.	No aplica. No requiere de concentración.	
6. Mínimo Esfuerzo Físico: El diseño puede ser usado cómoda y eficientemente minimizando la fatiga.	Sí.	
6a. Permite al usuario mantener una posición neutral de su cuerpo.	Sí.	
6b. Usa fuerzas de operación razonables.	Sí. La fuerza de accionamiento es inferior a 3 N.	
6c. Minimiza las acciones repetitivas.	Sí. Para echar y quitar el pestillo únicamente se necesitan dos movimientos en total.	
6d. Minimiza el esfuerzo físico constante.	Sí.	
7. Adecuado Tamaño de Aproximación y Uso: Proporciona un tamaño y espacio adecuado para el acercamiento, alcance, manipulación y uso, independientemente del tamaño corporal, postura o movilidad del usuario.	Sí.	
7a. Proporciona una línea clara de visibilidad hacia los elementos importantes, para todos los usuarios de pie o sentados.	Sí.	
7b. Proporciona una forma cómoda de alcanzar todos los componentes, tanto para los usuarios de pie como sentados.	Sí. El pestillo se coloca a la altura impuesta por el documento básico de seguridad de utilización y accesibilidad, aprobado en el Real Decreto 314/2006.	
7c. Acomoda variantes en el tamaño de la mano y asimiento.	No. Es un mecanismo sencillo de emplear que no requiere de precisión. No es necesario implementar variantes en el tamaño de asimiento.	
7d. Proporciona un espacio adecuado para el uso de aparatos de asistencia o personal de ayuda.	Sí.	

8. DESARROLLO FUTURO

Aunque el Trabajo Fin de Grado finaliza con el diseño del pestillo accesible para puerta corredera, aún hay espacio para hablar sobre los próximos pasos que se deberían dar para transformar este proyecto en algo real y tangible.

8.1. OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO

Aun habiendo evaluado el diseño en base a la plantilla facilitada por la Fundación Ideas, sería muy aconsejable realizar una serie de pruebas de evaluación con usuarios reales con diferentes discapacidades. De esta manera se podría conseguir un feedback realmente bueno con el que mejorar el diseño en aquellos aspectos en los que no se consiga el rendimiento esperado.

Esta serie de pruebas estaban muy en mente para ser realizadas, y hasta se contactó con Luis Casado (Presidente y Fundador de Ideas) con el que se mantuvo una reunión para valorar el diseño y la posibilidad de realizar estos análisis. Sin embargo, debido a la situación producida por el COVID-19, esta posibilidad desapareció.

También sería interesante analizar la incorporación de los tratamientos superficiales PVD, mencionados en el apartado anterior, para incorporar propiedades antibacterianas al pestillo. Esto podría ayudar a mantener altos grados de higiene que requieren algunos servicios como los hospitales, entre otros.

8.2. REALIZACIÓN DEL MODELO DE NEGOCIO

Si se quisiese seguir con el proyecto y transformarlo en un producto con el que obtener rédito económico, uno de los pasos más importantes sería la realización del modelo de negocio. Para ello se podrían usar herramientas como el CANVAS que facilitan su realización. Se podría realizar un negocio en base a metodologías ágiles como KANBAN, SCRUM o el método Lean Startup, ya que se adaptan muy bien a pequeñas empresas emprendedoras.

Sería apropiado realizar un Benchmarking para analizar los modelos de negocio de las distintas empresas involucradas en este sector para poder aprender de ellas. También se debería realizar un plan de viabilidad que analizase con la máxima precisión los costes y los ingresos que se obtendrían. En estos momentos sería complicado realizarlo, ya que, al ser un producto enfocado a la producción en masa, el precio de fabricación varía mucho en función del número de pestillos fabricados.

8.3. EMPRENDIMIENTO

Una vez establecido un modelo de negocio, se podrían emplear algunas ayudas de las que dispone Navarra para el emprendimiento.

Por un lado podría hacerse uso de Navarra Emprende. Navarra Emprende es un portal, impulsado por el Gobierno de Navarra, al servicio de las personas emprendedoras y autónomos de la Comunidad Foral. Ofrece información y ayuda para la realización de nuevas empresas.

Otra herramienta de la que se podría hacer uso, ya que se encuentra en la propia Universidad Pública de Navarra, sería LUCE. El Laboratorio Universitario de Creación de Empresas (LUCE) es una organización que está, al igual que Navarra Emprende, impulsada por el Gobierno de Navarra. Su función es la de ayudar a los universitarios emprendedores a analizar la viabilidad de los proyectos y a llevar a cabo el lanzamiento al mercado.

8.4. CONTACTO CON EMPRESAS Y ENTIDADES PÚBLICAS

Por último, con o sin ayuda de las herramientas anteriormente citadas, sería interesante contactar con empresas que se dediquen a la instalación de puertas o cerraduras para averiguar si el producto les podría resultar interesante. También se podría hablar con los ayuntamientos para mostrarles el diseño y las mejoras que supondría en accesibilidad de los lugares públicos.

9. CONCLUSIONES

El objetivo de este Trabajo Fin de Grado era el de establecer un diseño accesible para pestillos de puertas correderas. Esto se debía a la detección de un gran problema en accesibilidad de los baños al emplear pestillos poco accesibles. Tras un trabajo de investigación y diseño, se ha establecido un pestillo que cumple los 7 principios de la accesibilidad universal, mejorando los diseños que se emplean actualmente. Por ello, puede decirse que el objetivo ha sido cumplido con éxito.

Al tratarse de un Trabajo Fin de Grado, un objetivo inherente a él es el de servir para la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos a lo largo del estudio del Grado. Para la realización de este proyecto se han empleado principalmente conocimientos de diseño industrial, como la realización de ajustes y tolerancias, el uso de la herramienta SOLIDWORKS, conocimientos de dibujo técnico, etc. Sin embargo, también se han empleado otros conocimientos provenientes de otras ramas de la ingeniería como la resistencia de materiales o la metalurgia y metalotecnia. Por último, se ha empleado unas capacidades adquiridas a lo largo de toda la formación que, aunque no hayan pertenecido a ninguna asignatura en

particular, sí han estado presentes desde el inicio. Se tratan de la capacidad de organización, trabajo y esfuerzo. Sin ellas, este trabajo no hubiese sido posible.

Para terminar, agradecer toda la ayuda y dedicación de Joaquín Moróder, director de este Trabajo Fin de Grado, y decir que ha sido un trabajo con el que se ha aprendido y disfrutado mucho y que se espera que pueda ser de utilidad en un futuro.

10. NORMATIVAS EMPLEADAS

A continuación se exponen las principales normativas empleadas en el presente Trabajo Fin de Grado:

- **CTE-DB-SE-A:** Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Seguridad en la utilización y Accesibilidad.
- **DIN 6885:** Cálculo de chavetas paralelas.
- **Documento Técnico B1 de la Comisión Braille Española:** Parámetros Dimensionales del Braille.
- **UNE 1037:1983:** Indicaciones de los estados superficiales en los dibujos.
- **UNE 170001-1:2007:** Accesibilidad universal. Parte 1: Criterios DALCO para facilitar la accesibilidad al entorno.
- **UNE 170001-2:2007:** Accesibilidad universal. Parte 2: Sistema de gestión de la accesibilidad.
- **UNE-EN 1005-3:2002+A1:2009:** Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 3: Límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas.
- **UNE-EN 22768-1:1994:** Tolerancias generales. Parte 1: tolerancias para cotas dimensionales lineales y angulares sin indicación individual de tolerancia.
- **UNE-EN 22768-2:1994:** Tolerancias generales. Parte 2: tolerancias para cotas geométricas sin indicación individual de tolerancia. (ISO 2768-2:1989). (Versión oficial EN 22768-2:1993).
- **UNE-EN ISO 2692:2015:** Especificación geométrica de productos (GPS). Tolerancias geométricas. Requisito de máximo material (MMR), requisito de mínimo material (LMR) y requisito de reciprocidad (RPR). (ISO 2692:2014).
- **UNE-EN ISO 4035:2013:** Tuercas hexagonales bajas biseladas. Productos de clases A y B. (ISO 4035:2012).

11. REFERENCIAS

- [1] Instituto Nacional de Estadística. (2008). *Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia. Resultados Nacionales*. Disponible en: <https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t15/p418/a2008/hogares/p01/modulo1/I0/&file=01001.px&L=0> [Consulta: 2 de mayo de 2020].
- [2] Instituto Nacional de Estadística. (2008). *Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia. Resultados por comunidad autónoma*. Disponible en: <https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t15/p418/a2008/hogares/p02/modulo1/I0/&file=03001.px&L=0> [Consulta: 2 de mayo de 2020].
- [3] Roller. (2020). Catálogo de Productos. Disponible en: <http://www.roller.es/wp-content/catalogos/causer.pdf> [Consulta: 20 de marzo de 2020]
- [4] Euro Inox. (2010). *Serie Materiales y sus Aplicaciones, Volumen 10: El acero inoxidable en contacto con otros materiales metálicos*. Bruselas: Euro Inox. Disponible en: http://www.bonnet.es/EuroInox/Contact_with_Other_SP.pdf [Consulta: 23 de abril de 2020].
- [5] Fuertes, J.P., Luis Pérez, C.J., Puertas, I., y Salcedo, D. (2017-2018). “Fundamentos de Fabricación”. Apuntes de clase. Ingeniería en Tecnologías Industriales. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.
- [6] GTM. *Procesos de fabricación. Rugosidad superficial*. Disponible en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/TecFab/10.pdf> [Consulta: 24 de abril de 2020].
- [7] García, J.A., J. Osés, J., y R. Rodríguez Trias. (2013). *Funcionalización bactericida de recubrimientos PVD sobre cerámica*. Tratamientos Térmicos y Superficiales, Congreso Nacional. Barcelona, 21-24 abril. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/257702591_Funcionalizacion_bactericida_de_recubrimientos_PVD_sobre_ceramica [Consulta: 28 de abril de 2020]
- [8] Berlanga, C., Bueno, R., Esparza, J., Osés, J., Rivero, P.J., Rodríguez Trias, R., y Zalakain, I. (2015). *Estudio de la resistencia a la corrosión de recubrimientos TiN dopados con plata para su empleo en prótesis articulares*. Tratamientos Térmicos y Superficiales, Congreso Nacional. Porriño, Vigo, 30 septiembre – 01 octubre. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/282731431_Estudio_de_la_resistencia_a_la_corrosion_de_recubrimientos_TiN_dopados_con_plata_para_su_empleo_en_protesis_articulares [Consulta: 28 de abril de 2020]

12. BIBLIOGRAFÍA

- Aguinagalde, J.M., e Iriarte, X. (2018-2019). “Teoría de Máquinas”. Apuntes de clase. Ingeniería en Tecnologías Industriales. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.
- Benito, M., Ibarra, M.J., y Marcelino, S. (2019-2020). “Diseño Industrial”. Apuntes de clase. Ingeniería en Tecnologías Industriales. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.
- Berlanga, C., y Rivero, P.J. (2017-2018). “Metalurgia y Metalotecnia”. Apuntes de clase. Ingeniería en Tecnologías Industriales. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.
- Félez, J., y Martínez, M.L. (2008). *Ingeniería gráfica y diseño*. Madrid: EDITORIAL SINTESIS, S.A.
- Fuertes, J.P., Luis Pérez, C.J., Puertas, I., y Salcedo, D. (2017-2018). “Fundamentos de Fabricación”. Apuntes de clase. Ingeniería en Tecnologías Industriales. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.
- Hernández Galán, J., Álvarez, F., y Borau, J.L. (2011). *Accesibilidad Universal y Diseño para Todos. Arquitectura y Urbanismo*. Madrid: Artes Gráficas Palermo.
- Indura S.A. (2010). *Manual Aceros Inoxidables*. Santiago, Chile: 2M Impresores Limitada. Obtenido de:
<http://www.indura.cl/Descargar/Manual%20de%20Aceros%20Inoxidables?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fcl%2Fbiblioteca%2Fd7a1a8fe99fe4b6a9fbed6412df7e93c.pdf> [Consulta: 15 de Marzo de 2020].

ANEXOS

ANEXO 1. CÁLCULO DE LA FUERZA EJERCIDA POR UNA PERSONA

Es difícil saber la fuerza que ejercerá una persona para abrir una puerta. Por ello, para obtener un valor estimado, se ha hecho uso del procedimiento que aparece en la norma EN 1005-3. Dicha norma establece un método para obtener el valor de la fuerza que ejerce en promedio una persona en una determinada acción.

El primer paso que establece la norma es el de determinar la capacidad básica de generación de fuerza. Para ello se emplea la tabla que facilita la norma y que se muestra a continuación:

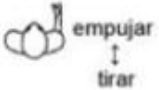
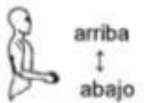


Actividad		Ámbito profesional F_B en N	Ámbito doméstico F_B en N
	Trabajo con la mano (una mano): asir con toda la mano	250	184
dentro ↔ fuera  empujar ↓ tirar  arriba ↓ abajo	Trabajo con el brazo (postura sentada, un brazo):		
	– hacia arriba	50	31
	– hacia abajo	75	44
	– hacia fuera	55	31
	– hacia dentro	75	49
	– empujando		
– con apoyo del tronco	275	186	
– sin apoyo del tronco	62	30	
– tirando			
– con apoyo del tronco	225	169	
– sin apoyo del tronco	55	28	
	Trabajo con el cuerpo completo (postura de pie):		
	– empujando	200	119
– tirando	145	96	
	Trabajo con el pie (postura sentada, con apoyo del tronco):		
	– acción del tobillo	250	154
– acción de la pierna	475	308	

Tabla A.1. Muestra la fuerza isométrica máxima. Valores límite precalculados de la capacidad de fuerza isométrica para ciertas actividades comunes en el ámbito profesional y doméstico. Los valores se aplican a condiciones de trabajo óptimas. [Obtenida de la norma EN 1005-3].

De esta manera se obtiene una capacidad básica de generación de fuerza de 186 N. Esta generación corresponde al caso de empujar con un brazo en una postura sentada en ámbito doméstico. Es cierto que este caso no correspondería a una situación normal de apertura o cierre de una puerta corredera, ya que habitualmente se realiza de pie. No obstante, se debe considerar el peor escenario posible dentro de lo plausible para las labores de diseño, siendo el anteriormente expuesto.

Seguidamente, a este valor se le debe efectuar una corrección dando lugar a la capacidad de fuerza corregida. Esta corrección se lleva a cabo aplicando unos coeficientes de reducción a la capacidad básica de generación. Dichos coeficientes son los siguientes:

- Multiplicador de velocidad (m_v): asociado a la velocidad de movimiento.
- Multiplicador de frecuencia (m_f): asociado a la duración de la acción y la frecuencia.
- Multiplicador de duración (m_d): asociado a la duración acumulada de acciones.

En este caso se empleará únicamente el multiplicado de velocidad, ya que la acción de apertura de la puerta requiere de movimiento pero no de repeticiones ni va precedida de otros movimientos que puedan fatigar al usuario. Dicho multiplicador se obtiene de la siguiente tabla:

Velocidad	no acción que implica inmovilidad o un movimiento muy lento	si acción que implica un movimiento apreciable
m_v	1,0	0,8

Tabla A.2. Tabla de valores para el multiplicador de velocidad (m_v). [Obtenida de la norma EN-1005-3].

Por tanto, siguiendo los pasos, se obtiene finalmente una capacidad de carga corregida de:

$$F_{Br} = F_B \cdot m_v = 186 \cdot 0.8 = 148.8 \text{ N} \approx 150 \text{ N}$$

Este valor sirve como estimación de la fuerza máxima que puede ejercer una persona en un movimiento parecido al de la apertura de una puerta corredera. Sin embargo, no se alcanzará en prácticamente ninguna situación.

Para calcular un valor más real, se tendrá en cuenta una situación de empuje sin apoyo del tronco, que corresponde a un valor de F_B igual a 30 N. Tomando esta medida se obtiene una carga corregida de 24 N.

Este valor sí se puede emplear como estimación de la fuerza genérica que se empleará al utilizar el pestillo. De esta manera, todas las piezas deberán diseñarse para soportar este valor y, en la medida de lo posible también el valor máximo de 150 N, aunque este último no determinará el diseño final.

ANEXO 2. CÁLCULOS PARA DETERMINAR VARIABLES DE DISEÑO EN BASE A CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

En este apartado de los anexos se explicarán los cálculos realizados para determinar algunas de las variables del diseño que se ha llevado a cabo. Por ejemplo, se estudiarán casos como el gripamiento del gancho o que el cerrojo impida la apertura desde el exterior. Gracias al estudio de estos casos se determinarán parámetros esenciales del diseño para que el mecanismo funcione correctamente en las situaciones planteadas. Se establecerán numerosas ecuaciones que relacionarán las variables unas con otras. Será al final, con todas las hipótesis planteadas, cuando se fijen todos los valores.

A2.1. RELACIÓN ENTRE EL GIRO DEL GANCHO Y EL RADIO DEL ENGRANAJE

Aquí se determinará la relación que se debe cumplir entre el giro del gancho, el radio del engranaje y el desplazamiento horizontal de la manilla que realiza el usuario. Esta relación sigue la siguiente expresión:

$$\alpha \cdot R = \Delta x \quad (E.1)$$

siendo

- α Ángulo de giro del gancho
- R Radio primitivo del engranaje
- Δx Desplazamiento horizontal de la manilla/cremallera

Se requiere de un desplazamiento en x de 3 cm que ha sido previamente impuesto. Esta relación deberá estar presente en todo momento y será fundamental para elegir el engranaje adecuado.

A2.2. FUERZA DE AYUDA PARA EL CIERRE DE LA PUERTA

Es posible diseñar el enganche situado en el marco de la puerta y el gancho del cerrojo de tal forma que, al entrar en contacto uno con otro, se produzca una resultante de fuerzas que opere en el sentido del cierre de la puerta y ayude al usuario a cerrarla. Para ello se debe diseñar el gancho con un cierto ángulo β , dando como resultado el siguiente sistema:

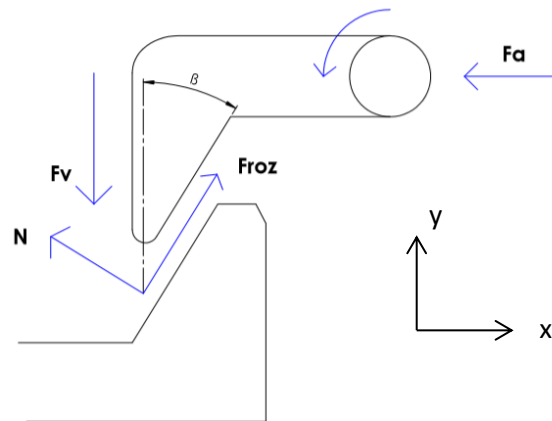


Figura A.1. Sistema de fuerzas entre el gancho y el enganche al cerrar el pestillo.

donde

- Fa Fuerza aplicada en la manilla por el usuario [N]
- Fv Fuerza vertical que ejerce el gancho [N]
- N Fuerza normal que sufre el gancho [N]
- Froz Fuerza de rozamiento que sufre el gancho [N]
- β Ángulo de las caras del gancho y el enganche con la vertical

Al aplicar una fuerza horizontal en la manilla, que a su vez mueve la cremallera, se produce una rotación del gancho con la consecuente transformación de la fuerza horizontal (F_a) en una vertical (F_v). La relación que se produce entre la fuerza F_a y F_v sigue la siguiente expresión, obtenida mediante el principio de los trabajos virtuales:

$$F_a \cdot \Delta x = F_v \cdot (d + \Delta d) \cdot \alpha \quad (E.2)$$

Siendo $d + \Delta d$ la longitud del gancho, tal y como puede verse en la Figura A.2 que se muestra a continuación:

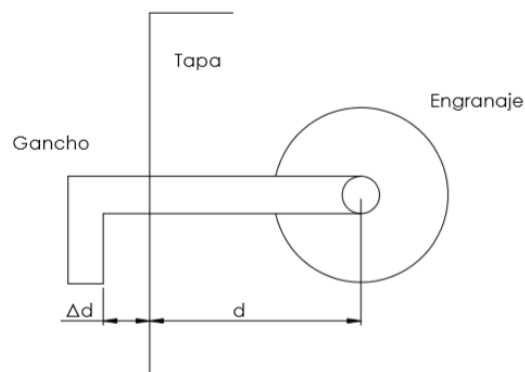


Figura A.2. Croquis del gancho.

La distancia del gancho se descompone en dos (Δd y d) ya que, de esta manera, se controla tanto la distancia del eje de giro respecto a la tapa (para la realización de los agujeros donde irá colocado el eje) como la distancia que sobresaldrá el gancho para encajar en el marco y quedar enganchado.

La distancia Δd se fijó igual a 1 cm. Con esta longitud se garantiza un buen funcionamiento del gancho y, en caso de quedarse echado el pestillo pero sin estar encajado en el marco, no sería intrusivo para el usuario al entrar o salir del baño.

Siguiendo con el planteamiento de la Figura A.1 el sistema de ecuaciones queda de la siguiente manera:

$$(y) \quad F_v = N \operatorname{sen}\beta + F_{roz} \cos\beta = N \operatorname{sen}\beta + \mu N \cos\beta \quad (E.3)$$

$$(x) \quad N \cos\beta - \mu N \operatorname{sen}\beta = F_{ayuda} \quad (E.4)$$

Siendo μ el coeficiente de rozamiento estático y F_{ayuda} la resultante de fuerzas en el eje x y que ayudará al cierre de la puerta, tal y como se planteaba al inicio del apartado.

Utilizando la ecuación E.3 se obtiene el valor de la fuerza normal:

$$N = \frac{F_v}{\operatorname{sen}\beta + \mu \cos\beta} \quad (E.5)$$

Una vez se obtenga la medida del gancho, de la que depende F_v , se establecerá la fuerza de ayuda que se obtiene del mecanismo.

A2.3. EVITAR QUE LA PUERTA SE ABRA DESDE FUERA

El gancho, que sirve para bloquear la puerta del baño, debe diseñarse para que no deslice y no se pueda abrir la puerta desde fuera si una persona quiere acceder al baño cuando está siendo usado. Para cumplir esta condición se debe obtener un ángulo β máximo que lo garantice. Para ello, se plantea el siguiente sistema de fuerzas:

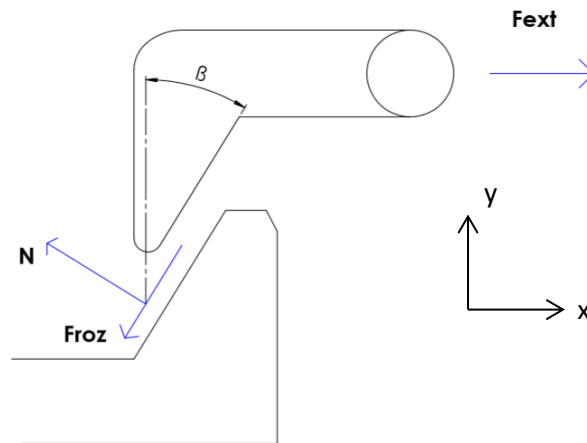


Figura A.3. Representación del sistema de fuerzas sobre el gancho en el caso de apertura desde el exterior.

donde

- Fext Fuerza aplicada en la puerta desde el exterior [N]
- N Fuerza normal que sufre el gancho [N]
- Froz Fuerza de rozamiento que sufre el gancho [N]
- β Ángulo de las caras del gancho y el enganche con la vertical

Este planteamiento conduce al siguiente sistema de ecuaciones:

$$(x) \quad F_{ext} = N \cos\beta + \mu N \operatorname{sen}\beta \quad (E.6)$$

$$(y) \quad N \operatorname{sen}\beta < \mu N \cos\beta \quad (E.7)$$

Siendo la ecuación E.7 la condición de no deslizamiento del gancho y que impedirá la apertura de la puerta. Siguiendo dicha ecuación, se obtiene:

$$\frac{\operatorname{sen}\beta}{\cos\beta} < \mu \rightarrow \mu > \operatorname{tg}\beta \rightarrow \beta < \operatorname{arctg}(\mu)$$

Para obtener el valor máximo que puede tener el ángulo β se debe calcular bajo la premisa de encontrarse en el peor caso posible. Por ello, se supone un coeficiente de rozamiento estático muy pequeño, de valor 0.05, muy por debajo de los valores que puede haber entre aceros, que oscilan en torno a 0.74. Bajo esta hipótesis se obtiene un valor de:

$$\beta < 2.86^\circ$$

De esta manera, se fija un valor final del ángulo β igual a 2.5° .

$$\beta = 2.5^\circ$$

A2.4. EVITAR EL GRIPAMIENTO DEL GANCHO

Una situación que se debe evitar es la del gripamiento del gancho. Si el gancho se gripa quiere decir que no podrá deslizarse sobre el enganche y no se podrá desbloquear la puerta para que el usuario pueda salir del baño. Para evitar esto desde el diseño, debe plantearse el sistema de fuerzas que surge en esta situación y establecer una relación entre las distintas variables que lo evite. Dicho sistema se muestra a continuación:

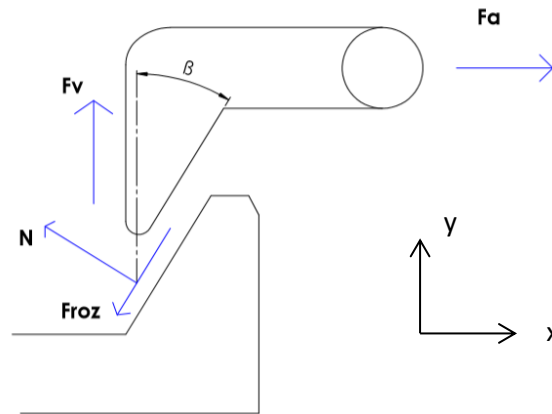


Figura A.4. Representación del sistema en el caso de apertura del pestillo.

$$(x) \quad F_a = N \cos\beta + \mu N \operatorname{sen}\beta \quad (E.8)$$

$$(y) \quad F_v + N \operatorname{sen}\beta > \mu N \cos\beta \quad (E.9)$$

Siendo la ecuación E.9 la condición de no gripamiento. De la ecuación E.8 se obtiene la fuerza normal (N) y de la E.2 el valor de la fuerza Fv en función de Fa. Sustituyendo esas expresiones en la ecuación E.9 se consigue la siguiente relación:

$$\begin{aligned} \frac{F_a \cdot \Delta x}{\alpha (d + \Delta d)} + \frac{F_a \operatorname{sen}\beta}{\mu \operatorname{sen}\beta + \cos\beta} &> \frac{\mu \cdot F_a \cos\beta}{\mu \operatorname{sen}\beta + \cos\beta} \rightarrow \\ \rightarrow \frac{\Delta x}{\alpha (d + \Delta d)} &> \frac{\mu \cos\beta - \operatorname{sen}\beta}{\mu \operatorname{sen}\beta + \cos\beta} \rightarrow \frac{\Delta x (\mu \operatorname{sen}\beta + \cos\beta)}{\alpha (\mu \cos\beta - \operatorname{sen}\beta)} > d + \Delta d \end{aligned}$$

De esta manera se obtiene una condición para la distancia del gancho que se deberá cumplir:

$$\frac{\Delta x (\mu \operatorname{sen}\beta + \cos\beta)}{\alpha (\mu \cos\beta - \operatorname{sen}\beta)} > d + \Delta d$$

A2.5 CÁLCULO DE ÁNGULO θ PARA AYUDAR AL ENGANCHE

Se pueden diseñar tanto el enganche como el gancho con un ángulo θ para favorecer el deslizamiento de uno sobre el otro y que, en el caso de que el gancho este echado al irse a cerrar la puerta del baño, éste no impida cerrar la puerta. Para ello, como siempre, debe plantearse el sistema de fuerzas que ocurren en esta situación y determinar las variables en función de las condiciones que se obtengan. El sistema que se produce se muestra a continuación:

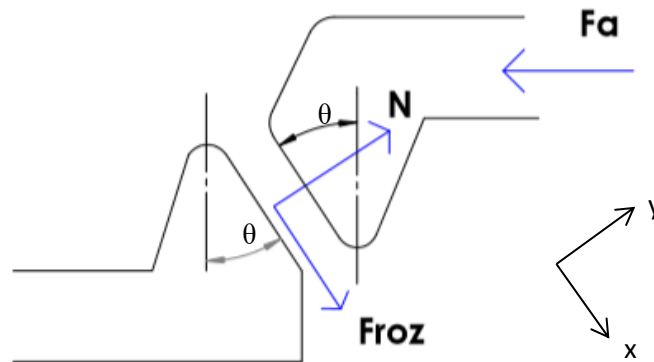


Figura A.5. Representación del sistema de fuerzas sobre el gancho en el caso de cierre de la puerta con el gancho echado.

$$(x) \quad F_a \sin\theta > F_{roz} = 0 \quad (E.10)$$

$$(y) \quad N - F_a \cos\theta = 0 \rightarrow N = F_a \cos\theta \quad (E.11)$$

Del sistema de ecuaciones se obtiene la condición que se debe cumplir para que el gancho deslice sobre el enganche. Esta condición corresponde a la ecuación E.10. De esta manera se obtiene la condición de ángulo θ mínimo que debe darse:

$$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} > \mu \rightarrow \operatorname{tg}\theta > \mu \rightarrow \theta > \operatorname{arctg}(\mu)$$

Para obtener un valor coherente del ángulo θ se debe suponer un coeficiente de rozamiento estático μ muy alto y, de esta manera, diseñar en base a la peor situación que se podría tener. Por ello, se supone un coeficiente de rozamiento igual a 1, mucho mayor de lo que se suele tener en el rozamiento entre aceros. En base a esta suposición se obtiene un valor mínimo de θ de 45° . Por tanto, se fija un valor igual a 60° tanto para el gancho como para el enganche.

$$\theta = 60^\circ$$

A2.6. COMBINACIÓN DE LAS CONDICIONES OBTENIDAS

Por el momento, de todas las variables que se han visto involucradas en las hipótesis planteadas en los apartados anteriores, únicamente se han determinado dos ángulos del gancho (θ y β). Para las demás variables tan solo se han obtenido algunas relaciones y condiciones:

$$\alpha \cdot R = \Delta x$$

$$\frac{\Delta x (\mu \operatorname{sen}\beta + \operatorname{cos}\beta)}{\alpha (\mu \operatorname{cos}\beta - \operatorname{sen}\beta)} > d + \Delta d$$

Siendo la primera la relación entre el desplazamiento horizontal de la manilla y el radio primitivo del engranaje y, la segunda, la condición de no gripamiento. Uniendo ambas expresiones se obtiene:

$$\frac{R (\mu \operatorname{sen}\beta + \operatorname{cos}\beta)}{(\mu \operatorname{cos}\beta - \operatorname{sen}\beta)} > d + \Delta d$$

lo que da una relación entre el radio del engranaje y la longitud del gancho.

De esta manera se obtiene un sistema de dos incógnitas y una única ecuación. Para resolver el sistema se plantea una nueva condición tal que:

$$R + (\Delta d + d) \leq 10 \text{ cm}$$

De esta manera se evita que el mecanismo alcance una altura demasiado grande, ya que el gancho será el que la defina.

Mediante estas dos condiciones y suponiendo un coeficiente de rozamiento μ de 0.5, se obtiene un valor máximo permitido de R de:

$$R \leq 30.87 \text{ cm}$$

Se elige por tanto un radio primitivo de 24.75 cm que corresponde a un engranaje de diámetro primitivo 49.5 y módulo 1.5. En base a este radio, se determina la longitud del gancho, la cual debe cumplir que:

$$R + (\Delta d + d) \leq 10 \text{ cm} \rightarrow 24.75 + (\Delta d + d) \leq 10 \text{ cm}$$

$$(\Delta d + d) \leq 7.53$$

Se fija la longitud del gancho $\Delta d + d$ en un valor igual a 5 cm. De esta manera se consigue que el mecanismo, en caso de tener una altura de 10 cm, tenga un margen entre la parte superior y el gancho, evitando rozamientos innecesarios.

Recapitulando, se han fijado las siguientes dimensiones:

$$\theta = 60^\circ$$

$$\beta = 2.5^\circ$$

$$R = 24.75 \text{ mm} \rightarrow D_p = 49.5 \text{ (M1.5)}$$

$$\Delta d + d = 5 \text{ cm} \quad (\Delta d = 1 \text{ cm})$$

Por último, en vistas de que ya se tiene el radio primitivo del engranaje y se quiere obtener un desplazamiento horizontal de 3 cm, se puede utilizar la ecuación E.1 para obtener el ángulo α de giro:

$$\alpha = 69.5^\circ$$

$$\Delta x = 3 \text{ cm}$$

De esta manera se obtienen las variables más significativas del diseño del mecanismo, necesarias para cumplir las hipótesis de funcionamiento requeridas.

Como último paso, es interesante ver que fuerza de ayuda al cierre se experimenta con los parámetros obtenidos. Siguiendo la ecuación E.4 se obtiene una fuerza de ayuda de:

$$\text{Fayuda} = N \cos\beta - \mu N \sin\beta = \frac{F_v}{\sin\beta + \mu \cos\beta} \cos\beta - \mu \frac{F_v}{\sin\beta + \mu \cos\beta} \sin\beta \rightarrow$$

$$\rightarrow \text{Fayuda} = \frac{F_a \cdot \Delta x}{(\Delta d + d)\alpha} \cos\beta - \mu \frac{F_a \cdot \Delta x}{(\Delta d + d)\alpha} \sin\beta \approx 11 \text{ N}$$

Con F_a igual a 24 N (ver anexo A1) y un coeficiente de rozamiento de 1 (peor caso posible). Esta fuerza no es despreciable y ayudará a cerrar la puerta en caso de que esté mal colocada y el gancho entre en contacto con el enganche del marco (ver Figura A.1).

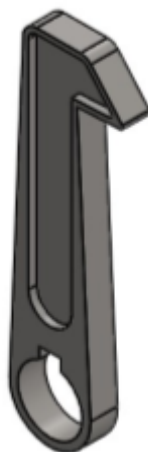


Figura A.6. Diseño final del gancho con las medidas y ángulos calculados.

ANEXO 3. CÁLCULOS DE DISEÑO: UNIONES ATORNILLADAS, AJUSTES Y TOLERANCIAS

A3.1. CÁLCULO DE UNIONES ATORNILLADAS

En primer lugar se van a realizar los cálculos de las uniones atornilladas. Estas uniones serán las que comprenden a la fijación de las tapas derecha e izquierda, así como a la fijación de la manilla y la cremallera a la guía. A su vez se realizará el cálculo de la unión atornillada de una chapa que ejercerá de embellecedor en la puerta.

Para el cálculo de estas fijaciones se hará uso de las indicaciones que aparecen en el código técnico de edificación (CTE-DB-SE-A). En este documento se recoge el procedimiento a seguir para el cálculo de las dimensiones que deben tener los agujeros de las uniones de chapas. Se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

- **Cálculo a rasgadura:**

Para evitar el fenómeno de la rasgadura se debe seguir la condición que aparece a continuación para el diámetro del agujero en la chapa.

$$d \leq \sqrt{5e} - 0.2 \quad (\text{E.12})$$

donde

- d diámetro del agujero de la chapa (cm)
- e espesor de la chapa (cm)

- **Disposiciones constructivas:**

Las dimensiones para los posicionamientos de los agujeros son esenciales para evitar otros fenómenos como la rotura a tracción. Para realizar estos cálculos se hará uso de las condiciones que aparecen en el CTE, siendo las siguientes para las distancias mínimas:

- i) en la dirección de la fuerza que se transmite:

$$e1 \geq 1.2 \cdot d_0 \quad \text{del eje del agujero al borde de la pieza} \quad (\text{E.13})$$

$$p1 \geq 2.2 \cdot d_0 \quad \text{entre ejes de agujeros} \quad (\text{E.14})$$

- ii) en la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite:

$$e_2 \geq 1.5 \cdot d_0 \quad \text{del eje del agujero al borde de la pieza} \quad (\text{E.15})$$

$$p_2 \geq 3.0 \cdot d_0 \quad \text{entre ejes de agujeros} \quad (\text{E.16})$$

siendo

d_0 diámetro del agujero de la chapa

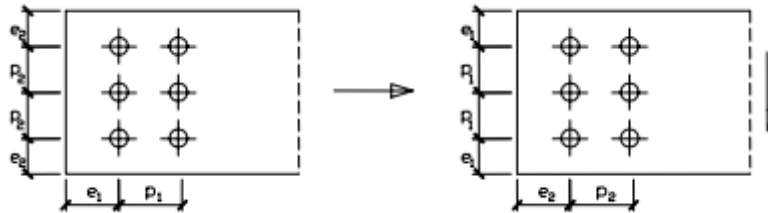


Figura A. 7. Representación de las distancias mínimas en la dirección de la fuerza y en la dirección perpendicular a la fuerza. A la izquierda representado para una fuerza en la dirección horizontal y a la derecha en la dirección vertical. (Obtenida del CTE)

- **Elección de la métrica:**

Por último, para elegir la métrica del tornillo a utilizar se empleará la siguiente tabla recomendada por un fabricante de tornillería (Tormetal), la cual relaciona la métrica del tornillo con la carga a soportar por éste.

Carga en N	Diámetro nominal en mm.			
	Clase de calidad			
	12,9	10,9	8,8	
250				
400				
630				
1000				
1600	3	3	3	
2500	3	3	4	
4000	4	4	5	
6300	4	5	5	
10000	5	6	8	
16000	6	8	8	
25000	8	10	10	
40000	10	12	14	
63000	12	14	16	
100000	16	16	20	
160000	20	20	24	
250000	24	27	30	
400000	30	36		
630000	36			

Tabla A.3. Recomendación entre carga y métrica del tornillo. (Obtenida de Tormetal)

De esta manera mediante la condición de rasgadura y la relación de carga y métrica se seleccionarán el tornillo más adecuado para cada caso.

Estas serán las condiciones que se emplearán para el cálculo de las dimensiones de los agujeros en las chapas. Otras consideraciones como el cálculo a cortadura se desprecian debido a los pocos esfuerzos que tendrán que soportar las uniones.

A3.1.1. EMBELLECEDOR EXTERIOR

Esta chapa irá colocada en el exterior de la puerta, en el lado que da al exterior del servicio. Realizará la función de embellecedor y permitirá la correcta visualización del estado de libre u ocupado del servicio. Dicha chapa se puede observar en la siguiente imagen:

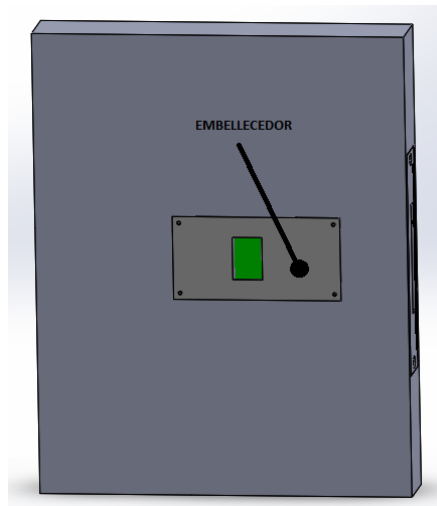


Figura A.8. Embellecedor colocado en el lado exterior de la puerta.

El embellecedor aunque no sufrirá grandes solicitaciones, sí que debe garantizar soportar los esfuerzos debidos a los golpes que puede sufrir la puerta al abrirse y cerrarse. Para el cálculo de los taladros se seguirán las recomendaciones del CTE expuestas anteriormente.

- **Cálculo a rasgadura:**

Mediante el uso de la ecuación (E.12) se obtiene el siguiente valor de diámetro recomendado máximo:

$$e = 0.1 \text{ cm}$$

$$d \leq \sqrt{5 \cdot 0.1} - 0.2 = 0.507 \text{ cm} \approx 5 \text{ mm}$$

- **Elección de la métrica:**

La fuerza que debe poder soportar es de 150 N. La obtención de esta fuerza se puede consultar en el anexo correspondiente al cálculo de la capacidad de fuerza de una persona (A1). Con este dato utilizamos la tabla que relaciona la métrica con la carga. En dicha tabla se puede observar que recomienda el uso de una métrica M3 a partir de 1600N. Por tanto haremos uso de una métrica M2 ya que cumplirá su función a la perfección y se deja un buen margen en el diámetro máximo. Al emplearse un tornillo de métrica de 2 mm, se realizará un taladro en la chapa de 2.4 mm.

- **Disposiciones constructivas:**

Siguiendo las indicaciones del código técnico de edificación y suponiendo una fuerza en la dirección horizontal (acorde al supuesto de apertura o cierre de una puerta corredera) se obtienen las siguientes distancias mínimas:

$$e1 \geq 1.2 \cdot d_0 = 1.2 \cdot 2.4 = 2.88 \text{ mm}$$

$$p1 \geq 2.2 \cdot d_0 = 2.2 \cdot 2.4 = 5.28 \text{ mm}$$

$$e2 \geq 1.5 \cdot d_0 = 1.5 \cdot 2.4 = 3.6 \text{ mm}$$

$$p2 \geq 3.0 \cdot d_0 = 3 \cdot 2.4 = 7.2 \text{ mm}$$

Una vez obtenidos estos valores, emplearemos los más acordes a los requisitos de funcionalidad de nuestro modelo y que a su vez cumplan estos requisitos. De esta manera, los valores finales que se emplearán para las posiciones de los agujeros serán:

$$e1 = 4 \text{ mm} \quad e2 = 4 \text{ mm} \quad p1 = 82 \text{ mm} \quad p2 = 37 \text{ mm}$$

Estas medidas pueden observarse en el plano correspondiente al embellecedor exterior en los anexos de planos (P10).

A3.1.2. MANILLA

La manilla es la parte del mecanismo con la que interactúa el usuario. Por tanto, deberá soportar las cargas que realice la persona al accionar el mecanismo. Se seguirá utilizando la aproximación de una carga de 150 N como fuerza a soportar. La manilla deberá estar unida a la guía para transmitir el movimiento a la cremallera y de ahí al engranaje. Para ello constará de una unión atornillada tal y como se puede ver en la siguiente imagen:



Figura A.9. Imagen del diseño de la manilla del mecanismo.

Para el cálculo del diámetro del agujero de la unión, se emplearán las consideraciones estipuladas por el CTE.

- **Cálculo a rasgadura:**

Empleando la ecuación (1) se obtiene el siguiente valor de diámetro recomendado máximo:

$$e = 0.25 \text{ cm}$$

$$d \leq \sqrt{5 \cdot 0.25} - 0.2 = 0.92 \text{ cm} = 9.2 \text{ mm}$$

- **Elección de la métrica:**

En este caso, al tratarse de una pieza con más espesor, se puede emplear un diámetro de agujero mayor. Por tanto, en vez de emplear un tornillo de métrica M2, se utilizará uno de M3. De esta manera se tendrá margen tanto en carga como en diámetro del agujero y, además, se empleará un tornillo de mayor aguante en una parte tan sensible como la manilla.

Se realizará un agujero ranurado para la colocación del tornillo de M3. Por tanto, se dispondrá de dos agujeros en la chapa. El menor será de diámetro igual a 3.4 mm y el mayor de 6.5 mm. Para los cálculos posteriores se dimensionará con el agujero que proporciona los valores más restrictivos, en este caso el de diámetro 6.5 mm.

- **Disposiciones constructivas:**

En el caso de la manilla, puede haber un mal uso de ésta. Es por ello, que a la hora de realizar el cálculo de las dimensiones mínimas para las posiciones de los agujeros, se estudiará tanto el caso para una fuerza horizontal (uso correcto) como para una vertical (uso erróneo).

Se diseñará el agujero de la unión acorde al peor caso obtenido. Haciendo uso de las ecuaciones (E.13), (E.14), (E.15) y (E.16) se obtienen los siguientes resultados:

a) Fuerza horizontal

$$e1 \geq 1.2 \cdot d_0 = 1.2 \cdot 6.5 = 7.8 \text{ mm}$$

$$e2 \geq 1.5 \cdot d_0 = 1.5 \cdot 6.5 = 9.75 \text{ mm}$$

b) Fuerza vertical

$$e1 \geq 1.2 \cdot d_0 = 1.2 \cdot 6.5 = 7.8 \text{ mm}$$

$$e2 \geq 1.5 \cdot d_0 = 1.5 \cdot 6.5 = 9.75 \text{ mm}$$

En la manilla solo se empleará una unión atornillada, por tanto las dimensiones p1 y p2 no aplican en este caso. Finalmente, se utilizará unos valores de e1 y e2 de 10 mm para ambos. De esta manera se satisface en ambas dimensiones el peor caso posible.

Estas medidas pueden observarse en el plano correspondiente a la manilla en los planos (P5).

A3.1.3. TAPA DERECHA

La tapa derecha consiste en una chapa que atornillada a la tapa izquierda, hace de fijación y cierre de los demás componentes del mecanismo. Esta tapa dispondrá de cuatro uniones atornilladas tal y como se puede ver en la Figura 6. Dichas uniones se calcularán mediante los criterios dispuestos en el CTE.

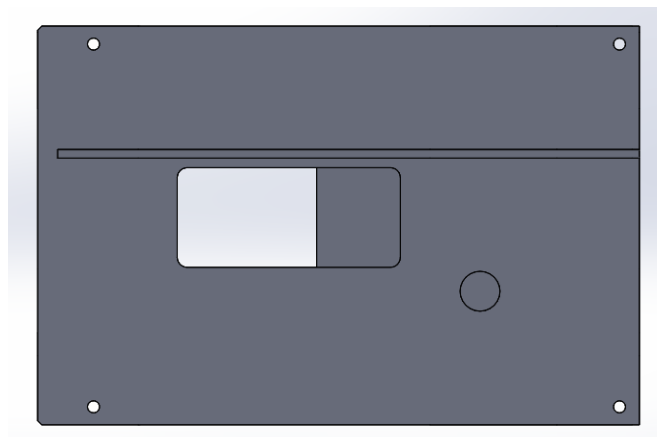


Figura A.10. Imagen del diseño de la tapa derecha del mecanismo.

- **Cálculo a rasgadura:**

Haciendo uso de la ecuación (E.12) se obtiene el siguiente valor de diámetro recomendado máximo:

$$e = 0.4 \text{ cm}$$

$$d \leq \sqrt{5 \cdot 0.4} - 0.2 = 1.21 \text{ cm} = 12.1 \text{ mm}$$

- **Elección de la métrica:**

La tapa no va sufrir grandes esfuerzos, se optará por una métrica M2 para garantizar una buena sujeción. De esta manera se realizará un taladro de 3 mm de diámetro.

- **Disposiciones constructivas:**

Para el caso de la tapa se supondrán fuerzas horizontales, ya que es la dirección de las fuerzas de cierre y apertura de la puerta. Mediante estas consideraciones y siguiendo lo establecido en el CTE se obtienen los siguientes valores:

$$e1 \geq 1.2 \cdot d_0 = 1.2 \cdot 3 = 3.6 \text{ mm}$$

$$p1 \geq 2.2 \cdot d_0 = 2.2 \cdot 3 = 6.6 \text{ mm}$$

$$e2 \geq 1.5 \cdot d_0 = 1.5 \cdot 3 = 4.5 \text{ mm}$$

$$p2 \geq 3.0 \cdot d_0 = 3 \cdot 3 = 9 \text{ mm}$$

Finalmente, se emplearán las siguientes medidas acordes a los requisitos impuestos por el código técnico de edificación y las condiciones impuestas por diseño:

$$e1 = 8.5 \text{ mm} \quad e2 = 4.5 \text{ mm} \quad p1 = 129 \text{ mm} \quad p2 = 91 \text{ mm}$$

Estas medidas pueden observarse en el plano correspondiente a la manilla en los planos anexados al final del documento (P7).

A3.2. CÁLCULO DE JUEGOS PARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO

En este apartado se va a proceder al cálculo de los juegos necesarios que se deben producir en el montaje de las piezas para que el mecanismo funcione correctamente. Es imprescindible que en ciertas partes no aparezca apriete, ya que esto impediría el movimiento de algunas piezas. Al tratarse de juegos en los que intervienen medidas de más de 2 elementos, se emplearán los procedimientos de cadena de cotas y de transferencia de cotas para la realización de los cálculos. Dichos cálculos determinarán las dimensiones de algunas cotas de las piezas. Éstas aparecen reflejadas en los respectivos planos de las piezas.

A3.2.1. JUEGO A

Este juego consiste en garantizar que la tuerca no haga tope con la tapa izquierda para evitar que surja un apriete que impida el movimiento giratorio del eje. La representación de este juego, así como la numeración de las piezas involucradas, se puede ver en la siguiente figura:

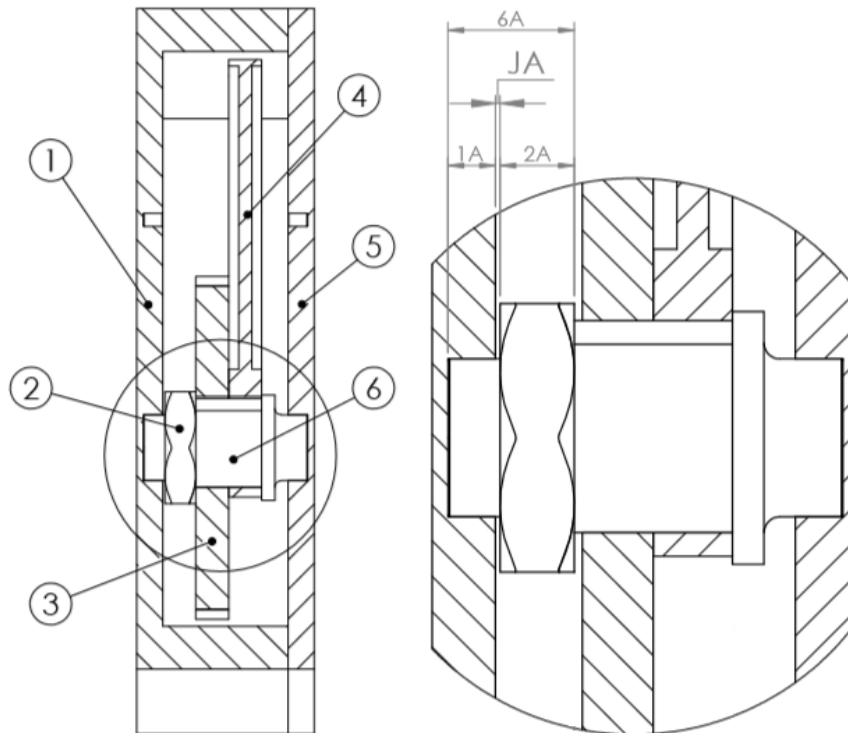


Figura A.11. Representación del Juego A y del conjunto con las piezas involucradas en su cálculo.

La pieza número 1 corresponde a la tapa izquierda, la 2 a la tuerca, la número 3 al engranaje, la 4 al gancho, la 5 a la tapa derecha y, finalmente, la 6 al eje. El objetivo consiste en encontrar la tolerancia normalizada para la dimensión 6A del eje que garantice los juegos mínimo y máximo buscados.

Por tanto, lo primero que se debe fijar son esos juegos mínimo y máximo. En este caso se opta por las siguientes dimensiones:

$$JA_{\min} = 0.2 \text{ mm}$$

$$JA_{\max} = 1 \text{ mm}$$

Seguidamente se establecen tolerancias dimensionales finas para la medida 1A siguiendo la norma ISO 2768 que se recoge en la siguiente tabla:

Medidas en milímetros

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al valor nominal							
		0,5 ¹⁾ hasta 3	más de 3 hasta 6	más de 6 hasta 30	más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1 000	más de 1 000 hasta 2 000	más de 2 000 hasta 4 000
Designación	Descripción								
f	fina	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	–
m	media	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
c	grosera	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4
v	muy grosera	–	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 6	± 8

1) Para valores nominales inferiores a 0.5 mm, las tolerancias han de indicarse siempre junto a la cota nominal correspondiente

Tabla A.4. Norma ISO 2768 para tolerancias dimensionales generales.

Siguiendo esta tabla, se obtienen las siguientes medidas:

$$1A = \pm 0.05 \text{ mm}$$

Para la medida 2A se emplea la tolerancia dada por el fabricante haciendo uso de la norma ISO 4035 y sabiendo que es una tuerca de M12:

$$2A = 6 \begin{matrix} +0,00 \\ -0,30 \end{matrix} \text{ mm}$$

En la siguiente imagen se pueden ver las medidas 1A y 2A representadas:

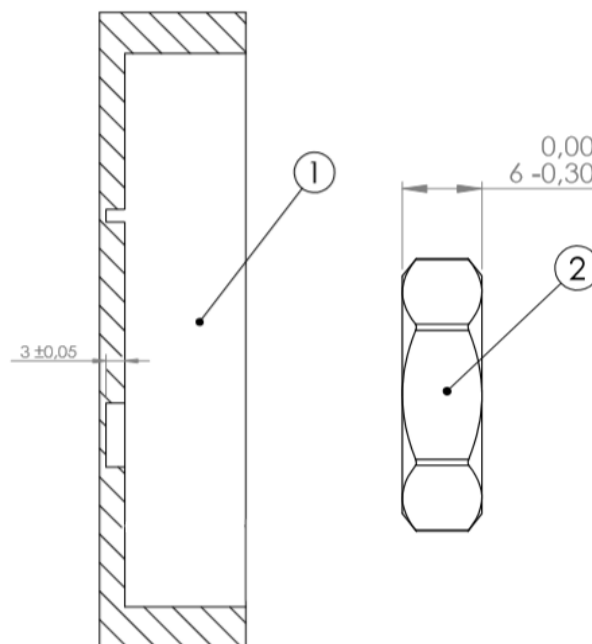


Figura A. 12. Representación de las medidas 1A y 2A para el cálculo del Juego A.

Para el cálculo de la dimensión normalizada 6A se deberán cumplir las siguientes expresiones:

$$JA_{\min} = 6A_{\min} - 1A_{\max} - 2A_{\max} \rightarrow 0.2 = 6A_{\min} - 3.05 - 6 \rightarrow \mathbf{6A_{\min} = 9.25}$$

$$JA_{\max} = 6A_{\max} - 1A_{\min} - 2A_{\min} \rightarrow 1 = 6A_{\max} - 2.95 - 5.7 \rightarrow \mathbf{6A_{\max} = 9.65}$$

De esta manera se obtienen los valores límite de la medida 6A. Una vez sabidos estos valores, se debe obtener un valor de tolerancia normalizado según los estándares ISO. A continuación se muestra un esquema de este caso concreto:

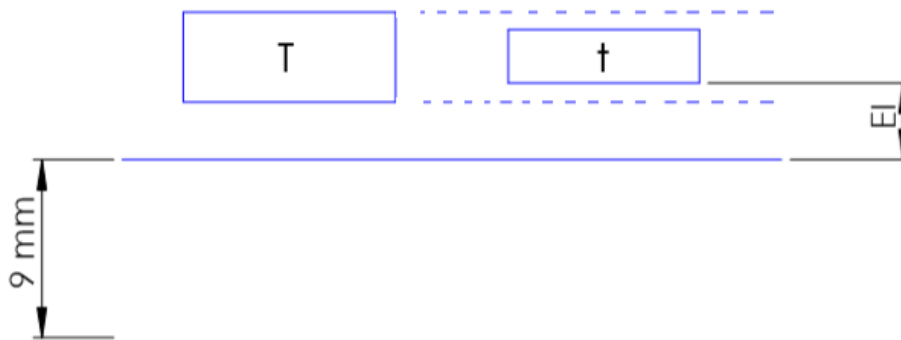


Figura A.13. Croquis del cálculo de tolerancia normalizada para la medida 6A.

siendo

- T La tolerancia obtenida mediante la cadena de cotas
- t La tolerancia normalizada
- EI El límite inferior de la desviación

Por tanto, se deben garantizar las siguientes condiciones:

$$t \leq T = 400 \mu\text{m}$$

$$EI \geq 250 \mu\text{m}$$

Sabiendo esto se opta por una calidad IT 14 que proporciona una tolerancia de 360 μm , ya que es la más próxima a la tolerancia de 400 μm que se había obtenido mediante la cadena de cotas. Una vez fijada la calidad, se busca un límite inferior que cumpla la condición de EI. Se establece por tanto un límite inferior de 280 μm , ya que es el primero en cumplir la condición. Este límite corresponde a un grado de tolerancia A³. Se elige normalización de agujero debido a que la cota 6^a ejerce de cota continente (contiene a las demás). En caso de ser cota contenida, se optaría por normalización de tipo eje. De esta manera queda la siguiente medida normalizada para la cota 6A:

$$\mathbf{6A = 9 A 14 = 9^{+0.64}_{+0.28} \text{ mm}}$$

Seguidamente se lleva a cabo la comprobación para asegurar que se cumplen los requisitos de juego máximo y juego mínimo estipulados. Para ello se deben realizar las expresiones que se muestran a continuación:

$$J_{Amin} = 6A_{min} - 1A_{max} - 2A_{max} = 9.28 - 3.05 - 6 = 0.23 \geq 0.2 \checkmark$$

$$J_{Amax} = 6A_{max} - 1A_{min} - 2A_{min} = 9.64 - 2.95 - 5.7 = 0.99 \leq 1 \checkmark$$

Se puede observar que se cumplen perfectamente los requisitos.

A.3.2.2. JUEGO B

Este juego consiste en garantizar que el engranaje y el gancho queden confinados entre la tuerca y el tope del eje para evitar que la tuerca quede aprisionada entre la tapa izquierda y el engranaje. Aunque la misión de la tuerca es garantizar la correcta sujeción del engranaje y el gancho para que no ocurran desplazamientos que entorpezcan el funcionamiento del mecanismo, es preferible que exista un pequeño juego entre el engranaje y la tuerca para evitar el temido apriete de la tuerca contra la tapa. El planteamiento de este juego puede verse en la siguiente figura así como las piezas que intervienen en él.

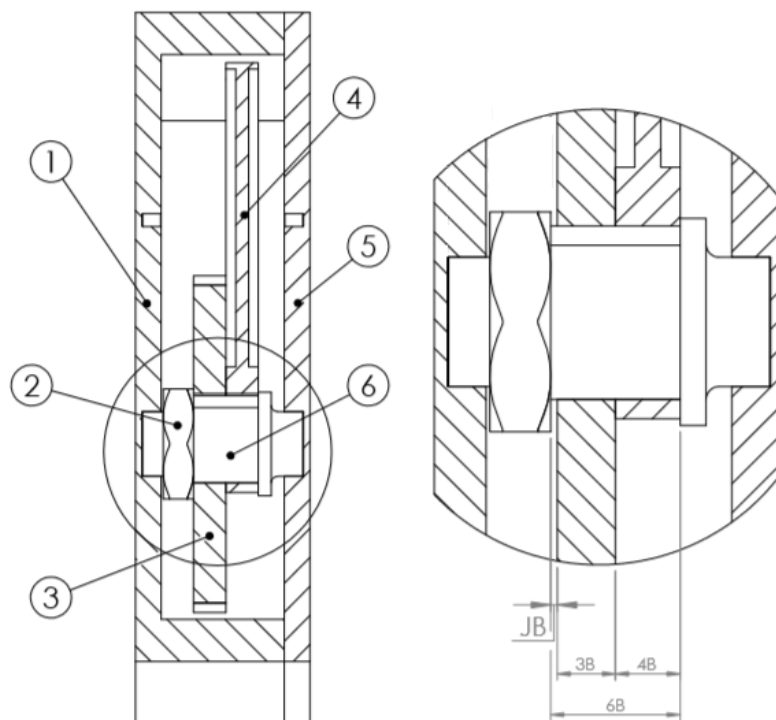


Figura A.14. Representación del Juego B y del conjunto con las piezas involucradas en su cálculo.

La numeración de las piezas coincide con las planteadas para el juego A. En este caso el objetivo consiste en determinar la medida normalizada 6B para garantizar el juego. Se sigue el mismo procedimiento que en el cálculo del juego A. De esta manera se fijan las dimensiones de juego máximo y mínimo y se establecen tolerancias dimensionales generales finas para las cotas involucradas 3B y 4B. Se obtienen los siguientes valores:

$$JB_{\min} = 0 \text{ mm}$$

$$JB_{\max} = 0.3 \text{ mm}$$

$$3B = \pm 0.05 \text{ mm}$$

$$4B = \pm 0.05 \text{ mm}$$

Se opta por un valor tan reducido de juego para evitar desplazamientos del engranaje excesivos durante su funcionamiento. En la siguiente imagen se puede ver estas medidas representadas:

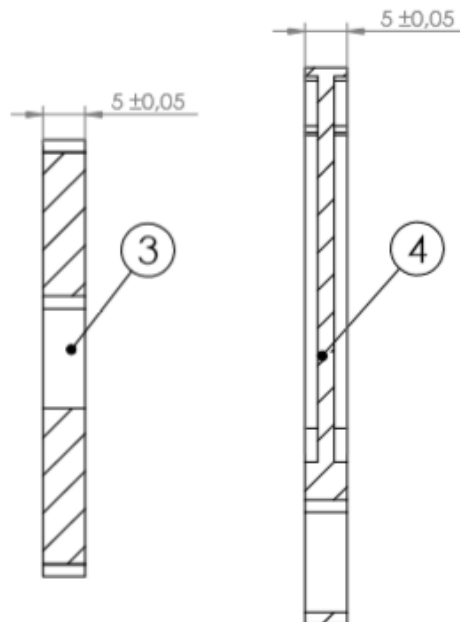


Figura A.15. Representación de las medidas 3B y 4B para el cálculo del Juego B.

Para el cálculo de la dimensión normalizada 6A se deberán cumplir las siguientes expresiones:

$$JB_{\min} = 6B_{\min} - 3B_{\max} - 4B_{\max} \rightarrow 0 = 6B_{\min} - 5.05 - 5.05 \rightarrow \mathbf{6B_{\min} = 10.1}$$

$$JB_{\max} = 6B_{\max} - 3B_{\min} - 4B_{\min} \rightarrow 0.3 = 6B_{\max} - 4.95 - 4.95 \rightarrow \mathbf{6B_{\max} = 10.3}$$

A continuación se muestra un croquis del planteamiento de las tolerancias. En este caso coincide con el del juego A salvo por la medida nominal que en este caso es de 10 mm.

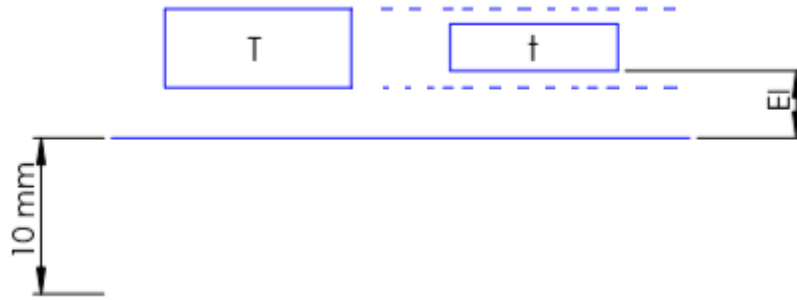


Figura A.16. Croquis del cálculo de tolerancia normalizada para la medida 6B.

Para la resolución se procede de la misma manera que en el juego A. Se deberán cumplir las siguientes condiciones:

$$t \leq T = 100 \mu\text{m}$$

$$EI \geq 100 \mu\text{m}$$

Se elige por tanto una calidad de tolerancia IT 9 que ofrece $36 \mu\text{m}$ y un grado B^a que otorga $150 \mu\text{m}$ de límite inferior. Ambos valores se seleccionan al ser los primeros que ofrece la tabla normalizada que cumplen las condiciones de t , EI y de juego máximo y mínimo. De esta manera queda la siguiente medida normalizada para la cota 6B:

$$6B = 10 B 9 = 10_{+0.15}^{+0.186} \text{ mm}$$

Se procede a realizar la comprobación de la misma manera que en el juego A:

$$JB_{\text{min}} = 6B_{\text{min}} - 3B_{\text{max}} - 4B_{\text{max}} = 10.15 - 5.05 - 5.05 = 0.05 \geq 0 \checkmark$$

$$JB_{\text{max}} = 6B_{\text{max}} - 3B_{\text{min}} - 4B_{\text{min}} = 10.186 - 4.95 - 4.95 = 0.286 \leq 0.3 \checkmark$$

La solución obtenida cumple las condiciones de juego.

A.3.2.3. JUEGO C

El juego C que se va a proceder a calcular es necesario para evitar que se produzca apriete entre el eje y las tapas al unirse. Garantizando un pequeño juego, se evitará presión en los extremos del eje que provoque un excesivo rozamiento, lo que dificultaría el movimiento de rotación. También con este planteamiento se evita que el eje impida la unión entre las tapas y, por tanto, el correcto cierre del conjunto. A continuación se muestra la representación del juego C:

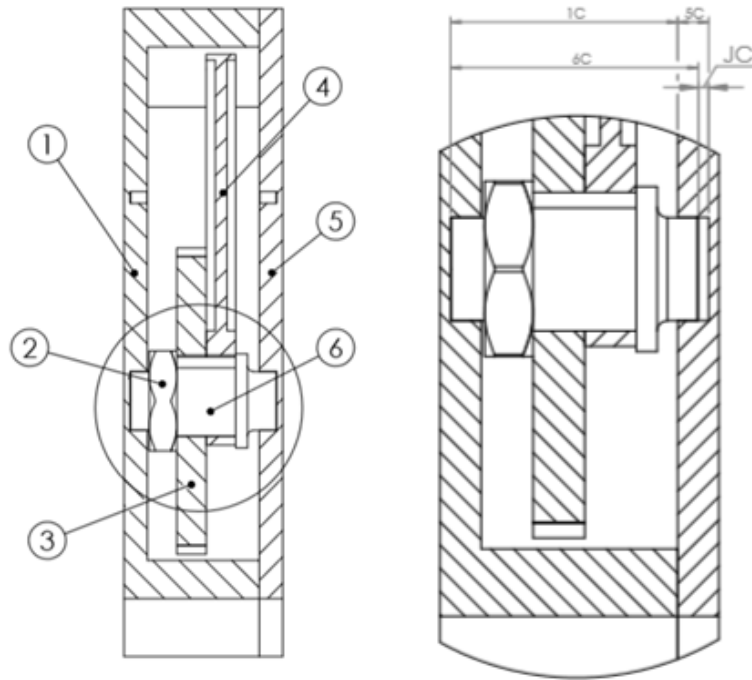


Figura A.17. Representación de juego C y de las piezas involucradas.

La numeración de las piezas coincide con la utilizada en los juegos anteriores. El objetivo consiste en determinar la dimensión normalizada para la cota 6C de la figura vinculada al eje. Para ello, se determina el juego a garantizar. En este caso será el siguiente:

$$JC_{\min} = 0 \text{ mm}$$

$$JC_{\max} = 0.2 \text{ mm}$$

Tal y como se ha hecho en los casos anteriores, se utilizará el método de cadena de cotas y se establecen tolerancias finas en base a la norma ISO 2768. Sin embargo para este caso, en la pieza 1 (Tapa izquierda), las dimensiones a las que podemos otorgar tolerancia fina son las siguientes:

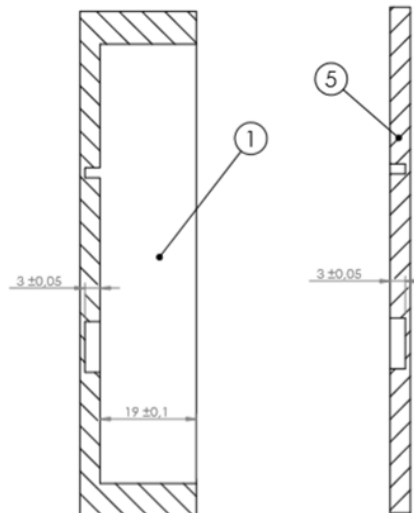


Figura A.18. Representación de las medidas con tolerancias generales finas para las piezas 1 y 5.

Como se puede observar, se puede otorgar tolerancia a dos dimensiones diferentes para la pieza 1. Entre las dos conforman la cota 1C que se necesita. Por tanto, para obtener la cota 1C con su tolerancia normalizada se debe utilizar el método de las transferencias de cotas. Este método permite obtener una cota normalizada en función de otras dos y que se siga cumpliendo los rangos de tolerancia de todas las dimensiones involucradas. El método sigue los pasos que se exponen en el siguiente esquema:

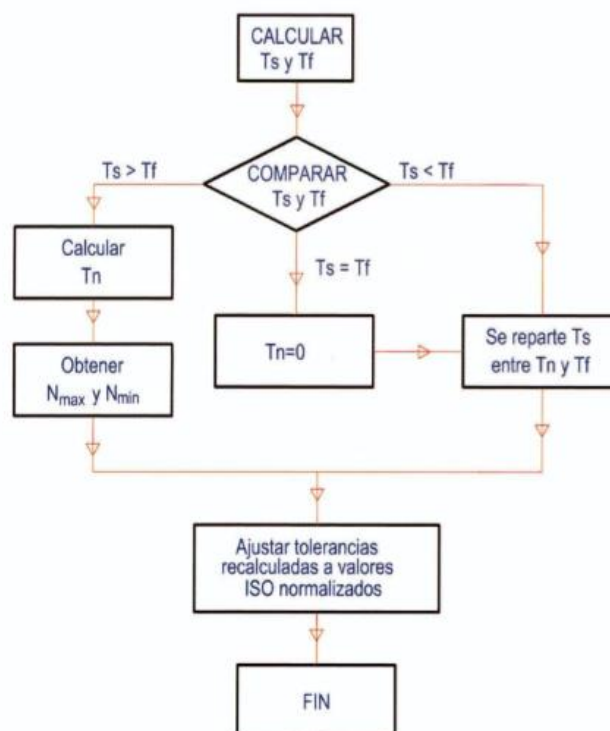


Figura A.19. Esquema del método de transferencias de cotas. [Recogido del libro Ingeniería Gráfica y Diseño por Jesús Felez y M^a Luisa Martínez].

siendo

Tn	Tolerancia de la cota nueva
Tf	Tolerancia de la cota fija
Ts	Tolerancia de la cota sustituida

En primer lugar hay que determinar que cota será la fija, cual la sustituida y la nueva. Naturalmente la cota nueva será la que se busca, es decir la cota 1C de la Figura A.17. En este caso se opta por considerar a la cota de dimensión nominal 19 mm como cota fija y a la de 3 mm como cota sustituida.

Seguidamente, haciendo uso del esquema de la Figura A.19, se debe proceder a comparar Ts y Tf.

$$\left. \begin{array}{l} Ts = 0.1 \text{ mm} \\ Tf = 0.2 \text{ mm} \end{array} \right\} Ts < Tf$$

Como Ts es menor que Tf, se debe proceder a repartir la tolerancia Ts entre Tn y Tf cumpliendo lo siguiente:

$$Tf + Tn \leq Ts = 0.1 \text{ mm}$$

Se buscan valores normalizados de tolerancias que cumplan el requisito anteriormente expuesto. En base a esto, y optando por las calidades más bastas posibles, se obtienen las calidades que se muestran a continuación:

$$\text{Cota fija} \rightarrow IT 8 = 33 \mu\text{m} \rightarrow Tf = 0.033 \text{ mm}$$

$$\text{Cota nueva} \rightarrow IT 8 = 33 \mu\text{m} \rightarrow Tn = 0.033 \text{ mm}$$

Una vez obtenidos estos valores, se puede definir la nueva cota fija. En este caso se opta por un grado de calidad H quedando de la siguiente manera:

$$\text{Cota fija} \rightarrow 19 H 8 = 19_{+0}^{+0.033}$$

Definida la cota fija, se puede proceder al cálculo de la nueva cota. Para ello se emplean las siguientes expresiones:

$$CN_{\max} - CF_{\min} \leq CS_{\max}$$

$$CN_{\min} - CF_{\max} \geq CS_{\min}$$

siendo

CN	Cota Nueva
CF	Cota Fija
CS	Cota Sustituida

Mediante estas expresiones se consiguen los valores límites para la cota nueva y se asegura que la calidad IT seleccionada es válida.

$$CN_{\max} = 3.05 + 19 = 22.05 \text{ mm}$$

$$CN_{\min} = 2.95 + 19.033 = 21.983 \text{ mm}$$

$$CN_{\max} - CN_{\min} = 22.05 - 21.983 = 0.067 \geq 0.033 \checkmark$$

Se comprueba que la calidad IT seleccionada está dentro del rango de tolerancia admisible. Una vez realizado esta comprobación se puede definir la nueva cota 1C. Esta vez se opta por un grado de tolerancia JS con dimensión nominal 22 mm. Finalmente se obtiene:

$$\text{Cota nueva} = \mathbf{1C} \rightarrow \mathbf{22 JS 8} = 22 \pm 0.0165 \text{ mm}$$

Antes de dar por terminado el cálculo se procede a realizar la comprobación de que se cumplen los requisitos con la solución obtenida:

$$CN_{\max} - CF_{\min} \leq CS_{\max} \rightarrow 22.0165 - 19 = 3.0165 \leq 3.05 \checkmark$$

$$CN_{\min} - CF_{\max} \geq CS_{\min} \rightarrow 21.9835 - 19.033 = 2.9505 \geq 2.95 \checkmark$$

De esta manera se asegura que la solución obtenida es correcta.

Una vez obtenida la cota normalizada 1C se puede proceder al cálculo del Juego C definido en la Figura A.17. Para ello, se sigue el procedimiento utilizado en los juegos anteriores y que viene definido por las siguientes expresiones para la obtención de la cota 6C deseada.

$$JC_{\max} = 0.2 = 1C_{\max} + 5C_{\max} - 6C_{\min} = 22.0165 + 3.05 - 6C_{\min} \rightarrow 6C_{\min} = 24.8665 \text{ mm}$$

$$JC_{\min} = 0 = 1C_{\min} + 5C_{\min} - 6C_{\max} = 21.9835 + 2.95 - 6C_{\max} \rightarrow 6C_{\max} = 24.9335 \text{ mm}$$

Obtenidos estos valores, se procede al cálculo de la tolerancia normalizada en base al siguiente croquis:

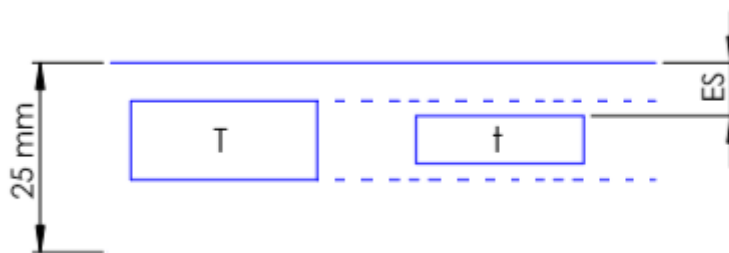


Figura A.20. Croquis del cálculo de tolerancia normalizada para la medida 6C.

siendo

ES El límite superior de la desviación

Para la resolución se procede de la misma manera que con los juegos anteriores. Se deberán cumplir las siguientes condiciones:

$$t \leq T = 67 \mu\text{m}$$

$$|ES| \geq 66.5 \mu\text{m}$$

Se asigna una calidad IT 8 de $33 \mu\text{m}$ y una desviación superior de $-85 \mu\text{m}$ acorde a un grado cd. De esta manera la cota 6C queda definida de la siguiente forma:

$$6C = 25 \text{ cd } 8 = 25_{-0.118}^{-0.085} \text{ mm}$$

Se procede a realizar la comprobación de la misma manera que en los juegos anteriores:

$$JC_{\text{max}} = 1C_{\text{max}} + 5C_{\text{max}} - 6C_{\text{min}} = 22.0165 + 3.05 - 24.882 = 0.1845 \leq 0.2 \checkmark$$

$$JC_{\text{min}} = 1C_{\text{min}} + 5C_{\text{min}} - 6C_{\text{max}} = 21.9835 + 2.95 - 24.915 = 0.0185 \geq 0 \checkmark$$

La solución obtenida cumple las condiciones de juego.

A.3.2.4. JUEGO D

Este juego sigue el mismo principio que el juego C anterior. Consiste en garantizar un juego mínimo no muy grande que evite el apriete de la guía con las tapas y, por tanto, que garantice un buen cierre de las mismas y un buen desplazamiento de la guía. Se puede ver una representación de este juego en la figura que se expone a continuación.

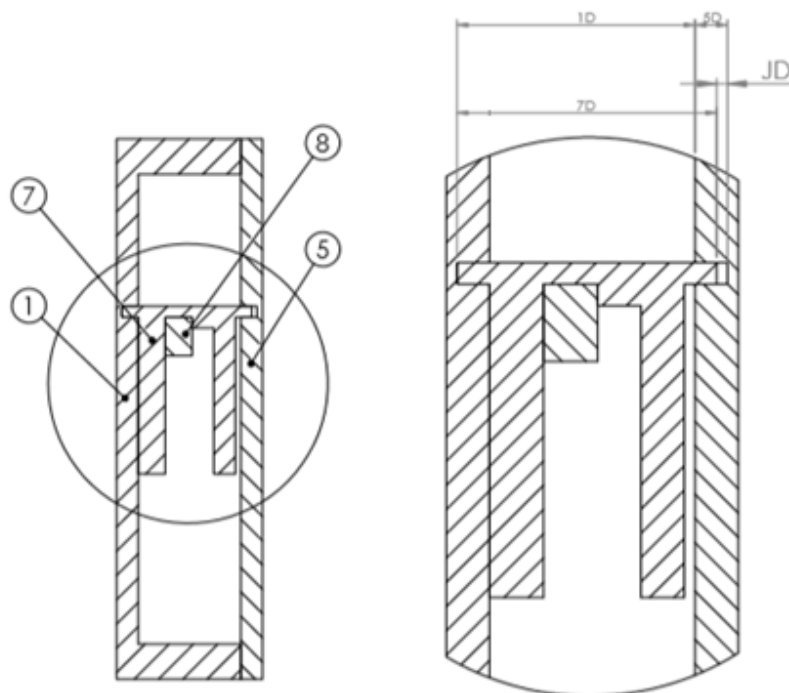


Figura A.21. Representación de juego D y de las piezas involucradas.

En este caso algunas de las piezas involucradas cambian respecto a los juegos anteriores. La pieza 7 hace referencia a la guía y la pieza 8 a la cremallera. Las piezas 1 y 5 siguen siendo las mismas que en los casos anteriores. Se pretende calcular la medida normalizada 7D que garantice el juego. Se requiere de un juego con los siguientes valores mínimo y máximo:

$$JD_{\min} = 0 \text{ mm}$$

$$JD_{\max} = 0.2 \text{ mm}$$

Las cotas 1D y 5D corresponden a las utilizadas en el juego C que utilizaban la nomenclatura 1C y 5C respectivamente. Tienen unas dimensiones de:

$$1D = 22 \pm 0.0165 \text{ mm}$$

$$5D = 3 \pm 0.05 \text{ mm}$$

Siguiendo los pasos habituales se resuelven las mismas ecuaciones que en los casos anteriores para determinar los valores límites de la cota 7D a calcular.

$$JD_{\max} = 0.2 = 1D_{\max} + 5D_{\max} - 7D_{\min} = 22.0165 + 3.05 - 7D_{\min} \rightarrow 7D_{\min} = 24.8665 \text{ mm}$$

$$JD_{\min} = 0 = 1D_{\min} + 5D_{\min} - 7D_{\max} = 21.9835 + 2.95 - 7D_{\max} \rightarrow 7D_{\max} = 24.9335 \text{ mm}$$

Si se observa detenidamente, puede verse que los límites obtenidos son los mismos que los obtenidos en el caso anterior para la cota 6C. De esta manera se puede emplear la misma normalización que la utilizada para dicha cota, quedando definida de la siguiente manera la cota 7D:

$$7D = 25 \text{ cd } 8 = 25 \begin{matrix} -0.085 \\ -0.118 \end{matrix} \text{ mm}$$

No es preciso realizar la comprobación puesto que es el mismo caso que en el anterior juego.

A3.3. CÁLCULO DE AJUSTES Y TOLERANCIAS

En este apartado se procede a calcular tolerancias dimensionales normalizadas para garantizar una buena unión entre piezas. Aunque sea un proceso parecido al apartado anterior, en estos casos únicamente estarán involucradas dos piezas por lo que no será necesario aplicar el procedimiento de cadena de cotas. Únicamente se empleará el clásico procedimiento para el cálculo de ajustes entre ejes y agujeros.

A3.3.1. AJUSTE 1

El primer ajuste a realizar involucra a la guía y a la cremallera. Es imprescindible que la cremallera pueda colocarse en la ranura de la guía. Por ello, se debe garantizar un juego mínimo entre estas piezas pero a su vez evitar que sea excesivo.

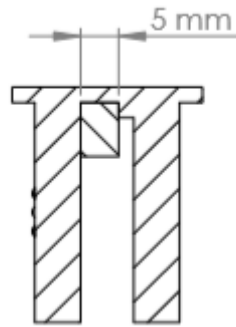


Figura A.22. Representación del acople entre la guía y la cremallera.

Las condiciones de juego a cumplir serán las siguientes:

$$\begin{aligned} JM &= 0.1 \text{ mm} = 100 \text{ } \mu\text{m} \\ Jm &= 0.025 \text{ mm} = 25 \text{ } \mu\text{m} \end{aligned}$$

con

JM Juego máximo
Jm Juego mínimo

Antes de empezar a realizar cálculos, se debe establecer el método de resolución que se va a seguir. En este caso se va a emplear un método de eje base, siendo el eje la cremallera y el agujero la guía. Al ser un sistema eje base las ecuaciones a emplear serán las que se exponen a continuación y basadas en el esquema de la Figura A.23.

$$JM = DM - dm = DN + Di + T - dN + t = Di + T + t \quad (\text{E.17})$$

$$Jm = Dm - dM = DN + Di - dN = Di \quad (\text{E.18})$$

$$TJ = JM - Jm = Di + T + t - Di = T + t \quad (\text{E.19})$$

siendo

DM Diámetro máximo del agujero
Dm Diámetro mínimo del agujero
DN Diámetro nominal del agujero
T Tolerancia del agujero

dM	Diámetro máximo del eje
dm	Diámetro mínimo del eje
dN	Diámetro nominal del eje
t	Tolerancia del eje
Di	Desviación inferior del agujero

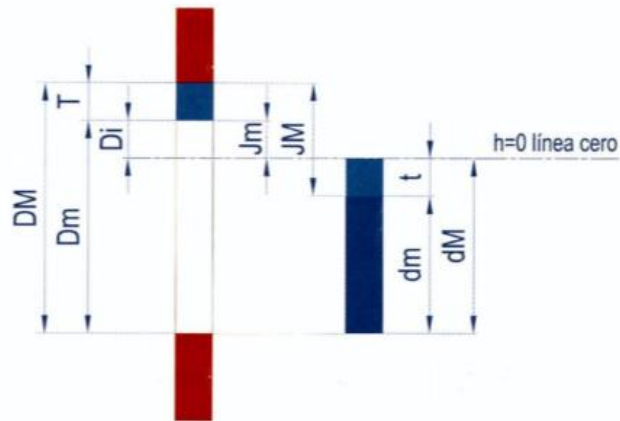


Figura A.23. Representación del sistema de eje base. [Recogido del libro *Ingeniería Gráfica y Diseño* por Jesús Felez y M^a Luisa Martínez].

A partir de la ecuación (E.18) se obtiene un valor de desviación inferior de:

$$D_i \geq 0.025 \text{ mm}$$

Con el valor mínimo de la desviación inferior que se ha obtenido, se busca en las tablas un valor normalizado que cumpla esa condición. En este caso se determina una desviación de 30 μm que corresponde con la nomenclatura D para agujeros.

Mediante la ecuación (E.17) y aplicando el valor de D_i calculado se determina la siguiente condición:

$$T + t \leq 0.1 - 0.03 = 0.07 \text{ mm} \rightarrow T + t \leq 70 \mu\text{m}$$

Sabiendo la condición de las tolerancias se asignan calidades IT normalizadas que la cumplan. Se buscan las calidades más bastas que garanticen todos los requisitos. En este caso se otorgan las siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Agujero} &\rightarrow \text{Guia} \rightarrow \text{IT } 9 = 30 \mu\text{m} \\ \text{Eje} &\rightarrow \text{Cremallera} \rightarrow \text{IT } 9 = 30 \mu\text{m} \end{aligned}$$

Asignadas las calidades IT se obtienen las dimensiones normalizadas finales para las piezas:

$$\text{Agujero} \rightarrow \text{Guia} \rightarrow \mathbf{5 D 9} = 5 \begin{smallmatrix} +0.06 \\ +0.03 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

$$\text{Eje} \rightarrow \text{Cremallera} \rightarrow \mathbf{5 h 9} = 5 \begin{smallmatrix} +0 \\ -0.03 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

Se realiza la comprobación pertinente para asegurar que la solución cumple las condiciones del juego:

$$J_m = D_m - d_M = 5.03 - 5 = 0.03 \geq 0.025 \text{ mm } \checkmark$$

$$J_M = D_M - d_m = 5.06 - 5 = 0.06 \leq 0.1 \text{ mm } \checkmark$$

Los requisitos se cumplen por lo que se pueden dar por válidas las soluciones.

A3.3.2. AJUSTE 2

Este ajuste consiste en establecer un juego mínimo y máximo para unión entre el eje y los orificios de las tapas donde va colocado. Al garantizar este juego se evita que apriete y que éste impida el movimiento del eje. Para ver un esquema se puede ir a la Figura A.17. La solución que se obtenga para el agujero (la tapa) será válida para ambas tapas, tanto la izquierda como la derecha.

El juego a garantizar es el que se enuncia a continuación:

$$J_M = 0.1 \text{ mm} = 100 \mu\text{m}$$

$$J_m = 0.025 \text{ mm} = 25 \mu\text{m}$$

Al contrario que en el ajuste anterior, en este caso se opta por realizar los cálculos mediante la suposición de agujero base. El esquema de este método puede verse en la Figura A.24 y las ecuaciones a emplear serán las siguientes:

$$J_M = D_M - d_m = D_N + T - d_N + t + ds = ds + T + t \quad (\text{E.20})$$

$$J_m = D_m - d_M = D_N - d_N + ds = ds \quad (\text{E.21})$$

$$T_J = J_M - J_m = ds + T + t - ds = T + t \quad (\text{E.22})$$

siendo

ds Desviación superior del eje

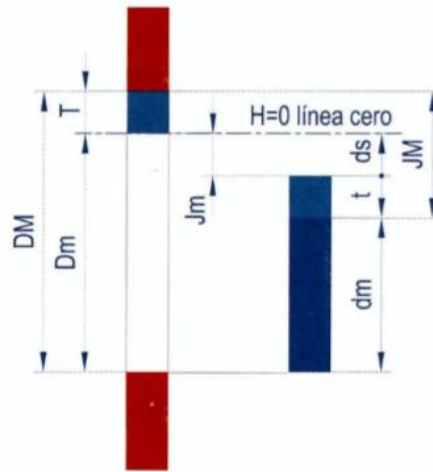


Figura A.24. Representación del sistema de agujero base. [Recogido del libro Ingeniería Gráfica y Diseño por Jesús Felez y M^a Luisa Martínez].

Empleando la ecuación (E.21) se establece la condición de la desviación superior mínima del eje:

$$ds \geq 0.025 \text{ mm}$$

De esta manera, y con la ayuda de las tablas normalizadas, se determina un valor de desviación superior de $25 \mu\text{m}$ que corresponde con la letra e para ejes.

Mediante el valor de la desviación ds y la ecuación (E.20) se obtiene la segunda condición:

$$T + t \leq 0.1 - 0.025 = 0.075 \text{ mm} \rightarrow T + t \leq 75 \mu\text{m}$$

Sabiendo esta condición, el siguiente paso es buscar un conjunto de calidades IT para el agujero y el eje que no superen entre las dos el valor de $75 \mu\text{m}$. En base a esto se fijan las siguientes calidades:

Agujero \rightarrow Tapa Izq \rightarrow IT 9 = $36 \mu\text{m}$

Eje \rightarrow Eje \rightarrow IT 9 = $36 \mu\text{m}$

Asignadas las calidades IT se obtienen las dimensiones normalizadas finales para las piezas:

$$\text{Agujero} \rightarrow \text{Tapa Izq} = \text{Tapa Dcha} \rightarrow \mathbf{10 H 9} = 10 \begin{smallmatrix} +0.036 \\ +0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

$$\text{Eje} \rightarrow \text{Eje} \rightarrow \mathbf{10 e 9} = 10 \begin{smallmatrix} -0.025 \\ -0.061 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

Se realiza la comprobación para asegurar que la solución cumple las condiciones del juego:

$$\begin{aligned} J_m &= D_m - d_M = 10 - 9.975 = 0.025 \geq 0.025 \text{ mm} \checkmark \\ J_M &= D_M - d_m = 10.036 - 9.939 = 0.097 \leq 0.1 \text{ mm} \checkmark \end{aligned}$$

Los requisitos se cumplen por lo que se pueden dar por válidas las soluciones.

A3.3.3. AJUSTE 3

El ajuste que se va a realizar sirve para evitar que se produzca un apriete entre el eje y el engranaje y el gancho que van colocados en él. Aunque mecánicamente no supondría un impedimento en el funcionamiento del mecanismo que ocurriese un apriete, sí dificultaría considerablemente el montaje del mismo. En ese caso se deberían usar precalentamientos u otras técnicas para el montaje. Para evitar esto se opta por garantizar un juego mínimo que facilite el montaje de estas piezas. La medida a normalizar en este ajuste será el diámetro de la unión entre las piezas, tal y como puede verse en la Figura A.25.

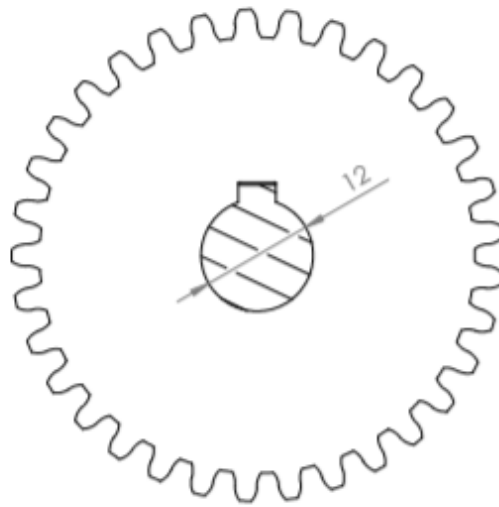


Figura A.25. Representación de la unión entre eje y engranaje. También es la misma para el gancho.

El juego a garantizar será:

$$JM = 0.75 \text{ mm} = 75 \mu\text{m}$$

$$Jm = 0.01 \text{ mm} = 10 \mu\text{m}$$

En este ajuste se empleará de nuevo el sistema de eje base por lo que se utilizarán las ecuaciones (E.17), (E.18) y (E.19) para la resolución. Siguiendo dichas ecuaciones se obtiene un valor mínimo de desviación inferior para el eje de:

$$Di \geq 0.010 \text{ mm} = 10 \mu\text{m}$$

Se opta por una desviación Di de $10 \mu\text{m}$ correspondiente a una tolerancia FG para agujero. En base a este dato se obtiene la segunda condición:

$$T + t \leq 0.075 - 0.01 = 0.065 \text{ mm} \rightarrow T + t \leq 65 \mu\text{m}$$

Mediante esta segunda condición se obtienen las calidades IT para el eje y el engranaje.

$$\text{Agujero} \rightarrow \text{Engranaje} = \text{Gancho} \rightarrow IT 8 = 27 \mu\text{m}$$

Eje → Eje → IT 8 = 27 μm

Asignadas las calidades IT se obtienen las dimensiones normalizadas finales para las piezas:

Agujero → **Engranaje = Gancho** → **12 FG 8** = $12^{+0.037}_{+0.01}$ mm

Eje → **Eje** → **12 h 8** = $12^{+0}_{-0.027}$ mm

Una vez obtenidas las soluciones se realiza la comprobación de las mismas:

$$J_m = D_m - d_M = 12.01 - 12 = 0.01 \geq 0.01 \text{ mm } \checkmark$$

$$J_M = D_M - d_m = 12.037 - 11.973 = 0.064 \leq 0.075 \text{ mm } \checkmark$$

Se pueden dar por válidas las soluciones.

A3.3.4. AJUSTE 4

Este ajuste está calculado en base a la DIN 6885. Esta norma establece el procedimiento a seguir para el cálculo de chavetas de sección cuadrada o rectangular. Se va a emplear para determinar las tolerancias del alojamiento de la chaveta en el engranaje y el gancho, así como la tolerancia de la propia chaveta. Un croquis de este caso puede verse en la Figura A.26.

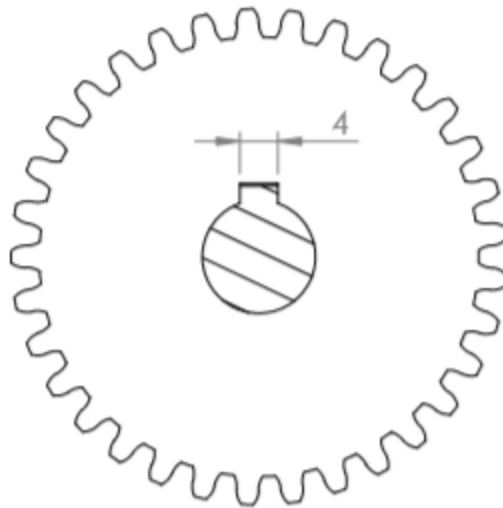


Figura A.26. Representación de la unión entre eje y engranaje. También es la misma para el gancho.

Haciendo uso de la norma, y en base a las condiciones de diseño que se tienen establecidas, se recomienda y se hará uso del siguiente ajuste:

Engranaje = Gancho → **4 D 10** = $4^{+0.078}_{+0.030}$ mm

$$\text{Eje} \rightarrow 4 \text{ h } 9 = 4 \begin{matrix} +0 \\ -0.030 \end{matrix} \text{ mm}$$

Mediante este ajuste se obtiene el siguiente juego:

$$JM = 4.078 - 3.97 = 0.093 \text{ mm} = 93 \mu\text{m}$$

$$Jm = 4.030 - 4 = 0.030 \text{ mm} = 30 \mu\text{m}$$

A3.3.5. AJUSTE 5

Este ajuste se lleva a cabo para garantizar que la guía pueda colocarse en las ranuras que tienen las tapas para su desplazamiento. Para un mejor entendimiento del caso se recomienda ver la Figura A.27. Consiste en encontrar una medida normalizada de la dimensión que aparece en la figura con cota nominal igual a 2 milímetros, y que garantice que existe juego entre las piezas. De esta manera se evitará, como se viene comentando, el apriete entre piezas que impida el movimiento de la guía.

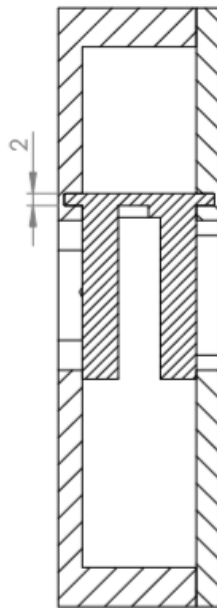


Figura A.27. Representación de la unión entre la guía y las tapas derecha e izquierda.

Se quiere garantizar un juego que cumpla las siguientes condiciones:

$$JM = 0.1 \text{ mm} = 100 \mu\text{m}$$

$$Jm = 0.025 \text{ mm} = 25 \mu\text{m}$$

Se va emplear el método de eje base para el cálculo de este ajuste. Por tanto, se utilizarán las ecuaciones (E.17), (E.18) y (E.19). Haciendo uso de éstas se obtiene:

$$Di \geq 0.025 \text{ mm} = 25 \mu\text{m}$$

Se elige una desviación inferior de agujero de $30 \mu\text{m}$ correspondiente a una tolerancia CD para agujero. Mediante este dato y las ecuaciones, se determina la segunda condición de tolerancias.

$$T + t \leq 0.1 - 0.03 = 0.07 \text{ mm} \rightarrow T + t \leq 70 \mu\text{m}$$

Con estas dos consideraciones se fijan las calidades IT que las cumplan.

$$\begin{aligned} \text{Agujero} \rightarrow \text{Tapa Izq} = \text{Tapa Dcha} \rightarrow \text{IT } 10 &= 40 \mu\text{m} \\ \text{Eje} \rightarrow \text{Guía} \rightarrow \text{IT } 9 &= 25 \mu\text{m} \end{aligned}$$

Asignadas las calidades IT se obtienen las dimensiones normalizadas finales para las piezas:

$$\text{Agujero} \rightarrow \text{Tapa Izq} = \text{Tapa Dcha} \rightarrow \mathbf{2 \text{ CD } 10} = 2 \begin{smallmatrix} +0.070 \\ +0.030 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

$$\text{Eje} \rightarrow \mathbf{Eje} \rightarrow \mathbf{2 \text{ h } 9} = 2 \begin{smallmatrix} +0 \\ -0.025 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

Se realiza la comprobación para asegurar que la solución cumple las condiciones del juego:

$$\begin{aligned} J_m &= D_m - d_M = 2.03 - 2 = 0.030 \geq 0.025 \text{ mm} \checkmark \\ J_M &= D_M - d_m = 2.07 - 1.975 = 0.095 \leq 0.1 \text{ mm} \checkmark \end{aligned}$$

Los requisitos se cumplen por lo que se pueden dar por válidas las soluciones.

A3.3.6. AJUSTE 6

El ajuste que se va a llevar a cabo a continuación sirve para asegurar que los tornillos de métrica M3 se puedan colocar en sus respectivos taladros en las piezas de la manilla, la tapa izquierda y la guía. Los taladros que se van a realizar son ranurados en los casos de la manilla y la tapa, por lo que se deberán calcular dos ajustes: un ajuste para el diámetro grande (DG) y otro para el pequeño (dp). Se puede ver una representación de los taladros de cada pieza en la Figura A.28.

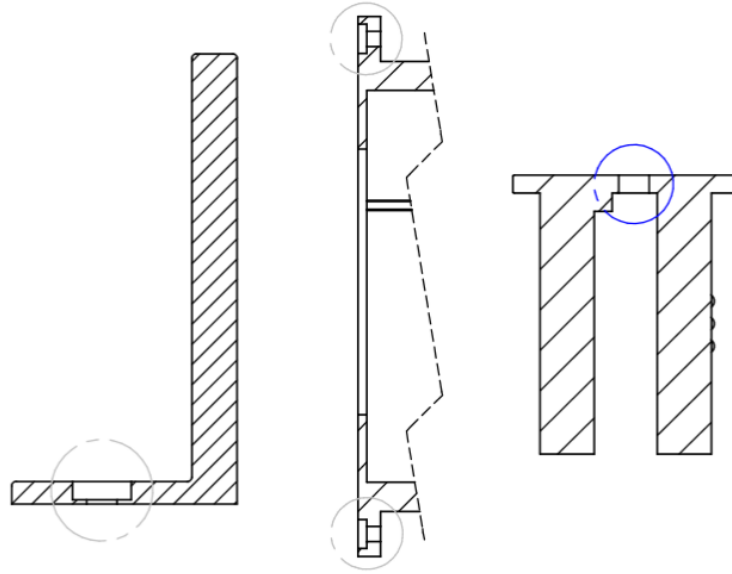


Figura A.28. Representación de los taladros. De izquierda a derecha: Manilla, Tapa Izquierda y Guía.

Para el cálculo de este ajuste se han tenido en cuenta las tolerancias dadas por el fabricante Industrias Ugatu s.l para un tornillo de métrica M3 DIN 84 y certificado por la ISO 9001. Las medidas a considerar serán las del diámetro de la cabeza del tornillo (d_k) para el cálculo del diámetro grande del taladro, y el diámetro de la caña del tornillo (d) para el diámetro pequeño del taladro. Las tolerancias del tornillo son las siguientes:

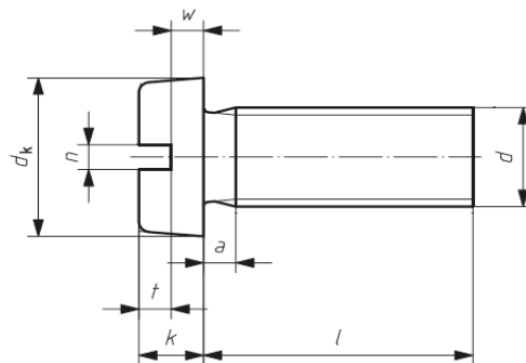


Figura A.29. Croquis con las medidas del tornillo DIN 84/ ISO 1207. (Obtenido de INOXMARE)

$$\begin{aligned} dk \text{ max} &= 5.5 \text{ mm} \\ dk \text{ min} &= 5.32 \text{ mm} \\ d \text{ max} &= 3.2 \text{ mm} \\ d \text{ min} &= 2.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

El taladro se define para los cálculos tal y como se muestra en la Figura 27.

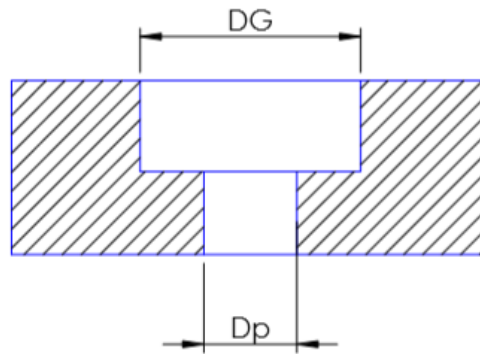


Figura A.30. Representación del taladro a calcular en el ajuste 6.

siendo

DG Diámetro grande del taladro
Dp Diámetro pequeño del taladro

- **Diámetro grande del taladro (DG):**

Se tendrán en cuenta las tolerancias de la medida dk de la Figura A.29 y la condición de juego a cumplir para la cabeza del taladro ranurado. La condición de juego es la siguiente:

$$JM = 1 \text{ mm}$$

$$Jm = 0.5 \text{ mm}$$

Al tener determinada la tolerancia del tornillo, directamente las ecuaciones a cumplir serán:

$$JM = 1 = DG_{\max} - dk_{\min} = DG_{\max} - 5.32 \rightarrow DG_{\max} = 6.32 \text{ mm}$$

$$Jm = 0.5 = DG_{\min} - dk_{\max} = DG_{\min} - 5.5 \rightarrow DG_{\min} = 6 \text{ mm}$$

Obtenidas las dimensiones límite del diámetro grande, se observa fácilmente que su ajuste puede corresponder a un H de agujero con una calidad IT que sea igual o menor de 320 μm . De esta manera se determina finalmente el siguiente ajuste:

$$\mathbf{DG = 6 H 14 = 6^{+0.3}_{+0} \text{ mm}}$$

Se realiza, al igual que en todos los casos, la comprobación de la solución:

$$JM = DG_{\max} - dk_{\min} = 6.3 - 5.32 = 0.98 \leq 1 \text{ mm} \checkmark$$

$$Jm = DG_{\min} - dk_{\max} = 6 - 5.5 = 0.5 \geq 0.5 \text{ mm} \checkmark$$

- **Diámetro pequeño del taladro (dp):**

En este caso se hace uso de la dimensión de la caña (d) de la Figura A.30 y la condición de juego que se debe cumplir para el cuerpo del taladro ranurado. La condición de juego es la que se muestra a continuación:

$$JM = 1.5 \text{ mm}$$

$$Jm = 0.8 \text{ mm}$$

Las ecuaciones a emplear siguen la misma estructura que para el caso del diámetro grande:

$$JM = 1.5 = Dp \text{ max} - d \text{ min} = Dp \text{ max} - 2.8 \rightarrow Dp \text{ max} = 4.3 \text{ mm}$$

$$Jm = 0.8 = Dp \text{ min} - dk \text{ max} = Dp \text{ min} - 3.2 \rightarrow Dp \text{ min} = 4 \text{ mm}$$

Al igual que en el caso anterior, es fácil observar que se puede obtener un ajuste en base a una tolerancia H para agujero con una calidad IT menor o igual que 300 μm . Siguiendo esta observación se define la siguiente tolerancia normalizada:

$$Dp = 4 \text{ H } 14 = 4^{+0.3}_{+0} \text{ mm}$$

Se realiza la comprobación:

$$JM = Dp \text{ max} - d \text{ min} = 4.3 - 2.8 = 1.5 \leq 1.5 \text{ mm} \checkmark$$

$$Jm = Dp \text{ min} - dk \text{ max} = 4 - 3.2 = 0.8 \geq 0.8 \text{ mm} \checkmark$$

A3.3.7. AJUSTE 7

El último ajuste que se va a llevar a cabo consiste en el mismo caso que el anterior, es decir, un ajuste para un taladro ranurado en base a un tornillo con una tolerancia. Sin embargo, esta vez el tornillo será de métrica M2 y se realizará en la tapa derecha. Se puede ver dicho taladro en la Figura A.31.

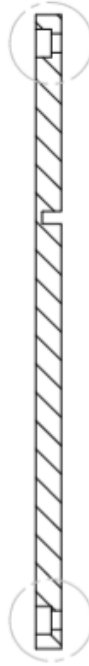


Figura A.31. Representación de los taladros de la tapa derecha.

Para el cálculo del ajuste se tendrán en cuenta las medidas normalizadas de un tornillo de métrica M2 DIN 84 proporcionadas por el mismo fabricante del ajuste anterior. Siguiendo la misma nomenclatura que la vista en la Figura 26 se tienen los siguientes datos:

$$\begin{aligned} dk_{\max} &= 3.8 \text{ mm} \\ dk_{\min} &= 3.62 \text{ mm} \\ d_{\max} &= 2.2 \text{ mm} \\ d_{\min} &= 1.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

La nomenclatura que se va a emplear para el taladro es la misma que la de la Figura A.30.

- **Diámetro grande del taladro (DG):**

Se sigue el mismo procedimiento que en el ajuste 6. El juego a garantizar será el siguiente:

$$\begin{aligned} JM &= 0.75 \text{ mm} \\ Jm &= 0.2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Y las ecuaciones a cumplir:

$$\begin{aligned} JM = 0.75 &= DG_{\max} - dk_{\min} = DG_{\max} - 3.62 \rightarrow DG_{\max} = 4.37 \text{ mm} \\ Jm = 0.2 &= DG_{\min} - dk_{\max} = DG_{\min} - 3.8 \rightarrow DG_{\min} = 4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Al igual que ocurría en el ajuste 6, es fácil darse cuenta que un ajuste correcto podrá tener una tolerancia H con una calidad IT igual o inferior a 370 μm . De esta manera se obtiene la siguiente solución:

$$DG = 4 H 14 = 4 \begin{matrix} +0.3 \\ +0 \end{matrix} \text{ mm}$$

Se realiza la comprobación:

$$JM = DG_{\max} - dk_{\min} = 4.3 - 3.62 = 0.68 \leq 0.75 \text{ mm} \checkmark$$

$$Jm = DG_{\min} - dk_{\max} = 4 - 3.8 = 0.2 \geq 0.2 \text{ mm} \checkmark$$

La solución se da por correcta.

- **Diámetro pequeño del taladro (dp):**

En este caso el juego a cumplir es el que se expone a continuación:

$$JM = 1.2 \text{ mm}$$

$$Jm = 0.4 \text{ mm}$$

Las ecuaciones a cumplir son:

$$JM = 1.2 = Dp_{\max} - d_{\min} = Dp_{\max} - 1.8 \rightarrow Dp_{\max} = 3 \text{ mm}$$

$$Jm = 0.4 = Dp_{\min} - dk_{\max} = Dp_{\min} - 2.2 \rightarrow Dp_{\min} = 2.6 \text{ mm}$$

Se debe otorgar una calidad con tolerancia igual o inferior a 400 μm . Se escoge una IT 13 que proporciona 250 μm . Finalmente se obtiene la siguiente solución:

$$Dp = 3 N 14 = 3 \begin{matrix} +0 \\ -0.25 \end{matrix} \text{ mm}$$

Se realiza la comprobación correspondiente:

$$JM = Dp_{\max} - d_{\min} = 3 - 1.8 = 1.2 \leq 1.2 \text{ mm} \checkmark$$

$$Jm = Dp_{\min} - d_{\max} = 2.75 - 2.2 = 0.55 \geq 0.4 \text{ mm} \checkmark$$

La solución cumple la condición de juego.

Todas las dimensiones normalizadas obtenidas en el cálculo de estos ajustes pueden verse en los planos de cada una de las piezas involucradas.

A3.4. CÁLCULO DE TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS

En este apartado se va a proceder al cálculo de lo que se conoce como tolerancias geométricas. Este tipo de tolerancias afectan a la forma y posición del elemento y son fundamentales para asegurar un correcto acople entre piezas. Todos los cálculos se realizarán bajo la condición de máximo material (MMC) en base a la norma ISO 2692:2006. Para realizar los cálculos se tendrán que tener en cuenta a su vez las tolerancias dimensionales obtenidas en los apartados anteriores.

A3.4.1. TOLERANCIA GEOMÉTRICA 1

Las primeras tolerancias geométricas que se van a calcular son tolerancias de perpendicularidad y coaxialidad para el eje y de perpendicularidad y posición para el orificio de la tapa izquierda en el que va colocado (ver Figura A.17). Estas tolerancias permitirán que el eje pueda colocarse en el agujero aun fabricándose con una cierta inclinación, con los extremos del eje no coaxiales o si el agujero no está posicionado con cotas exactas a las requeridas por diseño. Un ejemplo de estas situaciones pueden verse en la Figura A.32.

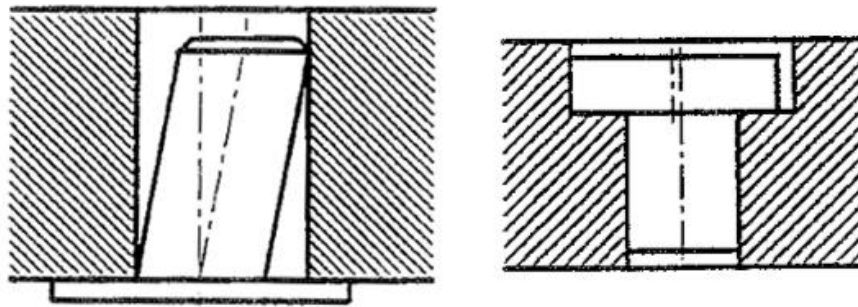


Figura A.32. Representación de una tolerancia de perpendicularidad (izquierda) y de coaxialidad (derecha).

Para realizar un cálculo correcto de las tolerancias geométricas se deben emplear las tolerancias obtenidas para el eje y el agujero. Dichas tolerancias eran las siguientes:

$$\text{Eje} \rightarrow 10 \text{ e } 9 = 10 \begin{matrix} -0.025 \\ -0.061 \end{matrix} \text{ mm}$$

$$\text{Agujero} \rightarrow 10 \text{ H } 9 = 10 \begin{matrix} +0.036 \\ +0 \end{matrix} \text{ mm}$$

El principio de máximo material consiste en realizar los cálculos bajo el supuesto de que las piezas están en su estado de máximo material. Esto quiere decir que para los ejes sus dimensiones corresponderán a su valor máximo y para los agujeros a su valor mínimo. Para este caso concreto, se traduce en que el eje contará con una dimensión de 9.975 mm y el agujero una dimensión de 10 mm.

Al plantear simultáneamente tolerancias de coaxialidad, perpendicularidad y posición, se deberá calcular la tolerancia máxima permitida para los tres tipos en base al peor caso que se pueda dar. Este caso sería cuando se da el máximo de desviación en los tres tipos de tolerancias.

Por tanto, la suma de las tolerancias que se establecen bajo el principio de máximo material corresponderá al juego mínimo que hay entre las dos piezas involucradas. De esta manera se asegura que en el peor de los casos las piezas se podrán acoplar. Bajo estas premisas se obtiene:

$$\sum \text{Tolerancia Geométrica} \leq J_m = 10 - 9.975 = 0.025 \text{ mm}$$

El sumatorio de tolerancias geométricas será igual a la suma de una tolerancia de coaxialidad en el eje, una de posición en el agujero y una de perpendicularidad para el eje y el agujero, es decir, en total habrá cuatro tolerancias. Se opta por dar el mismo valor de tolerancia a cada una de ellas, quedando el siguiente valor:

$$\text{Tolerancia Geométrica} = \frac{0.025}{4} = 0.00625 \text{ mm}$$

El resultado puede verse en la Figura A.33 que se muestra a continuación.

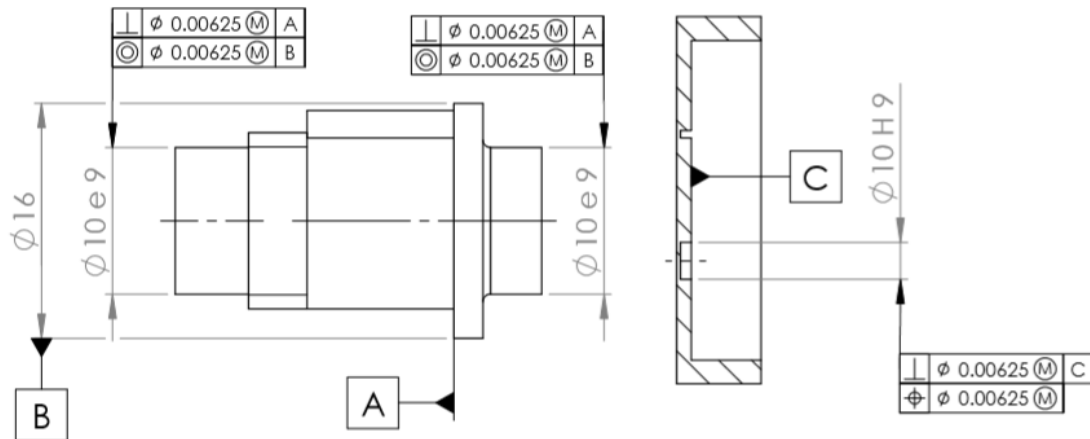


Figura A.33. Representación de las tolerancias geométricas de perpendicularidad y sus referencias para la parte izquierda del eje y la tapa izquierda.

Establecer esta tolerancia permite absorber desviaciones en la perpendicularidad y coaxialidad del eje por valor de 0.00625 mm y en la perpendicular y posición del agujero de la tapa izquierda y derecha con valor de 0.00625 mm. En el peor de los casos, cuando se den los máximos desvíos permitidos (con desvío en perpendicularidad en sentidos opuestos en el eje y el agujero) y ambas piezas estén en máximo material, se seguirán pudiendo acoplar.

Es importante aclarar que en caso de que no se den las desviaciones máximas permitidas en cada uno de los casos, se aumentará en proporción la tolerancia permitida. Es decir, en caso de que únicamente se diesen desviaciones de perpendicularidad tanto para el eje como para el agujero y en sentidos contrarios, la desviación permitida aumentaría de 0.00625 mm a 0.0125 mm. Esto se debe a que de los cuatro posibles casos, únicamente se estarían produciendo dos. Este ejemplo puede verse en la siguiente figura:

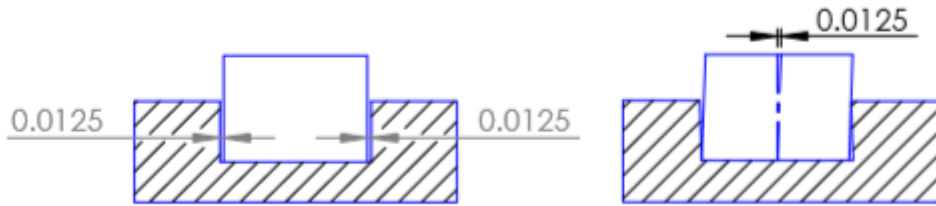


Figura A.34. Representación del caso de no desviación en la perpendicularidad (izquierda) y del caso en el que ambas piezas tienen la desviación máxima permitida en sentidos contrarios (derecha).

El cálculo basado en el principio de máximo material permite establecer un rango de tolerancias que aseguren el acople en el peor de los casos y que además permite convertir en tolerancia geométrica lo que no se “consume” de la tolerancia dimensional o de otras tolerancias geométricas. Por tanto, es un método muy útil ya que garantiza siempre el correcto montaje del conjunto.

A3.4.2. TOLERANCIA GEOMETRICA 2

En este segundo cálculo de tolerancias geométricas se va a proceder a establecer un rango de tolerancia de posición para los agujeros de la tapa derecha que sirven para alojar los tornillos que unen ambas tapas. Esta unión puede verse en la figura que se muestra a continuación:

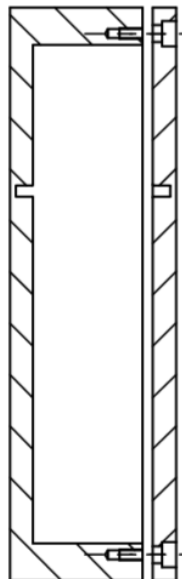


Figura A.35. Representación de la unión entre la tapa derecha y la izquierda.

El cálculo se llevará a cabo bajo el requisito de máximo material. Para realizarlo se deben usar las tolerancias calculadas para los taladros de la tapa derecha y del tornillo de métrica M2 que se va a utilizar. Estas tolerancias eran las siguientes:

$$d_{\max} = 2.2 \text{ mm}$$

$$d_{\min} = 1.8 \text{ mm}$$

$$D_p = 3 \text{ N } 14 = 3 \begin{matrix} +0 \\ -0.25 \end{matrix} \text{ mm}$$

Siendo d_k el diámetro de la cabeza del tornillo, d el diámetro de la caña del tornillo y D_p el diámetro pequeño del taladro. El cálculo de estas tolerancias puede verse en el ajuste 7.

Siguiendo el mismo procedimiento que en el apartado anterior (ver tolerancia geométrica 1), la tolerancia de posición a asignar para la tapa izquierda y derecha deberá ser la mitad del juego mínimo que hay entre el tornillo y el taladro. Este juego mínimo tiene un valor de:

$$\text{Tolerancia Geométrica} \leq \frac{J_m}{2} = \frac{3 - 0.25 - 2.2}{2} = 0.275 \text{ mm}$$

Por tanto, se asigna una tolerancia de posición de 0.275 mm tal y como se ve en la siguiente figura:

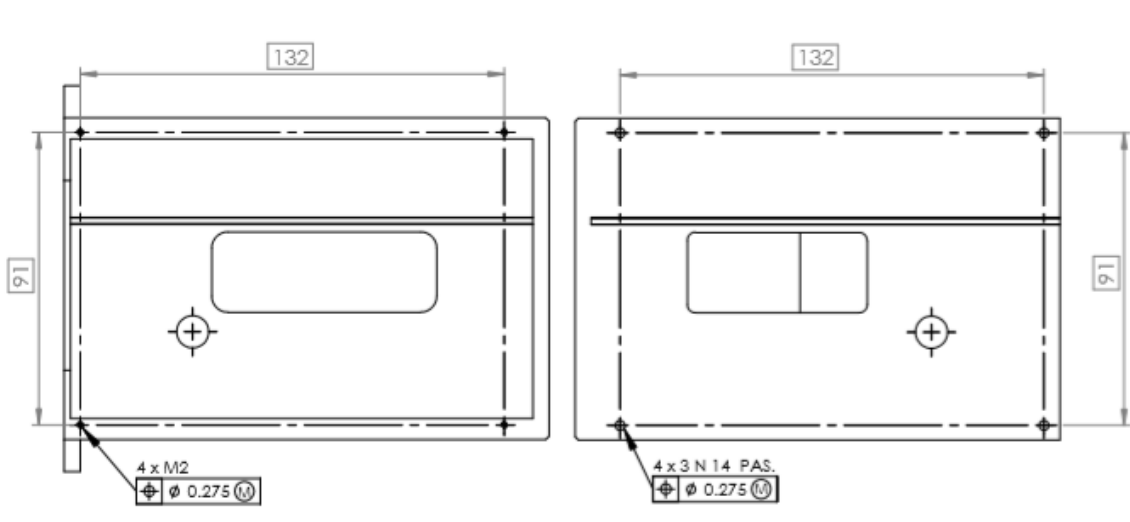


Figura A.286. Representación de la tolerancia de posición para los taladros de la tapa izquierda y derecha.

Mediante esta tolerancia se asegura que las tapas siempre se van a poder unir, ya que, en el peor de los casos, se produciría una desviación total respecto de la posición exacta de 0.275 mm que será igual al juego de las piezas. Se puede ver un croquis de este caso en la Figura 34.

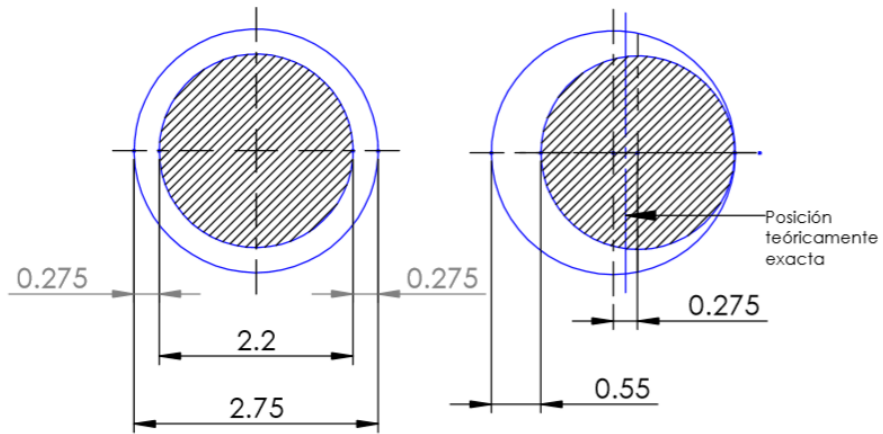


Figura A.37. Croquis del caso en el que se produce una desviación de posición de los taladros igual al juego mínimo entre el taladro y el tornillo.

ANEXO 4. SIMULACIONES DE TENSIONES

En este apartado de los anexos se procede a exponer las simulaciones realizadas mediante el software de CAD Solidworks. Se han llevado a cabo cuatro simulaciones de tensiones para estudiar la resistencia del gancho y la manilla en diferentes hipótesis. Únicamente se han estudiado estas dos piezas, ya que son las que se prevén que van a tener que soportar mayores esfuerzos.

Estas simulaciones se llevan a cabo para verificar los diseños realizados de estas dos piezas, validando tanto su geometría como material seleccionado para su fabricación. Se dará por bueno el diseño si se obtiene un coeficiente de seguridad mínimo de 2 en las simulaciones.

- **SIMULACIÓN DEL GANCHO**

En la primera simulación que se muestra, se estudian las tensiones que sufrirá el gancho bajo la hipótesis de que el pestillo está echado y se intenta abrir la puerta desde el exterior. En esta situación el gancho deberá hacer frente a dicha carga ejercida para la apertura. En esta simulación se ha supuesto una carga de 30 N, ya que es la que en el anexo A1 se ha estipulado como la fuerza normal de apertura.

En el informe ofrecido por Solidworks puede verse que el factor de seguridad mínimo que ofrece el gancho bajo esta hipótesis tiene un valor de 20. Este factor viene de haber empleado un acero AISI 304 con límite elástico de $2.06807e+08$ y de haber obtenido unas tensiones máximas de Von Mises de $1.033e+07$ Pa.

Por tanto, al disponer de un factor de seguridad muy por encima del valor mínimo requerido, se dará por válido el diseño.

- **SIMULACIÓN DE LA MANILLA N°1: Funcionamiento normal y acero AISI 304**

La primera simulación que se realiza de la manilla se lleva a cabo bajo la hipótesis de estar fabricada con acero AISI 304 y que la fuerza que se ejerce es la de apertura normal, equivalente a 30 N. La manilla está fijada a la guía por un único tornillo, siendo la superficie que presiona dicho tornillo la empleada como fijación en la simulación. Con esta hipótesis se pretende estudiar las tensiones que debe soportar la manilla cuando se ejerce la fuerza de apertura y alcanza ésta el tope de su desplazamiento.

Los resultados obtenidos, y que pueden verse en el informe anexionado correspondiente, muestran que se obtiene un coeficiente de seguridad de 2. Las tensiones de von Mises máximas alcanzadas son del orden de $8.75e+07$ Pa.

Dado que se alcanza el valor mínimo del coeficiente de seguridad, se puede dar por válido el diseño.

Las simulaciones que se detallan a continuación corresponden a aquellas que se han realizado para detallar posibles mejoras al diseño de la manilla.

- **SIMULACIÓN DE LA MANILLA N°2: Funcionamiento normal y acero AISI 201**

Como ha podido verse en la simulación anterior, el coeficiente de seguridad alcanzado mediante el acero AISI 304 es el mínimo requerido. En caso de que se quiera conseguir una mejor respuesta mecánica de la manilla en su régimen de funcionamiento normal, sin que su geometría se vea alterada, se puede optar por cambiar el material empleado para su fabricación.

En esta simulación, se ha escogido un acero AISI 201, el cual goza de mejores propiedades mecánicas, con un límite elástico de 2.92×10^8 Pa (un 41% más que el AISI 304). La hipótesis que se desea simular es la misma que en la simulación anterior, es decir, régimen de funcionamiento normal con una fuerza aplicada de 30 N.

Los resultados obtenidos al cambiar de material muestran un coeficiente de seguridad de 3, por lo que la mejoría es notable. El acero AISI 201 sigue siendo un elemento común en la industria y con un precio competitivo, al igual que el AISI 304.

- **SIMULACIÓN DE LA MANILLA N°3: Funcionamiento extremo y acero AISI 304**

La simulación se realiza para saber el aguante máximo que tendría la manilla siendo fabricada con acero AISI 304. La simulación se realiza bajo la misma hipótesis que las anteriores.

Se obtiene como resultado una fuerza máxima de 100 N, con la que se alcanza un factor de seguridad mínimo de 1.

- **SIMULACIÓN DE LA MANILLA N°4: Funcionamiento extremo y acero AISI 201**

Esta última simulación se realiza para saber la fuerza máxima que podría soportar sin llegar a romperse la manilla, con el acero AISI 201, bajo las mismas hipótesis de funcionamiento que en las simulaciones anteriores.

Mediante esta simulación, se obtiene que el valor de fuerza con el que se obtiene un coeficiente de seguridad igual a 1 es de 150 N.

A continuación se muestran los informes obtenidos en las simulaciones.

Simulación de Gancho

Fecha: lunes, 04 de mayo de 2020

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: SimulationXpress Study

Tipo de análisis: Análisis estático

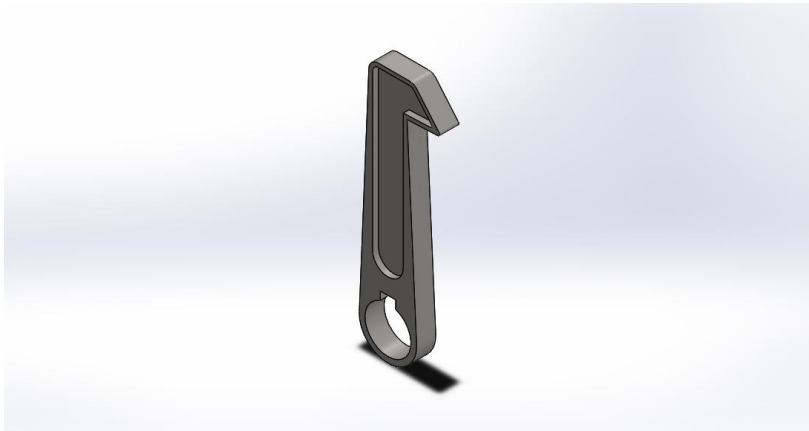


Tabla de contenidos

Descripción	90
Suposiciones	91
Información de modelo	91
Propiedades de material	92
Cargas y sujeciones.....	92
Información de malla	93
Resultados del estudio.....	94
Conclusión	96

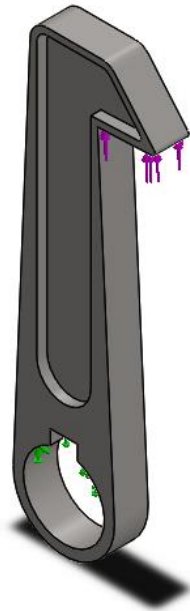
Descripción

Simulación de las solicitaciones del Gancho. Caso de un intento de apertura de la puerta cuando está echado el pestillo. Fuerza a soportar de 30 N.

Mediante esta simulación se pretende validar el diseño del gancho.


Suposiciones

Información de modelo




Nombre del modelo: Gancho
Configuración actual: Predeterminado

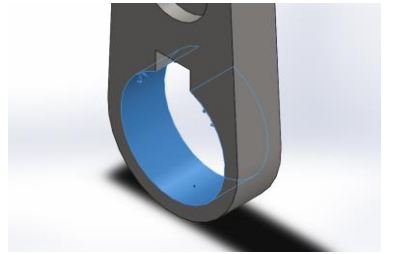
Sólidos

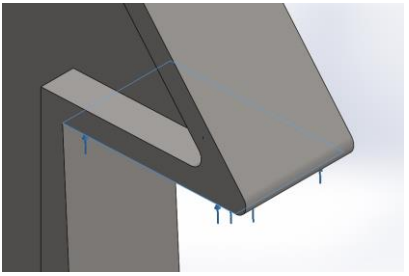
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Fecha de modificación
Cortar-Extruir7 	Sólido	Masa:0,0199966 kg Volumen:2,49957e-06 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:0,195966 N	Apr 20 18:17:48 2020

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 304</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 2,06807e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 5,17017e+08 N/m²</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir7)(Gancho)

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Tipo: Aplicar fuerza normal</p> <p>Valor: 30 N</p>

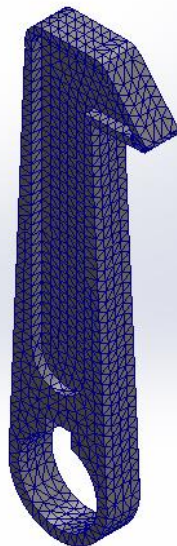
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	1,35772 mm
Tolerancia	0,0678858 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	14834
Número total de elementos	8524
Cociente máximo de aspecto	6,3
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	98,6
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:04
Nombre de computadora:	JAVIER-HP

Nombre del modelo: Gancho
Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
Tipo de malla: Malla sólida

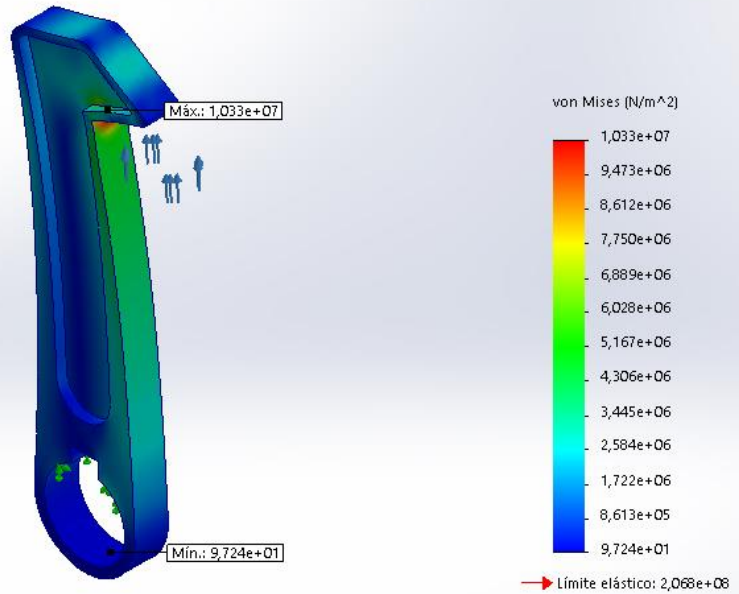


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Stress	VON: Tensión de von Mises	9,724e+01 N/m ² Nodo: 14197	1,033e+07 N/m ² Nodo: 814

Nombre del modelo: Gancho
 Nombre de estudio: SimulationXpress Study-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Stress
 Escala de deformación: 1,873,95

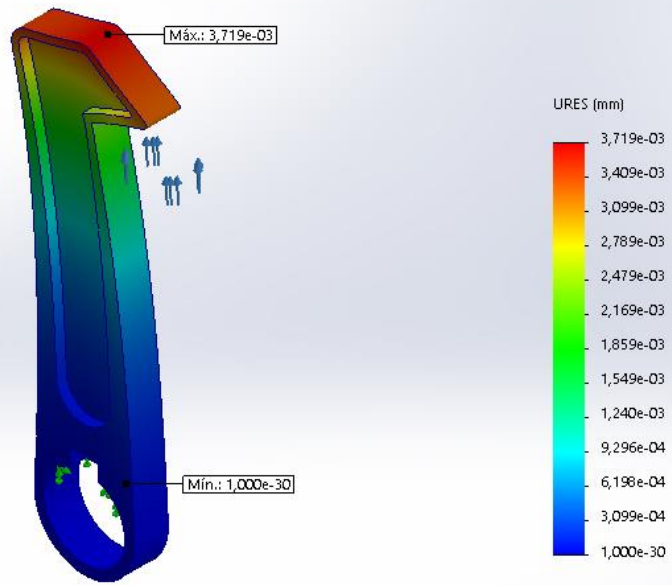


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Gancho-SimulationXpress Study-Tensiones-Stress

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Displacement	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00 mm Nodo: 1	3,719e-03 mm Nodo: 10117

Nombre del modelo: Gancho
 Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Displacement
 Escala de deformación: 1.873,95



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Gancho-SimulationXpress Study-Desplazamientos-Displacement

Nombre	Tipo
Deformation	Deformada

Nombre del modelo: Gancho
 Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Deformada Deformation
 Escala de deformación: 1.873,95

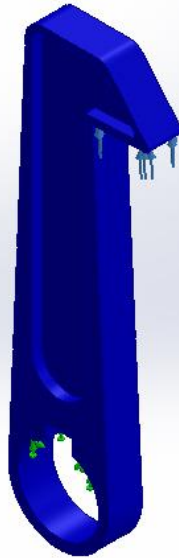


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Gancho-SimulationXpress Study-Desplazamientos-Deformation

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor of Safety	Tensión de von Mises máx.	2,001e+01	2,127e+06

Nombre del modelo: Gancho
Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor of Safety
Criterio: Tensiones von Mises máx.
Rojo < FOS = 1 < Azul



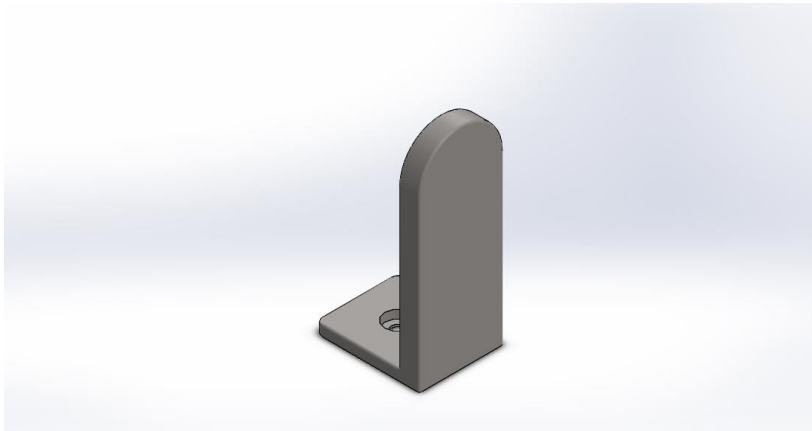
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Gancho-SimulationXpress Study-Factor de seguridad-Factor of Safety

Conclusión

Al simular las tensiones que sufriría el Gancho cuando se ejerce una fuerza de 30 N para abrir la puerta, se obtiene el resultado de que el Gancho soportaría dicha fuerza con un coeficiente de seguridad mínimo de 20.

Se concluye que el diseño, en cuanto a solicitaciones, es válido.



Descripción

Manilla sometida a 30N y fabricada con acero AISI 304.
Situación de funcionamiento normal.

Simulación de Manilla N°1

Fecha: lunes, 27 de abril de 2020

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: SimulationXpress Study

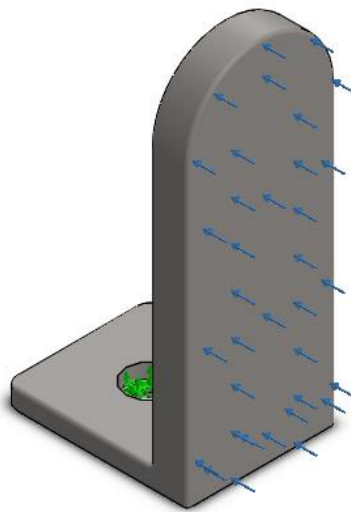
Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

Descripción	97
Suposiciones	98
Información de modelo	98
Propiedades de material	99
Cargas y sujeciones.....	99
Información de malla	100
Resultados del estudio.....	101
Conclusión	103

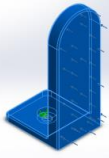
Suposiciones

Información de modelo

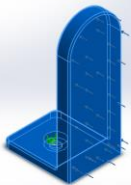


Nombre del modelo: Manilla
Configuración actual: Predeterminado

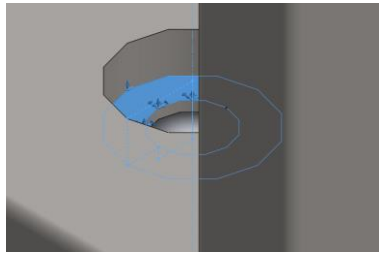
Sólidos

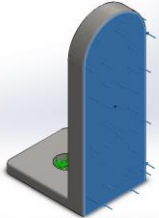
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Fecha de modificación
Refrentado para tornillo con cabeza plana de M32 	Sólido	Masa:0,0455722 kg Volumen:5,69652e-06 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:0,446607 N	Apr 27 20:12:10 2020

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 304</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 2,06807e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 5,17017e+08 N/m²</p>	Sólido 1 (Refrentado para tornillo con cabeza plana de M32)(Manilla)

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Tipo: Aplicar fuerza normal</p> <p>Valor: 30 N</p>

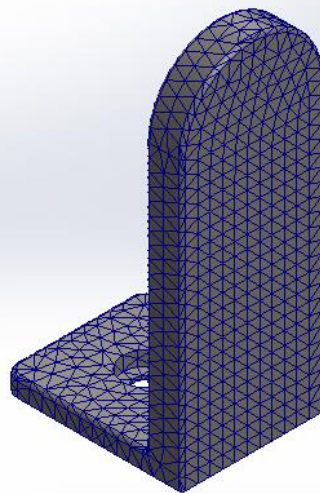
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	1,80679 mm
Tolerancia	0,0903396 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	12853
Número total de elementos	7733
Cociente máximo de aspecto	10,467
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	97,2
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0,0259
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:04
Nombre de computadora:	JAVIER-HP

Nombre del modelo: Manilla
Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
Tipo de malla: Malla sólida

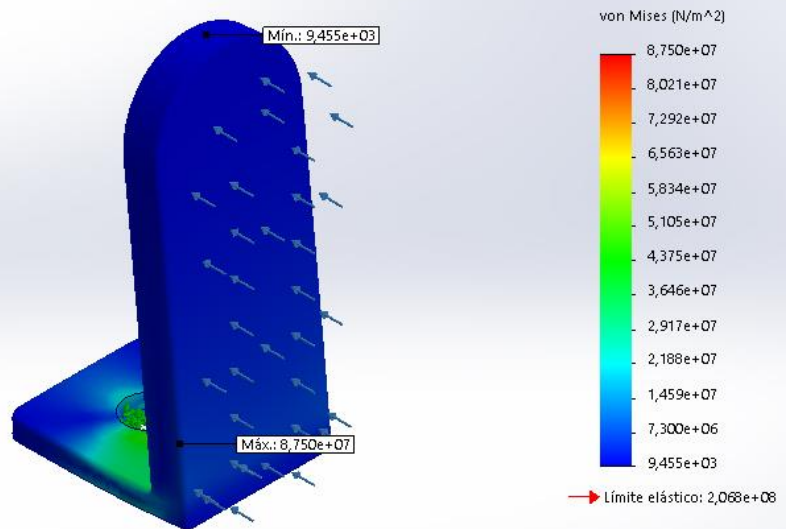


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Stress	VON: Tensión de von Mises	9,455e+03 N/m ² Nodo: 12296	8,750e+07 N/m ² Nodo: 500

Nombre del modelo: Manilla
 Nombre de estudio: SimulationXpress Study-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Stress
 Escala de deformación: 52,9928

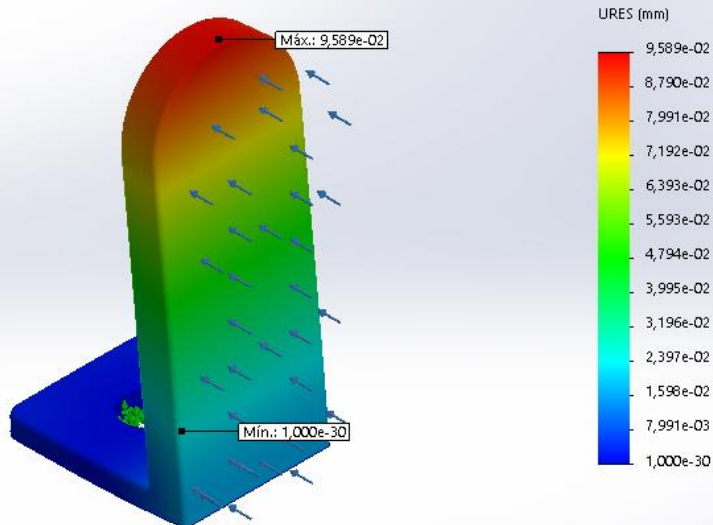


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Manilla-SimulationXpress Study-Tensiones-Stress

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Displacement	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00 mm Nodo: 1	9,589e-02 mm Nodo: 67

Nombre del modelo: Manilla
 Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Displacement
 Escala de deformación: 52,9928

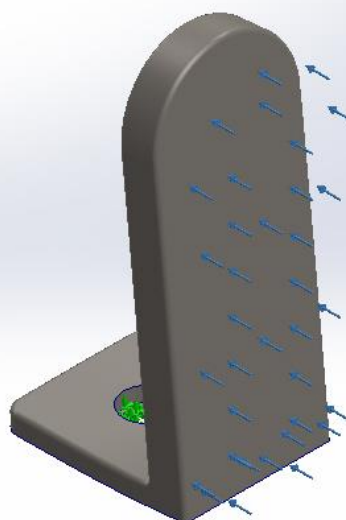


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Manilla-SimulationXpress Study-Desplazamientos-Displacement

Nombre	Tipo
Deformation	Deformada

Nombre del modelo: Manilla
 Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Deformada Deformation
 Escala de deformación: 52,9928



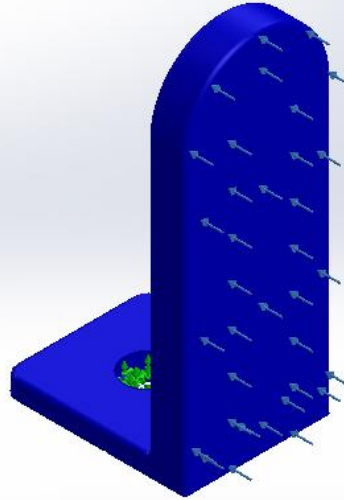
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Manilla-SimulationXpress Study-Desplazamientos-Deformation

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
--------	------	------	------

Factor of Safety	Tensión de von Mises máx.	2,364e+00 Nodo: 500	2,187e+04 Nodo: 12296
------------------	---------------------------	------------------------	--------------------------

Nombre del modelo: Manilla
Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor of Safety
Criterio: Tensión von Mises máx.
Rojo < FOS = 1 < Azul



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Manilla-SimulationXpress Study-Factor de seguridad-Factor of Safety

Conclusión

La manilla soporta la fuerza de 30N con un coeficiente de seguridad superior a 2.

Al tener un coeficiente de seguridad elevado, en su rango de funcionamiento normal, se puede dar por válido el diseño.

Simulación de Manilla N°2

Fecha: lunes, 27 de abril de 2020

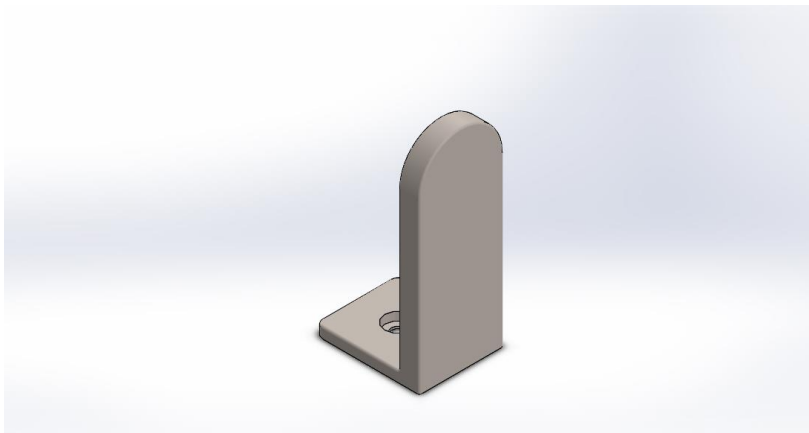
Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: SimulationXpress Study

Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

Descripción	104
Suposiciones	105
Información de modelo	105
Propiedades de material	106
Cargas y sujeciones.....	106
Información de malla	107
Resultados del estudio.....	108
Conclusión	110



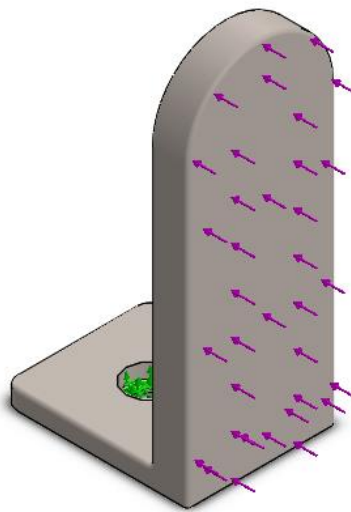
Descripción

Manilla sometida a 30N y fabricada con acero AISI 201.
Situación de funcionamiento normal.

(Alternativa al modelo fabricado con acero AISI 304)

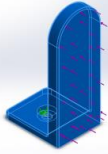
Suposiciones

Información de modelo

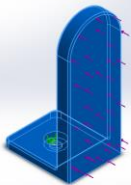


Nombre del modelo: Manilla
Configuración actual: Predeterminado

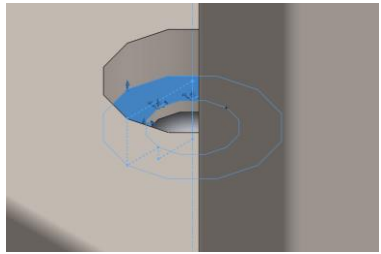
Sólidos

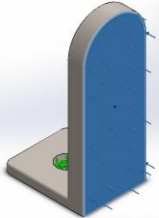
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Fecha de modificación
Refrentado para tornillo con cabeza plana de M32 	Sólido	Masa:0,0447746 kg Volumen:5,69652e-06 m ³ Densidad:7.860 kg/m ³ Peso:0,438792 N	Apr 27 20:12:10 2020

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: 201 Acero inoxidable recocido (SS)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 2,92e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 6,85e+08 N/m²</p>	Sólido 1 (Refrentado para tornillo con cabeza plana de M32)(Manilla)

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Tipo: Aplicar fuerza normal</p> <p>Valor: 30 N</p>

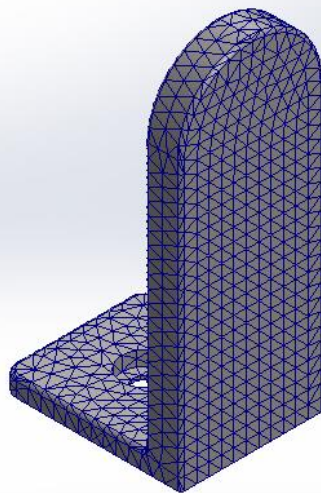
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	1,80679 mm
Tolerancia	0,0903396 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	12853
Número total de elementos	7733
Cociente máximo de aspecto	10,467
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	97,2
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0,0259
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:04
Nombre de computadora:	JAVIER-HP

Nombre del modelo: Manilla
Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
Tipo de malla: Malla sólida

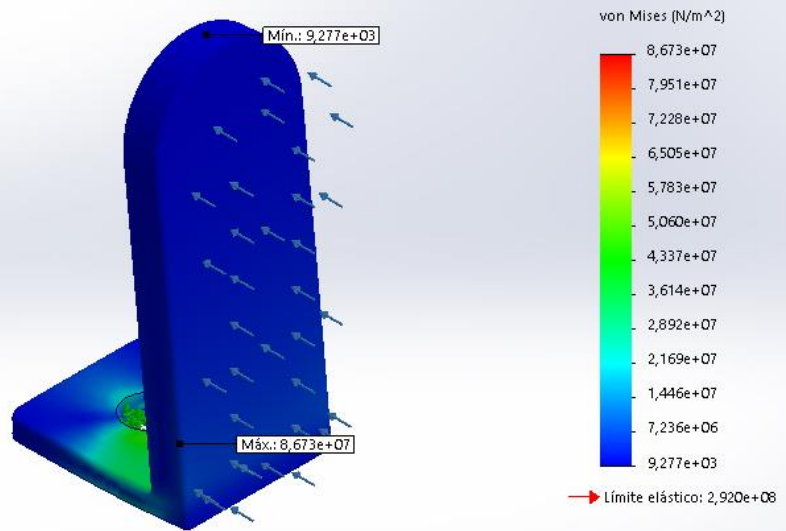


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Stress	VON: Tensión de von Mises	9,277e+03 N/m ² Nodo: 12296	8,673e+07 N/m ² Nodo: 500

Nombre del modelo: Manilla
 Nombre de estudio: SimulationXpress Study-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Stress
 Escala de deformación: 57,5717

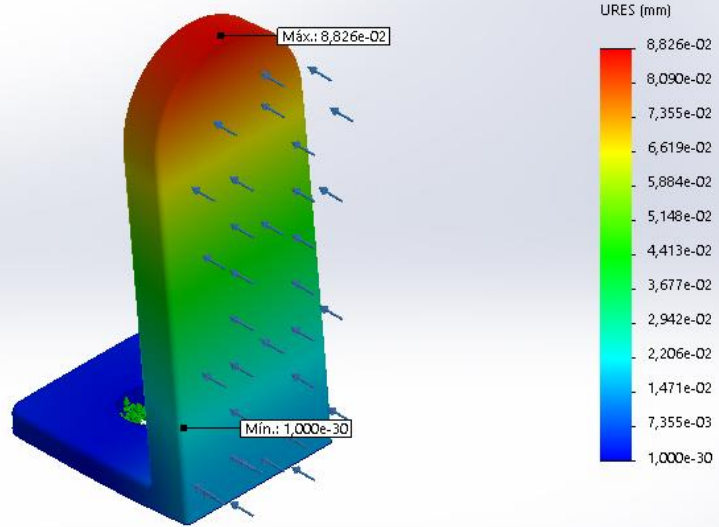


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Manilla-SimulationXpress Study-Tensiones-Stress

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Displacement	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00 mm Nodo: 1	8,826e-02 mm Nodo: 67

Nombre del modelo: Manilla
 Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Displacement
 Escala de deformación: 57,5717

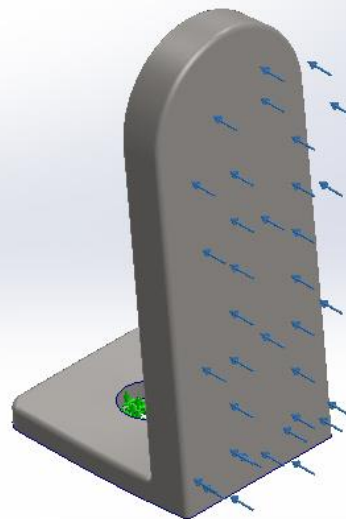


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Manilla-SimulationXpress Study-Desplazamientos-Displacement

Nombre	Tipo
Deformation	Deformada

Nombre del modelo: Manilla
 Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Deformada Deformation
 Escala de deformación: 57,5717

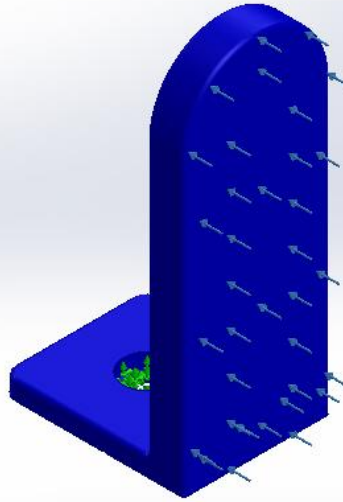


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Manilla-SimulationXpress Study-Desplazamientos-Deformation

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor of Safety	Tensión de von Mises máx.	3,367e+00	3,148e+04

Nombre del modelo: Manilla
Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor of Safety
Criterio: Tensiones von Mises máx.
Rojo < FOS = 1 < Azul



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Manilla-SimulationXpress Study-Factor de seguridad-Factor of Safety

Conclusión

La manilla soporta la fuerza de 30N con un coeficiente de seguridad superior a 3.

Al tener un coeficiente de seguridad elevado, en su rango de funcionamiento normal, se puede dar por válido el diseño.

Mediante esta simulación, se demuestra que este modelo puede ser un sustituto del modelo fabricado en acero AISI 304 en caso de querer aumentar los esfuerzos máximos a soportar por la manilla.

Simulación de Manilla N°3

Fecha: miércoles, 06 de mayo de 2020

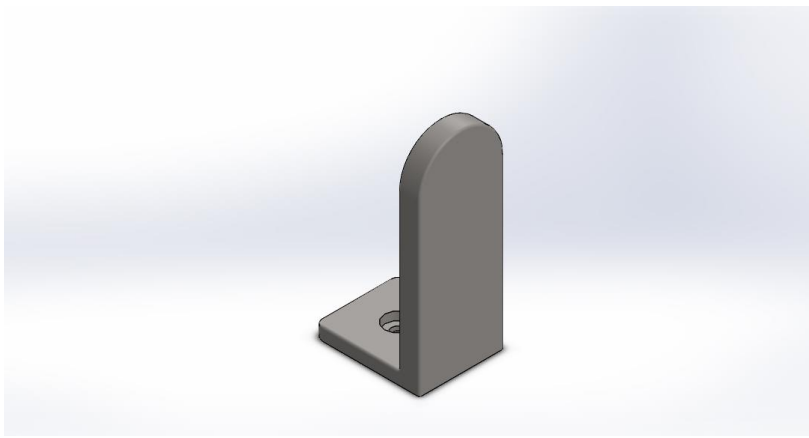
Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: SimulationXpress Study

Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

Descripción	111
Suposiciones	112
Información de modelo	112
Propiedades de material	113
Cargas y sujeciones.....	113
Información de malla	114
Resultados del estudio.....	115
Conclusión	117

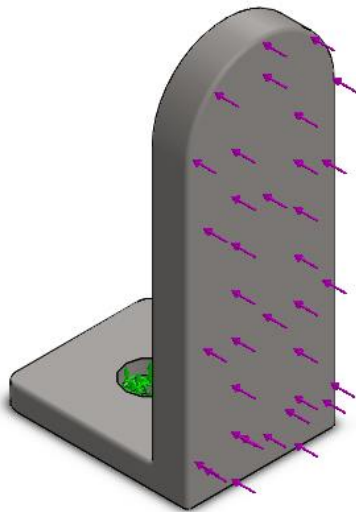


Descripción

Simulación del caso extremo de funcionamiento de la Manilla.
Fuerza ejercida de 100 N.

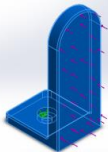
Suposiciones

Información de modelo

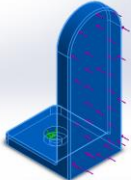


Nombre del modelo: Manilla
Configuración actual: Predeterminado

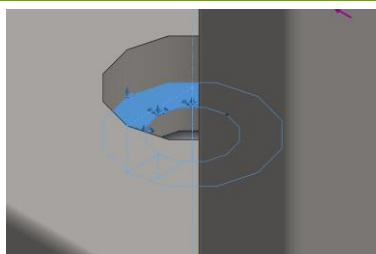
Sólidos

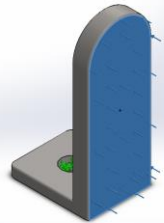
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Fecha de modificación
Refrentado para tornillo con cabeza plana de M32 	Sólido	Masa:0,0471294 kg Volumen:5,89118e-06 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:0,461868 N	Apr 28 10:21:48 2020

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 304</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 2,06807e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 5,17017e+08 N/m²</p>	Sólido 1 (Refrentado para tornillo con cabeza plana de M32)(Manilla)

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Tipo: Aplicar fuerza normal</p> <p>Valor: 100 N</p>

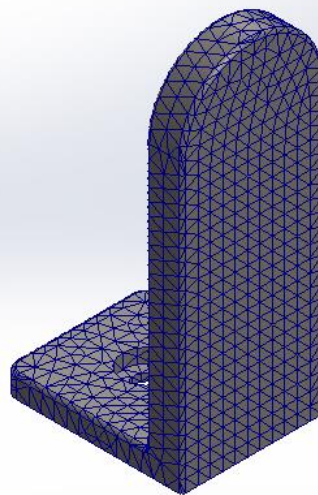
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	1,80679 mm
Tolerancia	0,0903396 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	12941
Número total de elementos	7795
Cociente máximo de aspecto	10,523
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	98,1
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0,0385
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:05
Nombre de computadora:	JAVIER-HP

Nombre del modelo: Manilla
Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
Tipo de malla: Malla sólida

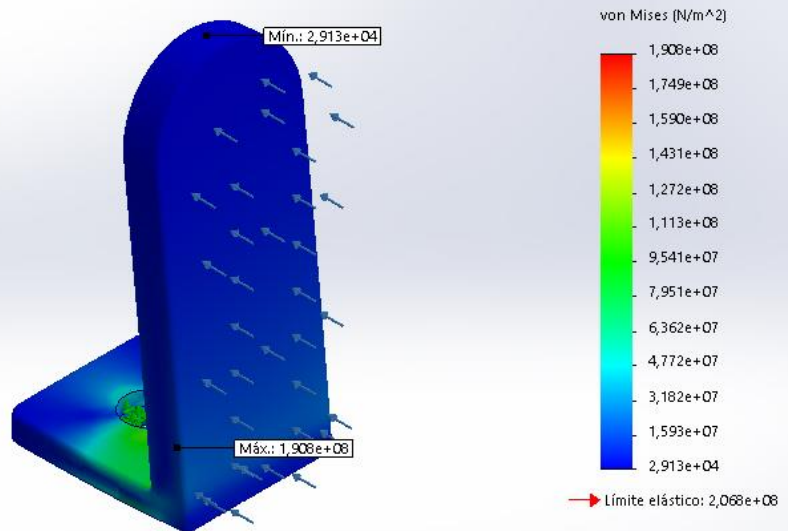


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Stress	VON: Tensión de von Mises	2,913e+04 N/m ² Nodo: 12369	1,908e+08 N/m ² Nodo: 9717

Nombre del modelo: Manilla
 Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático: tensión nodal Stress
 Escala de deformación: 24,6394

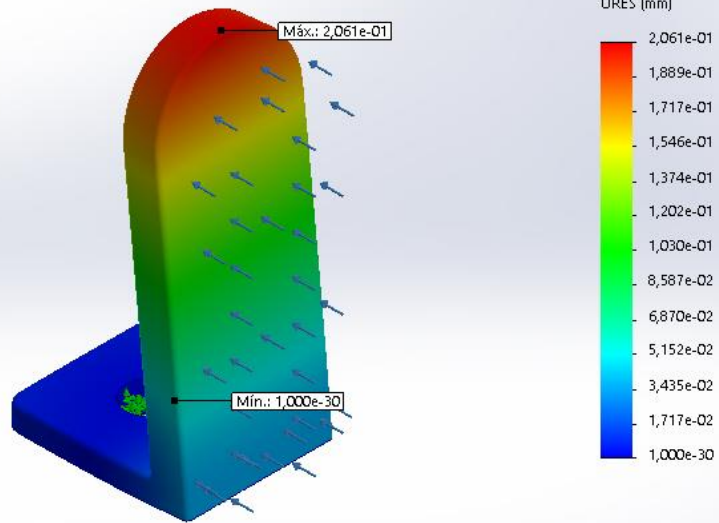


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Manilla-SimulationXpress Study-Tensiones-Stress

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Displacement	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00 mm Nodo: 1	2,061e-01 mm Nodo: 67

Nombre del modelo: Manilla
 Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Displacement
 Escala de deformación: 24,6394

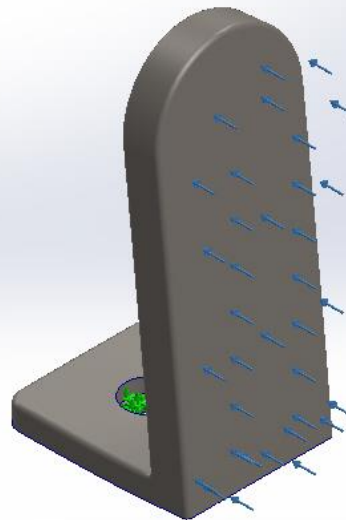


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Manilla-SimulationXpress Study-Desplazamientos-Displacement

Nombre	Tipo
Deformation	Deformada

Nombre del modelo: Manilla
 Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Deformada Deformation
 Escala de deformación: 24,6394

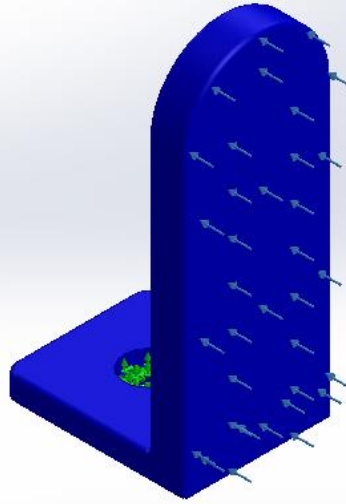


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Manilla-SimulationXpress Study-Desplazamientos-Deformation

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor of Safety	Tensión de von Mises máx.	1,084e+00	7,101e+03

Nombre del modelo: Manilla
Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor of Safety
Criterio: Tensiones von Mises máx.
Rojo < FOS = 1 < Azul



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Manilla-SimulationXpress Study-Factor de seguridad-Factor of Safety

Conclusión

En este caso extremo de funcionamiento y fabricada con acero AISI 304, se obtiene un coeficiente de seguridad de 1.

Se puede concluir que la fuerza máxima de aguante de la manilla es de 100 N.

Simulación de Manilla N°4

Fecha: miércoles, 06 de mayo de 2020

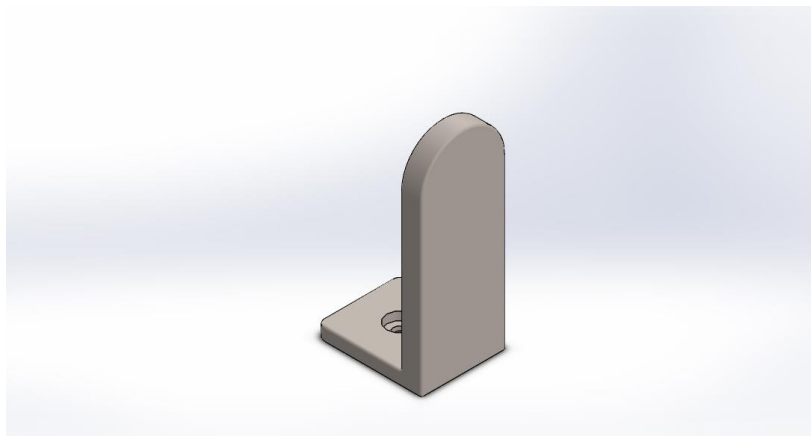
Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: SimulationXpress Study

Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

Descripción	118
Suposiciones	119
Información de modelo	119
Propiedades de material	120
Cargas y sujeciones.....	120
Información de malla	121
Resultados del estudio.....	122
Conclusión	124

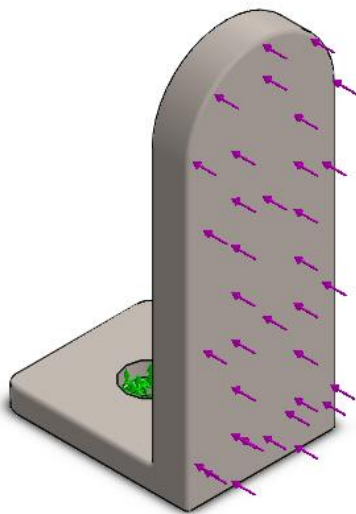


Descripción

Simulación del caso extremo de funcionamiento de la Manilla.
Fuerza ejercida de 150 N

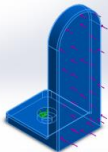
Suposiciones

Información de modelo

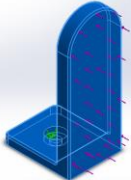


Nombre del modelo: Manilla
Configuración actual: Predeterminado

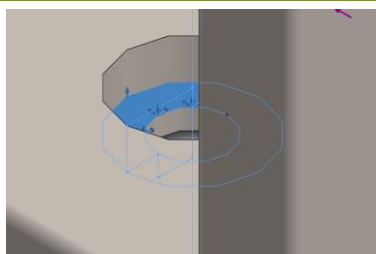
Sólidos

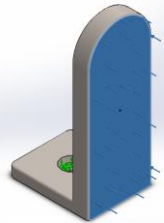
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Fecha de modificación
Refrentado para tornillo con cabeza plana de M32 	Sólido	Masa:0,0463046 kg Volumen:5,89118e-06 m ³ Densidad:7.860 kg/m ³ Peso:0,453785 N	Apr 28 10:21:48 2020

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: 201 Acero inoxidable recocido (SS)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 2,92e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 6,85e+08 N/m²</p>	Sólido 1 (Refrentado para tornillo con cabeza plana de M32)(Manilla)

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Tipo: Aplicar fuerza normal</p> <p>Valor: 150 N</p>

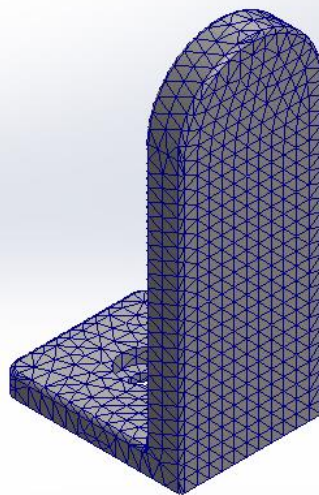
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	1,80679 mm
Tolerancia	0,0903396 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	12941
Número total de elementos	7795
Cociente máximo de aspecto	10,523
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	98,1
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0,0385
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:05
Nombre de computadora:	JAVIER-HP

Nombre del modelo: Manilla
Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
Tipo de malla: Malla sólida

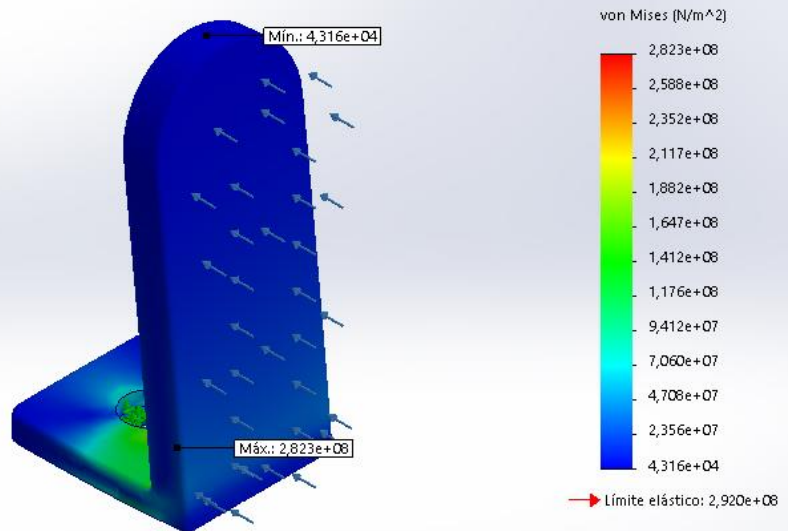


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Stress	VON: Tensión de von Mises	4,316e+04 N/m ² Nodo: 12369	2,823e+08 N/m ² Nodo: 9717

Nombre del modelo: Manilla
 Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático: tensión nodal Stress
 Escala de deformación: 17,8529

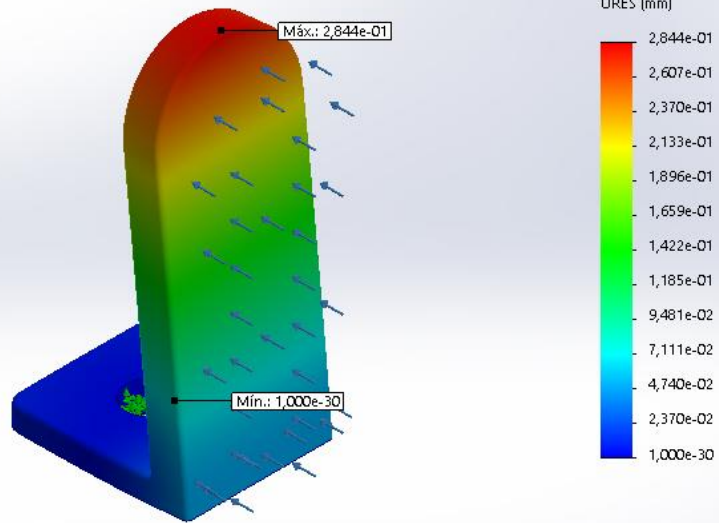


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Manilla-SimulationXpress Study-Tensiones-Stress

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Displacement	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00 mm Nodo: 1	2,844e-01 mm Nodo: 67

Nombre del modelo: Manilla
 Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Displacement
 Escala de deformación: 17,8529

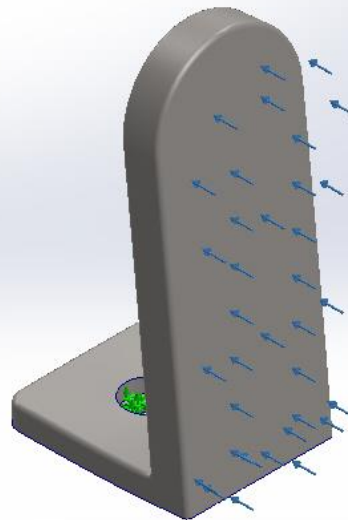


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Manilla-SimulationXpress Study-Desplazamientos-Displacement

Nombre	Tipo
Deformation	Deformada

Nombre del modelo: Manilla
 Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Deformada Deformation
 Escala de deformación: 17,8529

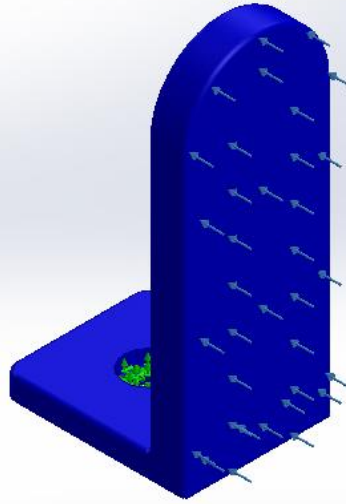


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Manilla-SimulationXpress Study-Desplazamientos-Deformation

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor of Safety	Tensión de von Mises máx.	1,034e+00	6,766e+03

Nombre del modelo: Manilla
Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor of Safety
Criterio: Tensiones von Mises máx.
Rojo < FOS = 1 < Azul



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Manilla-SimulationXpress Study-Factor de seguridad-Factor of Safety

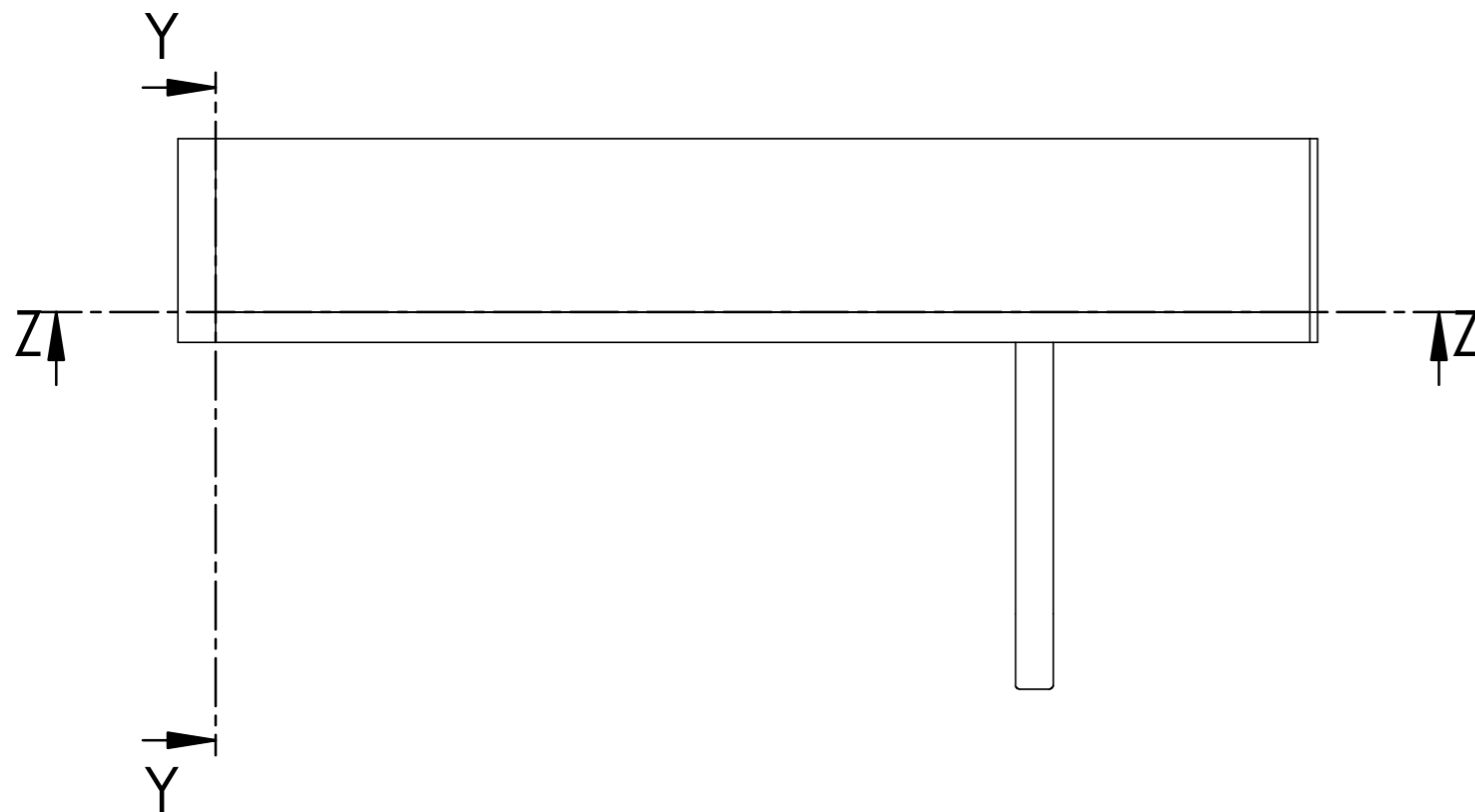
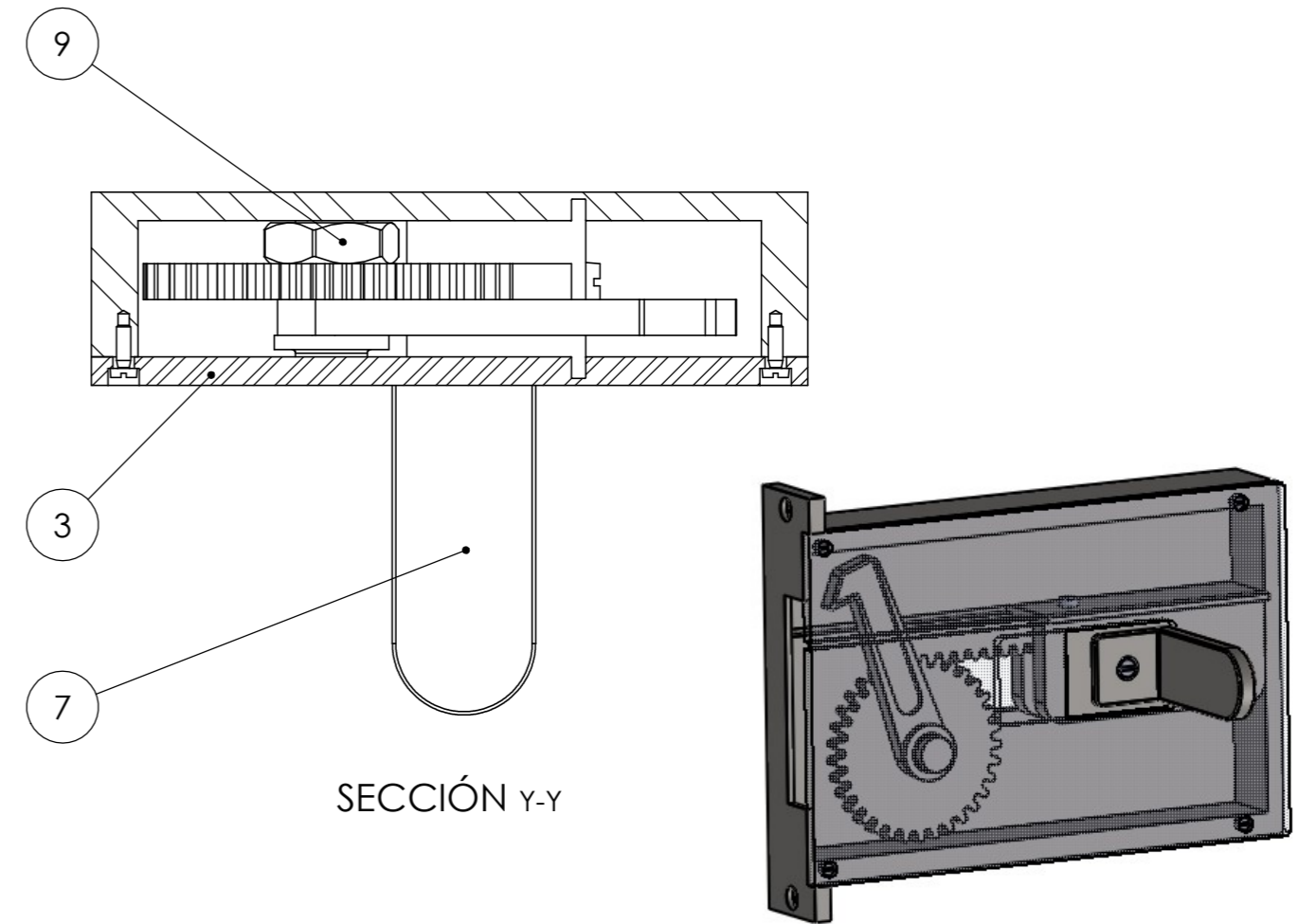
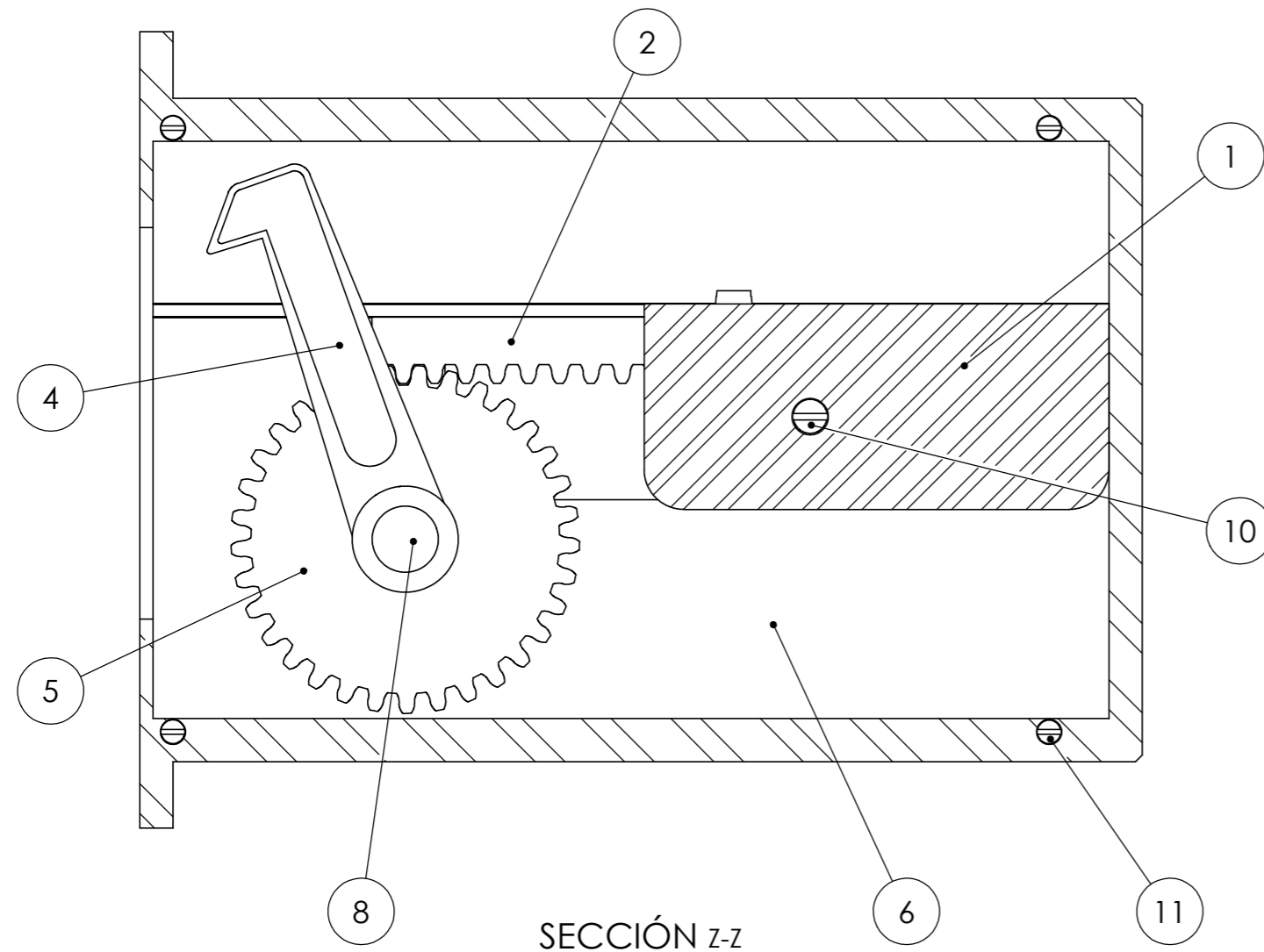
Conclusión

En este caso extremo de funcionamiento y fabricada con acero AISI 201, se obtiene un coeficiente de seguridad de 1.

Se puede concluir que la fuerza máxima de aguante de la manilla es de 150 N.

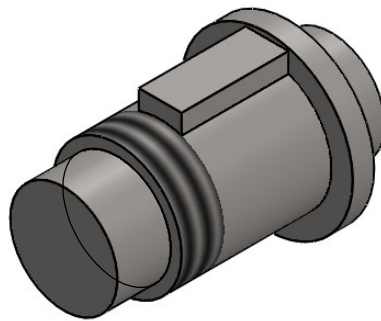
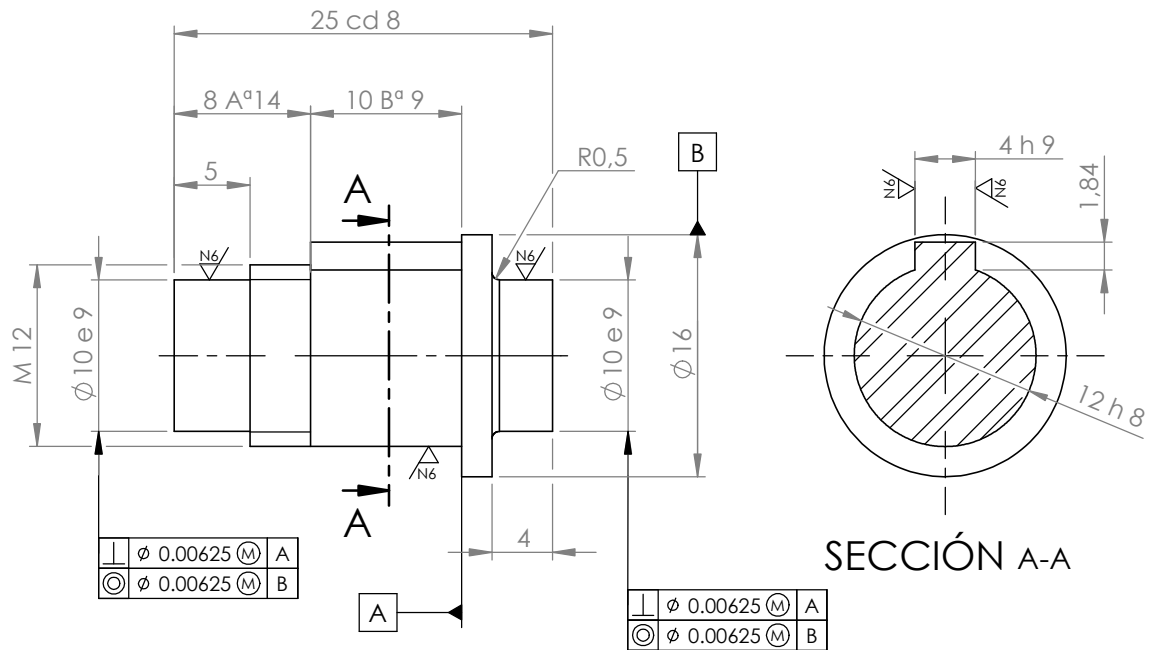
ANEXO 5. PLANOS

- P1. Conjunto Cerrojo** (Escala 1:1)
- P2. EJE** (Escala 2:1)
- P3. GANCHO** (Escala 2:1)
- P4. GUÍA** (Escala 2:1)
- P5. MANILLA** (Escala 2:1)
- P6. TAPA IZQUIERDA** (Escala 1:1)
- P7. TAPA DERECHA** (Escala 1:1)
- P8. CREMALLERA** (Escala 1:1)
- P9. ENGRANAJE** (Escala 2:1)
- P10. EMBELLECEDOR EXTERIOR** (Escala 1:1)
- P11. ENGANCHE** (Escala 1:1)
- P12. EMBELLECEDOR INTERIOR** (Escala 1:1)
- P13. OPERACIÓN DE VACIADO EN LA PUERTA** (Escala 1:20)
- P14. INSTALACIÓN DEL CERROJO EN LA PUERTA**
- P15. OPERACIÓN DE VACIADO EN EL MARCO** (Escala 1:20)
- P16. INSTALACIÓN DEL ENGANCHE EN EL MARCO**

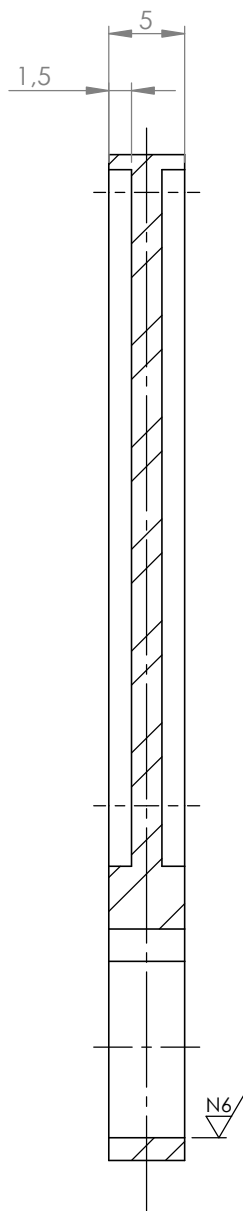


N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCION	MATERIAL	CANTIDAD
1	GUIA	AISI 304	1
2	CREMALLERA M1.5 Z33	AISI 304	1
3	TAPA DERECHA	AISI 304	1
4	GANCHO	AISI 304	1
5	ENGRANAJE M1.5 Z33	AISI 304	1
6	TAPA IZQUIERDA	AISI 304	1
7	MANILLA	AISI 304	1
8	EJE	AISI 304	1
9	TUERCA HEXAGONAL ISO 4035 M12		1
10	TORNILLO CABEZA RANURADA ISO 1207 M3 L6		2
11	TORNILLO CABEZA RANURADA ISO 1207 M2 L6		4

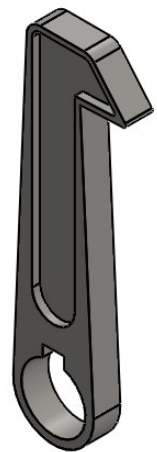
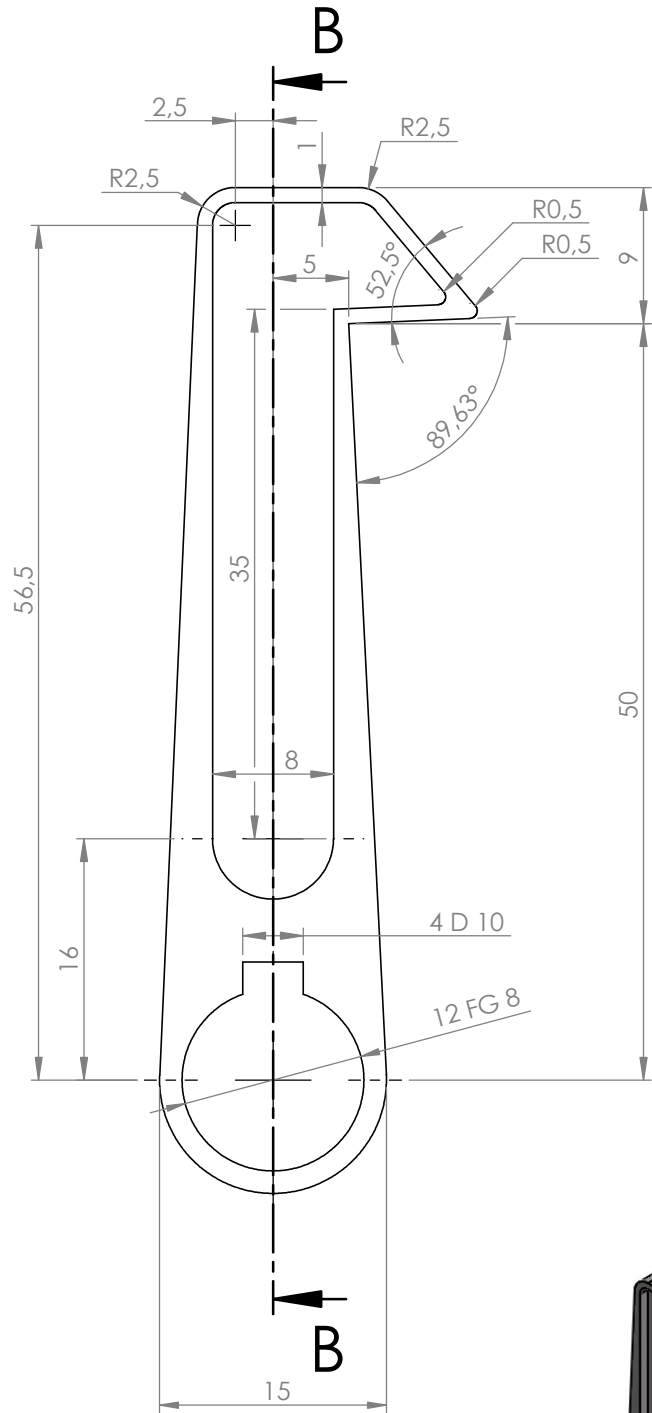
FECHA				NOMBRE				PROYECTO				DISEÑO DE CERROJO ACCESIBLE PARA PUERTA CORREDERA				ESPECIFICACIONES GENERALES			
DIBUJADO		23/04/2020		JAVIER PÉREZ		DENOMINACIÓN		CONJUNTO CERROJO		TOLERANCIAS		ISO 2768fK		ACABADOS SUPERFICIALES		N9 (N7, N6)			
APROBADO						MATERIAL				MATAR ARISTAS		0.5X45°		UNIDADES		mm			
TRABAJO FIN DE GRADO				E.T.S.I.I.T.				PESO (kg)											
upna				PLANO				P1				ESCALA		SCALE 1:1					





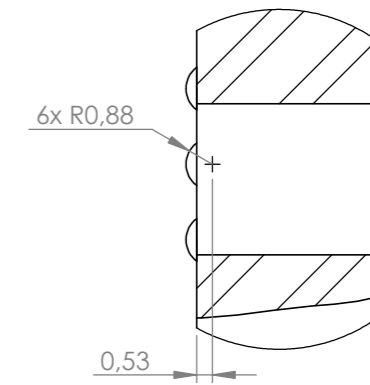
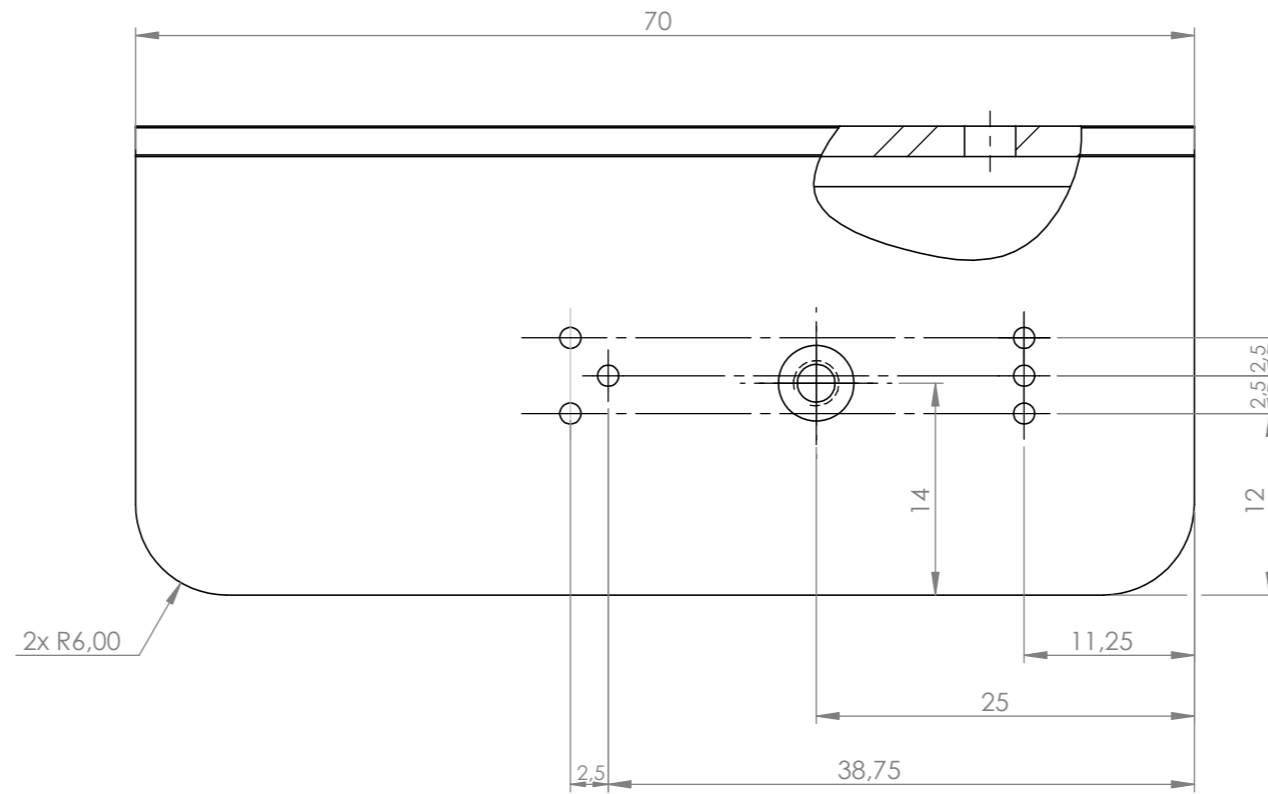
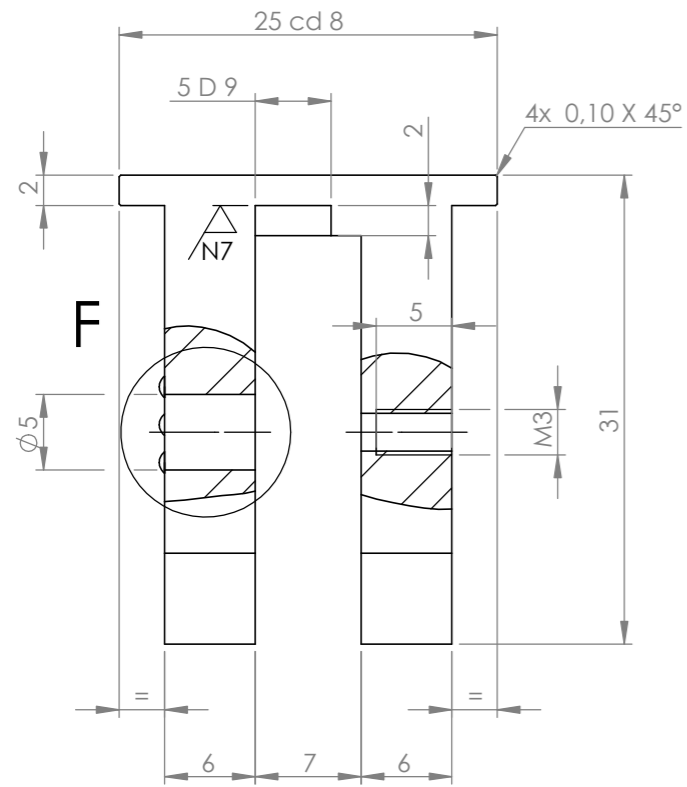
	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	DISEÑO DE CERROJO ACCESIBLE PARA PUERTA CORREDERA	ESPECIFICACIONES GENERALES		
DIBUJADO	23/04/2020	JAVIER PÉREZ	DENOMINACIÓN	EJE	TOLERANCIAS	ISO 2768fK	
APROBADO			MATERIAL	AISI 304	ACABADOS SUPERFICIALES	N9 (N6)	
TRABAJO FIN DE GRADO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS	0.5X45°	
E.T.S.I.I.T.			PESO (kg)		UNIDADES	mm	
upna			PLANO	P2		A4	
						ESCALA	2:1
						SCALE	2:1



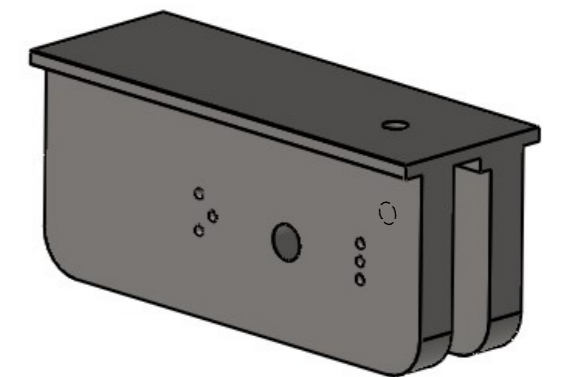
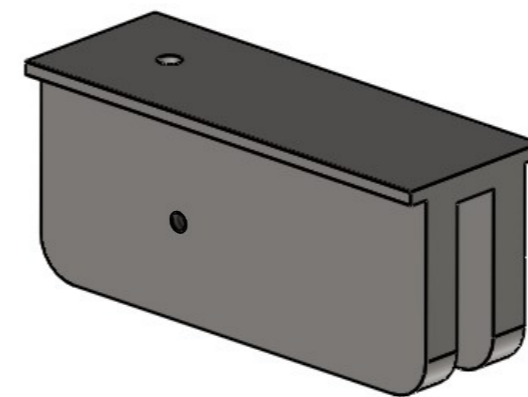
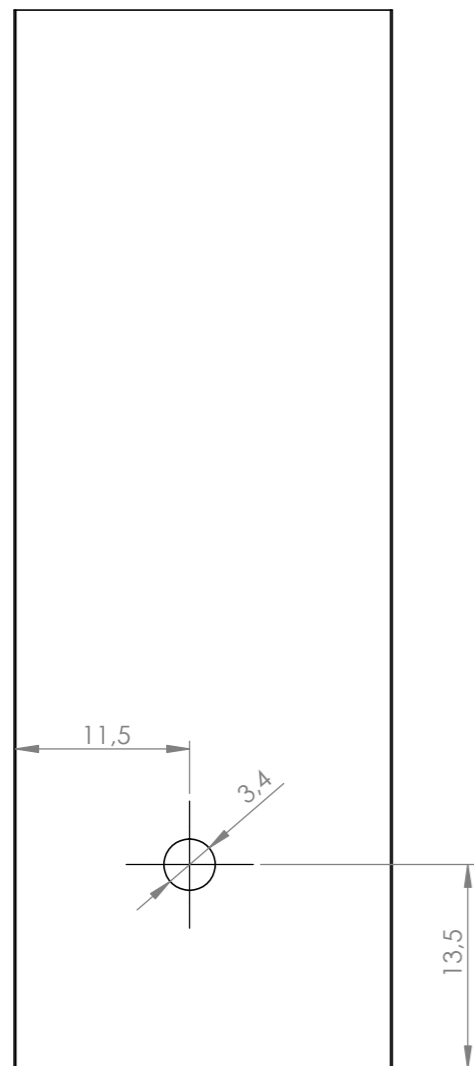
SECCIÓN B-B



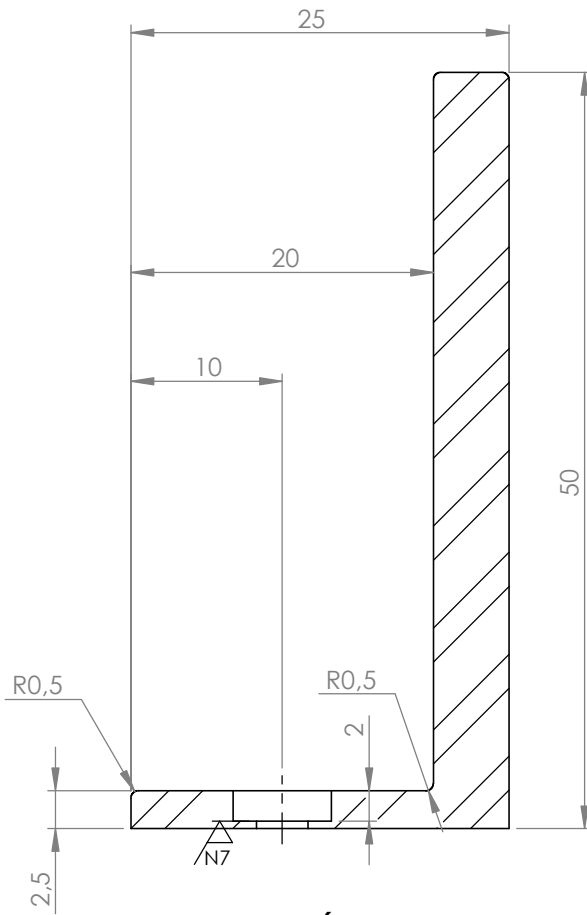
		FECHA	NOMBRE	PROYECTO	DISEÑO DE CERROJO ACCESIBLE PARA PUERTA CORREDERA	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	23/04/2020	JAVIER PÉREZ	DENOMINACIÓN	GANCHO		TOLERANCIAS	ISO 2768fK
APROBADO			MATERIAL	AISI 304		ACABADOS SUPERFICIALES	N9 (N6)
TRABAJO FIN DE GRADO			TRATAMIENTO			MATAR ARISTAS	0.5X45°
E.T.S.I.I.T.			PESO (kg)			UNIDADES	mm
upna			PLANO	P3		 	ESCALA SCALE A4 2:1



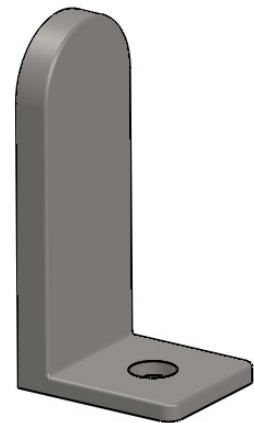
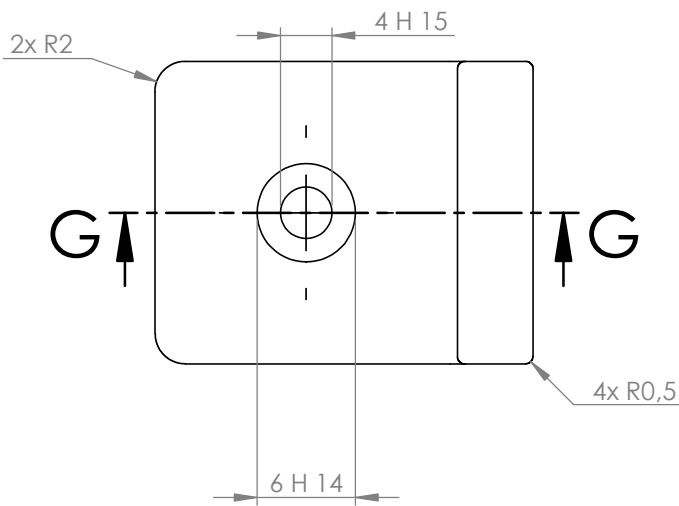
DETALLE F
ESCALA 4 : 1



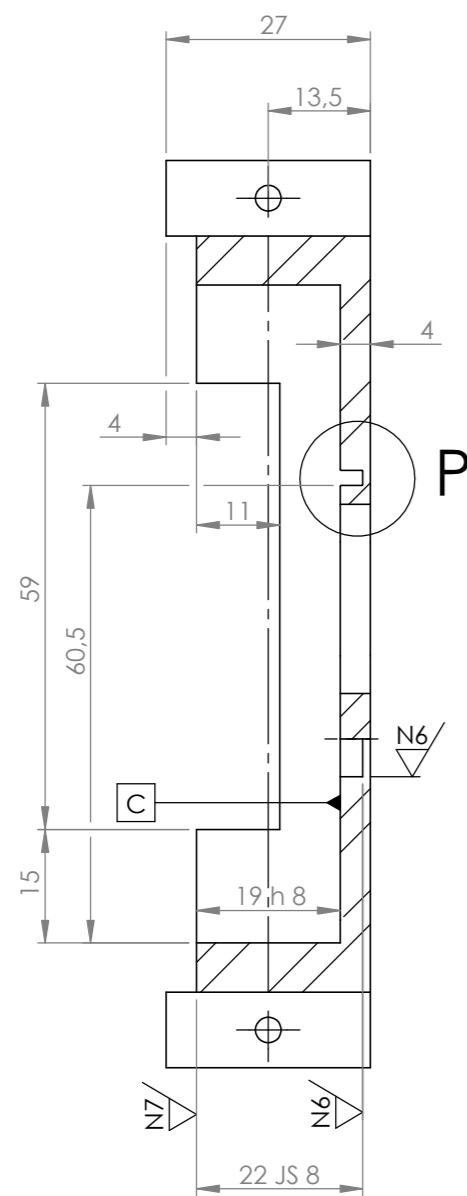
	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	DISEÑO DE CERROJO ACCESIBLE PARA PUERTA CORREDERA	ESPECIFICACIONES GENERALES
DIBUJADO	23/04/2020	JAVIER PÉREZ	DENOMINACIÓN	GUÍA	TOLERANCIAS ISO 2768fK
APROBADO			MATERIAL	AISI 304	ACABADOS SUPERFICIALES N9 (N7)
TRABAJO FIN DE GRADO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS 0.5X45°
E.T.S.I.I.T.			PESO (kg)		UNIDADES mm
upna			PLANO	P4	ESCALA SCALE 2:1



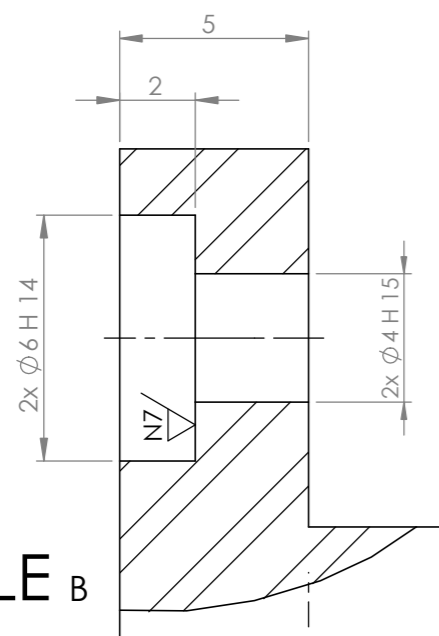
SECCIÓN G-G



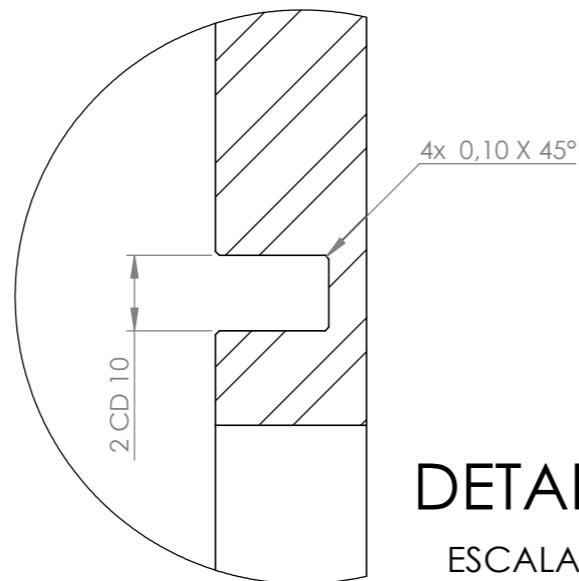
		FECHA	NOMBRE	PROYECTO	DISEÑO DE CERROJO ACCESIBLE PARA PUERTA CORREDERA		ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	23/04/2020	JAVIER PÉREZ	DENOMINACIÓN	MANILLA		TOLERANCIAS	ISO 2768fK	
APROBADO			MATERIAL	AISI 304		ACABADOS SUPERFICIALES	N9 (N7)	
TRABAJO FIN DE GRADO			TRATAMIENTO			MATAR ARISTAS	0.5X45°	
E.T.S.I.I.T.			PESO (kg)			UNIDADES	mm	
upna			PLANO	P5			A4	ESCALA SCALE 2:1



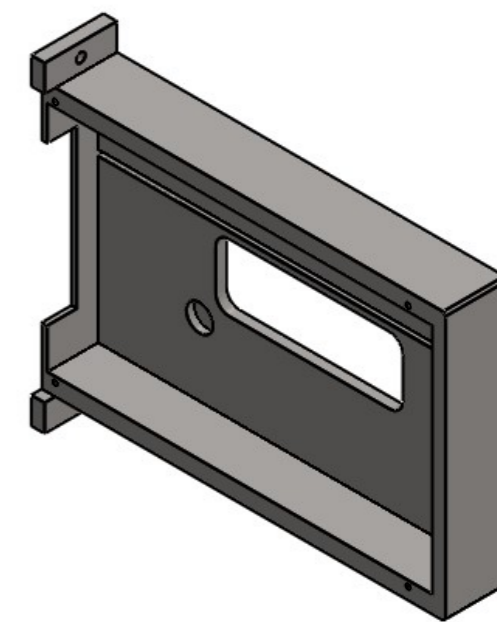
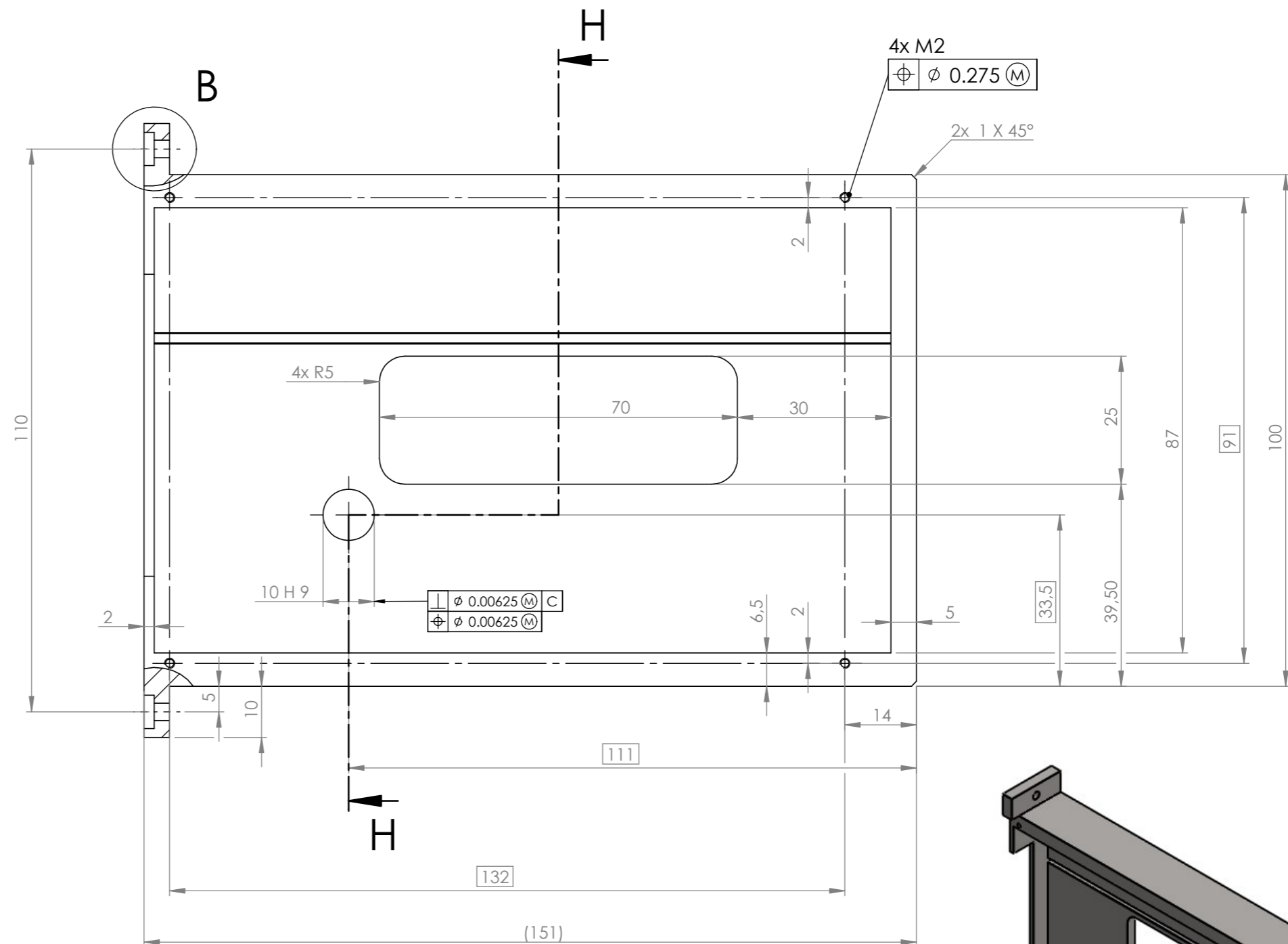
SECCIÓN H-H



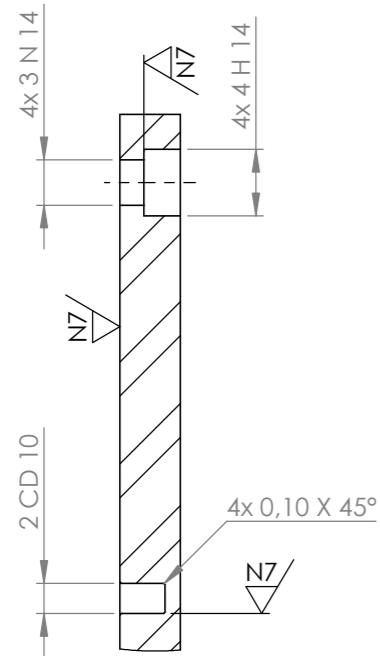
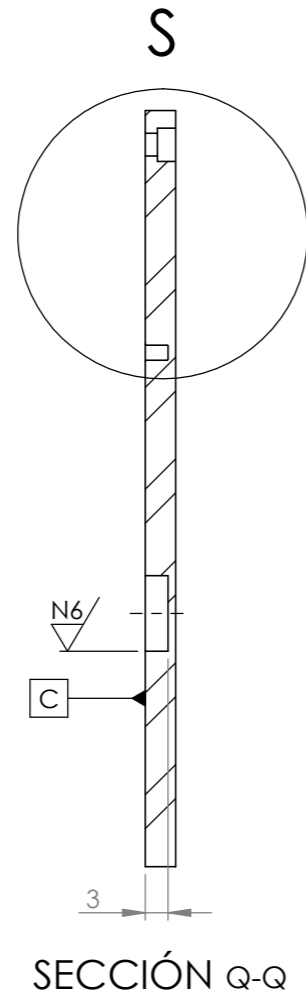
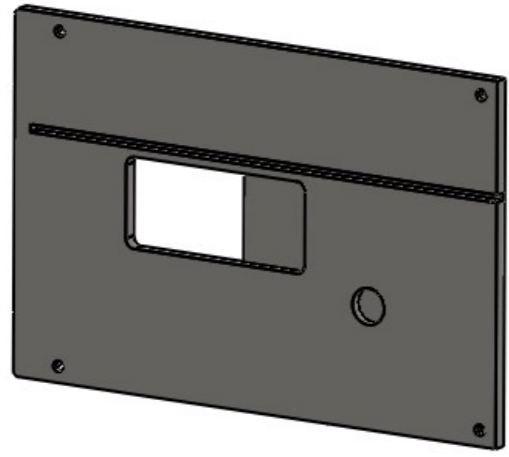
DETALLE B
ESCALA 5 : 1



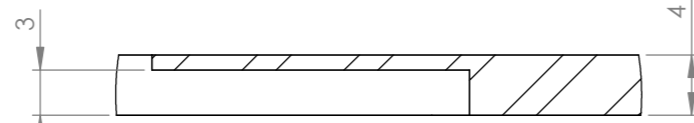
DETALLE P
ESCALA 5 : 1



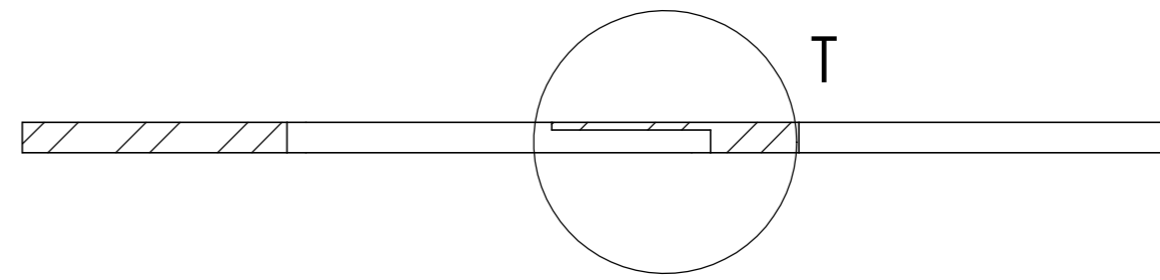
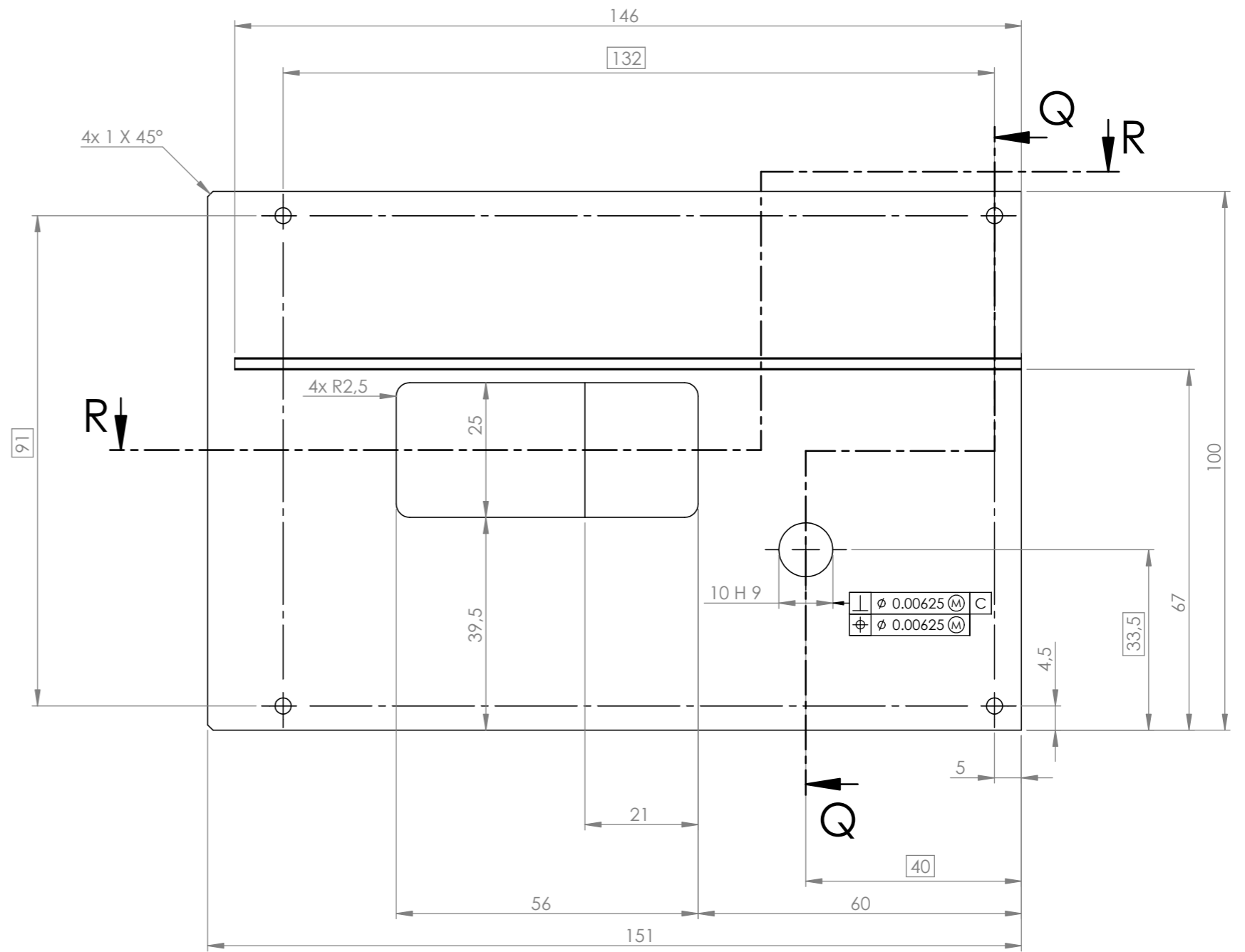
	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	DISEÑO DE CERROJO ACCESIBLE PARA PUERTA CORREDERA	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	23/04/2020	JAVIER PÉREZ	DENOMINACIÓN	TAPA IZQUIERDA	TOLERANCIAS	ISO 2768fK
APROBADO			MATERIAL	AISI 304	ACABADOS SUPERFICIALES	N9 (N7, N6)
DISEÑO INDUSTRIAL E.T.S.I.I.T.			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS	0.5X45°
			PESO (kg)		UNIDADES	mm
		PLANO	P6		ESCALA SCALE 1:1	



DETALLE S
ESCALA 2:1

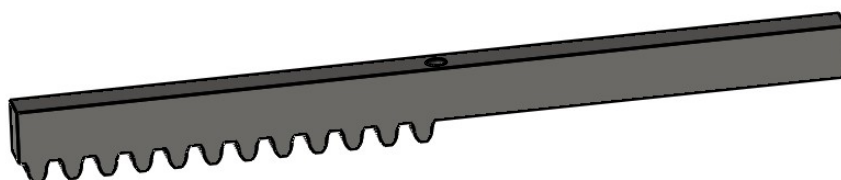
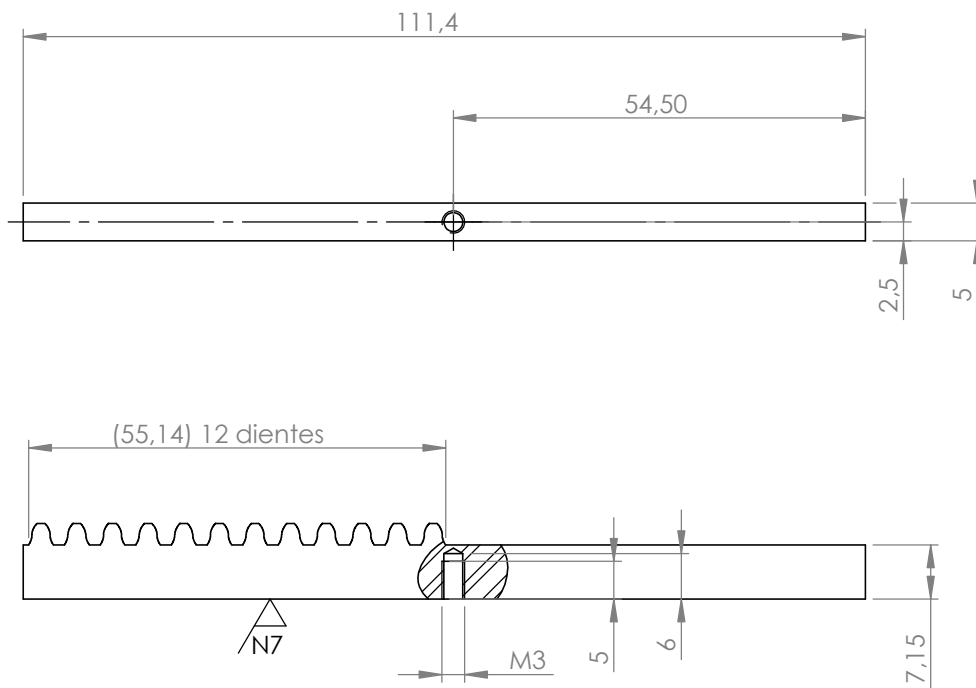


DETALLE T
ESCALA 2:1



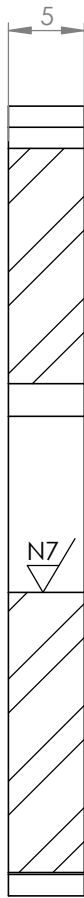
SECCIÓN R-R

	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	DESIGN DE CERROJO ACCESIBLE PARA PUERTA CORREDERA	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	23/04/2020	JAVIER PÉREZ	DENOMINACIÓN	TAPA DERECHA	TOLERANCIAS	ISO 2768fK
APROBADO			MATERIAL	AISI 304	ACABADOS SUPERFICIALES	N9 (N7, N6)
TRABAJO FIN DE GRADO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS	0.5X45°
E.T.S.I.I.T.			PESO (kg)		UNIDADES	mm
upna		PLANO	P7		A3	ESCALA SCALE 1:1

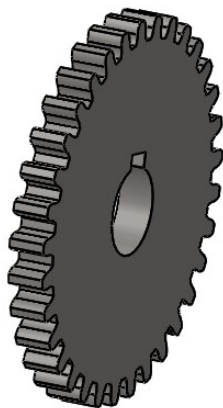
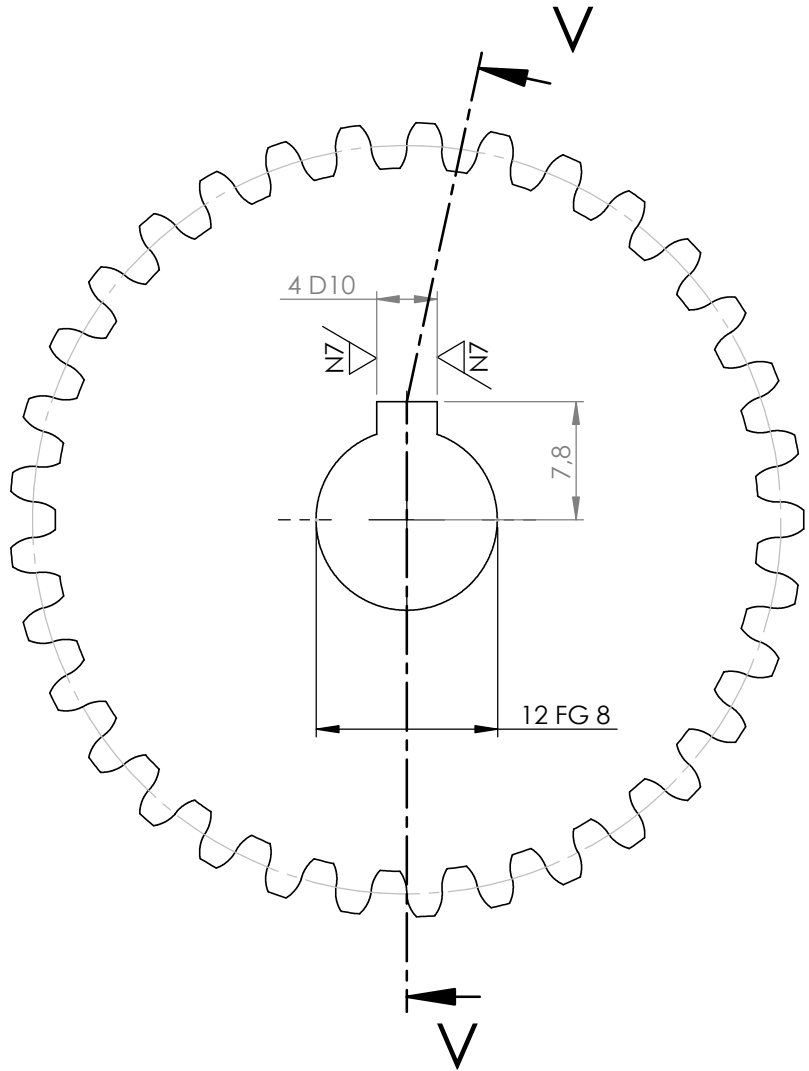


DATOS DE LA CREMALLERA		
Módulo	M	1.5
Nº de dientes	Z	12
Cremallera tipo		UNE 18016

PROYECTO DISEÑO DE CERROJO ACCESIBLE PARA PUERTA CORREDERA				ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	TOLERANCIAS	ISO 2768fK
APROBADO	22/04/2020	JAVIER PÉREZ	CREMALLERA M1.5	ACABADOS SUPERFICIALES	N9 (N7)
TRABAJO FIN DE GRADO			MATERIAL	MATAR ARISTAS	0.5X45°
E.T.S.I.I.T.			AISI 304	UNIDADES	mm
upna			PESO (kg)	ESCALA	1:1
			PLANO	P8	A4

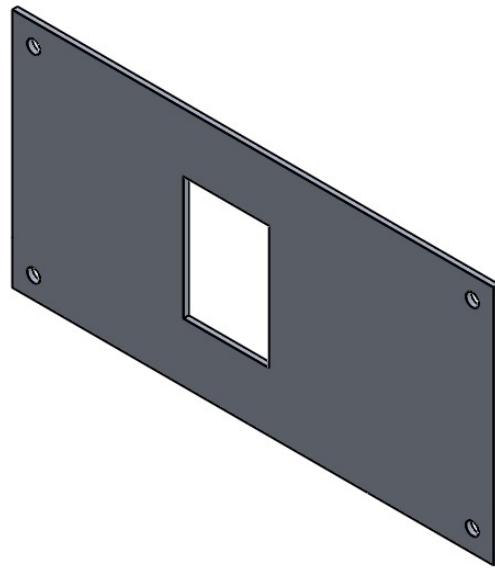
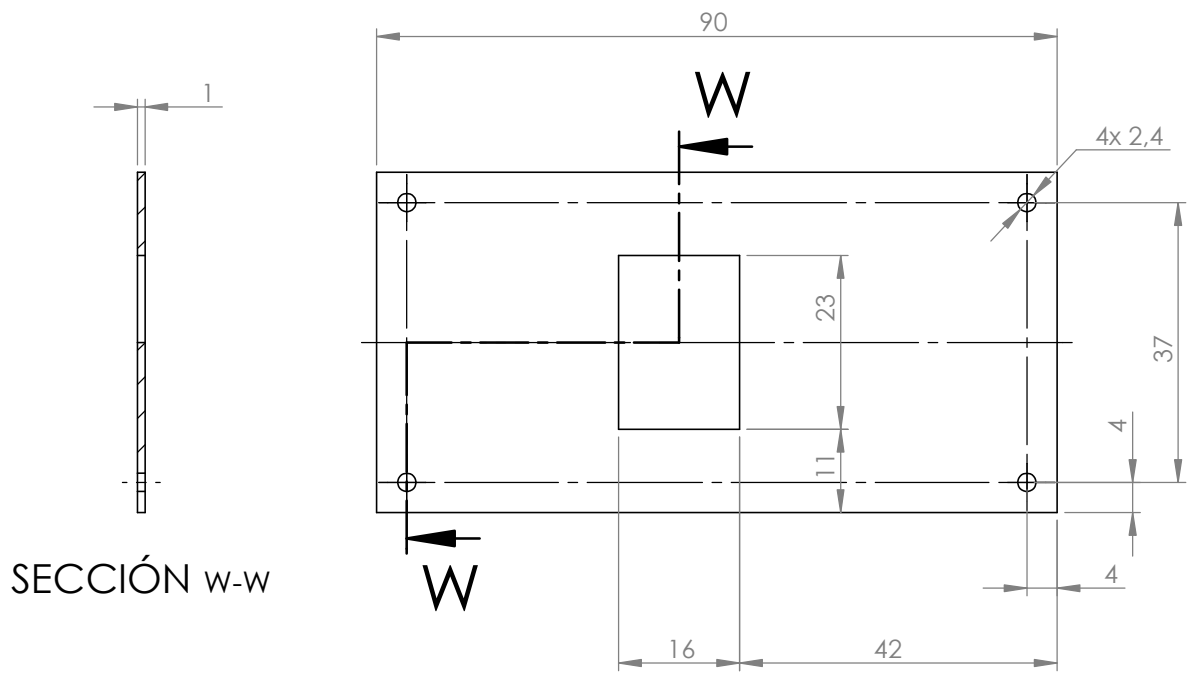


SECCIÓN V-V

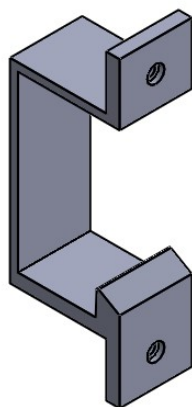
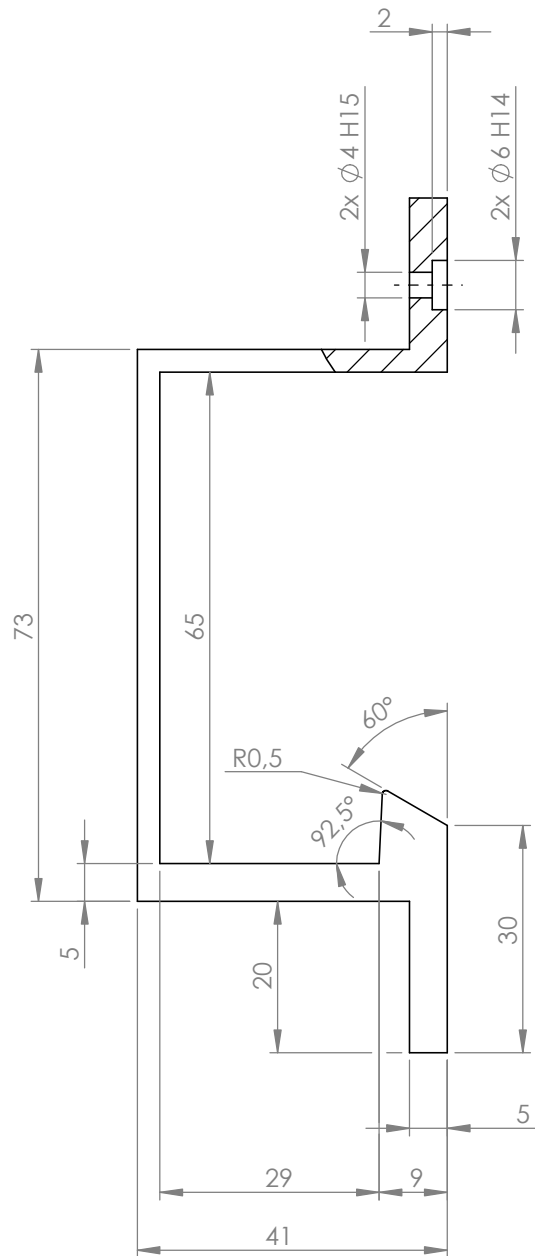
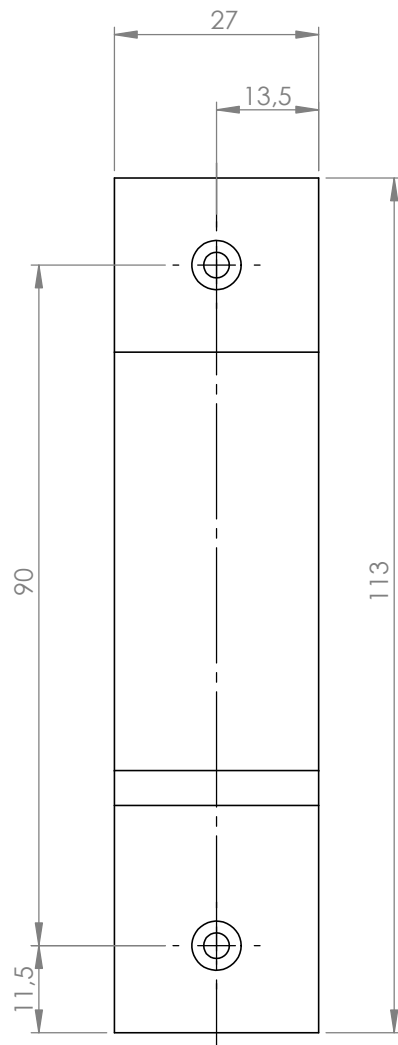




DATOS DEL ENGRANAJE		
Módulo	M	1.5
Nº de dientes	Z	33
Cremallera tipo		UNE 18016
Diámetro primitivo	dp	49.5
Ángulo de presión	a	20°

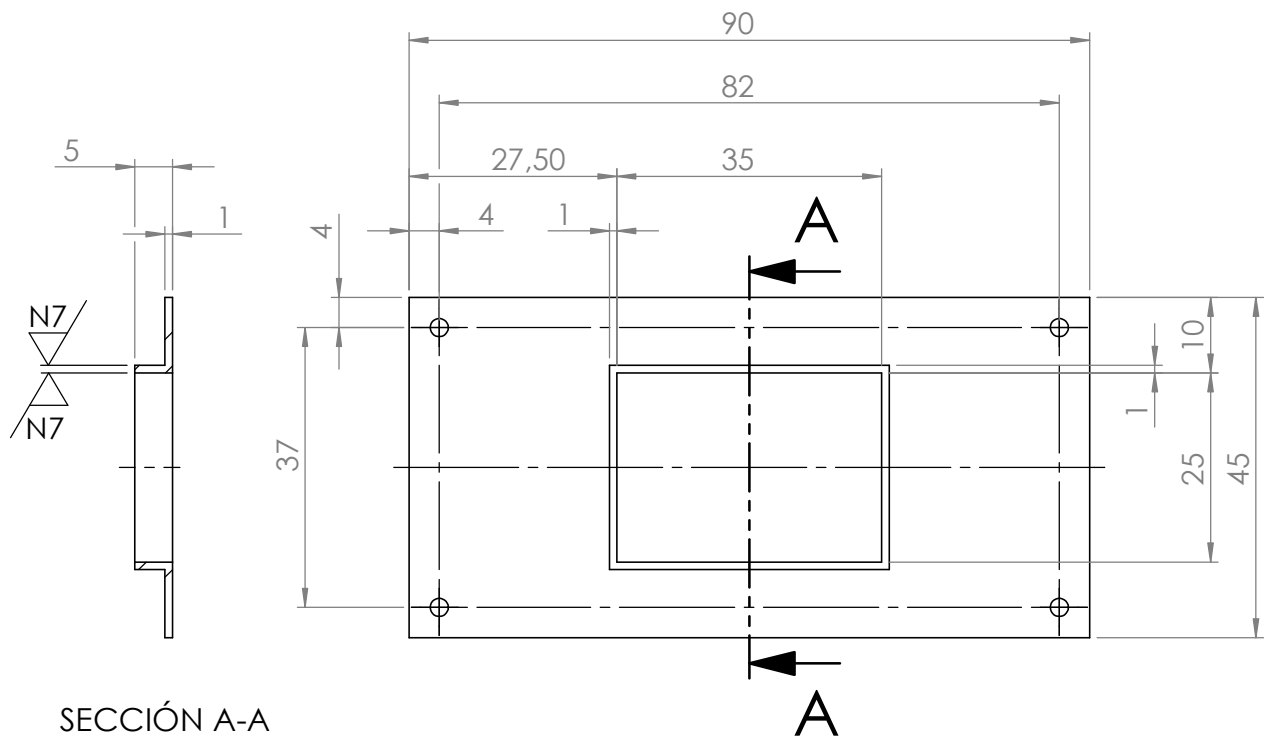
	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	DISEÑO DE CERROJO ACCESIBLE PARA PUERTA CORREDERA	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	23/04/2020	JAVIER PÉREZ	DENOMINACIÓN	ENGRANAJE M1.5 Z33	TOLERANCIAS	ISO 2768fK
APROBADO			MATERIAL	AISI 304	ACABADOS SUPERFICIALES	N9 (N7)
TRABAJO FIN DE GRADO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS	0.5X45°
E.T.S.I.I.T.			PESO (kg)		UNIDADES	mm
upna			PLANO	P9		A4 ESCALA SCALE 2:1



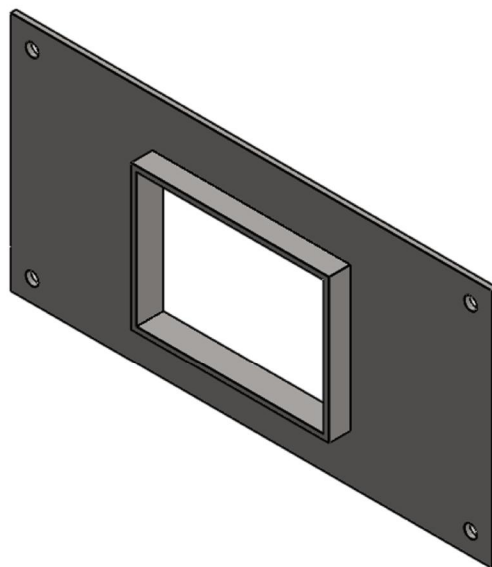
		FECHA	NOMBRE	PROYECTO	DISEÑO DE CERROJO ACCESIBLE PARA PUERTA CORREDERA	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	23/04/2020	JAVIER PÉREZ	DENOMINACIÓN	EMBELLECEDOR		TOLERANCIAS	ISO 2768fK
APROBADO			MATERIAL	ALUMINIO 5052		ACABADOS SUPERFICIALES	N9
TRABAJO FIN DE GRADO			TRATAMIENTO			MATAR ARISTAS	0.5X45°
E.T.S.I.I.T.			PESO (kg)			UNIDADES	mm
upna			PLANO	P10			A4 ESCALA SCALE 1:1



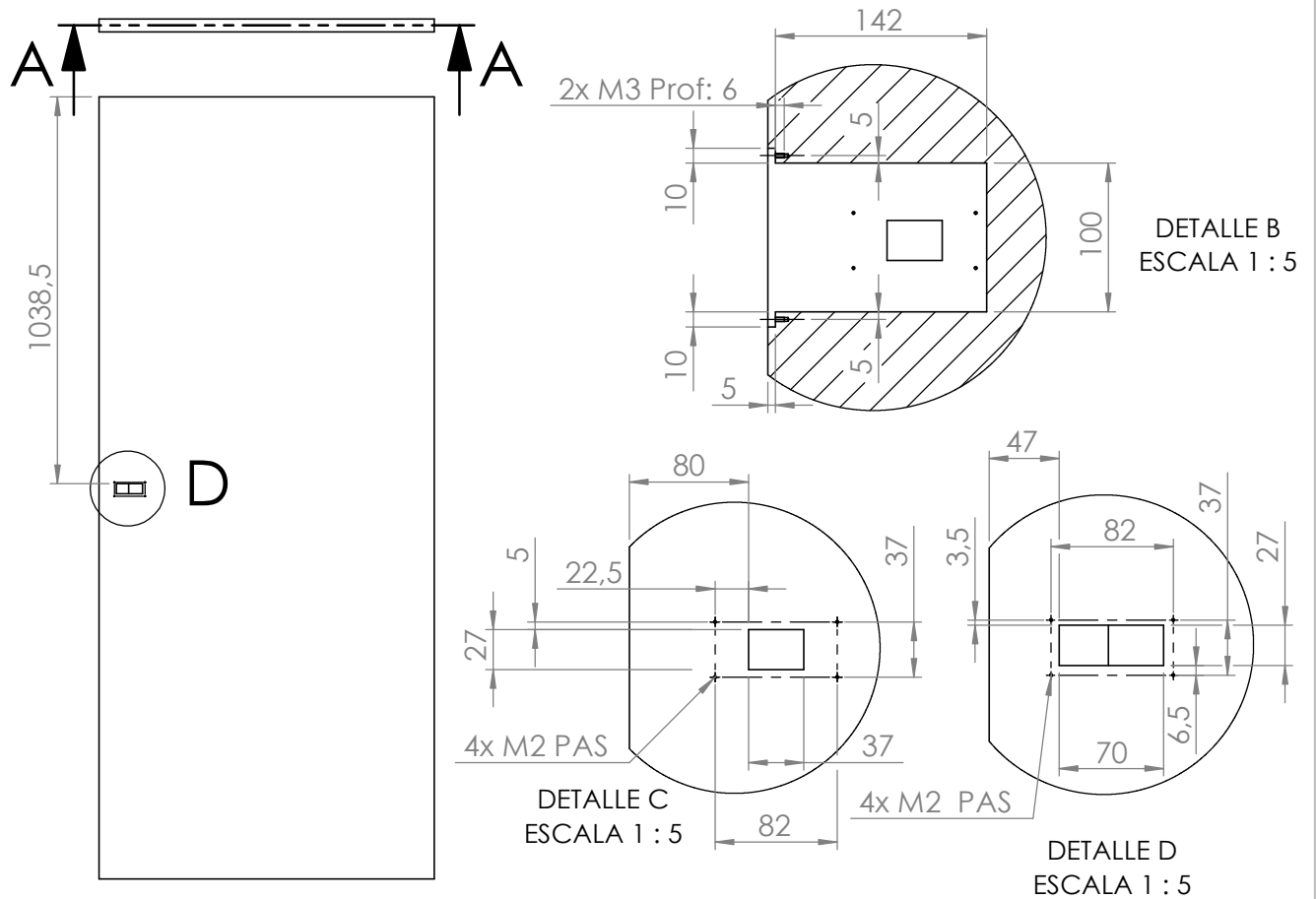
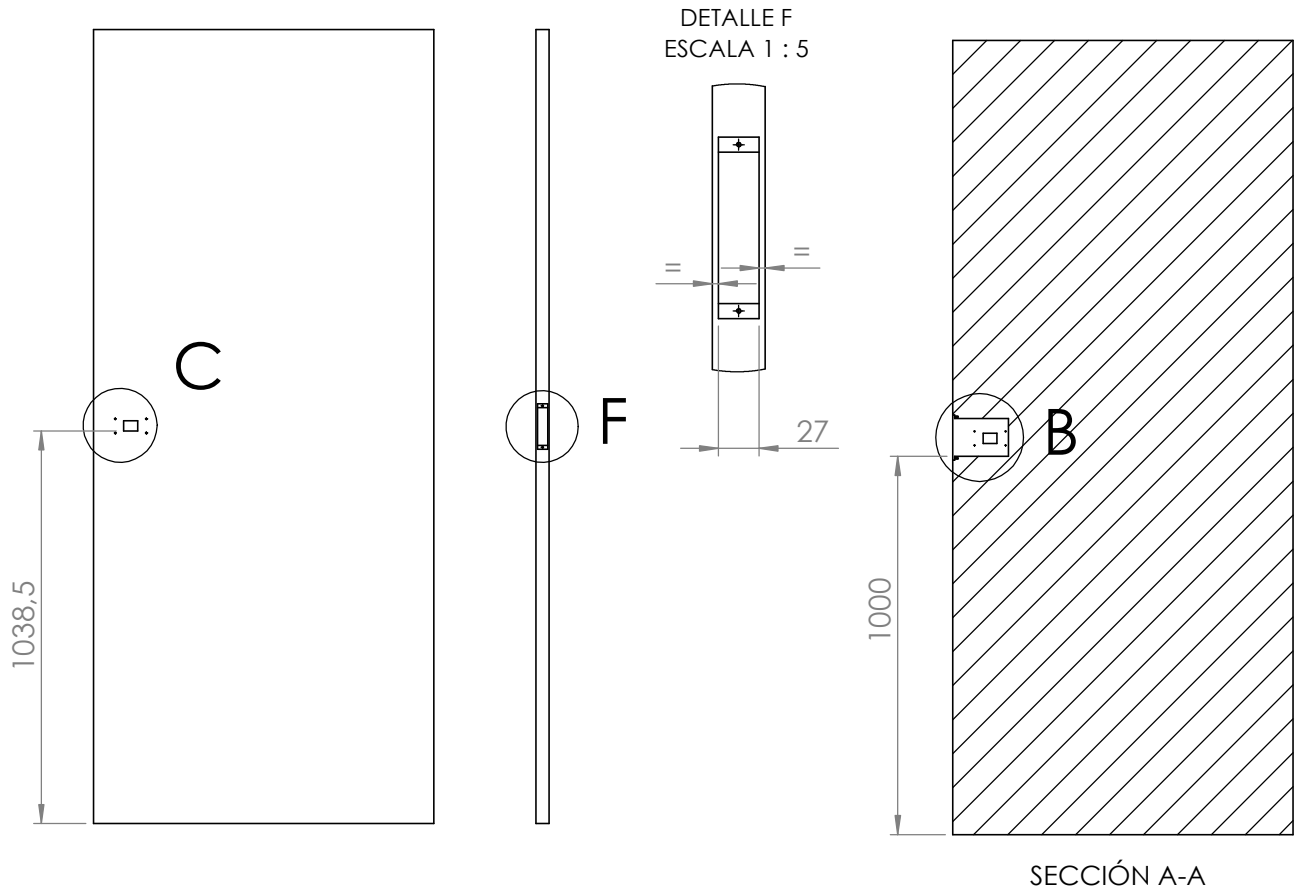
	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	DISEÑO DE CERROJO ACCESIBLE PARA PUERTA CORREDERA	ESPECIFICACIONES GENERALES		
DIBUJADO	23/04/2020	JAVIER PÉREZ	DENOMINACIÓN	ENGANCHE	TOLERANCIAS	ISO 2768fK	
APROBADO			MATERIAL	AISI 304	ACABADOS SUPERFICIALES	N9	
TRABAJO FIN DE GRADO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS	0.5X45°	
E.T.S.I.I.T.			PESO (kg)		UNIDADES	mm	
upna			PLANO	P11	 	A4	
						ESCALA	1:1
						SCALE	1:1





SECCIÓN A-A



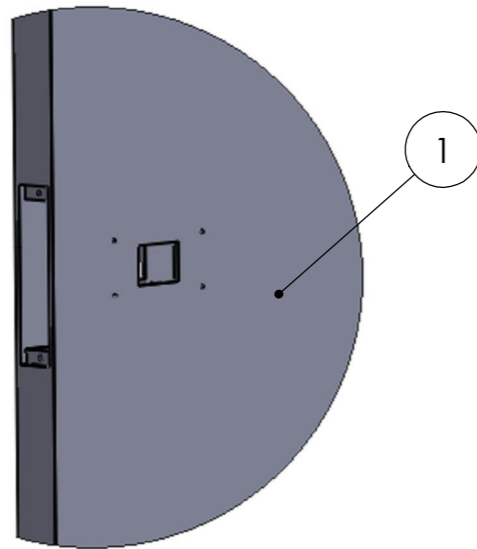
	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	DISEÑO DE CERROJO ACCESIBLE PARA PUERTA CORREDERA	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	29/04/2020	JAVIER PÉREZ	DENOMINACIÓN	EMBELLECEDOR INTERIOR	TOLERANCIAS	ISO 2768fK
APROBADO			MATERIAL		ACABADOS SUPERFICIALES	N9 (N7)
TRABAJO FIN DE GRADO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS	0.5X45°
E.T.S.I.I.T.			PESO (kg)		UNIDADES	mm
upna			PLANO	P12		ESCALA SCALE 1:1
					A4	



	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	29/04/2020	JAVIER PÉREZ	PROYECTO	DISEÑO DE CERROJO ACCESIBLE PARA PUERTA CORREDERA	
APROBADO			DENOMINACIÓN	VACIADO DE PUERTA	
TRABAJO FIN DE GRADO			MATERIAL	TOLERANCIAS	ISO 2768fK
E.T.S.I.I.T.			TRATAMIENTO	ACABADOS SUPERFICIALES	N9
upna			PESO (kg)	MATAR ARISTAS	0.5X45°
PLANO			P13	UNIDADES	mm
				 	A4 ESCALA SCALE 1:20

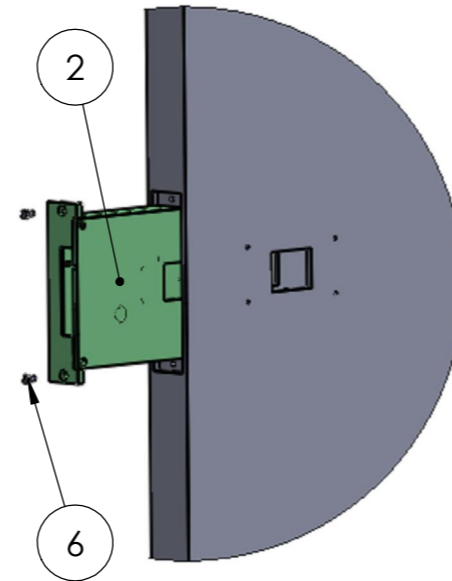
PASO 1:

Realizar vaciado en la puerta y los taladros.
Consultar plano de vaciado de puerta (P13.)



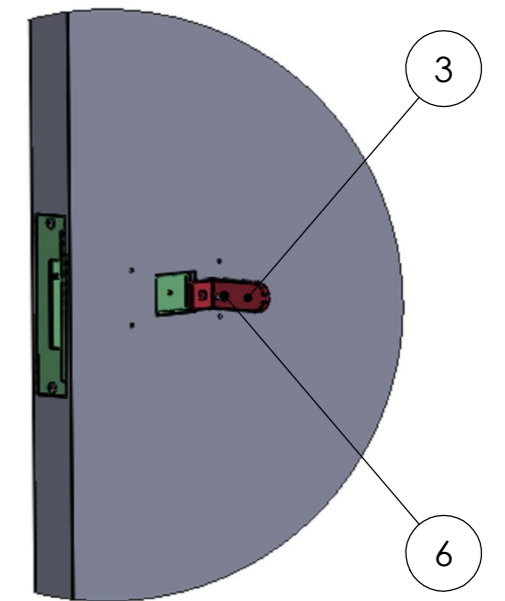
PASO 2:

Colocar el pestillo en el vaciado y atornillar.
Emplear dos tornillos M3 L6



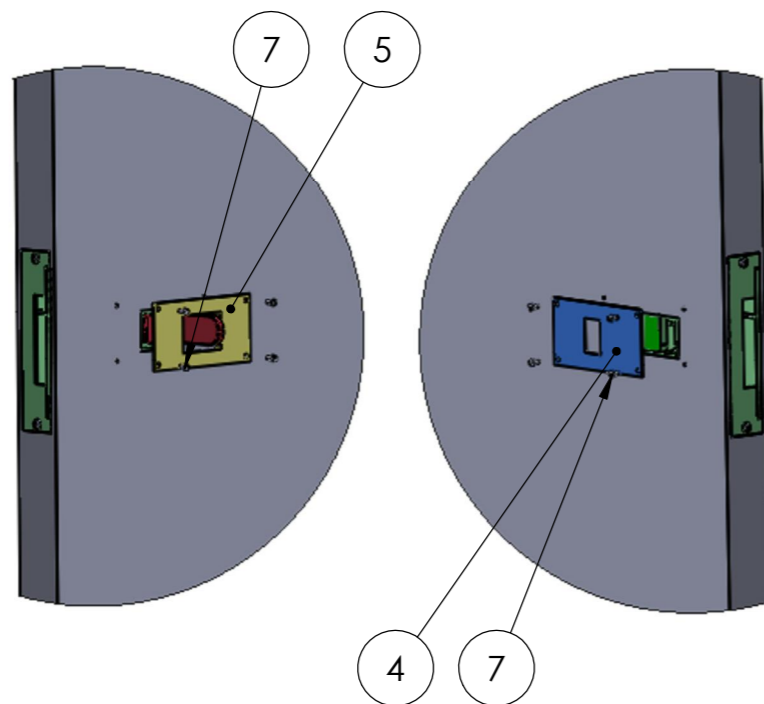
PASO 3:

Colocar la manilla en su lugar y atornillarla.
Emplear un tornillo M3 L6



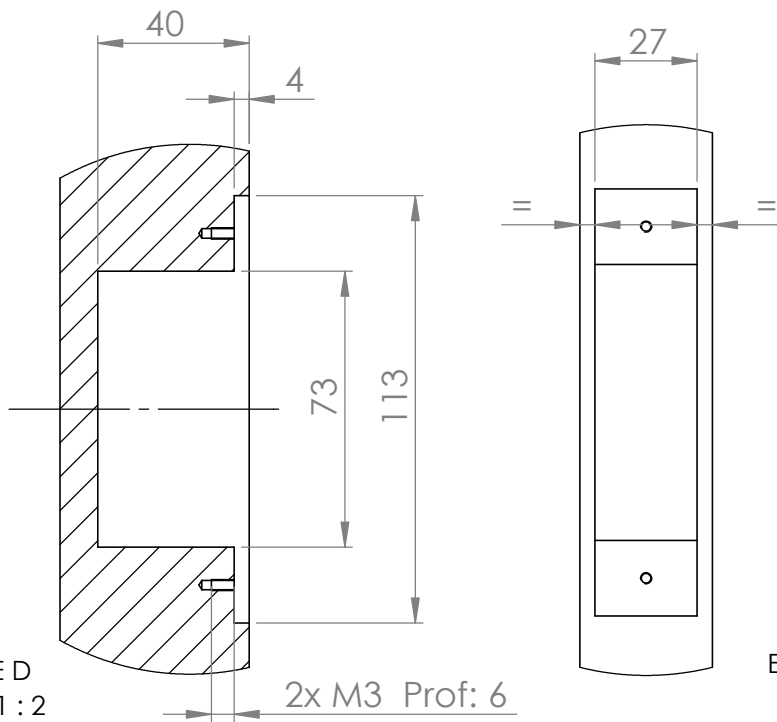
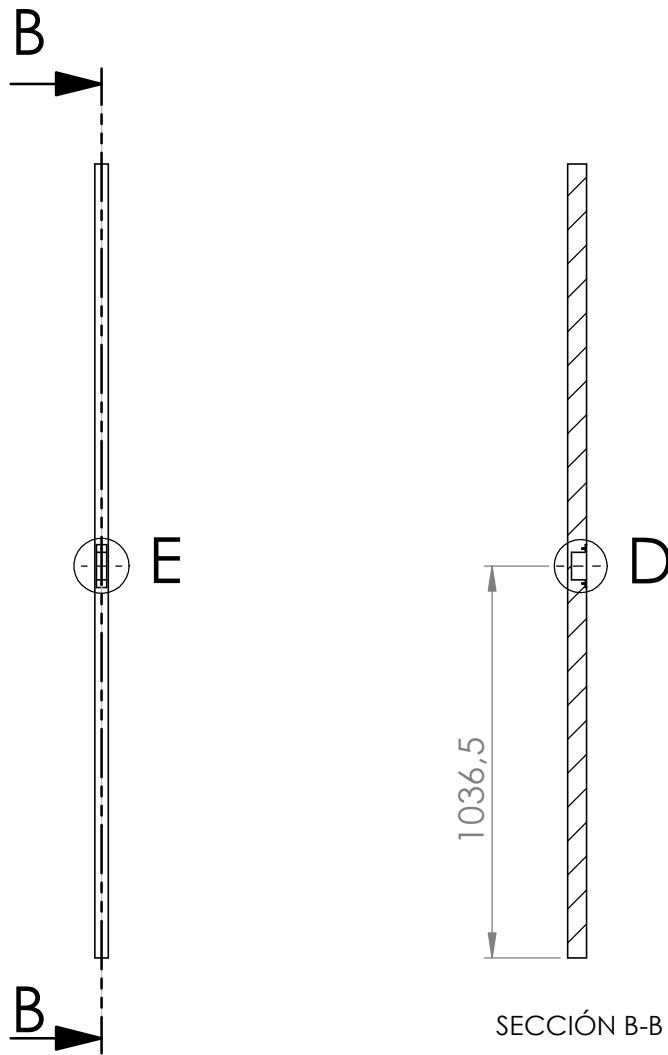
PASO 4:

Colocar los embellecedores en sus posiciones y atornillar.
Emplear tornillos 8x M2 L5



N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	PUERTA	1
2	CONJUNTO PESTILLO	1
3	MANILLA	1
4	EMBELLECEDOR EXTERIOR	1
5	EMBELLECEDOR INTERIOR	1
6	TORNILLO CABEZA RANURADA DIN84 M3 L6	3
7	TORNILLO CABEZA RANURADA DIN84 M2 L5	8

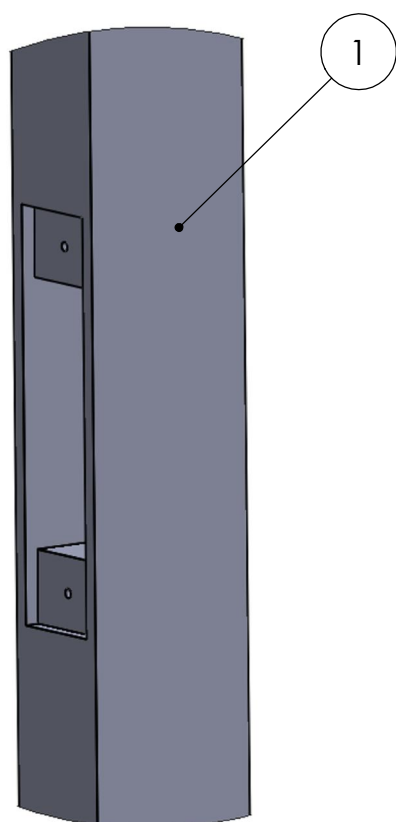
FECHA				NOMBRE				PROYECTO				DISEÑO DE CERROJO ACCESIBLE PARA PUERTA CORREDERA				ESPECIFICACIONES GENERALES			
DIBUJADO		29/04/2020		NOMBRE		JAVIER PÉREZ		DENOMINACIÓN		PLANO DE INSTALACIÓN DEL PESTILLO EN LA PUERTA		TOLERANCIAS		ISO 2768fK					
APROBADO				MATERIAL				TRATAMIENTO				ACABADOS SUPERFICIALES		N9 (N7)					
TRABAJO FIN DE GRADO				PESO (kg)				UNIDADES				MATAR ARISTAS		0.5X45°					
E.T.S.I.I.T.				PLANO		P14		ESCALA		SCALE		A3		1:5					



FECHA		NOMBRE		PROYECTO		ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	29/04/2020	JAVIER PÉREZ		DISEÑO DE CERROJO ACCESIBLE PARA PUERTA CORREDERA		TOLERANCIAS	ISO 2768fK
APROBADO				DENOMINACIÓN VACIADO DEL MARCO		ACABADOS SUPERFICIALES	N9
TRABAJO FIN DE GRADO				MATERIAL		MATAR ARISTAS	0.5X45°
E.T.S.I.I.T.				TRATAMIENTO		UNIDADES	mm
upna				PESO (kg)			ESCALA SCALE 1:20
				PLANO P15			

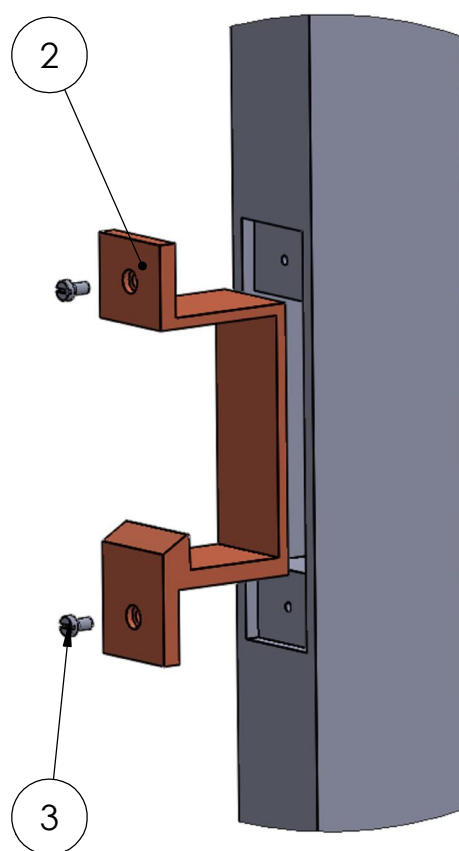
PASO 1:

Realizar vaciado en el marco y los taladros.
Consultar plano de vaciado de marco (P15.)



PASO 2:

Colocar el Enganche en el vaciado y atornillarlo.
Utilizar tornillos 2x M3 L6

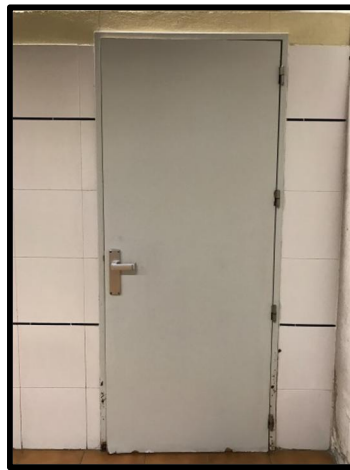


N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	MARCO	1
2	ENGANCHE	1
3	TORNILLO CABEZA RANURADA DIN84 M3 L6	2

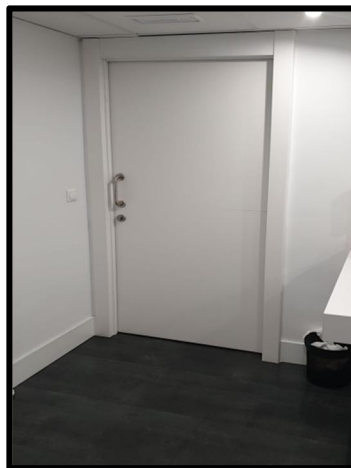
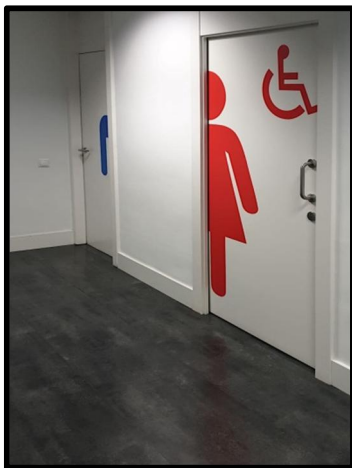
	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	DISEÑO DE CERROJO ACCESIBLE PARA PUERTA CORREDERA	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	29/04/2020	JAVIER PÉREZ	DENOMINACIÓN	PLANO DE INSTALACIÓN DEL ENGANCHE EN EL MARCO	TOLERANCIAS	ISO 2768fK
APROBADO			MATERIAL		ACABADOS SUPERFICIALES	N9
TRABAJO FIN DE GRADO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS	0.5X45°
E.T.S.I.I.T.			PESO (kg)		UNIDADES	mm
upna			PLANO	P16		A4
						ESCALA SCALE 1:5

ANEXO 6. MUESTRAS DEL ESTUDIO

A continuación se incluyen las 15 muestras realizadas en el estudio de la situación actual de la accesibilidad de los baños en Pamplona. Los resultados de estas muestras se analizan en el apartado 4 de la memoria.



Aseos				
Parámetro	Referencia	Med. (cm)	Análisis	Observaciones
Puerta general de los aseos				
Aseos señalizados con pictogramas homologados (incluye el SIA)	CTE – Sí		Si Cumple	
Tamaño del letrero	BP – 16 x 16		Si Cumple	
Altura del letrero	CTE – 80 a 120		No Cumple	
Con relieve	CTE – Sí		Si Cumple	
Con braille	BP – Sí		No Cumple	
Contraste entre el cartel y la pared	CTE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre el pictograma y el fondo del cartel	CTE – Sí		Si Cumple	
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		No Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No		Si Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No		No Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	81	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura del pomo de la puerta	CTE – 80 a 120	100	Si Cumple	
Puerta de cabina adaptada				
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		Si Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No		Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	81	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		No Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura de la manilla o tirador	CTE – 80 a 120	100	Si Cumple	
Cerrojo fácil de manipular	BP – Sí		No Cumple	
Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón	CTE - ≥ 30		No Cumple	
Cerrojo con apertura desde el exterior	BP – Sí		No Cumple	
Cierre de puerta de cabina con sistema visual de “ocupado o libre”	BP – Sí		No Cumple	
Puerta con banda libre inferior	BP - Sí	No	No Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No	No	Si Cumple	



Aseos				
Parámetro	Referencia	Med. (cm)	Análisis	Observaciones
Puerta general de los aseos				
Aseos señalizados con pictogramas homologados (incluye el SIA)	CTE – Sí		Si Cumple	
Tamaño del letrero	BP – 16 x 16	Mayor	Si Cumple	
Altura del letrero	CTE – 80 a 120	148	No Cumple	
Con relieve	CTE – Sí	No	No Cumple	
Con braille	BP – Sí	No	No Cumple	
Contraste entre el cartel y la pared	CTE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre el pictograma y el fondo del cartel	CTE – Sí		Si Cumple	
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		#####	No hay puerta general
La puerta presenta desnivel	CTE - No		#####	"
Puerta con muelle de retorno	BP – No		#####	"
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80		#####	"
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		#####	"
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		#####	"
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		#####	"
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		#####	"
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		#####	"
Altura del pomo de la puerta	CTE – 80 a 120		#####	"
Puerta de cabina adaptada				
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		Si Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No	No	Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	88	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura de la manilla o tirador	CTE – 80 a 120	104	Si Cumple	
Cerrojo fácil de manipular	BP – Sí		No Cumple	
Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón	CTE - ≥ 30	17	No Cumple	
Cerrojo con apertura desde el exterior	BP – Sí		Si Cumple	
Cierre de puerta de cabina con sistema visual de "ocupado o libre"	BP – Sí		Si Cumple	
Puerta con banda libre inferior	BP - Sí		Si Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No	No	Si Cumple	



Aseos				
Parámetro	Referencia	Med. (cm)	Análisis	Observaciones
Puerta general de los aseos				
Aseos señalizados con pictogramas homologados (incluye el SIA)	CTE – Sí		Si Cumple	
Tamaño del letrero	BP – 16 x 16	45x30	Si Cumple	
Altura del letrero	CTE – 80 a 120	146	No Cumple	
Con relieve	CTE – Sí		Si Cumple	
Con braille	BP – Sí		No Cumple	
Contraste entre el cartel y la pared	CTE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre el pictograma y el fondo del cartel	CTE – Sí		Si Cumple	
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		No Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No		No Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No		No Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	94	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		No Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura del pomo de la puerta	CTE – 80 a 120	89	Si Cumple	
Puerta de cabina adaptada				
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		No Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No		No Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	82,5	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		No Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		No Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura de la manilla o tirador	CTE – 80 a 120	100	Si Cumple	
Cerrojo fácil de manipular	BP – Sí		No Cumple	
Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón	CTE - ≥ 30		Si Cumple	
Cerrojo con apertura desde el exterior	BP – Sí		No Cumple	
Cierre de puerta de cabina con sistema visual de “ocupado o libre”	BP – Sí		No Cumple	
Puerta con banda libre inferior	BP - Sí		Si Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No		Si Cumple	



Aseos				
Parámetro	Referencia	Med. (cm)	Análisis	Observaciones
Puerta general de los aseos				
Aseos señalizados con pictogramas homologados (incluye el SIA)	CTE – Sí		Si Cumple	
Tamaño del letrero	BP – 16 x 16		Si Cumple	
Altura del letrero	CTE – 80 a 120		No Cumple	
Con relieve	CTE – Sí		Si Cumple	
Con braille	BP – Sí		Si Cumple	
Contraste entre el cartel y la pared	CTE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre el pictograma y el fondo del cartel	CTE – Sí		Si Cumple	
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		#####	No hay puerta general
La puerta presenta desnivel	CTE - No		#####	"
Puerta con muelle de retorno	BP – No		#####	"
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80		#####	"
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		#####	"
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		#####	"
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		#####	"
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		#####	"
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		#####	"
Altura del pomo de la puerta	CTE – 80 a 120		#####	"
Puerta de cabina adaptada				
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		Si Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No	No	Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	102	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		No Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura de la manilla o tirador	CTE – 80 a 120	105	Si Cumple	
Cerrojo fácil de manipular	BP – Sí		No Cumple	
Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón	CTE - ≥ 30		Si Cumple	
Cerrojo con apertura desde el exterior	BP – Sí		Si Cumple	
Cierre de puerta de cabina con sistema visual de “ocupado o libre”	BP – Sí		No Cumple	
Puerta con banda libre inferior	BP - Sí		Si Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No	No	Si Cumple	



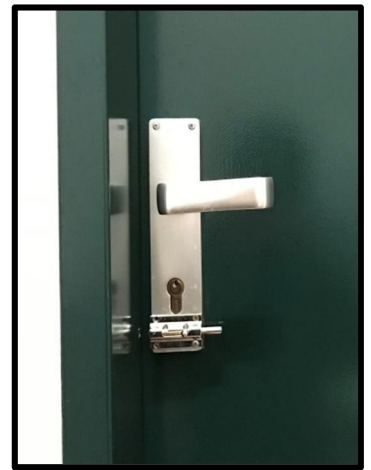
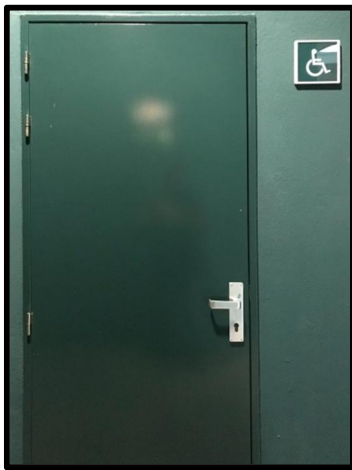
Aseos				
Parámetro	Referencia	Med. (cm)	Análisis	Observaciones
Puerta general de los aseos				
Aseos señalizados con pictogramas homologados (incluye el SIA)	CTE – Sí		Si Cumple	
Tamaño del letrero	BP – 16 x 16		Si Cumple	
Altura del letrero	CTE – 80 a 120		Si Cumple	
Con relieve	CTE – Sí		No Cumple	
Con braille	BP – Sí		Si Cumple	
Contraste entre el cartel y la pared	CTE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre el pictograma y el fondo del cartel	CTE – Sí		Si Cumple	
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		Si Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No		Si Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No		Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	85	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura del pomo de la puerta	CTE – 80 a 120	104	Si Cumple	
Puerta de cabina adaptada				
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		Si Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No	No	Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	85	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura de la manilla o tirador	CTE – 80 a 120		Si Cumple	
Cerrojo fácil de manipular	BP – Sí		Si Cumple	
Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón	CTE - ≥ 30		Si Cumple	
Cerrojo con apertura desde el exterior	BP – Sí		Si Cumple	
Cierre de puerta de cabina con sistema visual de “ocupado o libre”	BP – Sí		Si Cumple	
Puerta con banda libre inferior	BP - Sí	No	Si Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No	No	Si Cumple	



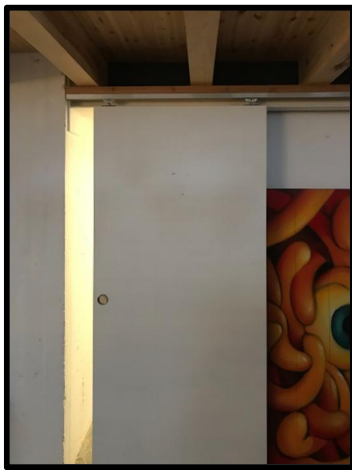
Aseos				
Parámetro	Referencia	Med. (cm)	Análisis	Observaciones
Puerta general de los aseos				
Aseos señalizados con pictogramas homologados (incluye el SIA)	CTE – Sí		Si Cumple	
Tamaño del letrero	BP – 16 x 16	10x16	No Cumple	
Altura del letrero	CTE – 80 a 120	166	No Cumple	
Con relieve	CTE – Sí		Si Cumple	
Con braille	BP – Sí		No Cumple	
Contraste entre el cartel y la pared	CTE – Sí		No Cumple	
Contraste entre el pictograma y el fondo del cartel	CTE – Sí		No Cumple	
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		No Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No	No	Si Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No	No	Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	90	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura del pomo de la puerta	CTE – 80 a 120	106	Si Cumple	
Puerta de cabina adaptada				
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		Si Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No	No	Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	87	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		No Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura de la manilla o tirador	CTE – 80 a 120	106	Si Cumple	
Cerrojo fácil de manipular	BP – Sí		No Cumple	
Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón	CTE - ≥ 30	8	No Cumple	
Cerrojo con apertura desde el exterior	BP – Sí		Si Cumple	
Cierre de puerta de cabina con sistema visual de “ocupado o libre”	BP – Sí		No Cumple	
Puerta con banda libre inferior	BP - Sí		No Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No	No	Si Cumple	



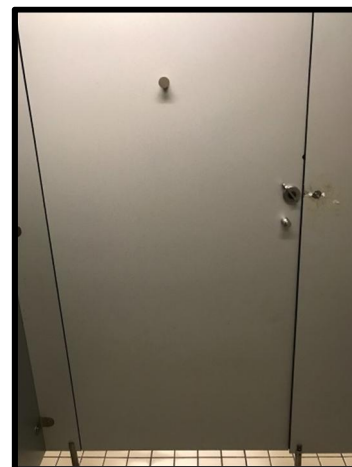
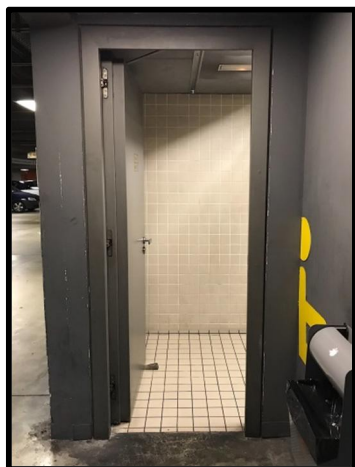
Aseos				
Parámetro	Referencia	Med. (cm)	Análisis	Observaciones
Puerta general de los aseos				
Aseos señalizados con pictogramas homologados (incluye el SIA)	CTE – Sí		Si Cumple	
Tamaño del letrero	BP – 16 x 16	19,5x11,5	No Cumple	
Altura del letrero	CTE – 80 a 120	170	No Cumple	
Con relieve	CTE – Sí		Si Cumple	
Con braille	BP – Sí		No Cumple	
Contraste entre el cartel y la pared	CTE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre el pictograma y el fondo del cartel	CTE – Sí		Si Cumple	
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí	No	No Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No		Si Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No		Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	90	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		#####	No hay puerta
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		#####	"
Altura del pomo de la puerta	CTE – 80 a 120		#####	"
Puerta de cabina adaptada				
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí	Interior	No Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No		Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	90	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura de la manilla o tirador	CTE – 80 a 120	102	Si Cumple	
Cerrojo fácil de manipular	BP – Sí		No Cumple	
Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón	CTE - ≥ 30		Si Cumple	
Cerrojo con apertura desde el exterior	BP – Sí		Si Cumple	
Cierre de puerta de cabina con sistema visual de "ocupado o libre"	BP – Sí		No Cumple	
Puerta con banda libre inferior	BP - Sí		No Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No		No Cumple	



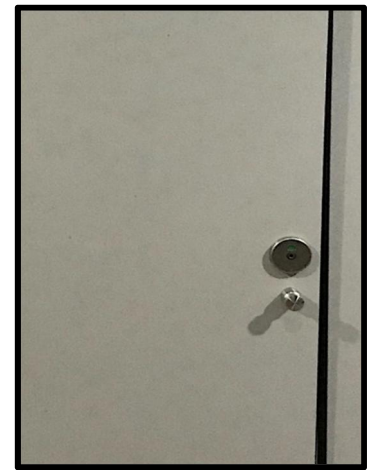
Aseos				
Parámetro	Referencia	Med. (cm)	Análisis	Observaciones
Puerta general de los aseos				
Aseos señalizados con pictogramas homologados (incluye el SIA)	CTE – Sí		Si Cumple	
Tamaño del letrero	BP – 16 x 16		Si Cumple	
Altura del letrero	CTE – 80 a 120		No Cumple	
Con relieve	CTE – Sí		Si Cumple	
Con braille	BP – Sí		No Cumple	
Contraste entre el cartel y la pared	CTE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre el pictograma y el fondo del cartel	CTE – Sí		Si Cumple	
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		#####	No hay puerta general
La puerta presenta desnivel	CTE - No		#####	No hay
Puerta con muelle de retorno	BP – No		#####	No hay
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80		#####	No hay
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		#####	No hay
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		#####	No hay
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		#####	No hay
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		#####	No hay
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		#####	No hay
Altura del pomo de la puerta	CTE – 80 a 120		#####	No hay
Puerta de cabina adaptada				
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		Si Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No	No	Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	82	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		No Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura de la manilla o tirador	CTE – 80 a 120	99	Si Cumple	
Cerrojo fácil de manipular	BP – Sí		No Cumple	
Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón	CTE - ≥ 30		No Cumple	
Cerrojo con apertura desde el exterior	BP – Sí		No Cumple	
Cierre de puerta de cabina con sistema visual de “ocupado o libre”	BP – Sí		No Cumple	
Puerta con banda libre inferior	BP - Sí		No Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No	No	Si Cumple	



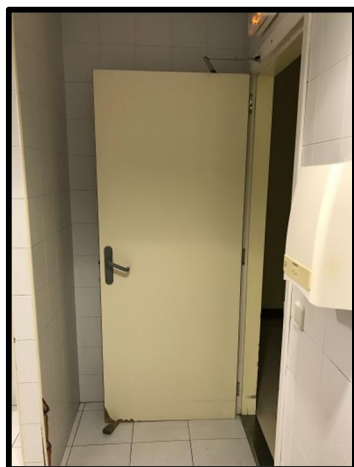
Aseos				
Parámetro	Referencia	Med. (cm)	Análisis	Observaciones
Puerta general de los aseos				
Aseos señalizados con pictogramas homologados (incluye el SIA)	CTE – Sí		Si Cumple	
Tamaño del letrero	BP – 16 x 16	20x13	Si Cumple	
Altura del letrero	CTE – 80 a 120	170	No Cumple	
Con relieve	CTE – Sí		Si Cumple	
Con braille	BP – Sí		No Cumple	
Contraste entre el cartel y la pared	CTE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre el pictograma y el fondo del cartel	CTE – Sí		Si Cumple	
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		Si Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No		Si Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No		Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	82,5	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		No Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura del pomo de la puerta	CTE – 80 a 120	100	Si Cumple	
Puerta de cabina adaptada				
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		Si Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No		Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		No Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura de la manilla o tirador	CTE – 80 a 120		Si Cumple	
Cerrojo fácil de manipular	BP – Sí		No Cumple	
Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón	CTE - ≥ 30	9	No Cumple	
Cerrojo con apertura desde el exterior	BP – Sí		Si Cumple	
Cierre de puerta de cabina con sistema visual de “ocupado o libre”	BP – Sí		No Cumple	
Puerta con banda libre inferior	BP - Sí	No	No Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No	No	Si Cumple	



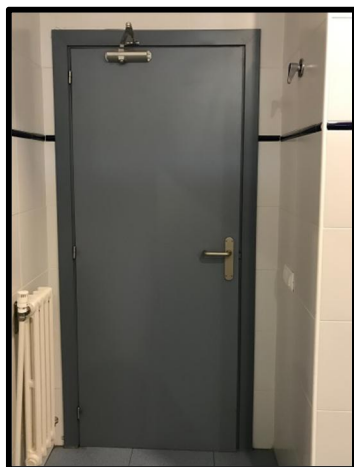
Aseos				
Parámetro	Referencia	Med. (cm)	Análisis	Observaciones
Puerta general de los aseos				
Aseos señalizados con pictogramas homologados (incluye el SIA)	CTE – Sí		Si Cumple	
Tamaño del letrero	BP – 16 x 16	8x8	No Cumple	
Altura del letrero	CTE – 80 a 120	180	No Cumple	
Con relieve	CTE – Sí		Si Cumple	
Con braille	BP – Sí		No Cumple	
Contraste entre el cartel y la pared	CTE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre el pictograma y el fondo del cartel	CTE – Sí		Si Cumple	
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		No Cumple	Interior
La puerta presenta desnivel	CTE - No		Si Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No		No Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	78,5	No Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		No Cumple	Choca con papelera
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		No Cumple	Con puerta cerrada Sí
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		No Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		No Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura del pomo de la puerta	CTE – 80 a 120	104	Si Cumple	
Puerta de cabina adaptada				
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		Si Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No		Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	81,5	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		No Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		No Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		No Cumple	
Altura de la manilla o tirador	CTE – 80 a 120	108	Si Cumple	
Cerrojo fácil de manipular	BP – Sí	110	Si Cumple	
Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón	CTE - ≥ 30		Si Cumple	
Cerrojo con apertura desde el exterior	BP – Sí		Si Cumple	
Cierre de puerta de cabina con sistema visual de “ocupado o libre”	BP – Sí		Si Cumple	
Puerta con banda libre inferior	BP - Sí		Si Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No		Si Cumple	



Aseos				
Parámetro	Referencia	Med. (cm)	Análisis	Observaciones
Puerta general de los aseos				
Aseos señalizados con pictogramas homologados (incluye el SIA)	CTE – Sí		No Cumple	Minusválidos no señalizado
Tamaño del letrero	BP – 16 x 16	23x23	Si Cumple	
Altura del letrero	CTE – 80 a 120	159	No Cumple	
Con relieve	CTE – Sí		Si Cumple	
Con braille	BP – Sí		Si Cumple	
Contraste entre el cartel y la pared	CTE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre el pictograma y el fondo del cartel	CTE – Sí		No Cumple	
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		Si Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No		Si Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No		Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura del pomo de la puerta	CTE – 80 a 120	104	Si Cumple	
Puerta de cabina adaptada				
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		Si Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No		Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	81	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		No Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		No Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		No Cumple	
Altura de la manilla o tirador	CTE – 80 a 120	99	Si Cumple	
Cerrojo fácil de manipular	BP – Sí		Si Cumple	
Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón	CTE - ≥ 30	49	Si Cumple	
Cerrojo con apertura desde el exterior	BP – Sí		Si Cumple	
Cierre de puerta de cabina con sistema visual de “ocupado o libre”	BP – Sí		Si Cumple	
Puerta con banda libre inferior	BP - Sí		Si Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No		Si Cumple	



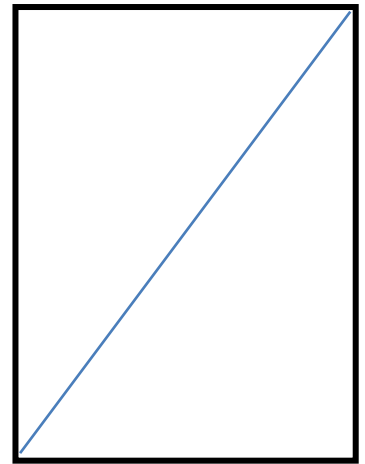
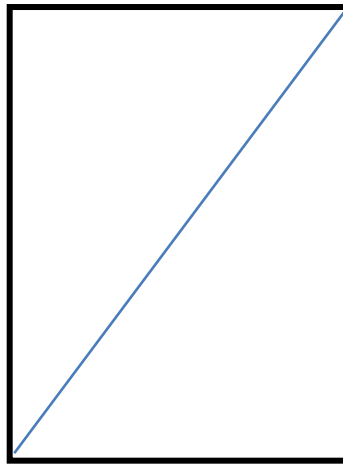
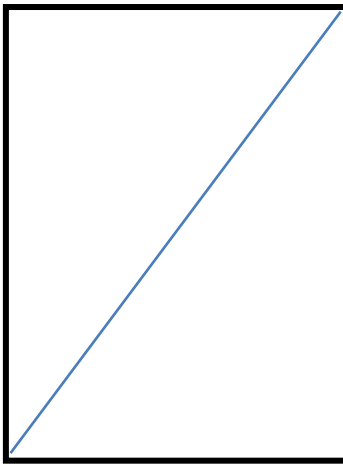
Aseos				
Parámetro	Referencia	Med. (cm)	Análisis	Observaciones
Puerta general de los aseos				
Aseos señalizados con pictogramas homologados (incluye el SIA)	CTE – Sí		No Cumple	No indica minusvalidos
Tamaño del letrero	BP – 16 x 16		No Cumple	"
Altura del letrero	CTE – 80 a 120		No Cumple	"
Con relieve	CTE – Sí		No Cumple	"
Con braille	BP – Sí		No Cumple	"
Contraste entre el cartel y la pared	CTE – Sí		No Cumple	"
Contraste entre el pictograma y el fondo del cartel	CTE – Sí		No Cumple	"
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		No Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No		Si Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No		Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	81	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		No Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura del pomo de la puerta	CTE – 80 a 120	104	Si Cumple	
Puerta de cabina adaptada				
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		No Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No	No	Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	81	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		No Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura de la manilla o tirador	CTE – 80 a 120	104	Si Cumple	
Cerrojo fácil de manipular	BP – Sí		No Cumple	
Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón	CTE - ≥ 30		Si Cumple	
Cerrojo con apertura desde el exterior	BP – Sí		No Cumple	
Cierre de puerta de cabina con sistema visual de "ocupado o libre"	BP – Sí		No Cumple	
Puerta con banda libre inferior	BP - Sí	No	No Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No	No	Si Cumple	



Aseos				
Parámetro	Referencia	Med. (cm)	Análisis	Observaciones
Puerta general de los aseos				
Aseos señalizados con pictogramas homologados (incluye el SIA)	CTE – Sí		No Cumple	No indica minusvalidos
Tamaño del letrero	BP – 16 x 16		No Cumple	"
Altura del letrero	CTE – 80 a 120		No Cumple	"
Con relieve	CTE – Sí		No Cumple	"
Con braille	BP – Sí		No Cumple	"
Contraste entre el cartel y la pared	CTE – Sí		No Cumple	"
Contraste entre el pictograma y el fondo del cartel	CTE – Sí		No Cumple	"
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		No Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No		Si Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No		No Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	81	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura del pomo de la puerta	CTE – 80 a 120	107	Si Cumple	
Puerta de cabina adaptada				
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		Si Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No	No	Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	81	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura de la manilla o tirador	CTE – 80 a 120	107	Si Cumple	
Cerrojo fácil de manipular	BP – Sí		No Cumple	
Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón	CTE - ≥ 30		Si Cumple	
Cerrojo con apertura desde el exterior	BP – Sí		No Cumple	
Cierre de puerta de cabina con sistema visual de "ocupado o libre"	BP – Sí		No Cumple	
Puerta con banda libre inferior	BP - Sí		No Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No	No	Si Cumple	



Aseos				
Parámetro	Referencia	Med. (cm)	Análisis	Observaciones
Puerta general de los aseos				
Aseos señalizados con pictogramas homologados (incluye el SIA)	CTE – Sí		Si Cumple	
Tamaño del letrero	BP – 16 x 16	18x18	Si Cumple	
Altura del letrero	CTE – 80 a 120	160	No Cumple	
Con relieve	CTE – Sí		Si Cumple	
Con braille	BP – Sí		Si Cumple	
Contraste entre el cartel y la pared	CTE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre el pictograma y el fondo del cartel	CTE – Sí		Si Cumple	
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		#####	No hay puerta general
La puerta presenta desnivel	CTE - No		#####	"
Puerta con muelle de retorno	BP – No		#####	"
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80		#####	"
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		#####	"
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		#####	"
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		#####	"
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		#####	"
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		#####	"
Altura del pomo de la puerta	CTE – 80 a 120		#####	"
Puerta de cabina adaptada				
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		No Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No	No	Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	87	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		No Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		No Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura de la manilla o tirador	CTE – 80 a 120		Si Cumple	
Cerrojo fácil de manipular	BP – Sí		No Cumple	
Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón	CTE - ≥ 30		Si Cumple	
Cerrojo con apertura desde el exterior	BP – Sí		Si Cumple	
Cierre de puerta de cabina con sistema visual de “ocupado o libre”	BP – Sí		No Cumple	
Puerta con banda libre inferior	BP - Sí		No Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No	No	Si Cumple	



Aseos				
Parámetro	Referencia	Med. (cm)	Análisis	Observaciones
Puerta general de los aseos				
Aseos señalizados con pictogramas homologados (incluye el SIA)	CTE – Sí		No Cumple	
Tamaño del letrero	BP – 16 x 16	10x16	No Cumple	
Altura del letrero	CTE – 80 a 120	166	#####	
Con relieve	CTE – Sí		#####	
Con braille	BP – Sí		#####	
Contraste entre el cartel y la pared	CTE – Sí		#####	
Contraste entre el pictograma y el fondo del cartel	CTE – Sí		#####	
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		Si Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No	No	Si Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No	No	Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	98	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura del pomo de la puerta	CTE – 80 a 120	104	Si Cumple	
Puerta de cabina adaptada				
Puerta abatible hacia el exterior o corredera	CTE – Sí		Si Cumple	
La puerta presenta desnivel	CTE - No	No	Si Cumple	
Ancho de la puerta	CTE - ≥ 80	99	Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente antes de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Diámetro del espacio libre de giro frente después de la puerta	CTE - ≥ 120		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y la pared	UNE – Sí		Si Cumple	
Contraste entre la puerta y su manilla	UNE – Sí		Si Cumple	
Pomo tipo manilla o tirador	CTE – Sí		Si Cumple	
Altura de la manilla o tirador	CTE – 80 a 120	104	Si Cumple	
Cerrojo fácil de manipular	BP – Sí		Si Cumple	
Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón	CTE - ≥ 30		Si Cumple	
Cerrojo con apertura desde el exterior	BP – Sí		Si Cumple	
Cierre de puerta de cabina con sistema visual de “ocupado o libre”	BP – Sí		No Cumple	
Puerta con banda libre inferior	BP - Sí		Si Cumple	
Puerta con muelle de retorno	BP – No	No	Si Cumple	