

Diseño del sistema de interconexión entre los vagones autopropulsados de tipo Apolo FEVE 2400 para su uso en Costa Rica

instituto tecnológico de costa rica

escuela de ingeniería en diseño industrial

proyecto de graduación, bachillerato universitario

michael j. sanabria astúa

Cartago, Costa Rica

|| semestre, noviembre 2018



Investigación y Fotografía **Michael J. Sanabria Astúa**
Edición y Diseño Editorial de Tesis **Michael J. Sanabria Astúa**

DEDICATORIA

A mis papás y a mi hermana,
que les debo todo.

ÍNDICE

01 investigación previa 11

Anteproyecto 45

Alcances y limitaciones del proyecto 67

Problema 63

Síntesis de objetivos 65

Situación actual 45

Especificaciones del producto 69

Requisitos y características del sistema 69

Identificación de las necesidades 33

Análisis y jerarquía de las necesidades 35

Cuadro de involucrados 33

Problemática actual 15

Deficiencias en los sistemas de acople flexible actuales 25

Entrevistas con los involucrados 17

Sistemas actuales 19

02 análisis 73

ANÁLISIS DE LO EXISTENTE 75

Comparación de aspectos positivos y negativos 115

Tipos de sistemas 75

ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS 117

Mecanismos, uniones, sistemas y subsistemas 117

Posibles materiales 125

Posibles procesos de manufactura 129

ANÁLISIS ERGONÓMICO 133

Análisis biomecánico y antropométrico 141

Análisis de usabilidad 139

Características de los involucrados 133

ANÁLISIS PERCEPTUAL 145

Análisis cromático 149

Ejes semánticos 147

Frase semántica 145

03 conceptualización 151

GENERACIÓN DE CONCEPTO 153

Conceptos de diseño 155

¿Qué? & ¿Cómo? 153

04 propuestas 157

DESARROLLO DE PROPUESTAS 159

Desarrollo de alternativas 169

Propuestas de componentes estandarizados 159

Propuestas de materiales 165

Propuestas de procesos de manufactura 167

05 propuesta final 195

Entregables 197

Modelo 3D 197

Renders 203

06 bibliografía & anexos 211

anexos 215

bibliografía 213

Diseño del sistema de interconexión entre los vagones autopropulsados de tipo Apolo FEVE 2400 para su uso en Costa Rica

01

INVESTIGACIÓN PREVIA

**AQUI TRABAJAMOS
POR EL PROGRESO DE
COSTA RICA**

CONSERVEMOS CON
ESFUERZO Y DEDICACION
LO QUE NUESTROS ABUELOS
CONSTRUYERON CON
SUDOR Y SANGRE!



1.1 PROBLEMÁTICA ACTUAL

»»»

El Instituto Costarricense de Ferrocarriles, creado por la Ley N° 7001, del 19 de setiembre de 1985, es una institución de derecho público, con autonomía administrativa, personalidad jurídica y patrimonio propio, y se rige por las disposiciones establecidas en dicha ley y sus reglamentos, así como en las leyes que la complementen. Esta ley une los dos ferrocarriles, Atlántico y Pacífico y abarca todos los ramales que desde 1871 han formado parte del patrimonio ferroviario nacional. (Incofer.go.cr, 2018)

El Gobierno del Lic. Miguel Ángel Rodríguez Echeverría, emite el Decreto N° 035 del 9 de setiembre de 1998, acordando la Reanudación de la Actividad Ferroviaria en el transporte de personas y cosas, comenzando por la región Atlántica y en las demás regiones donde se estimase oportuno. (Incofer.go.cr, 2018)

En INCOFER se brinda el servicio de transporte público para la población. Adicional, se utiliza para el transporte de carga pesada agilizando tiempos de transporte y disminuyendo los costos, esta es su actividad principal y la que genera los recursos para la operación. (Incofer.go.cr, 2018)

Rutas en servicio de transporte urbano:

- Belén - Curridabat - Pavas
- Cartago
- Alajuela - Rio Segundo - Heredia - San José

El instituto Costarricense de Ferrocarriles es la institución gubernamental que se encarga del transporte de pasajeros y carga por medio de la vía férrea. En el año 2017, el Ing. Javier Moreira, egresado del Tecnológico de Costa Rica y el entonces Jefe del Dept. de operaciones del INCOFER se acerca a la Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial en busca de ayuda puesto se ha presentado un problema con los acoples flexibles de los vagones autopropulsados tipo Apolo FEVE 2400 que dan servicio en Costa Rica desde el año 2011. Las múltiples colisiones y descarrilamientos han provocado que estos acoples se dañaran y por ende la institución se encuentra en la necesidades de nuevas unidades para colocar en los vagones.

Anteriormente se había solicitado a dos empresas locales la manufactura de prototipos pero los resultados no fueron exitosos. Cabe rescatar además, que la compra de unidades al proveedor original Hübner - Group tiene un costo muy elevado para las posibilidades de la empresa. Por esto la se desea manufacturar los acoples en el Taller del INCOFER en San José.

1.1.1 Entrevistas con los involucrados

La primera dinámica en el proceso de descubrimiento y entendimiento del problema fue la realización de entrevistas a los involucrados.

Las entrevistas se practicaron a:

- Kendall López, jefe interino del taller.
- Jose Pizarro, mecánico / soldador.
- Usuarios del servicio de trenes.

Las entrevistas arrojaron varias problemáticas y deseos en cuanto al funcionamiento del sistema y las posibles soluciones del mismo. Esta información fue relevante para la generación de la lista de necesidades desarrollada en el punto 1.2.1.

Dichas entrevistas se pueden consultar en los anexos 01 y 02.

1.1.2 Sistemas actuales



Los vagones autopropulsados FEVE 2400 son unidades cuyo diseño es del año 1980 por la empresa española FEVE para la ferroviaria RENFE. Sirvieron en dicho país por un lapso aproximado de 10 años hasta que se implementaron nuevos modelos y estos se volvieron obsoleto. El apodo "Apolo" responde a la complejidad que presentaba operar una de estas unidades, por lo que se compara con el cohete espacial del mismo nombre.

Dichas unidades originalmente no tenían un sistema de acople flexible de tipo acordeón, y además se diseñaron vagones que no tenían cabina, los cuales se disponían entre dos unidades con cabina. Las últimas unidades compradas, sin embargo, sólo funcionan en pares, con motores diésel de 1200 litros dependientes que funcionan en conjunto para dar tracción al sistema.

La implementación de los acoples flexibles se hizo antes de que estas unidades arribaran al país.



Vagones autopropulsados FEVE 2400 con pintura original para la empresa ferroviaria española RENFE.
Fuente:



Los mismos vagones con la nueva pintura para la empresa ferroviaria costarricense INCOFER.
Fuente:

Las unidades autopropulsadas de tipo mini - Apolo FEVE 2400 fueron compradas a la empresa española FEVE en el año 2011. Estas unidades fueron parte de la flotilla de unidades de la empresa desde su manufactura en 1980. Estas fueron adaptadas con un sistema de acople entre vagones flexible que permitiera el paso. Dicho acople fue fabricado originalmente por la empresa Hübner - Group, con sede central en Alemania. Esta empresa fue la proveedora de los acordeones por los 10 años que estas unidades dieron servicio en España. Al momento de llegar las unidades al país en el año 2011 las unidades venían con dichos acoples.



1.1.3 Deficiencias en los sistemas de acople flexible actuales

Los acoples originales han servido por el tiempo que las unidades han estado en servicio en el país, desde el 2013. En el transcurso se han perdido varias unidades por colisiones y descarrilamientos. Dada esta situación, la empresa decide solicitar ayuda a dos empresas nacionales de carrocería: Traveta S.A y Mercurio S.A.

Ambas empresas manufacturan prototipos, sin embargo, ninguno de los prototipos día resultados positivos en el uso. Los sistemas de los prototipos fallaron o colapsaron una vez que estos fueron implementados, algunos inclusive a tan 15 días de haberse implementado. La falta de capacitación técnica de las empresas consultadas se convirtió en una de las grandes limitaciones, acompañada del estado de la vía férrea entre otros factores impidieron llegar a buen término en una solución.

Los sistemas de acople flexible se desempeñaron bien para el contexto el cual fueron diseñados, sin embargo, la topología de la estructura ferroviaria nacional y el contexto social no permitieron el buen desempeño de estos en el país.



Desgaste presentado en los acoples flexibles, generado por la fricción de los componentes entre sí. Esta fricción es producto de la irregularidad de la vía férrea en el país.



Los principales desgastes sufridos por estos componentes se dieron en el material flexible, un material compuesto entre polímero y textiles, cocido en las esquinas. La vida útil de estos acordeones fue de más de 15 años. ¡0 años en España y 5 en el país. Esto sin contar aquellos acoples que fueron dañados en descarrilamientos o colisiones.



Prototipos fabricados por la empresa Mercurio S.A. El tipo de textil utilizado no tenía las cualidades físicas necesarias para poder soportar el constante roce entre las partes.



La estructura fue fabricada en tubo de hierro negro de 1/2 x 1/2 pulgadas, soldado en las uniones. Los primeros puntos en fallar fueron las soldaduras. Una platina de aluminio fue atornillada a esta estructura para colocar entre ambas partes el textil. En el momento en que se perforó el textil para prensarlo, se debilitaron sus capacidades físicas de resistencia, por tanto se rasgaron en estos puntos cuando fueron puestos a prueba.





A la izquierda se presenta el prototipo de Traveta S.A. y a derecha el de Mercurio S.A. La primera incrementó la vida útil del producto cambiando los componentes estructurales de hierro a aluminio, por tanto era este más flexible. Además utilizó otro tipo de textil para generar el acordeón. Sin embargo, a los 22 días de haber sido implementado, se presentaron daños.

1.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES



1.2.1 Cuadro de involucrados

Técnicos de
mantenimiento

Intereses	Problemas
<p>Agilizar / optimizar el proceso de mantenimiento</p> <p>Evitar daños mayores en descarrilamientos y colisiones</p> <p>Proveer salidas de emergencia</p> <p>Garantizar seguridad del pasajero</p>	<p>Acoples son irrecuperables después de una colisión o descarrilamiento</p> <p>Acoples se dañan en el uso</p> <p>Piso es difícil de sustituir / reparar</p> <p>No existen unidades de piso para sustituir</p> <p>Los prototipos se acoplaron indefinidamente a las unidades</p> <p>No existe el recurso humano, conocimiento, ni material para poder dar el servicio de mantenimiento adecuado</p>
<p>Brindar un servicio de calidad</p> <p>Viajar de manera segura y rápida a mi destino</p> <p>Brindar un servicio seguro a mis pasajeros</p> <p>Poder cambiar de cabina una vez finalice mi trayectoria</p> <p>Poder asistir de manera adecuada al maquinista</p>	<p>Falta de consistencia en el servicio brindado por no poder darle mantenimiento rápido y adecuado a las unidades</p> <p>Descarrilamiento constante de las máquinas por el estado de las vías. Choques ocasionados por la falta de cultura en el país</p> <p>Las personas viajan entre los acoples flexibles, expuestos a altos riesgos de mortalidad en caso de colisiones o descarrilamientos</p> <p>El cambio de dirección de la máquina implica moverse de una de las máquinas de conducción hacia la otra, lo cual se da mediante el acople flexible</p>

Maquinistas / ayudantes

Funcionarios encargados
de cobros

Intereses	Problemas
<p>Viajar de manera segura</p> <p>Poder brindar un servicio de calidad</p> <p>Poder cobrar el pasaje de manera correcta</p> <p>Poder movilizarme dentro del vagón</p> <p>Poder pasar de un vagón a otro para hacer el cobro</p> <p>Poder asistir a las personas que viajan en el tren</p>	<p>No me siento seguro cuando viajo dentro del tren</p> <p>No puedo brindar un servicio de calidad por la gran cantidad de personas</p> <p>No puedo cobrar el pasaje de manera adecuada por la sobrecarga de personas</p> <p>No me puedo movilizar con libertad dentro del vagón para hacer el cobro</p> <p>Pasar de un vagón a otro significa un riesgo puesto que debo cruzar por un acople cargado de personas</p> <p>No podría asistir a una persona en peligro o con alguna crisis de salud de manera correcta</p>
<p>Llegar a mi lugar de destino</p> <p>Viajar de modo seguro</p> <p>No atrasarme en mi llegada ni en mi partida</p> <p>Tener espacio para viajar</p>	<p>Falta de regularidad en el servicio</p> <p>No me siento seguro cuando viajo en el tren</p> <p>El tren llega tarde y los accidentes / colisiones no permiten mi segura llegada</p> <p>El tren va sobrecargado, entonces no tengo espacio suficiente para viajar de manera segura</p>
<p>Disminuir costos</p> <p>Mantener el servicio</p> <p>Proveer seguridad a los usuarios</p> <p>Agilizar el proceso de mantenimiento</p>	<p>Costos elevados de repuestos</p> <p>Costos elevados de mantenimiento</p> <p>Lento proceso de mantenimiento</p> <p>El tiempo de las máquinas en mantenimiento disminuye la calidad del servicio por falta de unidades disponibles</p>

Clientes del
servicio de
transporte

Depto. De
mantenimiento

Necesidades interpretadas

Tabla.01

Clasific.	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada	#
Entorno	Los acoples originales (kit) no fueron diseñados para este entorno de uso	El sistema contempla las condiciones que se presentan en el país	N/a
Vida útil	Los prototipos tienen una vida promedio de 15 días antes de presentar daños	El sistema estructural trata de disminuir los daños en el mismo en el corto plazo por el uso	N/a
Entorno	Los vagones autopropulsados son sobrecargados con pasajeros hasta en un 150% de su capacidad máxima	El sistema no compromete la integridad del usuario en el evento de sobrecarga del vagón	0
Vida útil	La vida útil de los prototipos en total es de 3 meses	El sistema tiene una vida útil que permite diluir el costo de este durante el tiempo de manera rentable	N/a
-	Mantener el servicio funcionando	El sistema permite la prestación del servicio de manera adecuada	N/a
Manten.	El reemplazo de acoples fuera del taller es muy complejo	El sistema se puede reemplazar fuera del taller de forma rápida y sencilla	3
Manten.	Los operarios tardan de 30 minutos a 3 horas en ensamblar un acople	El sistema se puede ensamblar de forma rápida y sencilla	2
Manten.	Se necesitan de 2 a 3 personas para ensamblar un acople	El número de personas requerido para ensamblar un sistema es de 2 a 3	3
Colisiones	Los acoples quedan inservibles después de un descarrilamiento o colisión	El sistema sufre la menor cantidad de daños posibles en un descarrilamiento o colisión	0
Colisiones	El piso perfora el cobertor del acople durante un descarrilamiento o colisión	El sistema evita que los subsistemas se comprometan entre sí	0
Manten.	No existen unidades de piso para sustituir	El sistema se descompone en partes que son de fácil manufactura para la empresa	0
Manten.	El costo del producto original está fuera del presupuesto de la empresa	El sistema tiene un costo adecuado a las posibilidades de la empresa	0
Entorno	El acople está expuesto a 4 fuerzas durante el recorrido	El sistema soporta la aplicación de diversas fuerzas durante el uso	2
Vida útil	La vida útil del acople queda dictaminada por el piso	El sistema de piso no compromete la vida útil del sistema de cobertor	2

1.2.2 Análisis y jerarquía de las necesidades

Clasific.	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada	#
Entorno	Las tensiones en las curvas cerradas rasgan el cobertor del acople	El sistema soporta las tensiones generadas en las curvas cerradas	3
Entorno	La fuerza centrífuga y el embolsamiento de aire provocan desgastes en el acople	El sistema soporta las fuerzas centrífuga y la generada por el embolsamiento de aire	3
Seguridad	Los vagones autopropulsados no cuentan con salidas de emergencia	El sistema provee una salida de emergencia a los usuarios en caso de accidentes o descarrilamientos	1
Manten.	El mantenimiento de los acoples tiene un costo fuera del presupuesto de la empresa	El sistema es posible de mantener en el tiempo por parte de la empresa	0
Manten.	Los operarios no cuentan con el recurso material necesario para dar mantenimiento a los acoples	El sistema se puede mantener con materiales y procesos de manufactura accesibles a la empresa	0
Calidad del servicio	Falta de regularidad en el servicio	El sistema ayuda a tener regularidad en la prestación del servicio	0
Manten.	El piso es difícil de sustituir / reparar	El sistema es fácil de ensamblar	3
Calidad del servicio	El tiempo de los vagones autopropulsados en mantenimiento disminuye la calidad del servicio por falta de unidades disponibles	El sistema tiene el menor tiempo de mantenimiento posible	0
Entorno	Las uniones del sistema dañan el cobertor por la fricción que se genera en el constante movimiento	El sistema estructural no compromete otros sistemas	0
Manten.	Los prototipos fueron adheridos de forma indefinida a los vagones	El sistema es desmontable de los vagones	3
Seguridad	Las personas corren un riesgo al viajar en la zona de acople	El sistema evita el riesgo de mortalidad de las personas al impedir que viajen en la zona de acople	0
Funcionarios	Los funcionarios no se pueden movilizar con libertad dentro del vagón para hacer el cobro	El sistema no facilita el transitar de los operarios por el vagón	2
Funcionarios	Los funcionarios no pueden cobrar el pasaje de manera adecuada por la sobrecarga de personas	El sistema genera un mejor control por parte de los funcionarios para el cobro del pasaje	1
Funcionarios	Los funcionarios no pueden brindar un servicio de calidad por la gran cantidad de personas	El sistema ayuda en la prestación de un servicio de calidad	0

Clasific.	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada	#
Colisiones	El tren llega tarde y los accidentes / colisiones afectan la llegada de los usuarios a su destino	El sistema es de fácil reemplazo por lo que los accidentes afectan la menor cantidad de tiempo posible a los usuarios	N/a
Seguridad	Los vagones no dan una sensación de seguridad al usuario	El sistema da una sensación de seguridad al usuario	0
Funcionarios	El cambio de dirección de la máquina implica la movilización del maquinista de una cabina de conducción a la otra, lo cual sucede mediante el acople flexible	El sistema permite el paso del maquinista durante el cambio de sentido del viaje	3
Entorno	Los descarrilamientos constantes de las máquinas son producto del estado de las vías	El sistema no sufre daños considerables durante un descarrilamiento	0
Calidad del servicio	Existe una falta de consistencia en el servicio brindado por el tiempo requerido para mantenimiento de las unidades	El sistema requiere un bajo tiempo de mantenimiento	2
Colisiones	Los choques se originan por la falta de cultura vial del país y la falta de señalización apropiada	El sistema depende de la buena señalización de la vía férrea	N/a
Funcionarios	Los funcionarios no pueden asistir a una persona en peligro o en crisis de salud de manera adecuada	El sistema ayuda a la buena atención de un usuario en crisis	N/a
Seguridad	Los funcionarios corren un riesgo al pasar por la zona de acople cuando esta está cargada de personas	El sistema permite un paso seguro para los funcionarios	3

Necesidades interpretadas agrupadas según afinidad

Tabla.02

Funcionarios

El sistema no facilita el transitar de los operarios por el vagón

El sistema genera un mejor control por parte de los funcionarios para el cobro del pasaje

El sistema ayuda en la prestación de un servicio de calidad

El sistema permite el paso del maquinista durante el cambio de sentido del viaje

El sistema ayuda a la buena atención de un usuario en crisis

Vida útil

El sistema estructural trata de disminuir los daños en el mismo en el corto plazo por el uso

El sistema tiene una vida útil que permite diluir el costo de este durante el tiempo de manera rentable

El sistema de piso no compromete la vida útil del sistema de cobertor

Mantenimiento

El sistema se puede reemplazar fuera del taller de forma rápida y sencilla

El sistema se puede ensamblar de forma rápida y sencilla

El número de personas requerido para ensamblar un sistema es de 2 a 3

El sistema se descompone en partes que son de fácil manufactura para la empresa

El sistema tiene un costos adecuado a las posibilidades de la empresa

El sistema es posible de mantener en el tiempo por parte de la empresa

El sistema se puede mantener con materiales y procesos de manufactura accesibles a la empresa

El sistema es fácil de ensamblar

El sistema es desmontable de los vagones

Calidad del servicio

El sistema ayuda a tener regularidad en la prestación del servicio

El sistema tiene el menor tiempo de mantenimiento posible

El sistema requiere un bajo tiempo de mantenimiento

Colisiones

El sistema sufre la menor cantidad de daños posibles en un descarrilamiento o colisión

El sistema evita que los subsistemas se comprometan entre sí

El sistema es de fácil reemplazo por lo que los accidentes afectan la menor cantidad de tiempo posible a los usuarios

El sistema depende de las buena señalización de la vía férrea

Seguridad

El sistema provee una salida de emergencia a los usuarios en caso de accidentes o descarrilamientos

El sistema evita el riesgo de mortalidad de las personas al impedir que viajen en la zona de acople

El sistema da una sensación de seguridad al usuario

El sistema permite un paso seguro para los funcionarios

Entorno

El sistema contempla las condiciones que se presentan en el país

El sistema no compromete la integridad del usuario en el evento de sobrecarga del vagón

El sistema soporta la aplicación de diversas fuerzas durante el uso

El sistema soporta las tensiones generadas en las curvas cerradas

El sistema soporta las fuerzas centrífuga y la generada por el embolsamiento de aire

El sistema estructural no compromete otros sistemas

El sistema no sufre daños considerables durante un descarrilamiento

Jerarquía de las necesidades interpretadas

Tabla.03

Redundantes ■

01	El sistema no compromete la integridad del usuario en el evento de sobrecarga del vagón	
	El sistema sufre la menor cantidad de daños posibles en un descarrilamiento o colisión	
	El sistema evita que los subsistemas se comprometan entre sí	
	El sistema se descompone en partes que son de fácil manufactura para la empresa	
	El sistema tiene un costo adecuado a las posibilidades de la empresa	
	El sistema es posible de mantener en el tiempo por parte de la empresa	
	El sistema se puede mantener con materiales y procesos de manufactura accesibles a la empresa	
	El sistema ayuda a tener regularidad en la prestación del servicio	
	El sistema tiene el menor tiempo de mantenimiento posible	
	El sistema estructural no compromete otros sistemas	■
	El sistema evita el riesgo de mortalidad de las personas al impedir que viajen en la zona de acople	■
	El sistema ayuda en la prestación de un servicio de calidad	■
	El sistema da una sensación de seguridad al usuario	
	El sistema no sufre daños considerables durante un descarrilamiento	■
02	El sistema provee una salida de emergencia a los usuarios en caso de accidentes o descarrilamientos	
	El sistema genera un mejor control por parte de los funcionarios para el cobro del pasaje	
03	El sistema se puede ensamblar de forma rápida y sencilla	
	El sistema soporta la aplicación de diversas fuerzas durante el uso	
	El sistema de piso no compromete la vida útil del sistema de cobertor	
	El sistema facilita el transitar de los operarios por el vagón	
	El sistema requiere un bajo tiempo de mantenimiento	■
04	El sistema se puede reemplazar fuera del taller de forma rápida y sencilla	
	El número de personas requerido para ensamblar un sistema es de 2 a 3	
	El sistema soporta las tensiones generadas en las curvas cerradas	
	El sistema soporta las fuerzas centrífuga y la generada por el embolsamiento de aire	
	El sistema es fácil de ensamblar	
	El sistema es desmontable de los vagones	
	El sistema permite el paso del maquinista durante el cambio de sentido del viaje	
	El sistema permite un paso seguro para los funcionarios	

Etapa 1

Etapa 2

Necesidad interpretada	Import.
El sistema no compromete la integridad del usuario	0 ■
El sistema sufre la menor cantidad de daños posibles en un descarrilamiento o colisión	0
El sistema evita que los subsistemas se comprometan entre sí	0 Recurrente
El sistema se descompone en partes que son de fácil manufactura para la empresa	0
El sistema tiene un costo adecuado a las posibilidades de la empresa	0
El sistema es posible de mantener en el tiempo por parte de la empresa	0
El sistema se puede mantener con materiales y procesos de manufactura accesibles a la empresa	0
El sistema ayuda a tener regularidad en la prestación del servicio	0
El sistema tiene el menor tiempo de mantenimiento posible	0
El sistema da una sensación de seguridad al usuario	0
El sistema provee una salida de emergencia a los usuarios en caso de accidentes o descarrilamientos	1
El sistema genera un mejor control por parte de los funcionarios para el cobro del pasaje	1

Necesidad interpretada	Import.
El sistema se puede ensamblar de forma rápida y sencilla	2
El sistema soporta la aplicación de diversas fuerzas durante el uso	2
El sistema de piso no compromete la vida útil del sistema de cobertor	2
El sistema facilita el transitar de los operarios por el vagón	2
El sistema se puede reemplazar fuera del taller de forma rápida y sencilla	3
El número de personas requerido para ensamblar un sistema es de 2 a 3	3
El sistema soporta las tensiones generadas en las curvas cerradas	3
El sistema soporta las fuerzas centrífuga y la generada por el embolsamiento de aire	3
El sistema es fácil de ensamblar	3
El sistema es desmontable de los vagones	3
El sistema permite el paso del maquinista durante el cambio de sentido del viaje	3
El sistema permite un paso seguro para los funcionarios	2 ■

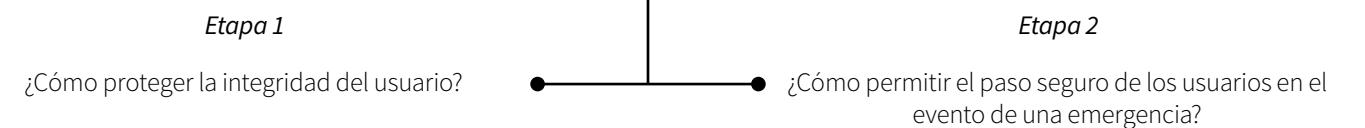
Necesidad principal ■

Dentro de las diferentes necesidades encontradas, se pudo identificar que no todas las necesidades podían ser resueltas por el mismo producto. La investigación realizada logró identificar además otros problemas aledaños a la dinámica de uso de los acoples flexibles y el servicio en general. Todos los problemas que competen al sistema están aquí expuestos de manera general.

Darle solución al problema global, deberá ser la suma de una serie de intervenciones para poder abarcar a totalmente las necesidades del cliente. Por ello se agruparon las necesidades según la importancia de cada una. De este modo pudimos ver asociaciones entre ellas que permitían dividir el proyecto en etapas. Esto permite dar una mayor atención a cada una de las necesidades, siendo las de más urgencia, las contempladas en la primera etapa.

Problema general

¿Cómo diseñar un sistema de comunicación que permita un óptimo funcionamiento del transporte ferroviario de pasajeros por medio de los vagones autopropulsados de tipo Apolo y provea una experiencia segura para el usuario?



Diseñar un sistema para los vagones autopropulsados FEVE 2400 que proteja la integridad del usuario mediante el acondicionamiento del paso entre vagones.

Diseñar un sistema para los vagones autopropulsados FEVE 2400 que permita el paso seguro de los usuarios entre vagones en el evento de una emergencia.

1.3 ANTEPROYECTO

»»»

1.3.1 Situación actual

El Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER) hizo una inversión en la compra de vagones de tipo Apolo, originalmente diseñados para España, usados en la zona norte de dicho país. Estos venían con acoples flexibles fabricados por la empresa alemana Hübner Group, la cual los diseñó para desempeñarse en ese entorno de uso. Costa Rica ofrece otra serie de condiciones climatológicas, sociales, de infraestructura y de frecuencia de uso que han provocado el deterioro de los acoples. Se detallan a continuación dichas condiciones:

Climatológicas:

Los acoples trabajan durante constantes lapsos de exposición solar, debido a que la posición geográfica de nuestro país permite no sólo que tengamos sol la mayor parte del año, sino además que los rayos solares golpean la superficie terrestre en esta latitud en un ángulo diferente. En su entorno de uso original en España, el escenario es diferente, puesto que los meses con fuerte exposición solar son pocos. Esto ha hecho que el material que recubre el acople haya colapsado debido a la alta exposición solar. Además, los niveles de humedad en Costa Rica son mayores que en España y estos provocan una reacción distinta en las capacidades de resistencia de los materiales que componen el acople.

Sociales:

La cantidad de pasajeros que se permiten en el tren y la posibilidad de estos de viajar en la parte del acople flexible provocan el deterioro de este, ya que no fue diseñado para tal fin. Por tanto, se debe considerar en la toma de decisiones. Además, este factor social hace sumamente inseguro el traslado de pasajeros, puesto que, dado un accidente, las personas viajando en esta sección del tren sufrirían graves heridas y corren un alto riesgo de morir. La empresa no cuenta con la capacidad en unidades para proveer un servicio que satisfaga la demanda actual de pasajeros, por lo que recurre a sobrecargar las unidades con las que cuenta.



La falta de respeto a la ley de tránsito de Costa Rica, sumado a la falta de planificación para la construcción de carreteras y su interacción con la vía férrea provoca que se den numerosas colisiones todos los años entre personas, automóviles y trenes. Si bien es cierto la empresa ha hecho una fuerte inversión preventiva en cuanto a señalización de las zonas de cruce, el problema persiste. Producto de esta situación, se encuentran varias unidades en el taller de mantenimiento sin poder ser utilizadas. El proceso de mantenimiento es lento y costoso debido a la falta de facilidades dentro del taller,

herramienta, recurso humano y material. Además de la reparación de carrocería, chasis y cableado eléctrico, el sistema de acople flexible debe sustituirse por completo, puesto que con regularidad caen en pérdida total cuando ocurre una colisión. La falta de repuestos y el alto costo de estos hace más lento el proceso de mantenimiento y el poner en funcionamiento las unidades nuevamente. Esto se traduce en menos unidades disponibles para brindar servicio y por ende pérdidas económicas a falta de captación de ingresos y gastos en mantenimiento.

“Si bien es cierto la empresa ha hecho una fuerte inversión preventiva en cuanto a señalización de las zonas de cruce, el problema persiste.”

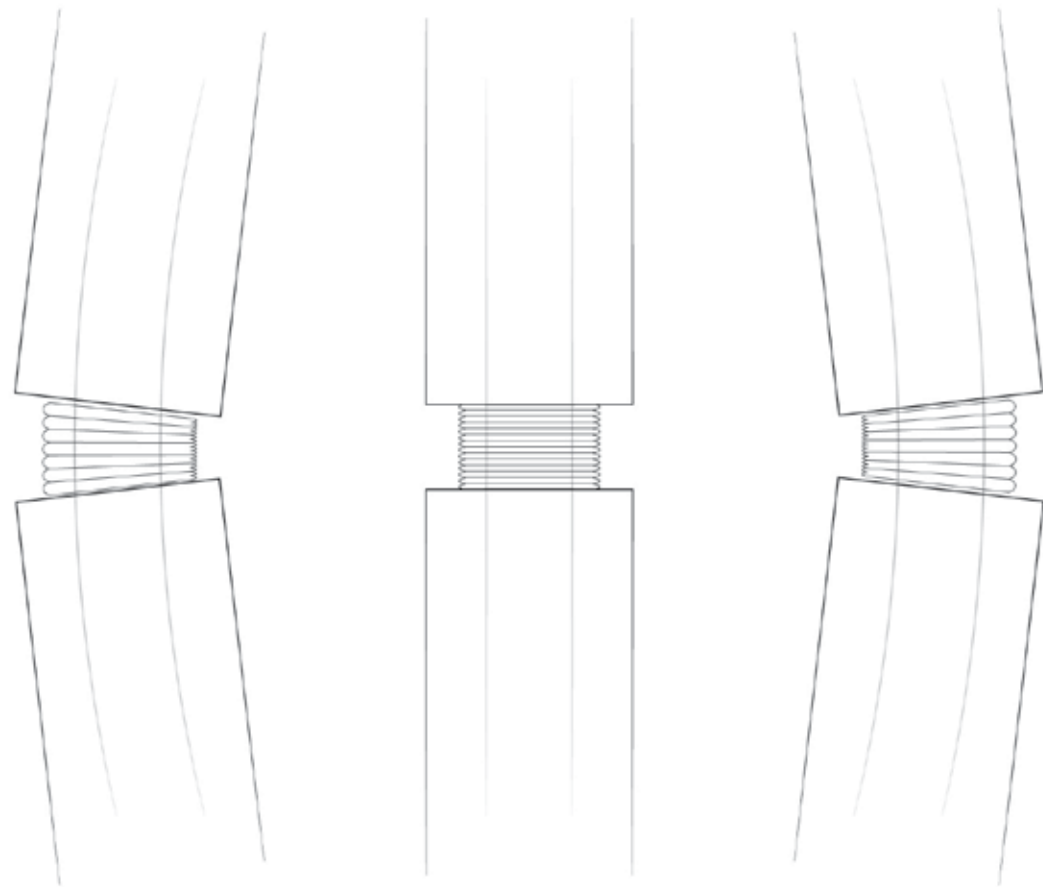
Infraestructura:

La condición de las vías ferroviarias en el país es otro aspecto que considerar, ya que estas presentan una topología irregular muy marcada, a diferencia de las vías españolas que son más regulares. Los constantes movimientos, sumados a las cargas excesivas, provocan demandas de esfuerzos en el acople flexible para el cual no ha sido diseñado y por tanto se deben contextualizar y reevaluar dichas premisas.

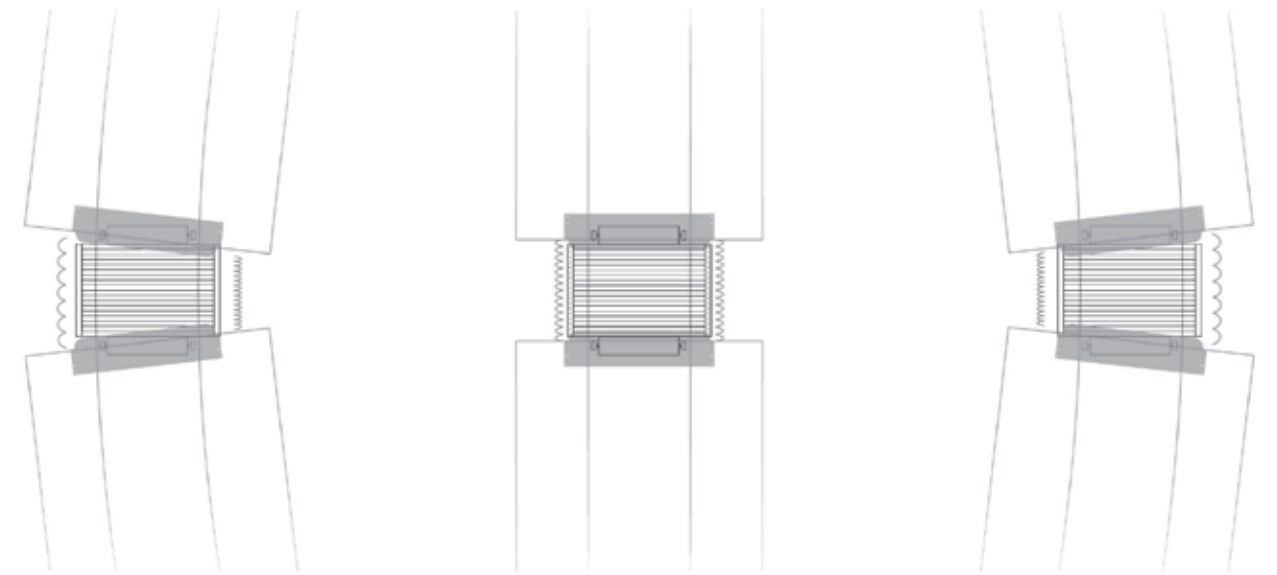
Mantenimiento:

El Depto. de Mantenimiento de la institución no cuenta con los recursos humano, material, económico ni tecnológico necesarios para poder llevar a cabo un adecuado mantenimiento de las unidades. El reemplazo de componentes dañados por colisiones o descarrilamientos significa una gran inversión económica y de tiempo, lo cual aumenta los egresos de la empresa de una manera insostenible en comparación con los ingresos percibidos.

La vida útil del producto se ha visto disminuida por estos factores. El proceso normal de reemplazo de estos componentes se basa en la compra de estos a un distribuidor externo, lo cual tiene un elevado costo, en relación con la frecuencia con la que deben hacerse estas compras y la poca vida útil del producto. Por tanto, la empresa externa su deseo de valorar la posibilidad de manufacturar dicho producto en el país. Esto con el fin de poder suplir su necesidad más inminente: el flujo constante de vagones disponibles para el transporte de pasajeros. Esto es primordial para poder llevar a cabo el servicio que presta la institución.

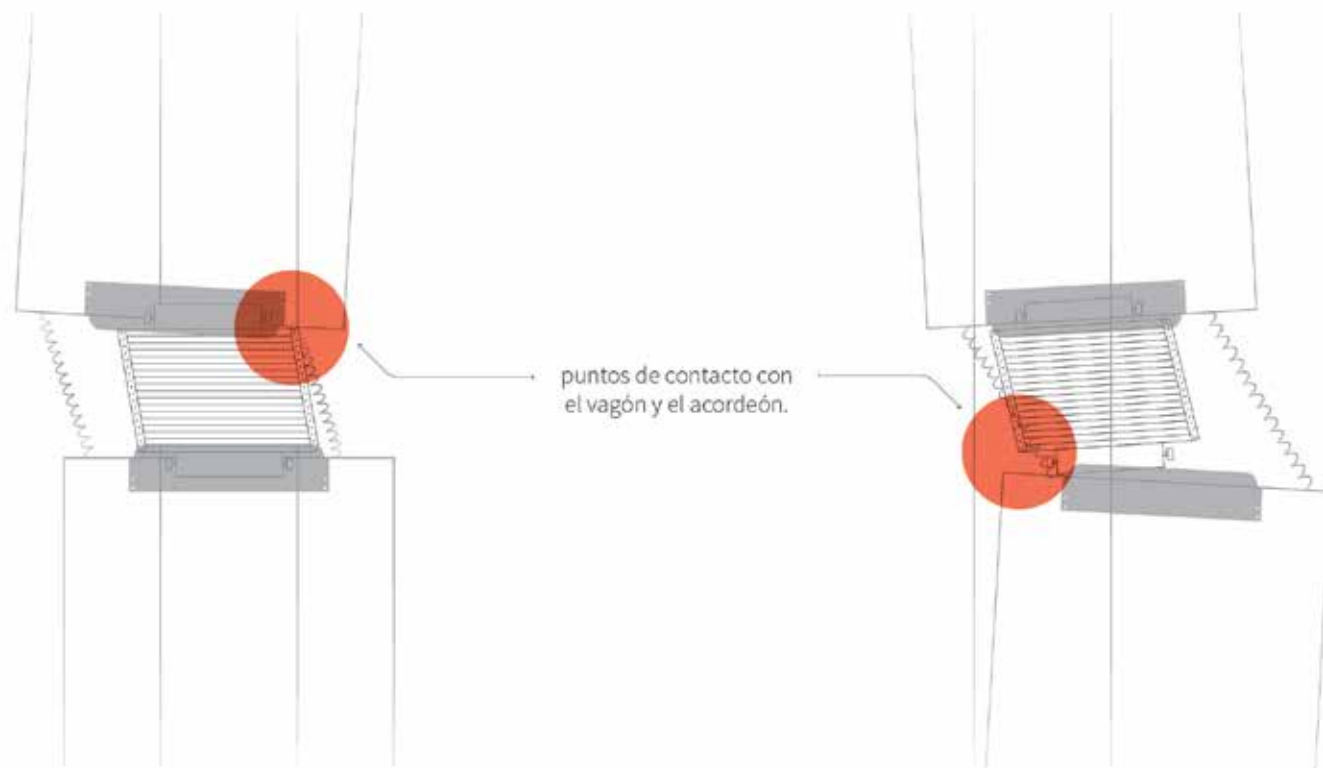


funcionamiento del acople flexible en condiciones regulares

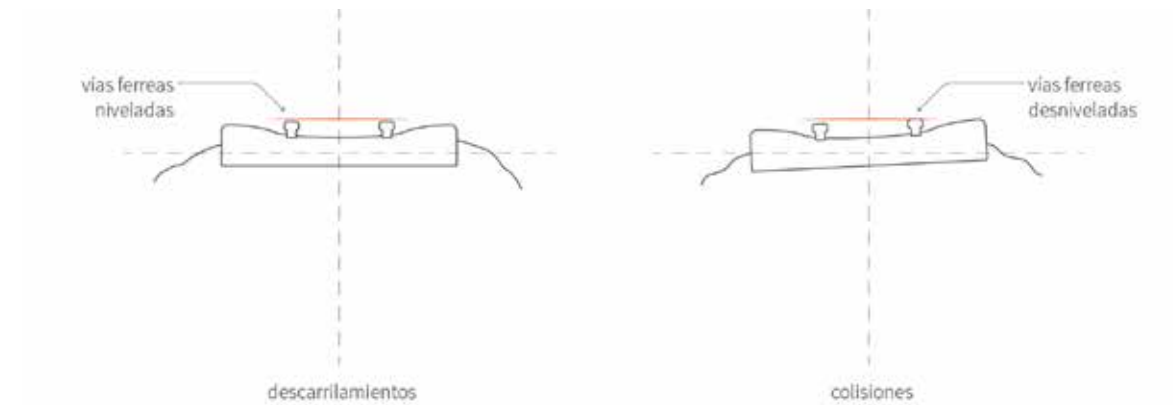


En cuanto al piso, es una plataforma formada por perfiles, unos de metal y otros de hule, de forma consecutiva y alternados. En los extremos tiene dos perfiles adicionales de metal, dispuestos de forma perpendicular a los anteriores. Sobre este se encuentran los puntos de pivoteo de los perfiles iniciales, lo cual permite

un movimiento de forma transversal a la dirección del movimiento de los vagones. Además existen en cada extremo de la plataforma, rodines que permiten el movimiento en la dirección del movimiento de los vagones, de forma tal que así se complementan las dos direcciones del movimiento.

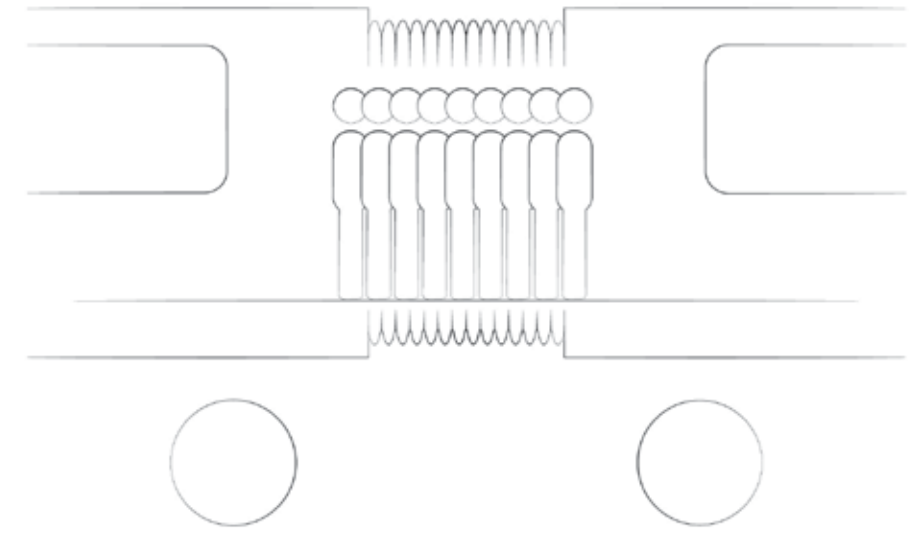


Cuando ocurre un descarrilamiento o colisión, los vagones pierden su línea de centro, por tanto el cobertor es expuesto a esfuerzos para los cuales excede las capacidades de estiramiento que contempla su diseño y por ende se razga y su estructura metálica se dobla o quiebra. El piso por otro lado, normalmente se desacopla del primer vagón afectado, en el momento que además perfora la carrocería de dicho vagón y secciona el acordeón en el acto, dejándolo completamente inservible.



Los eventos de descarrilamiento son frecuentes en el país y esto se debe a la condición de la vía férrea. En condiciones regulares, los dos perfiles metálicos se encuentran nivelados uno con el otro de modo tal que las ruedas del vagón tocan al mismo tiempo y en todo momentos ambas líneas, permitiendo la continuidad del movimiento. Sin embargo, en Costa Rica la vía se adecúa a la topología del terreno y este es muy quebrado. Desde que la empresa volvió a entrar en funcionamiento, no se ha hecho la inversión necesaria para dar el mantenimiento adecuado a la red ferroviaria. Los perfiles metálicos residen sobre pasantes de concreto. Debajo de

estos existe una capa de piedra y seguido el suelo. Esto provoca irregularidades en la vía pues no basta con los pasantes para mantener nivelada la vía. De hecho, la morfología de la vía cambia de verano a invierno, conforme el suelo absorbe más líquido y se vuelve menos compacto. Corregir esta situación implica una inversión de capital para la cual la empresa no está preparada por tanto es una limitante que no va a cambiar en el corto plazo.

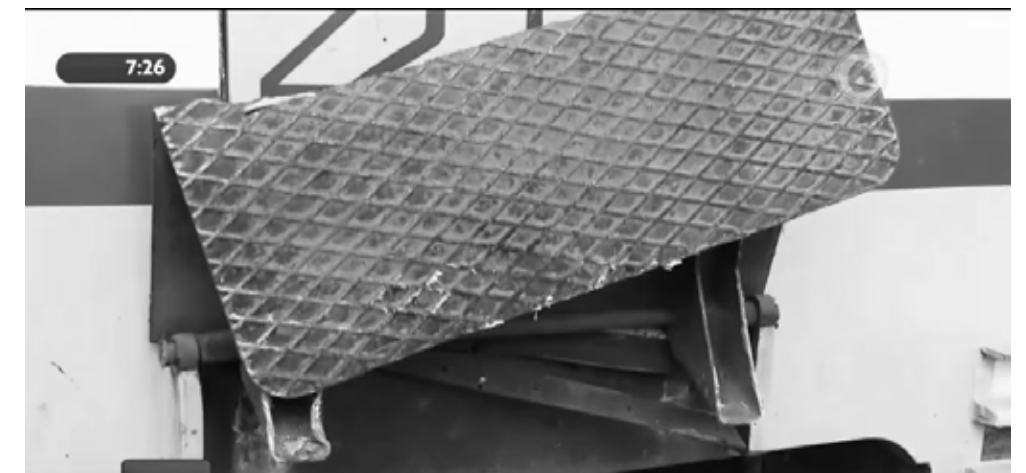


Por último, la falta de unidades y la alta demanda han provocado que la empresa sobrecargue los vagones hasta en un 150% de su capacidad máxima, pasando de 160 personas a 240 en algunas ocasiones. Esto provoca que los usuarios deban viajar en la zona de acople flexible, exponiéndolos a altos riesgos de mortalidad.

05.06.08

Cruce B. Cuba

Colisión frontal. Bus irrespeta señal de tránsito y colisiona con el tren. 5 personas heridas



07.08.15

Cruce B. Cuba

Colisión lateral. Camión intercepta al tren de manera lateral. Provoca daños materiales. Sin heridos.



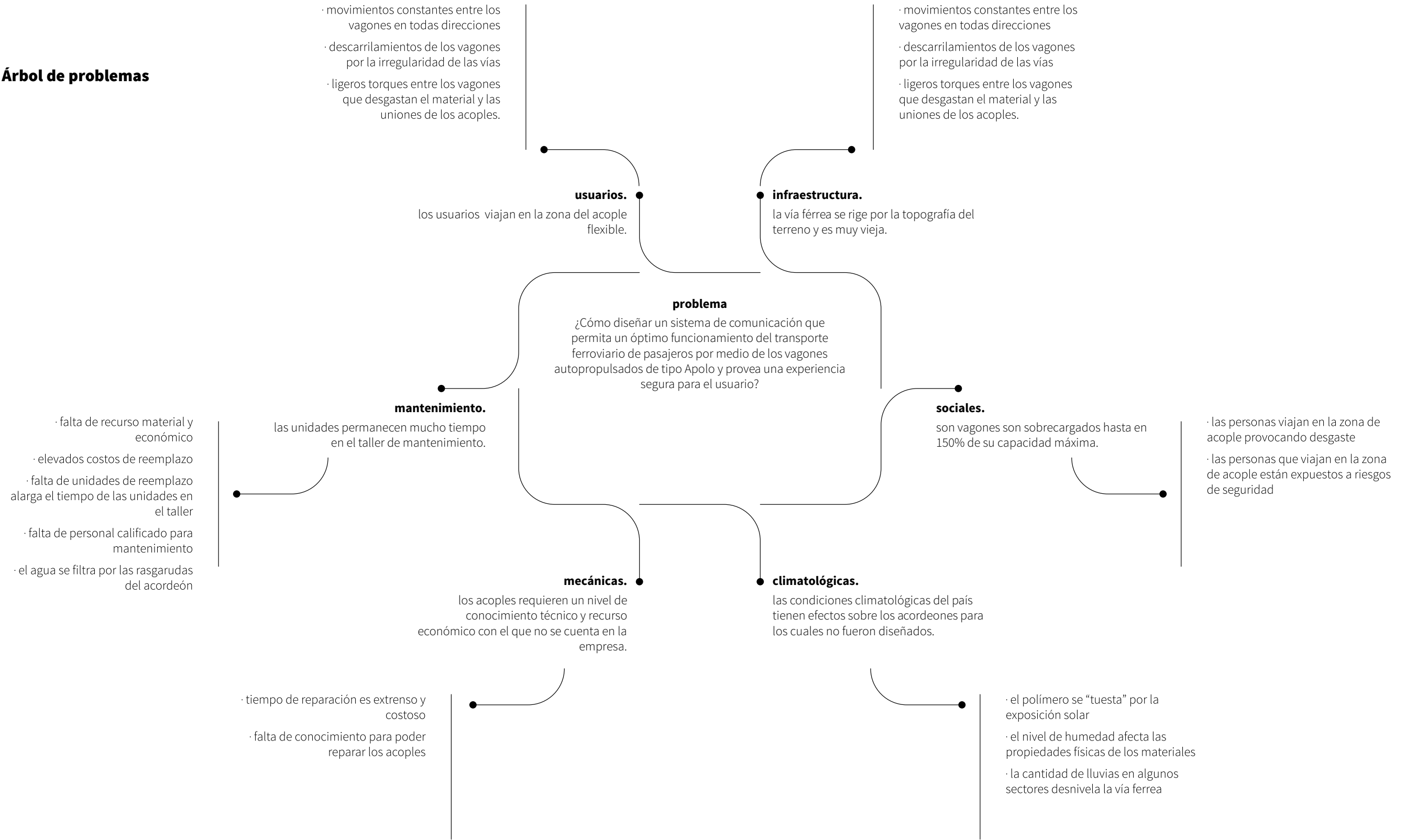
02.10.17

Cruce B. Cuba

Colisión entre trenes. Los dos viajan hacia la Estación del Pacífico después de completar las rutinas de la mañana. Un camión se atraviesa en el camino del primer tren, por ende este procede a aplicar el freno de emergencia y es interceptado por el tren que venía detrás de él. 13 heridos.



Árbol de problemas



1.3.2 Problema

El sistema de comunicación entre los vagones autopropulsados tipo Apolo es un acople flexible. Este sistema es incompatible con el entorno de uso que presenta Costa Rica, por lo tanto, el problema se plantea:

¿Cómo diseñar un sistema de comunicación que permita un óptimo funcionamiento del transporte ferroviario de pasajeros por medio de los vagones autopropulsados de tipo Apolo y provea una experiencia segura para el usuario?

1.3.2.1 Justificación

Desde el año 2014, el INCOFER ha reactivado el servicio de transporte ferroviario de pasajeros en el Gran Área Metropolitana (GAM), con el fin de desahogar el inminente caos de movilidad urbana que se presenta en nuestro país. Cada año, la empresa busca brindar un mejor servicio, dando soluciones a problemas que se presentan en el mantenimiento de las unidades que permiten dicha actividad. Todo esto, en una sociedad que carece de la cultura de uso de este tipo de transportes, limitados por un factor económico que dicta en muchos casos el accionar de la empresa misma. La continuidad de la prestación de servicios por parte de la empresa se ve comprometida por la capacidad de mantener y generar los recursos necesarios para dicha actividad, en este caso, acoples flexibles que se desempeñen de manera competente por un lapso que responda a la inversión realizada.

1.3.3 Síntesis de objetivos

Objetivo General

Diseñar un sistema de comunicación que responda a las necesidades del entorno de uso que presenta Costa Rica y así obtener el óptimo funcionamiento del transporte ferroviario de pasajeros por medio de los vagones de tipo Apolo y una experiencia segura para el usuario.

Objetivos Específicos

- Determinar las variables de infraestructura vial, climatológicas y sociales que generen esfuerzos sobre el sistema para poder establecer mínimos comunes de resistencia y flexibilidad requeridos.
- Diseñar un sistema integral de comunicación entre los vagones tipo Apolo en su uso para Costa Rica.
- Definir un sistema de manufactura a realizarse en el país que permita la construcción y ensamblaje del sistema de manera rentable.

1.3.4 Alcances y limitaciones del proyecto

- Utilizar en todo lo que sea posible tecnologías existentes en el país para poder manufacturar el sistema.
- No existe experiencia en la construcción de acoples flexibles, ni de trenes, componentes o repuestos en la empresa ni en el país.
- Contemplar la dimensión de la necesidad como un problema complejo que requiere de la segmentación de este en etapas para poder llegar a una solución íntegra del mismo, por cuanto para efectos de este proyecto, se pretende abarcar la primera etapa: evaluación de la factibilidad de la manufactura del producto en el país y propuesta de solución para el sistema de puertas para los trenes tipo Apolo de uso en Costa Rica.
- Las posibilidades financieras de la empresa para la resolución del problema y las condiciones del taller por cuanto los procesos de manufactura y personal calificado son escasos y obsoletos para la industria en la cual se desempeñan.

1.4 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO



1.4.1 Requisitos y características del sistema

La lista de requerimientos estipula las características importantes que el diseño debe tener para poder ser exitoso. Describe concretamente todos los objetivos del diseño y puede ser usada para seleccionar las ideas más adecuadas.

Tabla de requerimientos

Tabla.?

- Permitir el paso de un vagón a otro
- Proteger al usuario del medio exterior
- Permitir la salida en caso de emergencias
- El producto debe ser lo suficientemente fuerte para soportar esfuerzos aplicados de forma horizontal en caso de que los usuarios se apoyen sobre el
- El producto debe servir un plazo mínimo de 5 años si la unidad no sufre ningún choque
- El producto será de uso diario, con una frecuencia variable dependiendo de las necesidades del usuario, pero con una intervención mínima de 5 veces al día.
- El mantenimiento no es requerido, pero debe ser posible en caso de alguna eventualidad
- El producto debe ser transportable por medio de un camión o tren a cualquier punto de la vía férrea en el caso de que un evento de emergencia suceda, para poder poner en funcionamiento una unidad.
- No se requiere empaque
- El número de unidades producidas de manera inicial será de 20 unidades
- Después de esto se harán construcciones anuales de 2 unidades para mantener en stock
- Dependiendo de las eventualidades ocurridas durante el año (choques, descarrilamientos, mal funcionamiento, etc) puede que se deban construir más unidades durante el transcurso del año.
- El producto debe ser diseñado para las facilidades de producción existentes, pues no existe presupuesto para invertir en nuevos procesos de manufactura.
- Sin embargo, existen mecanismos que deben ser adquiridos y solamente ensamblados en el taller.
- El producto debe pesar menos de 98 kg necesariamente y menos 50 kg deseable
- El producto debe poder contenerse dentro de un espacio de 1.5 x 2.03 x 0.2 mts.
- La apertura de las puertas total debe ser de 90 cm.
- El producto debe tener una estética que combine con la del vagón y que permita además jerarquizar el espacio para que el usuario pueda encontrar de manera rápida las señalizaciones de salidas de emergencia
- Los vidrios implementados deben ser vidrios de seguridad
- Las partes de metal deben ser fabricadas en hierro y no en aluminio
- Los elementos en plástico deben ser adquiridos
- El producto debe ser completamente fabricado e instalado en un plazo máximo de dos días, destinado un mecánico tiempo completo para tal labor.
- El Sistema debe poder activarse desde cabina de comandos
- El sistema debe poder activarse por los usuarios regulares del tren
- El sistema de activación debe estar a una altura adecuada para poder ser activada por personas en sillas de ruedas
- El Sistema debe almacenarse por largos periodos de tiempo hasta que se requiera su utilización
- El sistema debe almacenarse en ambientes libres de humedad, a temperatura ambiente, sin exposición a la luz solar.

02

ANÁLISIS

2.1 ANÁLISIS DE LO EXISTENTE



2.1.1 Tipos de sistemas

2.1.1.1 Breve reseña histórica de los acoples flexibles.

El sistema de transporte ferroviario se basa en el acarreamiento de vagones por parte de una locomotora que transforma la energía en movimiento rotatorio que por medio de las ruedas se transforma en movimiento de traslación.

Desde la locomotora de vapor hasta la locomotora eléctrica, el desarrollo de nuevas tecnologías se ha encargado de hacer de este uno de los medios de transporte más utilizados a nivel mundial tanto para carga como para pasajeros. Las grandes urbes del mundo han encontrado en los sistemas ferroviarios, una herramienta de gran utilidad en la movilidad de personas y alrededor del mundo, este sistema ha facilitado el transporte de carga por más de 200 años.

Sin embargo, el éxito de los trenes no es ningún golpe de suerte, sino más bien, el perfeccionamiento de múltiples subsistemas que juntos logran satisfacer las muchas necesidades de los diferentes usuarios, las demandas de un sin fin de actividades que ocurren alrededor de este y la solución de los muchos problemas que se han presentado a lo largo del tiempo.

En cuanto al transporte de pasajeros, las nuevas tecnología, procesos de manufactura, materiales y mantenimiento han provisto de avances significativos al sistema.

Aunque los vagones siguen siendo el factor común para el transporte de pasajeros, la forma en la que estos se relacionan unos con otros ha cambiado drásticamente con el transcurso del tiempo.

A continuación se detallan los cambios que han sufrido los vagones hasta la actualidad en cuanto a paso de pasajeros entre vagones.

En un principio, los vagones para transporte de pasajeros eran estructuras individuales de madera y funcionaron desde los inicios de la empresa ferroviaria Great Western Railway en el Reino Unido cerca de 1833 hasta 1892 cuando ya existían

los sistemas de boogie y frenos. ("Coaches of the Great Western Railway", 2018)



Réplica de un entrenador de gran ancho GWR Gooch Segunda Clase
Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Coaches_of_the_Great_Western_Railway

En el año 1869 la empresa ferroviaria London and North Western Railway (LNWR) fue la primera en proveer al usuario con la posibilidad de pasar de un vagón a otro mientras este estaba en movimiento. En este año se construyó un par de vagones

para la Reina Victoria con dicho sistema, aunque la reina prefería esperar a que el tren estuviera detenido para utilizar la pasarela. ("Gangway connection", 2018)



GWR Royal Saloon No.233, diseñado por Dean en 1897 para el Jubileo de Diamante de la Reina Victoria.
Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Coaches_of_the_Great_Western_Railway

El primer tren con conexiones de pasillo entre vagones en el Reino Unido entró en servicio el 7 de Marzo de 1890 en la ruta Paddington - Birkenhead. Para 1907 se implementaron conexiones de material tipo fuele entre vagones para suavizar el paso del aire.

Desde entonces este tipo de pasos articulados se han beneficiado con los avances tecnológicos hasta llegar a los sistemas que conocemos actualmente.



GWR Churchward 57 "Toplight" Corridor Tercer No.8930, como se conserva en el ferrocarril del valle de Severn. Se puede observar la conexión de tipo fuele en uno de los extremos del vagón.

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Coaches_of_the_Great_Western_Railway

Los sistemas actuales de paso articulado entre vagones son cada vez más seguros, simulan los posibles errores del usuario y minimizan los accidentes, tanto en movimiento como en estaciones. Estos sistemas contemplan además la intervención del ruido externo y ayudan a

minimizar el movimiento de los vagones entre si, haciendo del viaje un evento mucho más placentero.



Citadis tram para SYTRAL © Alstom Transport

Fuente: <https://railway-news.com/wp-content/uploads/2018/09/Lyon-Citadis-Tram-Alstom-1024x576.jpg>

En nuestro país los vagones individuales han sido parte de la historia ferroviaria del país desde sus inicios, e inclusive hoy en día todavía forman parte de la flotilla que presta el servicio de transporte de pasajeros en el GAM. El los años 80, la empresa COOPESA fabricó unas unidades para el INCOFER, lo cual significó un gran avance en materia de manufactura en el

país. Esto sucedió en el marco de un gran impulso ingenieril que sufría el país. Este fue el único acercamiento por parte de la empresa privada en Costa Rica por innovar o formar parte del transporte ferroviario. Fue en la administración Carazo justamente, bajo la cual se electrificó la vía férrea hasta el puerto de Caldera en Puntarenas.



El presidente de la República Rodrigo Carazo inaugura la electrificación del Tren hasta Puntarenas.

Fuente: https://www.nacion.com/gnfactory/investigacion/2017/trenes/primer_a_entrega/index.html#page2

No fue hasta el s.XXI, en el año 2007 que llegaron al país unidades autopropulsadas que tenían conexiones articuladas entre vagones, popularmente conocidas en el país como "acordeones".

Esto, sumado a la falta de experiencia ferroviaria en el país, han sido de las principales causas para que este tipo de sistemas no se hayan podido mantener.



Las cuatro unidades llegaron el lunes de esta semana Puerto Limón, en la costa del Caribe, procedentes de la ciudad asturiana de Avilés.

("Los trenes Apolo llegan a Costa Rica", 2018)

Fuente: <https://treneando.com/2009/04/11/los-trenes-apollo-llegan-a-costa-rica/>

2.1.1.2 Tipos de servicios de trenes

Con el paso del tiempo, el sistema de transporte ferroviario se ha diversificado y presta sus servicios en diversos ambientes. En cuanto al servicio de carga, el trabajo se sigue realizado sobre pasantes que separan la vía férrea del terreno y grandes locomotoras de diésel que mueven hasta 60 vagones de carga a la vez.

Por otro lado, el transporte de pasajeros ha tenido que acomodarse a las demandas de las muy diversas ciudades en el mundo, con sus muy diversas características y culturas. Para efectos de esta investigación, hemos utilizado la división que hace la empresa estadounidense BayRail Allience en San Francisco para categorizar los servicios:

Shinkansen, tren de alta velocidad en Japón.
Fuente: <https://www.texascentral.com/wp-content/uploads/2015/10/slide1.jpg>



Trenes de alta velocidad

Operan a velocidades mayores a las 125 mph. Conectan metrópolis a largas distancias, con pocas paradas en el trayecto. Tienen como objetivo competir contra las aerolíneas en cuanto al tiempo de viaje total. Aunque la mayoría de estos sistemas operan en vías normales, necesitan de vías especiales para poder llegar a las altas velocidades para las cuales están preparados. Estos sistemas operan en Europa (Francia, Alemania, Inglaterra, España, Italia, etc), Japón, China, Corea del Sur y Taiwan. ("Types of Trains – BayRail Alliance", 2018)

Nueva propuesta de tren inter-ciudad para Sidney - Costa Central, Australia.
Fuente: <https://www.texascentral.com/wp-content/uploads/2015/10/slide1.jpg>



Trenes inter-ciudad

Viajan largas distancias conectando ciudades, sin embargo lo hacen a velocidades de autopista. Cuentan con facilidades como vagones para dormir y vagones-restaurante. ("Types of Trains – BayRail Alliance", 2018)

Tren Regional AGC, Francia.

Fuente: https://www.bombardier.com/content/dam/Websites/bombardier.com/Projects/agc-multiple-unit-3792.jpg/_jcr_content/renditions/original



Trenes regionales

Conectan los suburbios con las ciudades centrales, son los viajes del trabajo a la casa más comunes. Trabajan entre semana, en las horas pico y en la dirección del tránsito. Tanto en Europa con el Estados Unidos, estos sistemas utilizan múltiples unidades eléctricas en vez de locomotoras. En estos, cada vagón tiene un motor que es capaz de propulsar el tren. Estas son más rentables y eficientes. ("Types of Trains – BayRail Alliance", 2018)

Sistema de metro en Nueva York, US.

Fuente: <https://i.ytimg.com/vi/MLF5LaJkP68/maxresdefault.jpg>



Metro

Operan dentro de las ciudades, tienen gran capacidad de pasajeros y operan de manera separada con respecto al tráfico. Para lograr tal efecto, corren ya sea bajo el suelo o sobre el. Esta es la razón además, por la que son sumamente costosos de implementar. ("Types of Trains – BayRail Alliance", 2018)

Tren ligero de Sacramento.

Fuente: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/05/SacrtGoldSunrise.jpg>

Trenes ligeros

Trabajan dentro de las ciudades a nivel del suelo. Son menos costosos que un metro, más amigables con los usuarios pero tienen una menor capacidad de pasajeros. Pueden operar como trenes rápidos o como autobuses, haciendo paradas frecuentes en toda la ciudad. Por ende muchos están integrados con el sistema local de tránsito. ("Types of Trains – BayRail Alliance", 2018)

Nuevo tranvía moderno de la ciudad de Luxemburgo.

Fuente: upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0d/Luxtram_2018_06.jpg/1200px-Luxtram_2018_06.jpg

Tranvías modernos

Operan separado del sistema de tren ligero de pasajeros. Tienen dimensiones similares pero operan a velocidades más bajas. Facilitan la movilización dentro de las urbes, más que conectar ciudades. ("Types of Trains – BayRail Alliance", 2018)

La siguiente tabla pone de manifiesto y compara las diferentes cualidades de los diversos sistemas de transporte ferroviario de pasajeros.

Necesidades interpretadas agrupadas según afinidad

Tabla.04

	Alta velocidad	Inter-ciudad	Regional	Metro	Ligero
Distancia entre paradas	>10 millas	2-10 millas	1 - 2 millas	1/2 a 2,3 millas	1-2 millas
Velocidad máxima	>90 mph	79 mph (US)	79 mph (US)	65 - 70 mph	55-65 mph
Comparten vías con trenes de carga	comparten vías en tramos de baja velocidad	si	si	no	comparten vías en diferentes tiempos
Grado de interferencia con el tránsito	no permitido	permitido	permitido	no permitido	operan en las calles, combinados con el tráfico
Frecuencia	15 min - cada hora	por horas o hasta por días	15 min - cada hora	3-20 minutos	3-30 minutos
Comodidades	baños, clase ejecutiva, café	baños, clase ejecutiva, vagones para dormir, restaurante	baños	grandes espacios para pasajeros de pie	

2.1.1.3 Tipos de sistemas de interconexión entre vagones

Existen diferentes sistemas de interconexión que se presentan al final de un vagón o locomotora:

acoples flexibles

puertas regulares

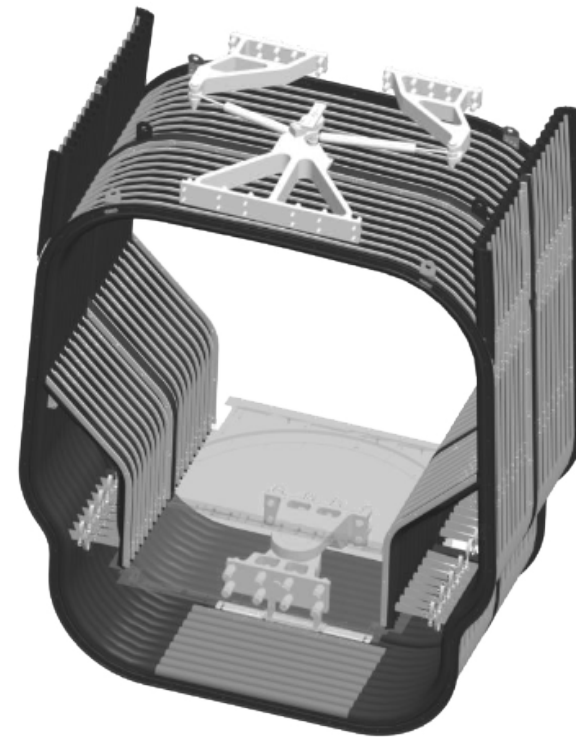
salidas de emergencia

A nivel internacional, la mayoría de servicios de transporte de pasajeros ferroviarios utilizan acoples flexibles de tipo acordeón. Algunos otros servicios ferroviarios todavía no lo implementan, como el metro en New York, sin embargo, están en proceso. A continuación analizaremos cada uno.

Acoples flexibles

Un acople flexible es un sistema que permite el paso de un vagón a otro inclusive cuando el tren se encuentra en movimiento. Como vimos anteriormente, esta idea nació antes del s.XIX en la empresa inglesa Great Western Railway. Actualmente, estos sistemas son altamente complejos y se han modificado según el servicio que cumple.

Los sistemas ferroviarios que circulan dentro de las ciudades ocupan tener capacidades de giro más puntuales que aquellos trenes que viajan largas distancias, por tanto estos requieren acoples flexibles con más distancia entre los vagones.



Acoples flexibles grandes que aumentan la capacidad de giro. Al existir más distancia entre vagón y vagón, el acordeón debe incrementar su tamaño en la dirección de las vías, lo que permite que este tenga más ángulo de giro.

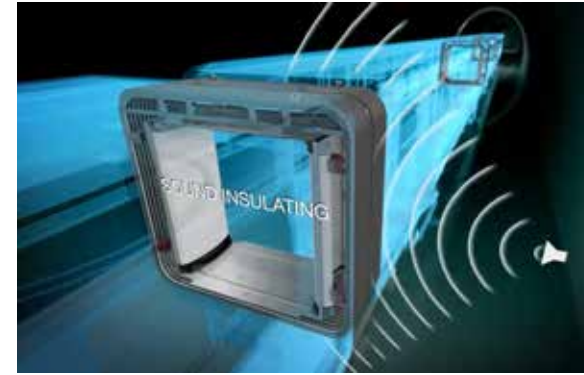


Acoples flexibles cortos, para unidades que viajan sobre vías que no tienen giros cortos. En estos casos podemos observar que no existen recubrimientos internos para el acordeón.

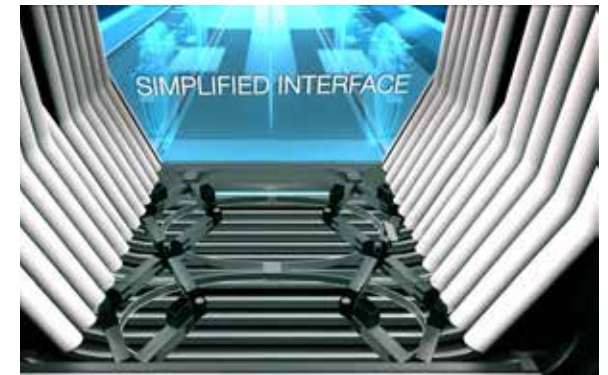




Los recubrimientos en los laterales evitan que el usuario entre en contacto directo con el acordeón y el doble recubrimiento responde a la topología del tren, evitando que las personas en andén se caigan en esta zona.



El sistema ha evolucionado con el tiempo. Hoy en día estos sistemas poseen características que les permiten aislar el sonido proveniente del exterior, implementar paredes laterales flexibles que protegen el acordeón y tener interfaces de piso que son más sencillas y duraderas.





En los sistemas de transporte inter-ciudad se puede encontrar puertas de un vagón a otro. Esto ayuda en varios aspectos:

- minimizan el paso de pasajeros de un vagón a otro
- ayudan al sistema de aire acondicionado, evitando la salida o entrada de aire con una temperatura diferente a la zona de pasajeros
- fomentan la seguridad del pasajero, evitando que este esté en contacto directo con la salida del vagón.

El sistema de apertura en estas puertas es siempre deslizando las puertas hacia los costados. Esto es posible en la mayoría de los países que tienen sistemas ferroviarios con vías en el estándar internacional de 1506 mm de ancho.

Acoples flexible frontal



Este tipo de sistema se encuentra en la parte frontal de un tren, al frente de la cabina del maquinista. Sirve para permitir el paso de los pasajeros entre un tren y otro. Este no es un paso regular, por lo que no tiene mucha frecuencia de uso. Permite evacuar a todas las personas de un tren en caso de una emergencia.

Puertas regulares



Originalmente, la mayoría de sistemas de transporte de pasajeros ferroviarios estaban compuestos de vagones individuales que no poseían un sistema de interconexión seguro entre ellos. Nada más existía una puerta regular que permitía el paso de los operarios.

Puertas regulares en salidas laterales



Las salidas regulares de un vagón se encuentran en los laterales. Cada unidad suele tener 4 puertas, 2 por cada lado. Sirven para el egreso e ingreso regular de los pasajeros. Cada sistema ferroviario como vimos anteriormente tiene diferentes necesidades dependiendo de la cantidad de personas que utilicen el servicio y las distancias recorridas.

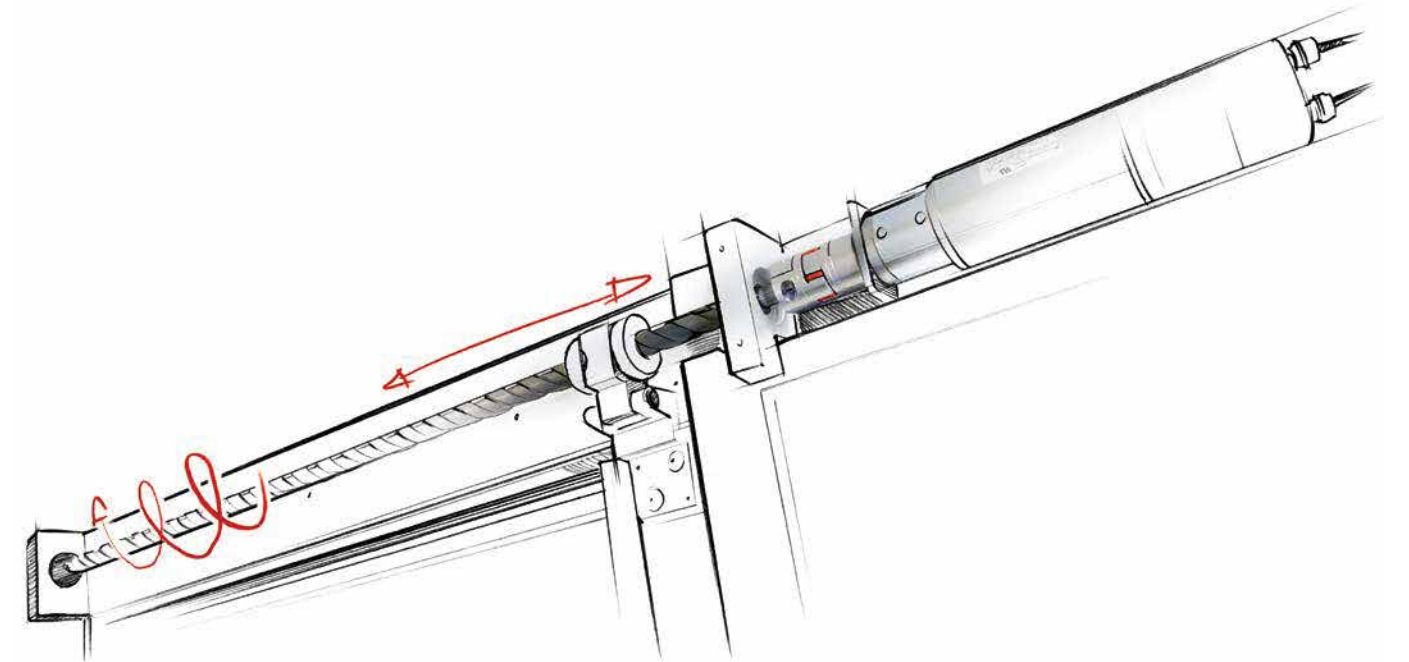
Flujo de funcionamiento de puertas laterales para un sistema ferroviario inter - ciudad.
Fuente.

Sliding doors for van bodies.
LT800-E | LT1250-E | SST-M.

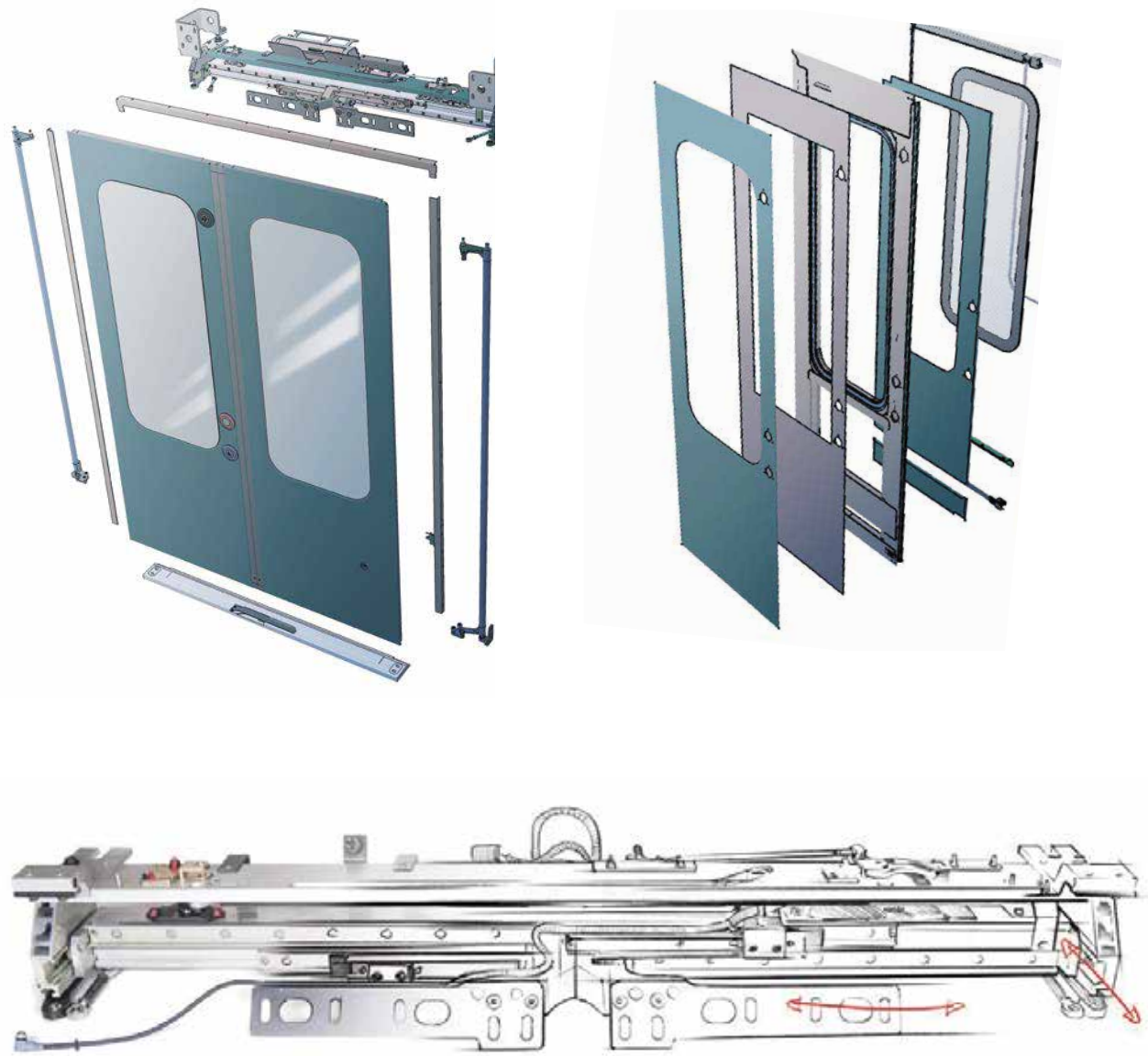


sistema de puertas deslizables accionado por motor eléctrico sobre riel.

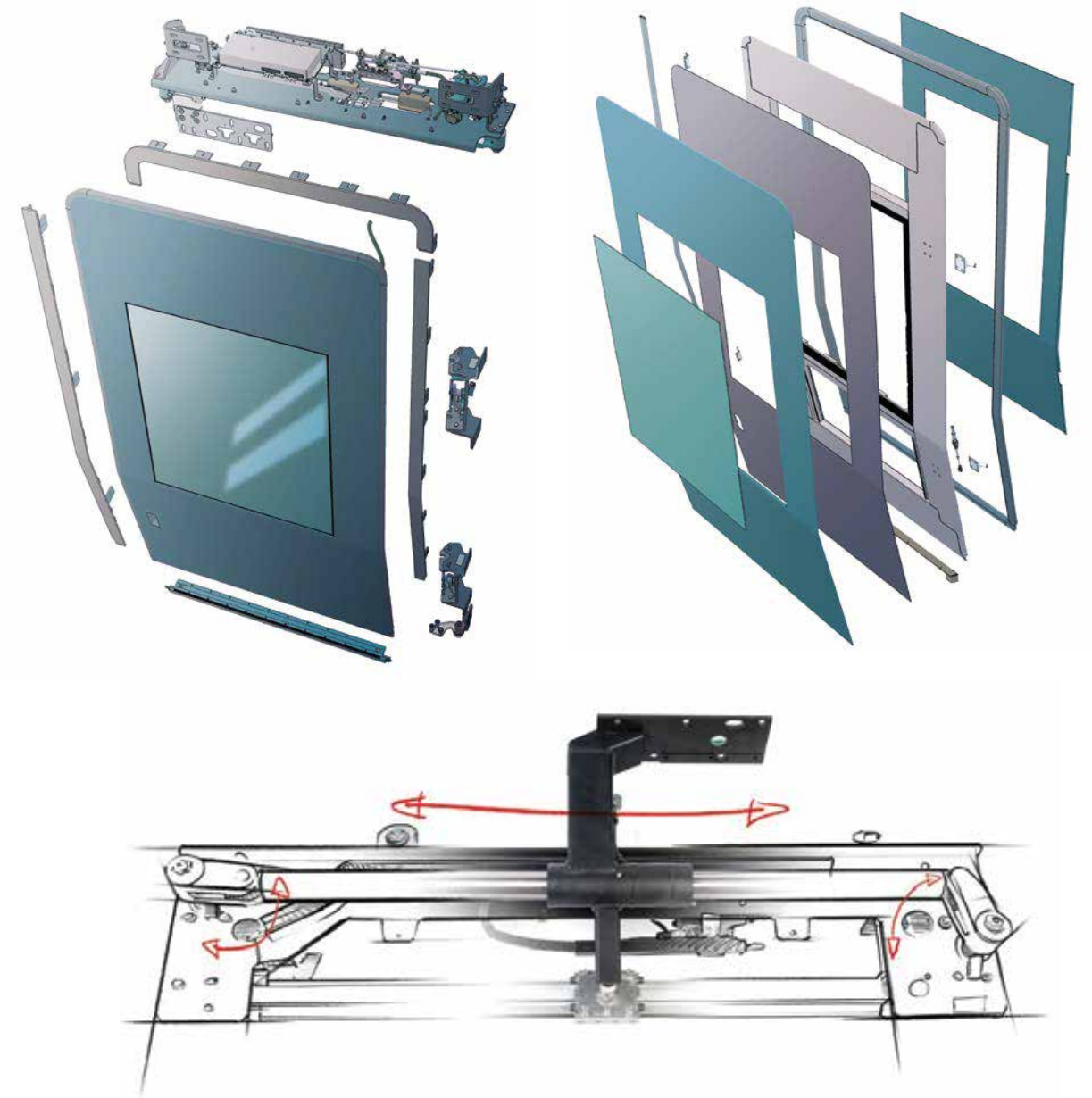
sistema de puertas "push and out" donde las puertas se deslizan sobre rieles que al inicio tienen un giro que les permite terminar de sellar la unidad contra el agua.



sistema de tornillo infinito que es accionado por un motor eléctrico. Un piñón corre sobre este y abre la puerta.



2018



michael sanabria astúa



Las salidas de emergencia frontales se encuentran en algunos sistemas ferroviarios alrededor del mundo.



La apropiada señalización es vital para el funcionamiento del producto.



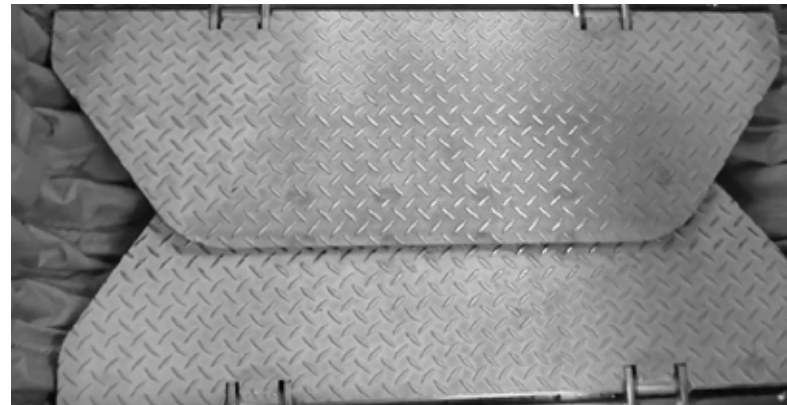
Este tipo de sistemas permite a los usuarios hacer una salida hasta el nivel de la vía férrea, cuando las salidas laterales se ven comprometidas por alguna circunstancia.





Para la plataforma del piso es importante analizar sistemas como los presentes en la secuencia de imágenes, que muestran a la plataforma salir por debajo del nivel del piso del autobús y ocultarse debajo de este una vez que las puertas se han cerrado.

Esta plataforma entre vagones permite el roce entre una de las láminas y la otra con tal de poder soportar los diferentes movimientos que se originan entre vagones.



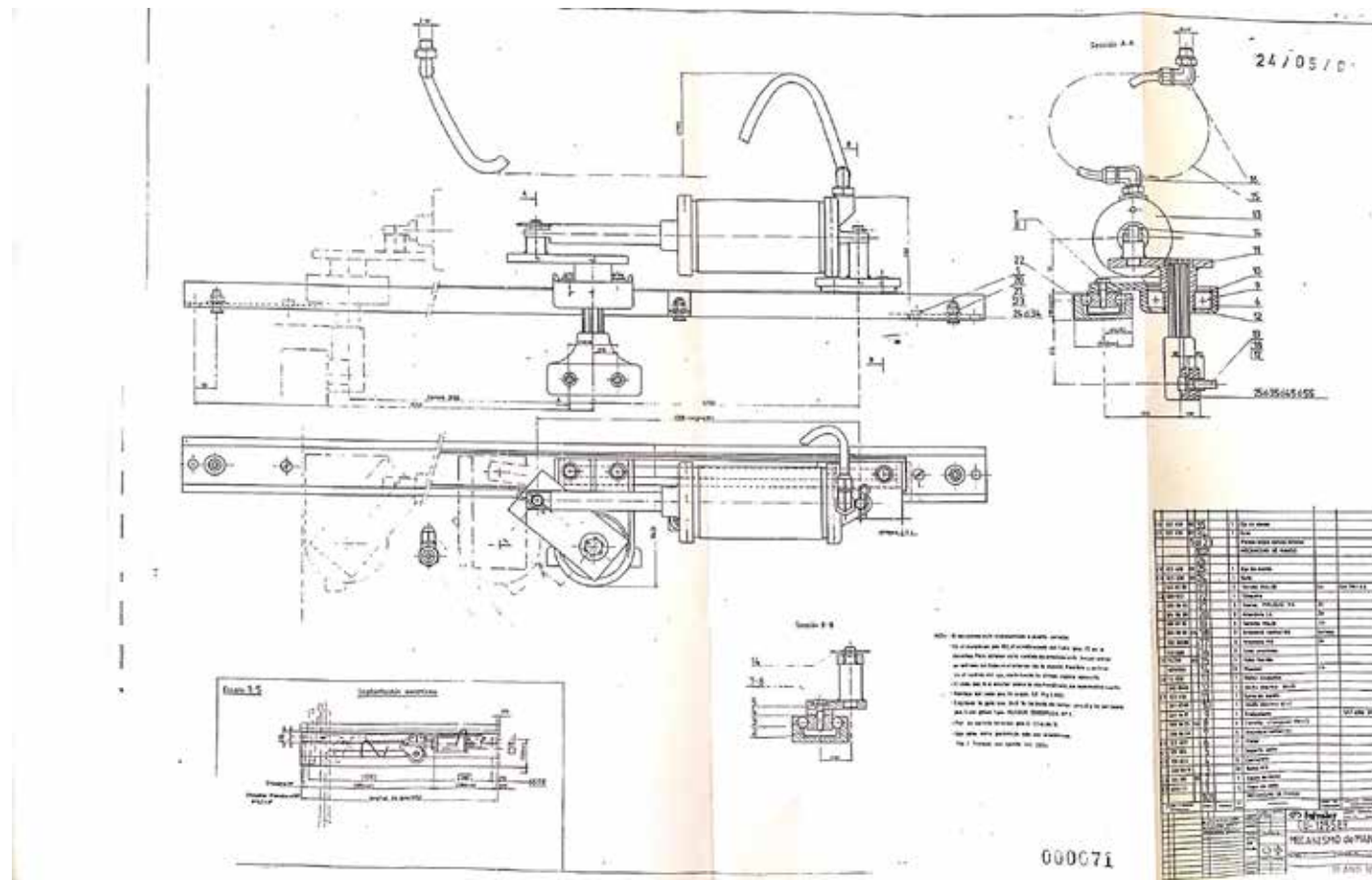
2.2 ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS

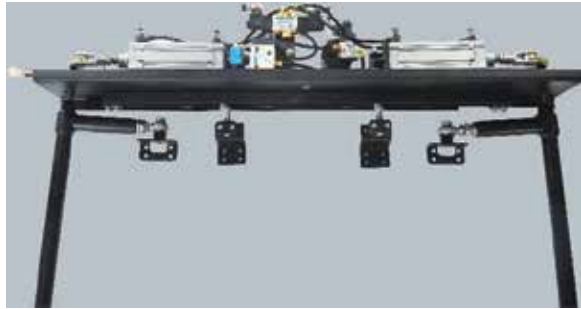
»»»

2.2.1 Mecanismos, uniones, sistemas y subsistemas

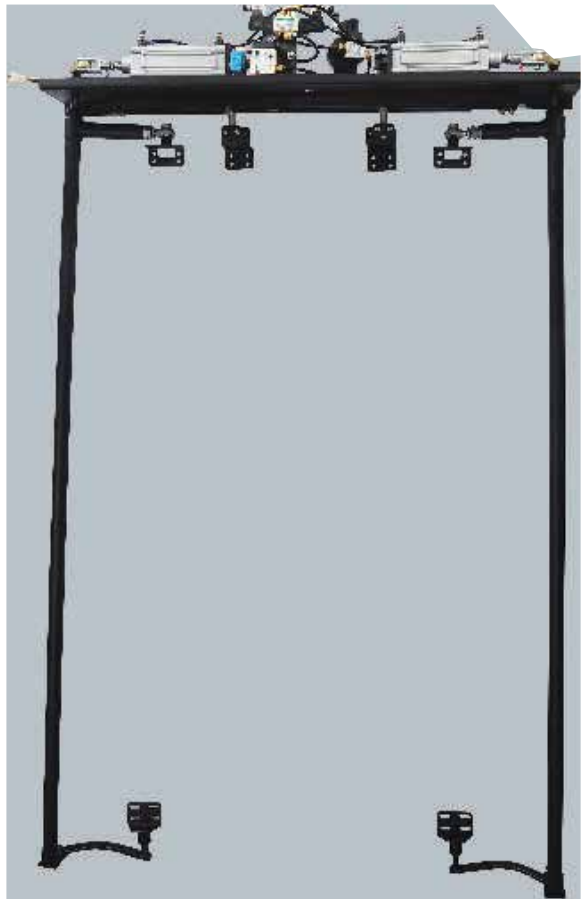
Los vagones autopropulsados FEVE 2400 tienen incorporado un presurizador de aire que permite utilizar un sistema neumático para diversas funciones del mismo, entre ellas el cierre y apertura de puertas.

A la izquierda se encuentra el detalle del sistema de apertura de puertas que se utiliza actualmente.

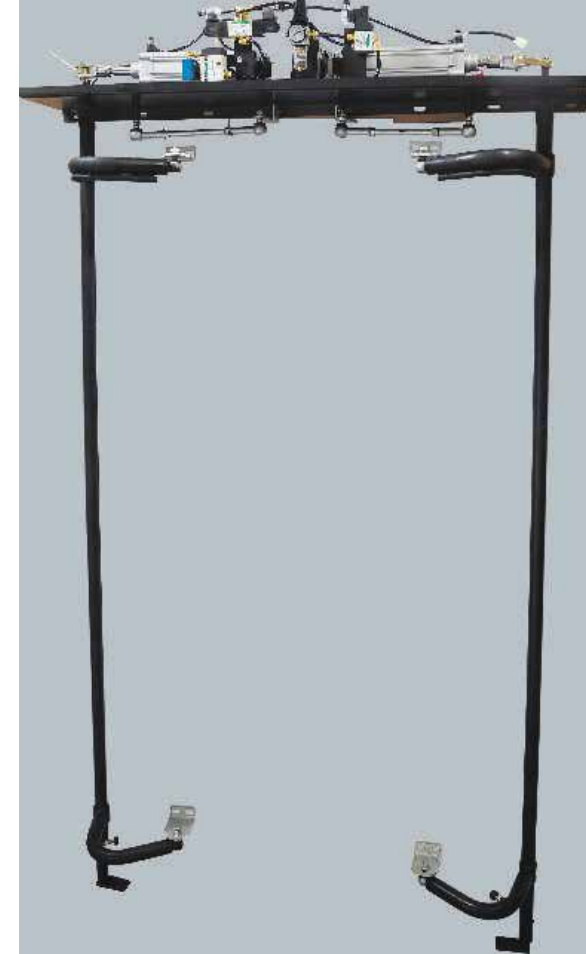


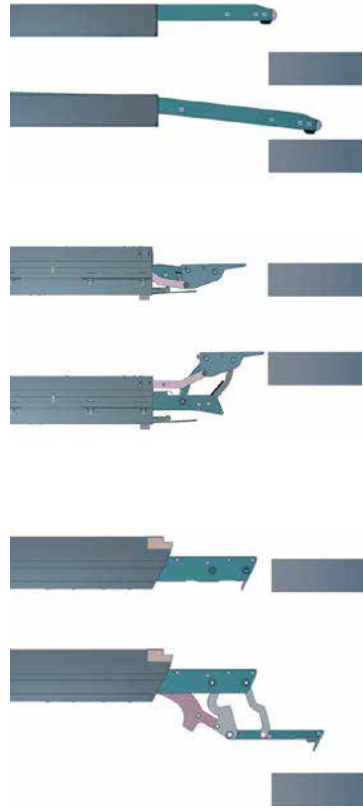


Puertas de dos hojas de medio giro interno, accionadas por un sistema neumático, con controlador eléctrico.



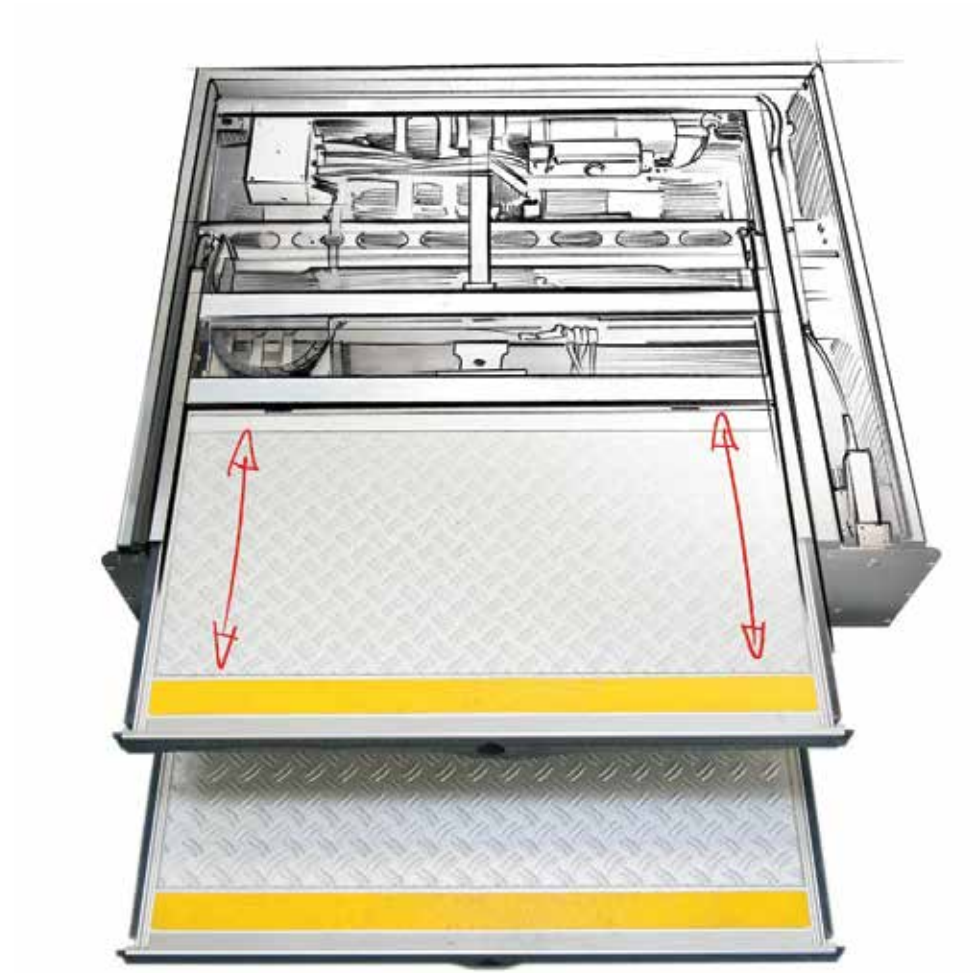
Puertas de dos hojas de medio giro externo, accionadas por un sistema neumático, con controlador eléctrico.





Diferentes sistemas de plataformas para facilitar el abandono de los pasajeros hacia el andén. Vista lateral.

Este tipo de soluciones se podrían implementar en la plataforma que debe conectar ambos vagones para permitir el tránsito de los pasajeros en una eventualidad.





Válvula eléctrica que controla el paso del aire hacia el cilindro neumático, de tal forma que abra o cierre la puerta según se comande.



Botón de salida de emergencia con protector para evitar accionamiento por error. Los sistemas actuales implementados en las unidades Apolo funcionan con una interacción manual de palanca en la parte superior de las puertas.

2.2.2 Posibles materiales

Existen tres criterios importantes para la selección de los materiales a utilizar en la solución del problema:

- Las necesidades físicas para proveer la seguridad necesaria en el contexto propuesto
- La reutilización de materia prima y de bienes existente en la empresa
- La capacidad de adquisición de nuevos materiales

El presupuesto dispuesto para este proyecto, aunque sin un número específico, es bajo. La premisa propuesta por la empresa es que se utilizara en la medida de lo posible materiales existentes dentro de la bodega y reutilizar materiales existentes en el taller.

Para esto es importante recalcar las siguientes premisas:

- Existen 4 unidades tipo Apolo FEVE 2400 que presentan daños de diferentes índoles y cuyos costos de arreglo son muy elevados. Por tanto la Gerencia de Operaciones ha determinado que estas unidades pueden ser desmanteladas para utilizar sus componentes como recurso de mantenimiento de las unidades que si se encuentran en funcionamiento. Por tanto se dispone todo el material necesario que pueda ser rescatado de estas unidades al servicio del proyecto.
- La compra de materiales, sistemas, componentes, etc, nuevos deben ser solicitados al Depto de Proveduría para que este abra la licitación pertinente. Una vez abierta la licitación, todos los oferentes que deseen ser parte de la misma deben enviar la respectiva propuesta / cotización por el medio indicado hasta la fecha previamente contemplada. Una vez cerrado el periodo de licitación, las cotizaciones serán revisadas por el Jefe de Taller para determinar cual de ellas cumple de mejor manera las necesidades de la empresa. Escogido el mejor oferente, se entablan las conversaciones con este para determinar el contrato.

Tomando como punto de partida las premisas antes expuestas, se exponen los posibles materiales a utilizar en la propuesta.

Metales

El tipo de metal más utilizado en el Taller de San José del INCOFER es hierro 4045, de denominación popular hierro negro. Este se encuentra en diferentes presentaciones:

- Angulares
- Láminas
- Tubos de perfil cuadrado y redondo
- Barras
- Platinas

Todas las anteriores están en diferentes tamaños y grosores. Para la estructura de la solución se deben considerar estos como los insumos para tal fin.



Perfiles metálicos en sus formas básicas.
Fuente: ilustración original del autor.

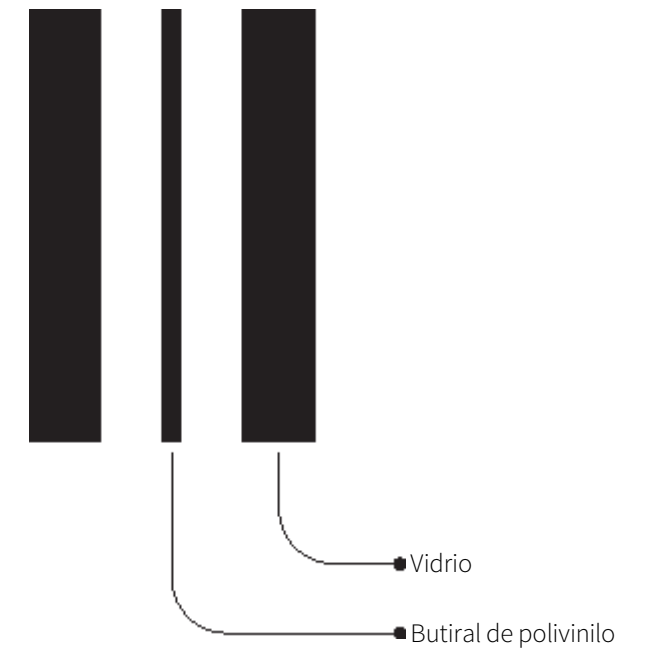
Vidrios

En el evento de considerar secciones traslúcidas dentro de la solución se deben utilizar vidrios, tomar en cuenta las siguientes premisas:

Para vidrios frontales como parabrisas se utilizan vidrios de seguridad. Un vidrio de seguridad es aquel que en caso de rotura no presenta potencial para causar heridas de consideración a las personas, un concepto adicional y complementario al de la seguridad es el concepto de protección que, en general, está ligado con las propiedades de aquellos vidrios difíciles de ser traspasados por el impacto de personas u objetos.

Al vidrio de seguridad templado se le ha dado un tratamiento térmico especial (proceso denominado "templado") para aumentar su resistencia mecánica y al calor. Además, el vidrio templado puede laminarse para obtener un vidrio de seguridad máxima.

El vidrio de seguridad laminado se compone de dos o más hojas de vidrio monolítico unidas entre ellas gracias a una o más láminas de un polímero plástico (Butiral de polivinilo); al romperse, los pedazos permanecen adheridos a la mencionada lámina, sin desprenderse y evitando así el riesgo de producir lesiones. ("Vidrio de seguridad", 2018)



Fuente: ideem

2.2.3 Posibles procesos de manufactura

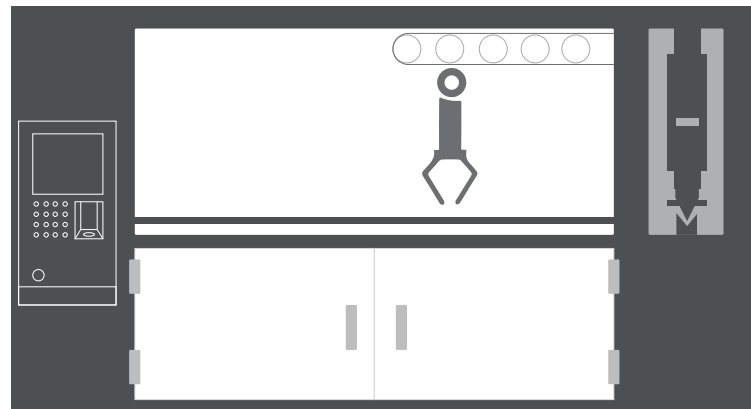
El INCOFER cuenta con un taller de reparación y mantenimiento de las unidades ubicado en la Estación del Pacífico, San José, Costa Rica. Este taller está equipado para poder dar un mantenimiento básico a las unidades que se dan el servicio de transporte de pasajeros y carga.

Anteriormente, el taller tenía las facilidades para poder reemplazar todos los componentes necesarios en el ensamblaje de locomotoras diésel y eléctricas en su totalidad. Durante la vida de la institución han pasado por el taller unidades de marcas como Siemens(Alemania), Alstom(Francia), General Electric(Estados Unidos), FEVE(España), AEG, ect

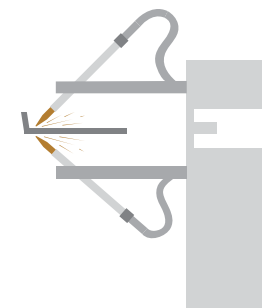
Consideraciones a tomar para los procesos de manufactura:

- La propuesta solución debe ser posible de manufacturar en su mayoría con los procesos existentes dentro del Taller de San José del INCOFER.
- De ser requerido un proceso que no exista dentro de los que maneja la empresa, el proceso para entablar una relación con un tercero que provea dicho servicio será similar al proceso de licitación que se habló anteriormente. Esta opción debe considerarse sólo y tan sólo no exista otra manera de proponer una solución alternativa, dada la situación financiera de la empresa y los objetivos a corto plazo.

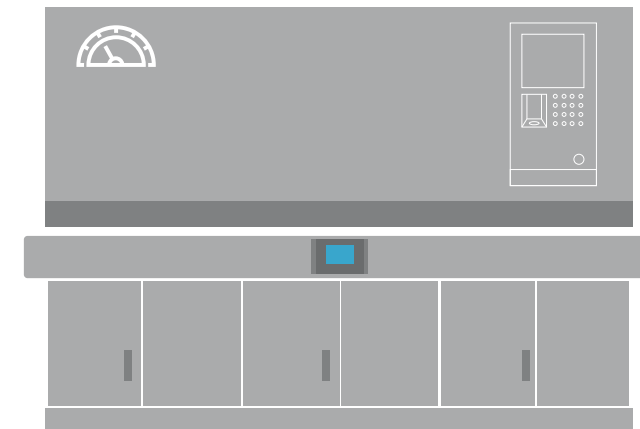
Dentro de los procesos de manufactura y maquinaria existente en la empresa se encuentran los siguientes:



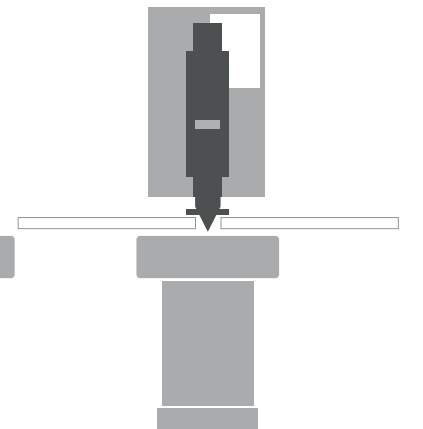
Cortadora



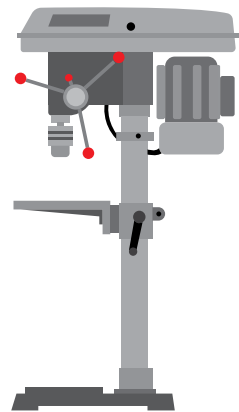
Soldadura de punto eléctrico



Dobladora



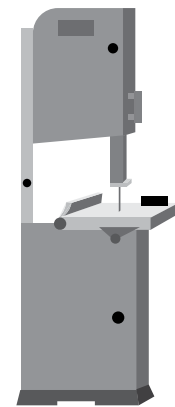
Torno
Fresadora
Esmerilado
etc.



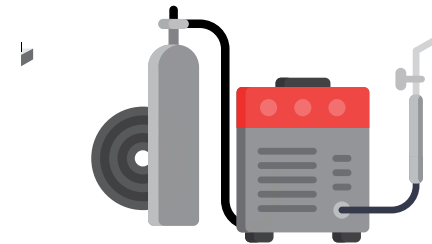
Taladro de mesa



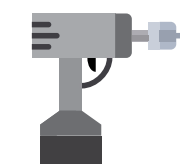
spray de pintura



sierra cinta de mesa



soldadora MIC



Taladro de mano

2.3 ANÁLISIS ERGONÓMICO

»»»

2.3.1 Características de los involucrados

Existen varios involucrados en el proceso de utilización del producto:

- Conductor
- Asistentes / cobradores
- Usuarios del transporte

Cada uno de estos se relaciona de manera diferente con el producto. Analizaremos las características de cada uno.

Conductores

Usualmente son masculinos, mayores de 40 años. Se encuentran la mayor parte del tiempo de servicio dentro de la cabina de mano, al otro lado de donde se encuentra el producto. Utilizan el servicio para pasar de un vagón a otro cuando estos llegan a la terminal y el tren debe cambiar de dirección.

Las unidades con las que se trabajan son autopropulsadas, por lo que cada unidad tiene su propia cabina y sólo funcionan en pares.



Carlos Valverde, maquinista veterano ex empleado de FECOSA.
Fuente: www.laprensalibre.cr/files/noticias/images/detail/524893006_img_0270.jpg

Asistentes / Cobradores

El INCOFER tomó la iniciativa de dar este cargo a personas de la tercera edad y jóvenes en su mayoría. Las edades oscilan entre los 20 y los 60 años. Estos son los encargados de hacer el cobro del pasaje a los usuarios. Además recorren en bus abriendo y cerrando puertas en las estaciones, dan el visto bueno al conductor para la partida y verifican el buen estado de todos los ocupantes. Se designa un cobrador por vagón y cuando es posible, dos. Estos transitan entre vagones cuando así es necesario. El cobro se convierte en una labor complicada en las horas pico del transporte. Al final de la jornada de encargan de limpiar las unidades.



Funcionarios encargados del cobro recorren el tren entregando los tiquetes.
Fuente: [https://www.nacion.com/resizer/6C7WWeHumUfDbmisaWnEskRqLI=/600x0/center/middle/filters:quality\(100\)/arc-anglefish-arc2-prod-gruponacion.s3.amazonaws.com/public/7WADR6HHT5BFNK0HFVXXSRG4.jpg](https://www.nacion.com/resizer/6C7WWeHumUfDbmisaWnEskRqLI=/600x0/center/middle/filters:quality(100)/arc-anglefish-arc2-prod-gruponacion.s3.amazonaws.com/public/7WADR6HHT5BFNK0HFVXXSRG4.jpg)

Intereses	Problemas
Brindar un servicio de calidad	Falta de consistencia en el servicio brindado por no poder darle mantenimiento rápido y adecuado a las unidades
Viajar de manera segura y rápida a mi destino	Descarrilamiento constante de las máquinas por el estado de las vías. Choques ocasionados por la falta de cultura en el país
Brindar un servicio seguro a los pasajeros	Las personas viajan entre los acoples flexibles, expuestos a altos riesgos de mortalidad en caso de colisiones o descarrilamientos
Poder cambiar de cabina una vez finalice mi trayectoria	El cambio de dirección de la máquina implica moverse de una de las máquinas de conducción hacia la otra, lo cual se da mediante el acople flexible
Poder asistir de manera adecuada al maquinista	

Intereses	Problemas
Viajar de manera segura	No me siento seguro cuando viajo dentro del tren
Poder brindar un servicio de calidad	No puedo brindar un servicio de calidad por la gran cantidad de personas
Poder cobrar el pasaje de manera correcta	No puedo cobrar el pasaje de manera adecuada por la sobrecarga de personas
Poder movilizarme dentro del vagón	No me puedo movilizar con libertad dentro del vagón para hacer el cobro
Poder pasar de un vagón a otro para hacer el cobro	Pasar de un vagón a otro significa un riesgo puesto que debo cruzar por un acople cargado de personas
Poder asistir a las personas que viajan en el tren	No podría asistir a una persona en peligro o con alguna crisis de salud de manera correcta

Usuarios

Los usuarios del servicio de transporte ferroviario son sumamente diversos, siendo la nacionalidad el rasgo que más comparten entre la mayoría.

Partiendo de este aspecto, podemos evidenciar características de los costarricenses que perjudican el trabajo del sistema de transporte.

- No respeto a la autoridad
- No respeto a la señalización
- Falta de medición de riesgos



Sobrecarga de los vagones en hora pico, ruta Heredia San José.
Fuente: www.laprensa libre.cr/files/noticias/images/detail/524893006_img_0270.jpg

Usuarios en sillas de ruedas

Existe un segmento de la población de usuarios especial, las personas con algún tipo de discapacidad. En especial aquellas personas que utilizan sillas de ruedas presentan un reto para el acceso a las unidades y el uso del servicio en general, puesto que no pueden utilizar el mismo tipo de accesos que el resto de la población. En situaciones de emergencia, evacuar a estas personas se convierte en un reto que se debe manejar de manera especial.

Actualmente todas las unidades cuentan con accesos especiales para personas en sillas de ruedas, y estas actúan además como salidas de emergencia. El principal reto que se presenta en el sistema es que no todas las estaciones están niveladas de forma tal que el andén quede a la misma altura que los accesos de sillas de ruedas.



"Cada vez que Gabriel, un estudiante de farmacia de la ULatina, quiere tomar el tren en el andén ubicado en dicho centro educativo, en San Pedro de Montes de Oca, los cobradores del tren luchan para subirlo a la unidad."
(Telenoticias, 2018)
Fuente: https://images.teletica.com/Files/Sizes/2018/6/12/1929987811_1140x520.jpg

Intereses

- Llegar a mi lugar de destino
- Viajar de modo seguro
- No atrasarme en mi llegada ni en mi partida
- Tener espacio para viajar

Problemas

- Falta de regularidad en el servicio
- No me siento seguro cuando viajo en el tren
- El tren llega tarde y los accidentes / colisiones no permiten mi segura llegada
- El tren va sobrecargado, entonces no tengo espacio suficiente para viajar de manera segura

2.3.2 Análisis de usabilidad

Tabla.?

usuarios	Nivel de frecuencia de uso
Maquinista	mínimo 12 veces al día, puesto que esta es la cantidad máxima de carreras que ejecuta un maquinista al día.
Asistentes	mínimo 2 veces al día cuando se hace la limpieza del vagón.
Usuarios regulares	en el evento de una emergencia
Usuarios con discapacidades	en el evento de una emergencia

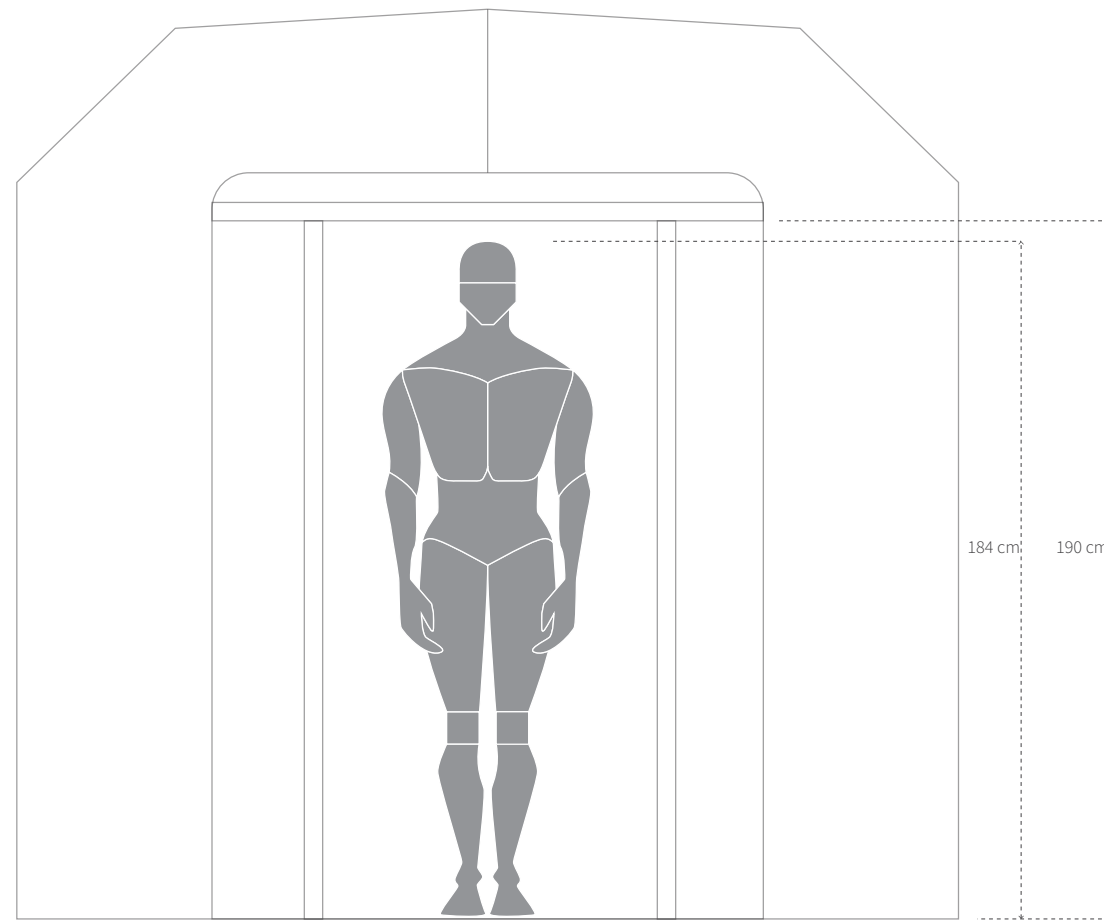
Siendo la solución del problema colocar puertas de emergencia, la frecuencia de uso es baja para casi todos los usuarios, sin embargo varía significativamente. A continuación se presenta un cuadro que compara el nivel de frecuencia de uso del producto. Esta información nos permite definir cuales son las expectativas del usuario cuando este se relaciona con el producto. El producto se usará de forma diaria tanto por los maquinistas, como por los asistentes, por tanto debe de existir un sistema de activación sencillo y práctico. Este sistema debe activar un sistema de apertura de las puertas automatizado que no implique un esfuerzo mayor por parte del usuario. Para los maquinistas, que son los usuarios con la mayor frecuencia de uso, este sistema debe ser una facilidad y no un obstáculo en la realización de su tarea.

Para los asistentes la frecuencia de uso es menor, sin embargo sus necesidades se pueden satisfacer con el mismo tipo de solución que para los maquinistas.

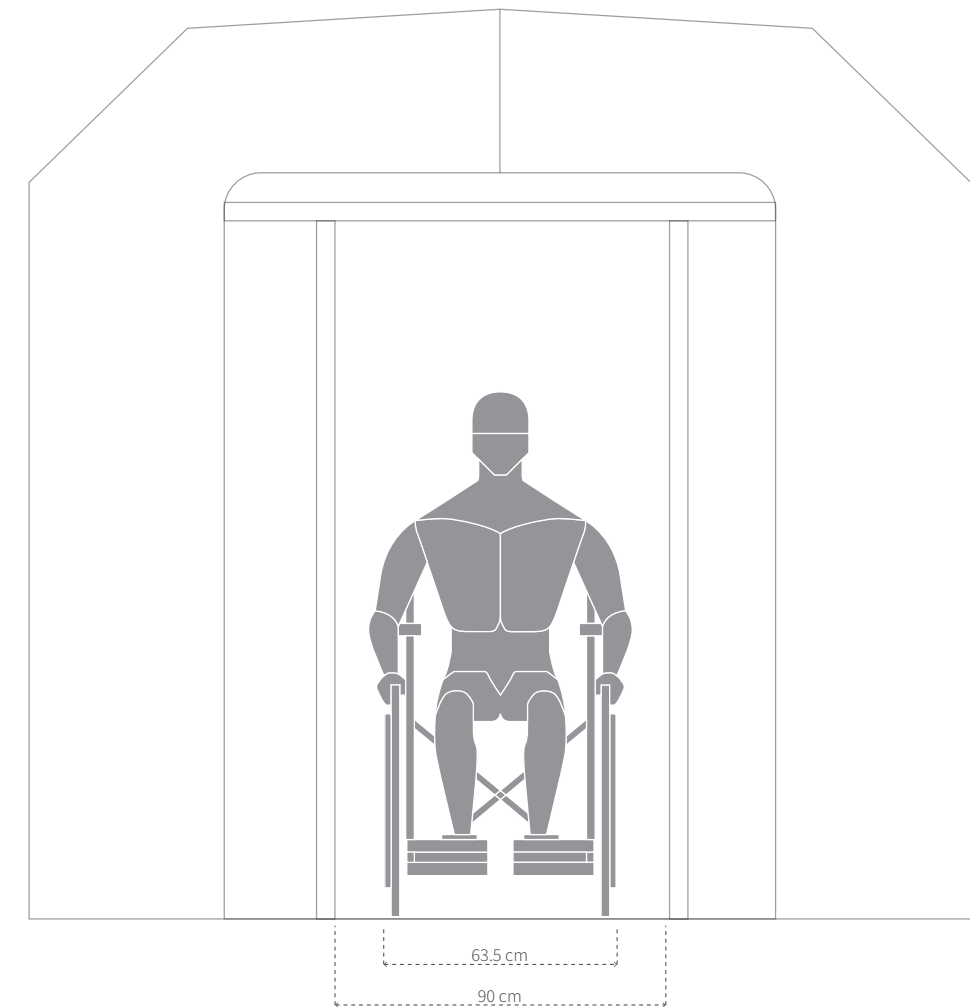
Para los usuarios regulares y los usuarios con discapacidad, su frecuencia de uso es mínima. Se limita sólo a eventos de emergencia. Este tipo de eventos provocan que los usuarios estén en un estado anímico en el que los niveles de euforia y desesperación se incrementan, por tanto la forma de reaccionar de las personas se vuelve menos coherente.

En ese tipo de evento la comunicación entre el objeto y el usuario es vital. La señalización del producto debe de ser accesible a todas las personas de forma rápida.

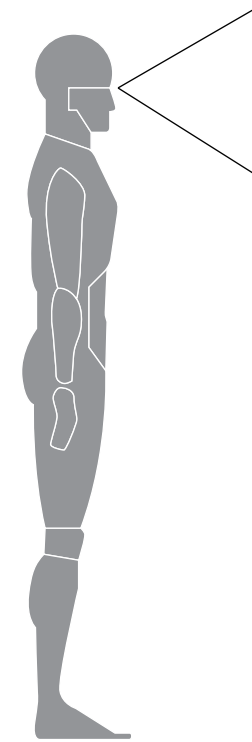
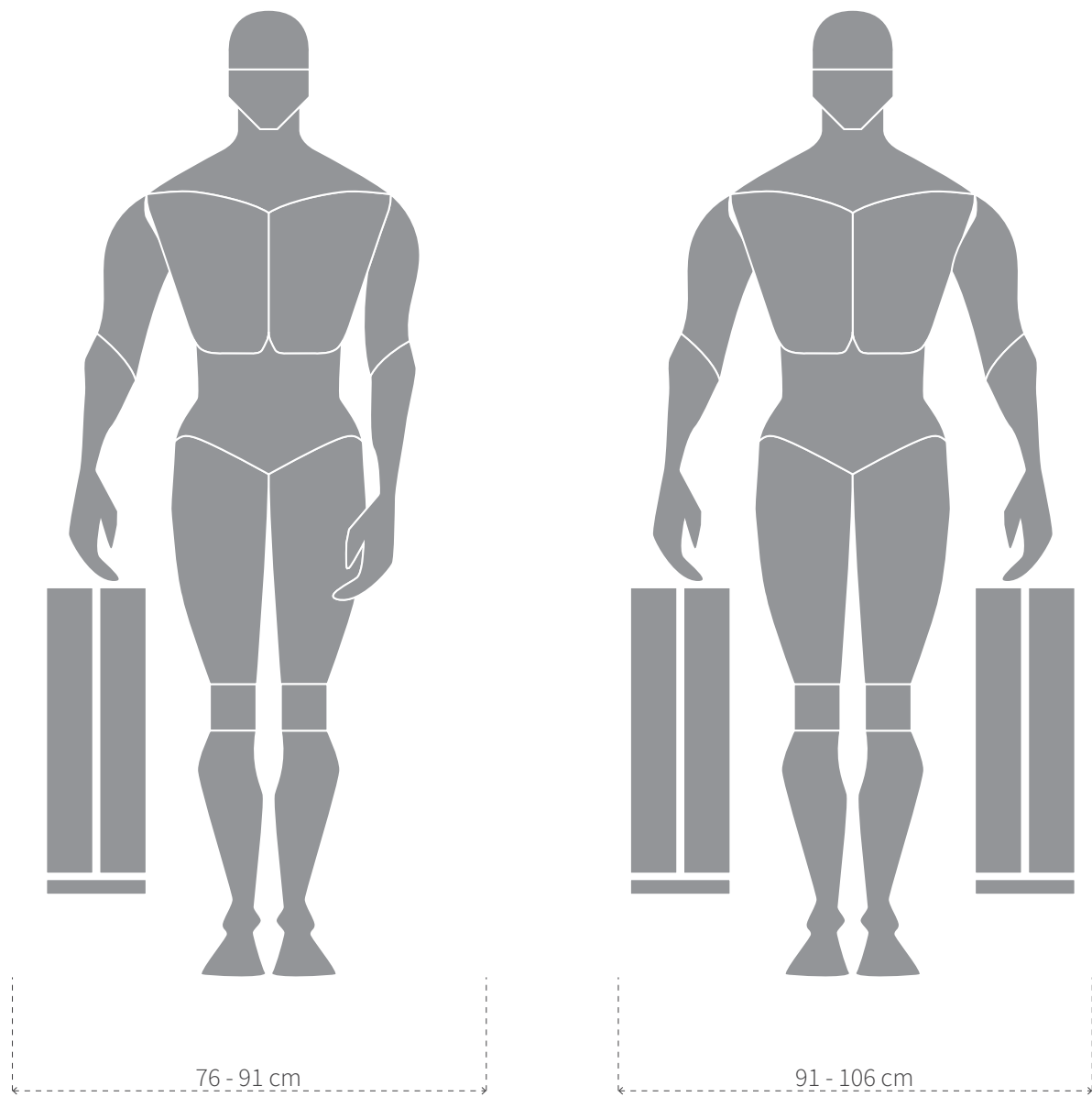
2.3.4 Análisis biomecánico y antropométrico



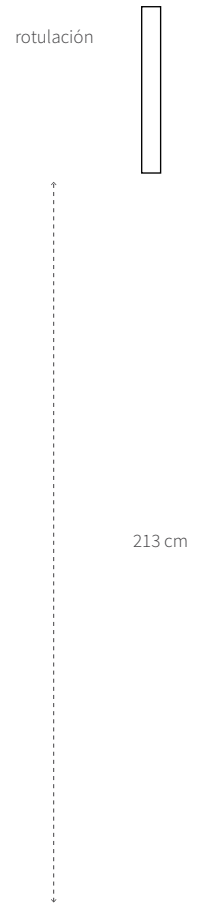
Como se referencia se utilizaron medidas del percentil 90 hombre de la tabla colombiana de medidas antropométrico.



Como se referencia se utilizaron medidas del percentil 90 hombre de la tabla colombiana de medidas antropométrico.



A la derecha se observa el ancho mínimo para pasajeros con maletas. En la parte superior se estipula la altura máxima para poder distinguir rótulos de manera óptima.



2.4 ANÁLISIS PERCEPTUAL

»»»

2.5.1 Frase semántica

La semántica de los productos cuyo campo de acción son los eventos de emergencia tienen un fuerte mensaje cognitivo que indique al usuario su utilidad en el momento adecuado.

Son elementos que siempre están presentes en un entorno determinado, sin embargo tratan de pasar desapercibidos hasta que son necesarios.

Cuando hablamos de un producto para emergencias, buscamos un objeto que podamos entender fácilmente, que pueda ser utilizado de manera efectiva en las situaciones más adversas y además buscamos un objeto que podamos identificar rápidamente en un ambiente.

Dado lo anterior, la frase semántica del proyecto se define:

directo y seguro

2.5.2 Ejes semánticos



2.5.4 Análisis cromático

Las puertas de los sistemas ferroviarios no tienen un color específico, pues responden al color del tren. Los elementos de interacción con el usuario son los que mantienen una cromática similar. Es importante en este punto respetar los códigos cromáticos que se estipulan para la señalización de salidas de emergencia.

Además de esto, se debe contemplar que los materiales a utilizar no son los más idóneos para el trabajo y que el acabado a cual se puede llegar con estos es bastante robusto. Esto acompañado de los sistemas de manufactura que se utilizan en la empresa y la falta de procesos de acabado, se debe contemplar que la pintura debe ser el elemento que de unidad y acabado al producto. Pensando en esto, se decide utilizar negro para pintar las láminas de las puertas y el marco de las mismas.



Afiche instructivo que ejemplifica el uso de la cromática y la iconografía.

(Anexo 3)

03

CONCEPTUALIZACIÓN

3.1 GENERACIÓN DE CONCEPTO

»»»

3.1.1 ¿Qué? & ¿Cómo?

qué?

sistema de comunicación que permita un óptimo funcionamiento del transporte ferroviario de pasajeros por medio de los vagones autopropulsados de tipo Apolo y provea una experiencia segura para el usuario

para quién?

maquinista, operarios y usuarios del servicio de tren

para qué?

proveer una salida de emergencia de un vagón a otro

cómo?

mediante la implementación de un sistema de puertas

3.1.3 Conceptos de diseño

Adaptabilidad

La topología del territorio nacional tiene características que proponen un reto para el paso del tren. Además la falta de mantenimiento también es muy significativa. La propuesta de solución debe contemplar estos factores para satisfacer la necesidad

Seguro

Hoy en día los vagones son sobrecargados hasta en un 150% de su capacidad máxima, por tanto la solución debe ayudar a resguardar la vida y la integridad de las personas que utilizan el servicio

Económico

La realidad financiera de la empresa es sumamente limitada, por tanto la solución debe ser de bajo costo e inversión inicial.

Sencillo

La manufactura de la solución debe ser sencilla en cuanto a los procesos de manufactura que requiere.

Durabilidad y Seguridad

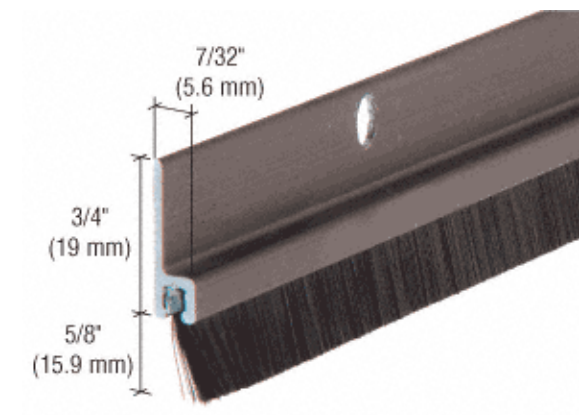
04

PROPUESTAS

4.1 DESARROLLO DE PROPUESTAS



4.1.1 Propuestas de componentes estandarizados



Escobilla para la parte inferior de las puertas, de manera que eviten la filtración de agua excesiva y de partículas que intervengan el circular de la puerta.



Luminaria para salida de emergencias, Sylvania

SylSafe Exit-Mod EX R EM3 MT MS

0041749

Detalle de las especificaciones técnicas se encuentra en el anexo 04.

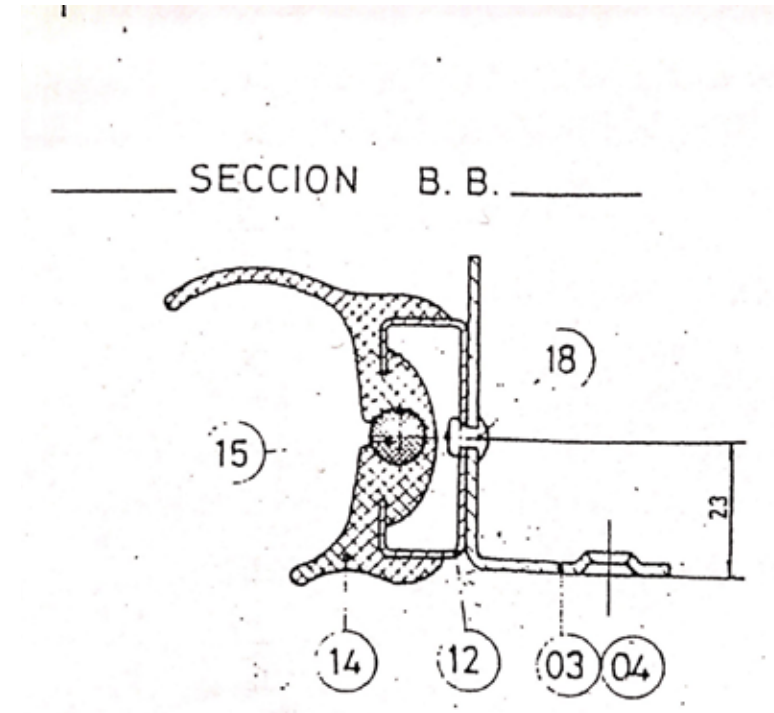


Roll de agujas, B 1210, 1/2 pulgada de radio interno.

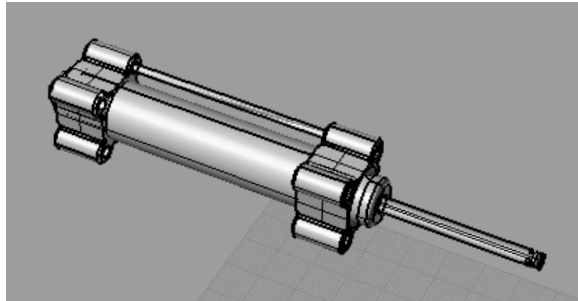


Activador eléctrico del sistema neumático para la apertura de las puertas.

Tornillos m8 con cuello y sin cuello. Se requieren 4 unidades con cuello y dos sin cuello para cada sistema de puertas



Empaque de hule para las puertas en la zona central.



Cilindro ENPA 1215 de carrera de 17 cm, 9 bares de presión de aire.



Válvula eléctrica que controla el flujo de aire hacia el cilindro, marca BOJTA.



Poliuretano 550 sellador o URKIseal para adherir las ventanas a la estructura metálica.



4.1.2 Propuestas de materiales

Metal 4045 para las láminas de 3/16 pulgadas de espesor

Metal 4045 para los perfiles cuadrados y angulares de 2x2 pulgadas

Vidrio de seguridad para las ventanas

Tubo de 1/2 pulgada de espesor por 2 pulgadas de radio para el pivote

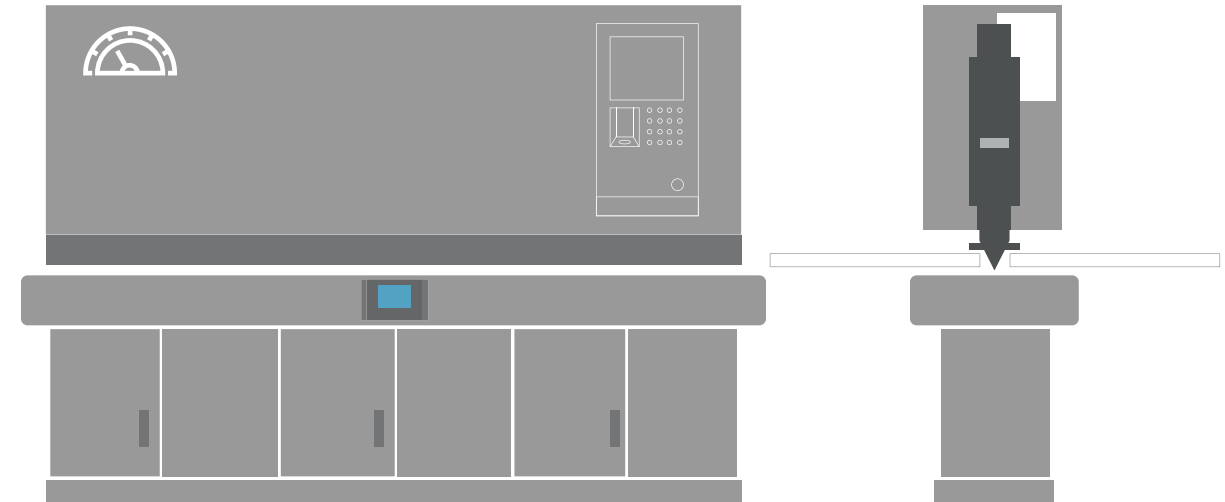
Pintura magnetizada en polvo negra y blanca para los trabajos de acabado

Sellador 3M 550 sealing, para unir los vidrios de seguridad a la estructura metálica

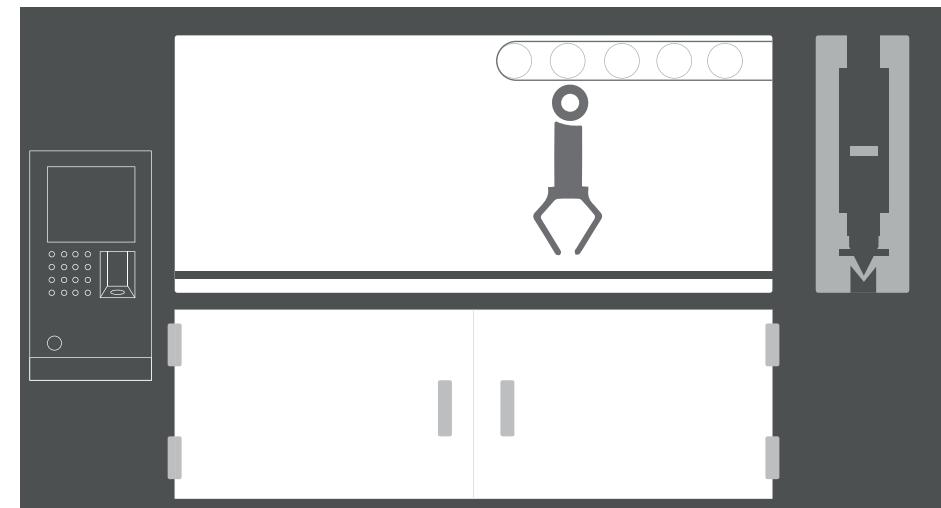
FLUJOGRAMA

- 1. Materiales
- 2. Corte
- 3. Doblado
- 4. Soldadura
- 5. Lavado
- 6. Pintura
- 7. Polimerizado
- 8. Ensamblaje

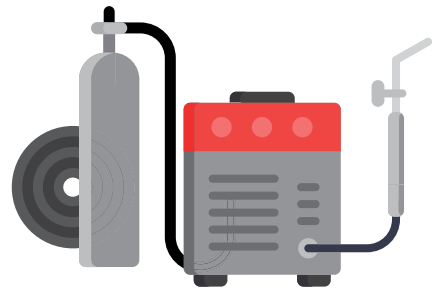
4.1.3 Propuestas de procesos de manufactura



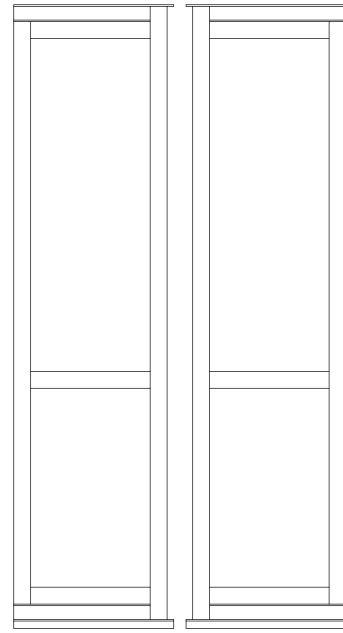
Se cortan las láminas y los perfiles metálicos en las medidas previamente estipuladas. Para esto se usan dos diferentes cortadoras. Una para perfiles y otra para láminas



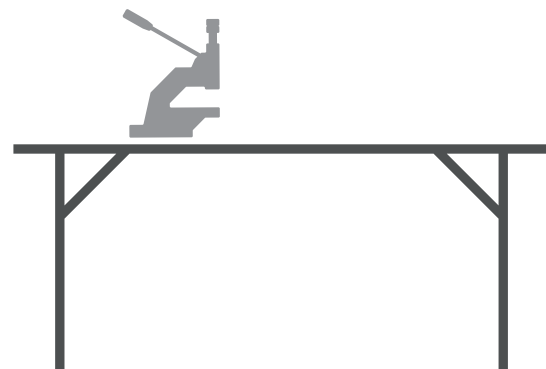
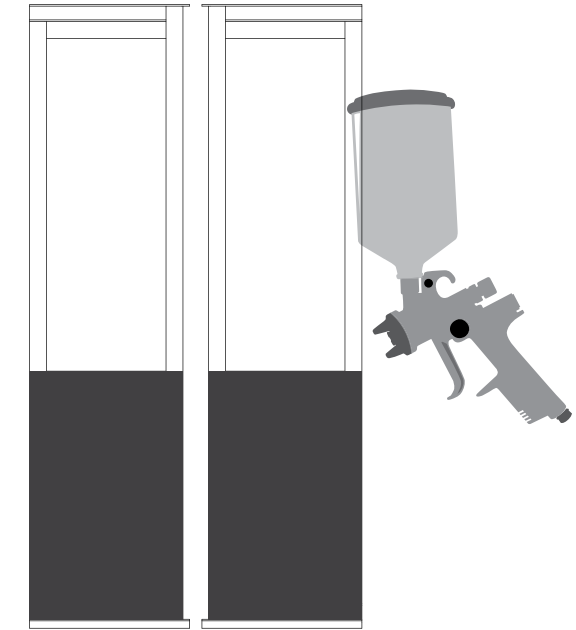
Las láminas metálicas son dobladas



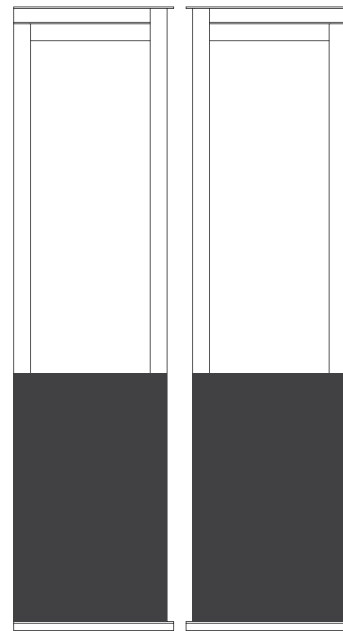
Los perfiles metálicos cuadrados son soldados. Estos formaran la estructura de las puertas



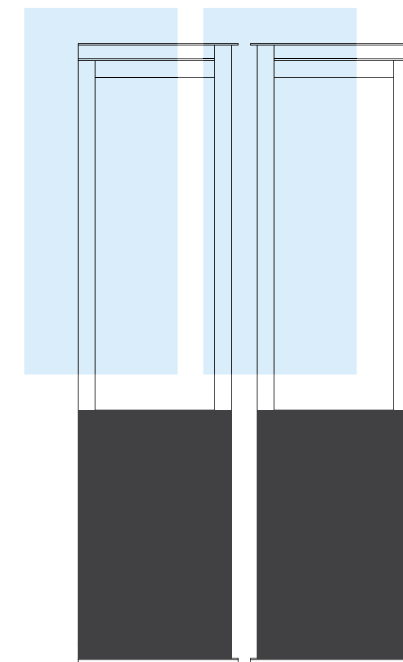
Los vidrios se adhieren utilizando poliuretano 3M #550. Este se aplica en el vidrio de forma tal de que quede un borde rectangular del material y proteja la unión y no confunda el mensaje estético de la puerta.



Las láminas son adheridas a la estructura metálica por medio de remaches



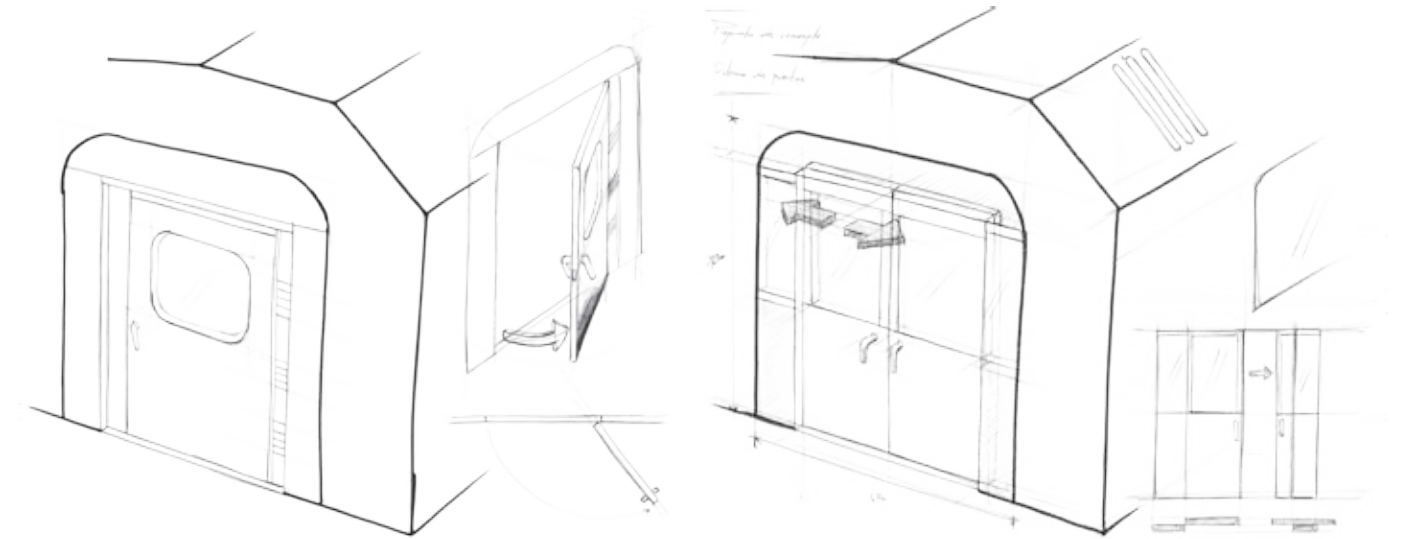
Los vidrios se adhieren utilizando poliuretano 3M #550. Este se aplica en el vidrio de forma tal de que quede un borde rectangular del material y proteja la unión y no confunda el mensaje estético de la puerta.





Estudio de la disposición frontal de la puerta. Con una apertura mínima de 90 cm, se pueden considerar puertas de 1 o 2 hojas. Sin embargo, dado que existe otro vagón en frente de este, la puerta de una sola hoja ocuparía más espacio de giro que las de dos hojas.

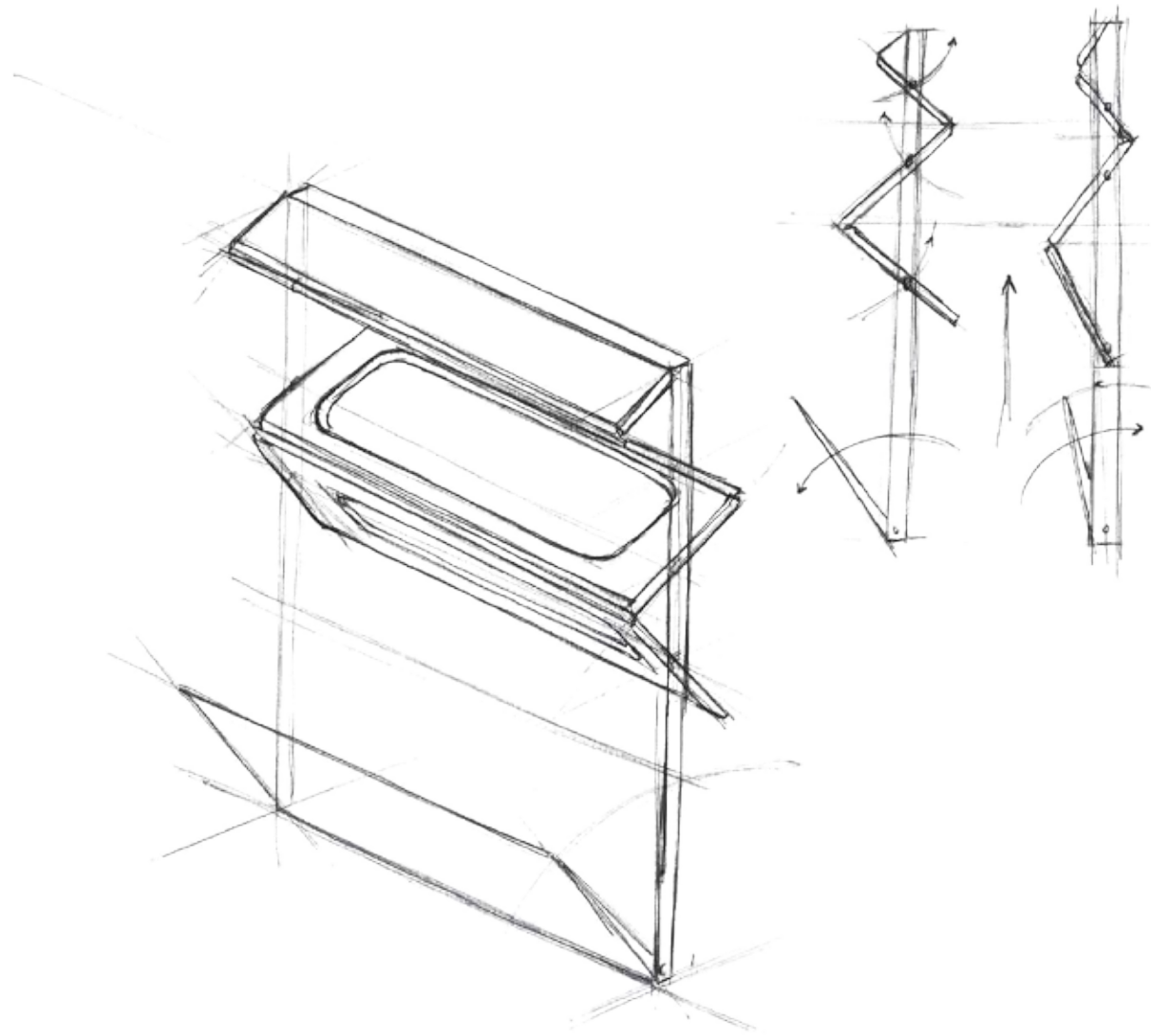
4.1.4 Desarrollo de alternativas



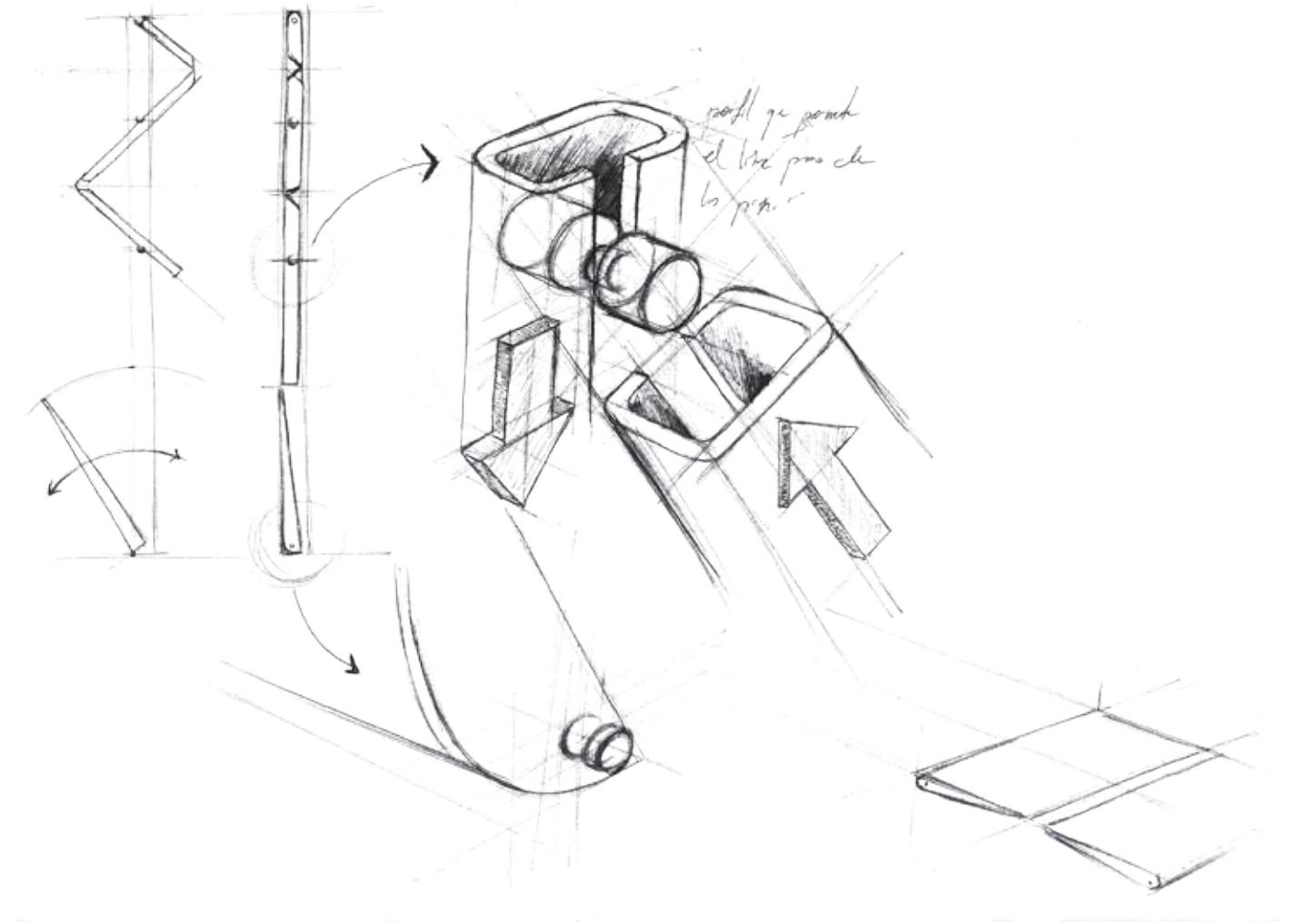
Se contempla tener puertas que se deslicen hacia los lados y entre dentro de la carrocería del vagón, sin embargo en las zonas marcadas se encuentran las cajas controladoras de la electricidad que proviene del vagón contiguo, por tanto este elemento no puede cambiar de posición.

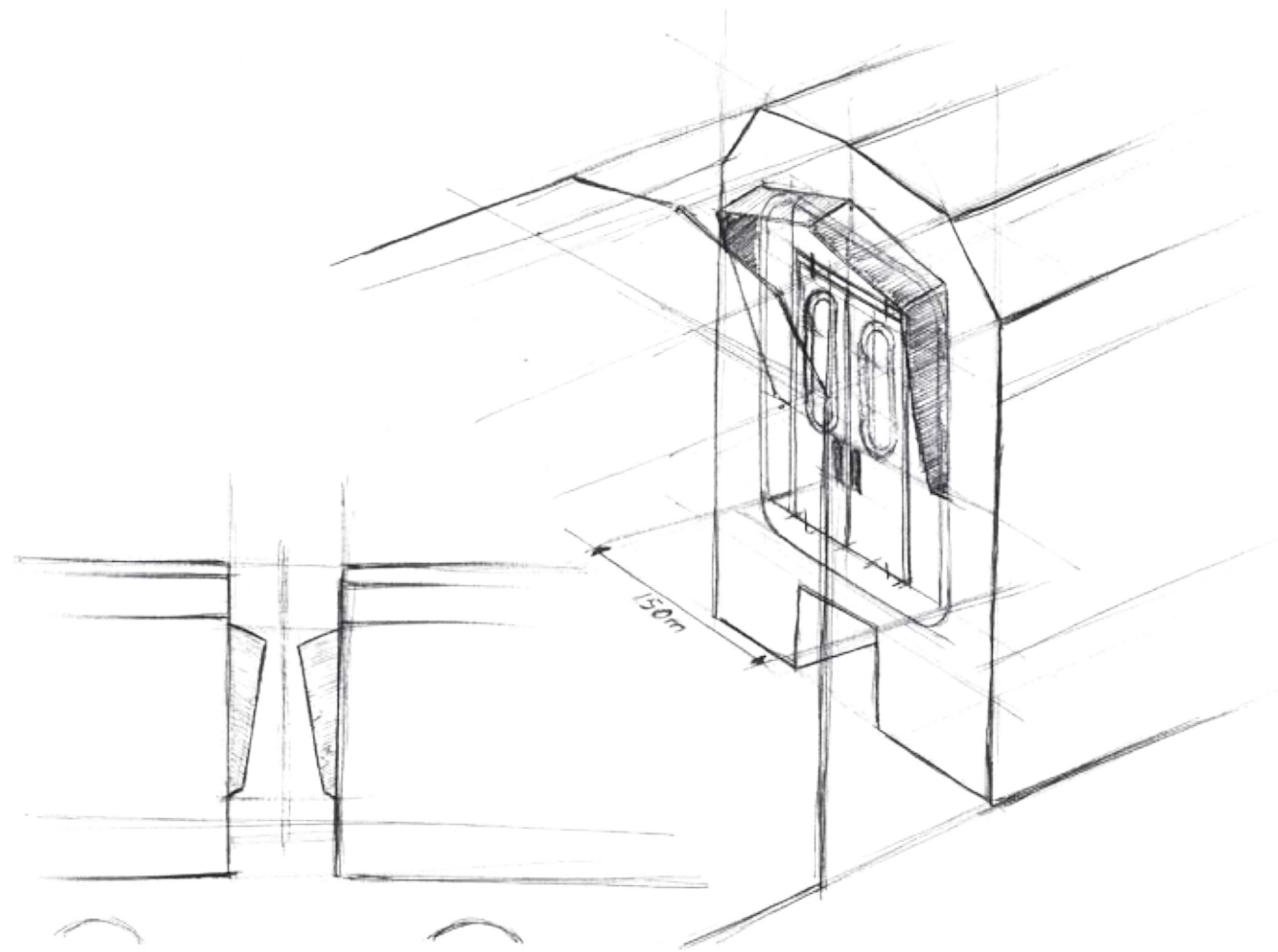
Además se debe contemplar que en el país las férreas están dispuesta con 106 m entre ellas y en el acuerdo internacional se trabaja con 156 m. Esto nos resta espacio a lo ancho para poder implementar soluciones en las que las puertas se deslicen.

Además hay que tener presente que a los lados se tienen las otras puertas de ingreso regular, que no se pueden bloquear.

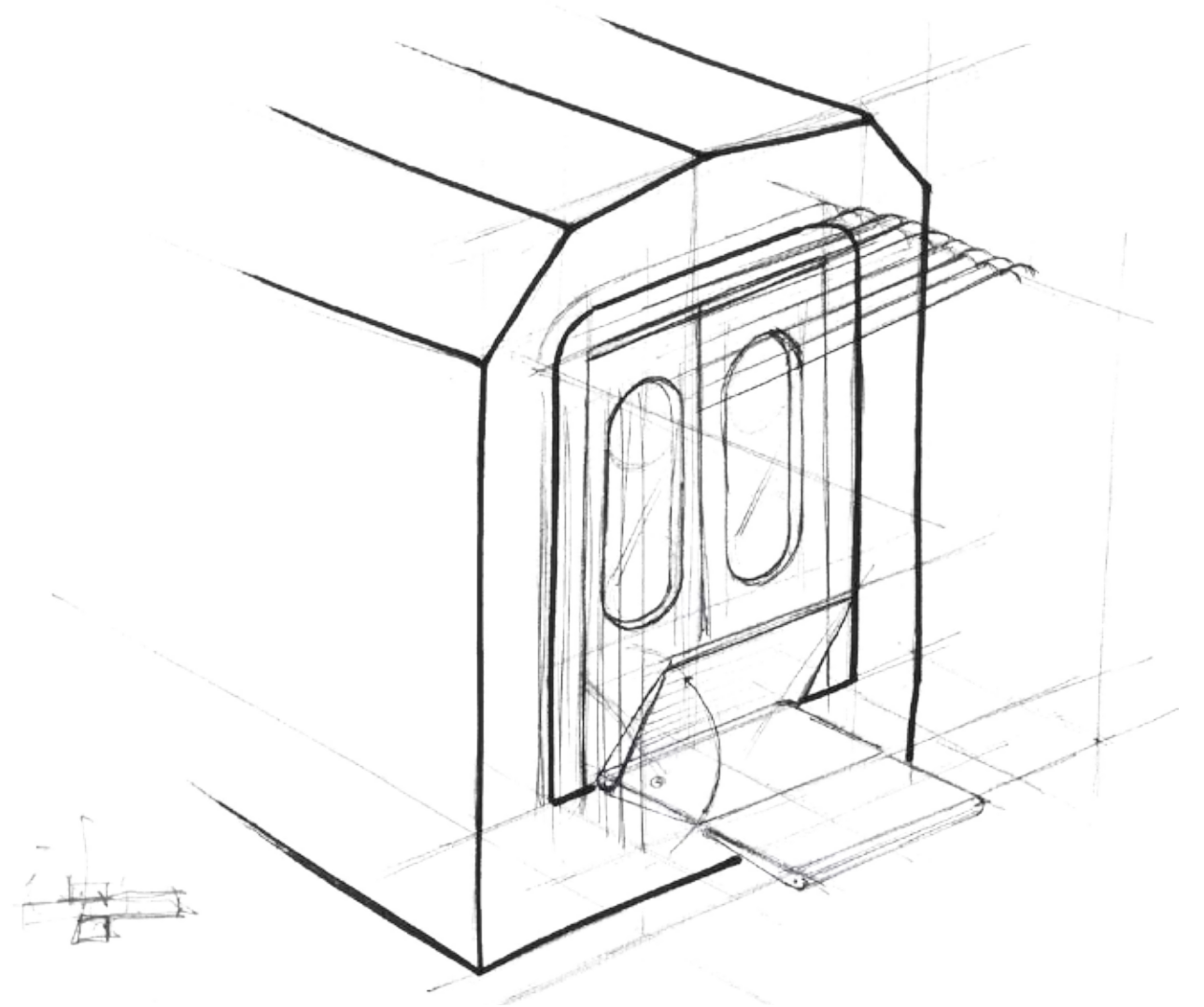


Se contemplaron ideas en las que la dinámica de apertura no fuera hacia los laterales por la falta de espacio

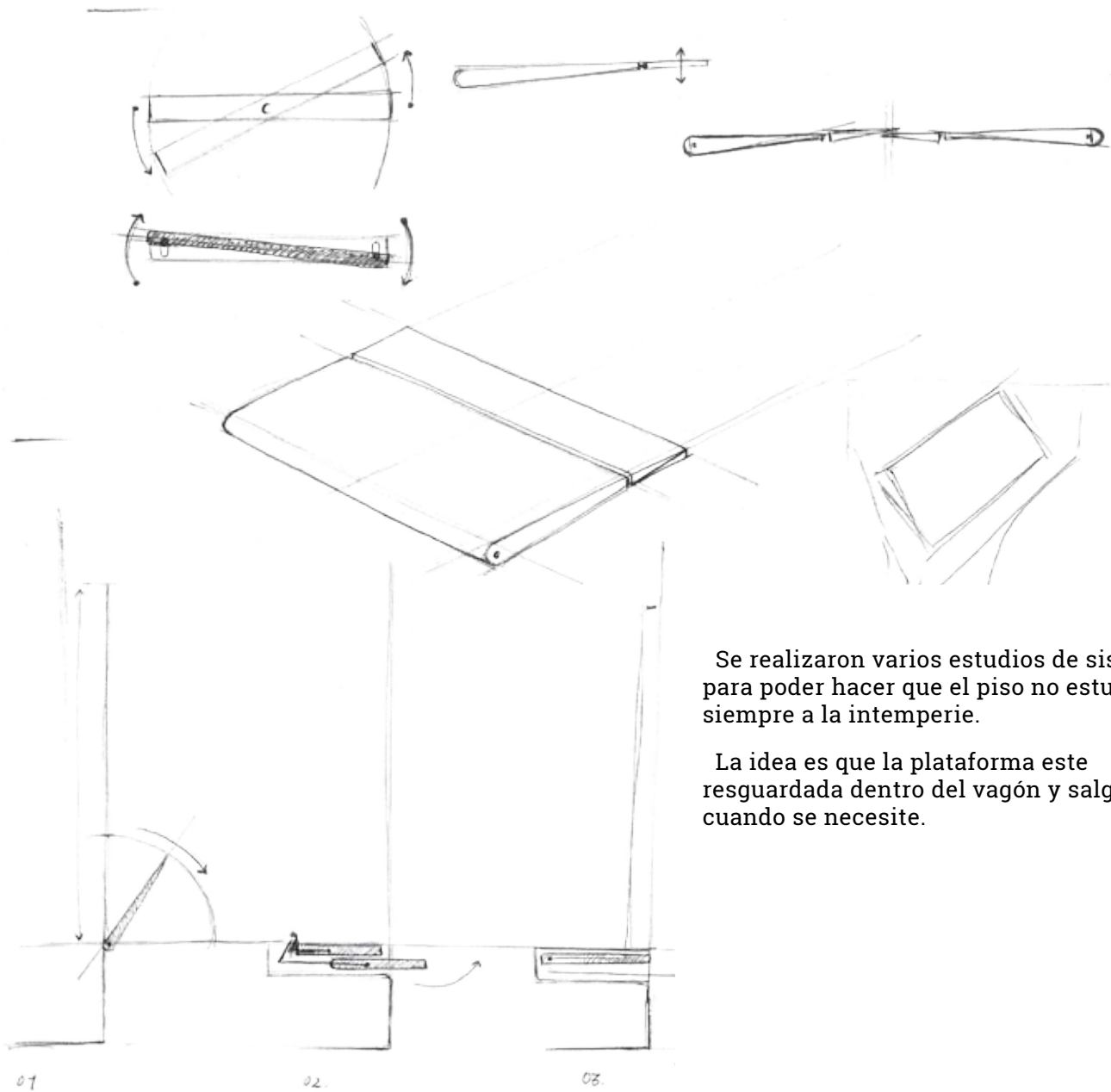




Se consideró implementar un tipo de alero entre cada unidad para poder evitar que la lluvia caiga directamente sobre la puerta y se proteja el sistema

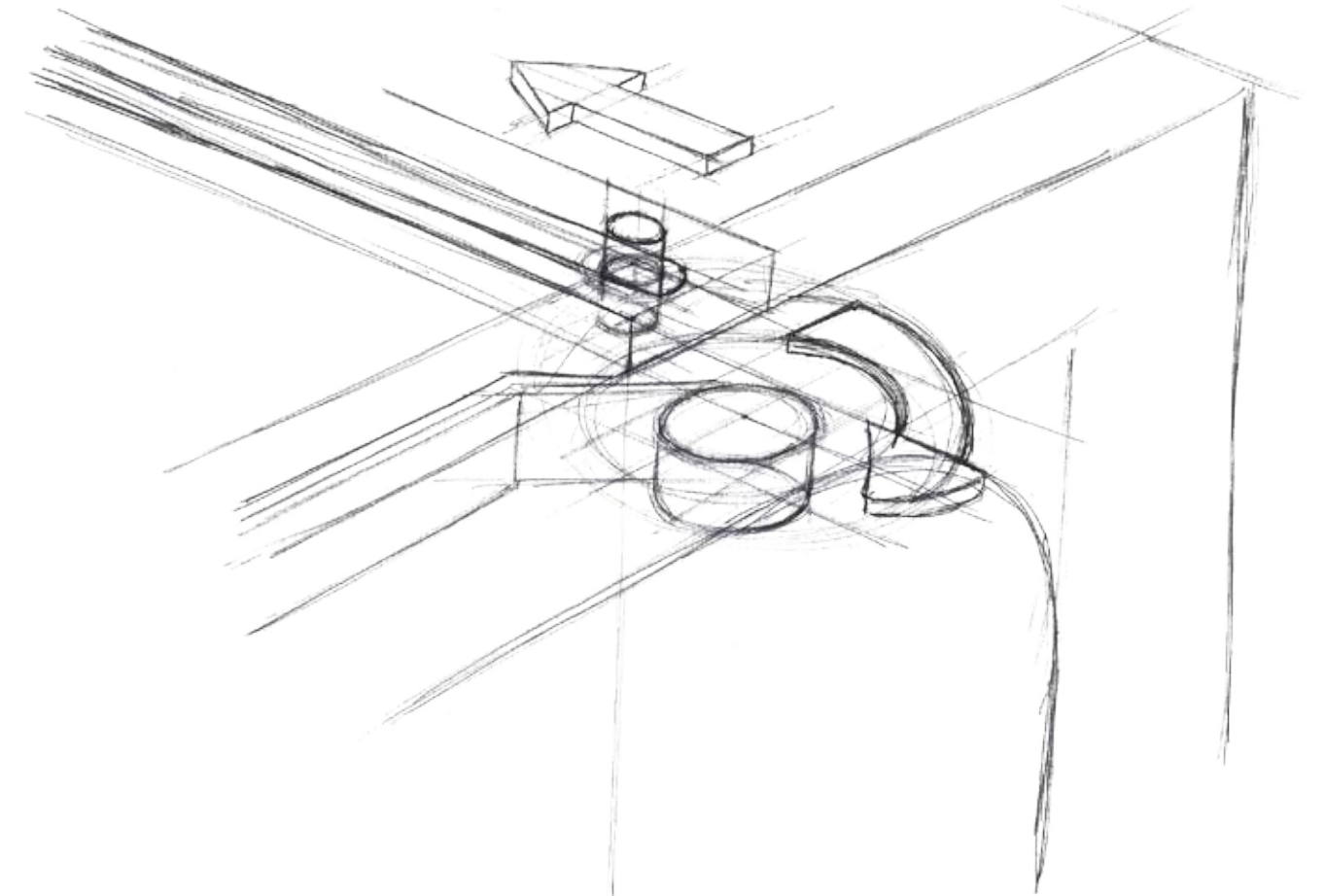


Para la plataforma de paso se consideró tener un movimiento giratorio que levantara dicha plataforma cuando el tren se encuentra en movimiento

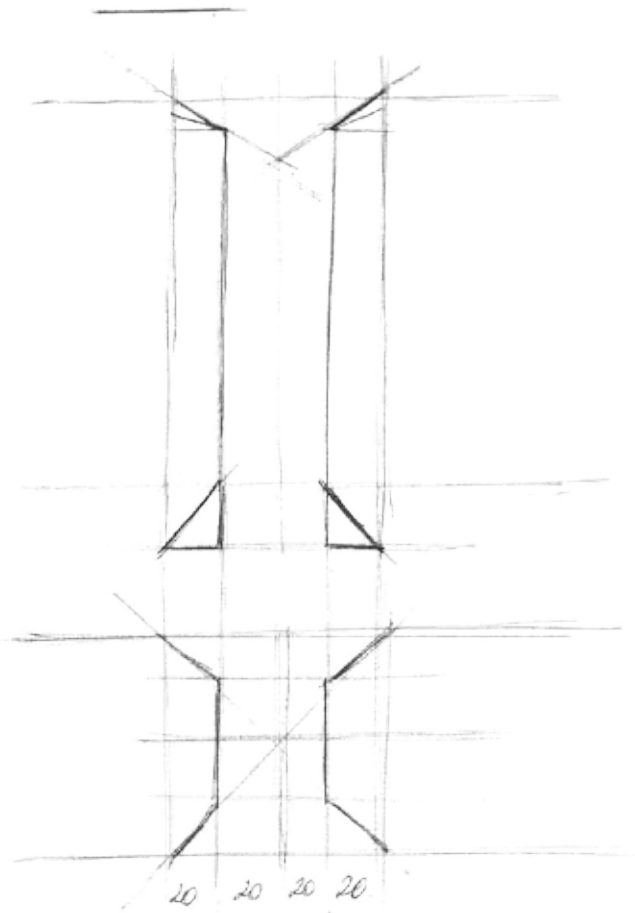


Se realizaron varios estudios de sistemas para poder hacer que el piso no estuviera siempre a la intemperie.

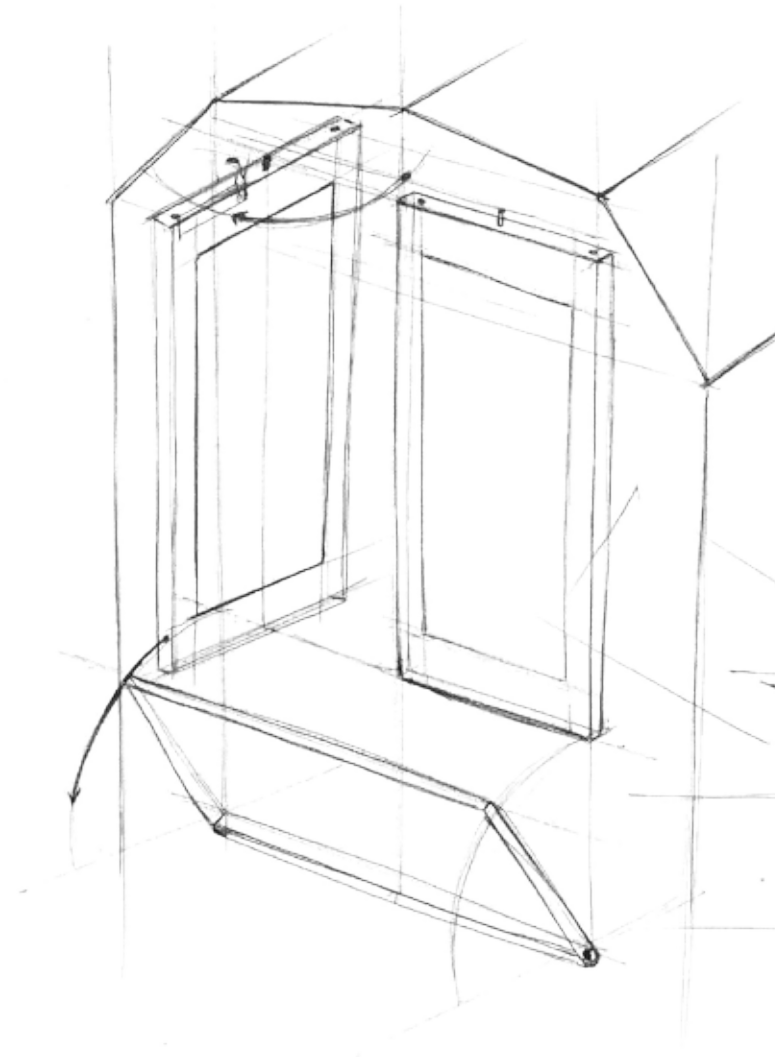
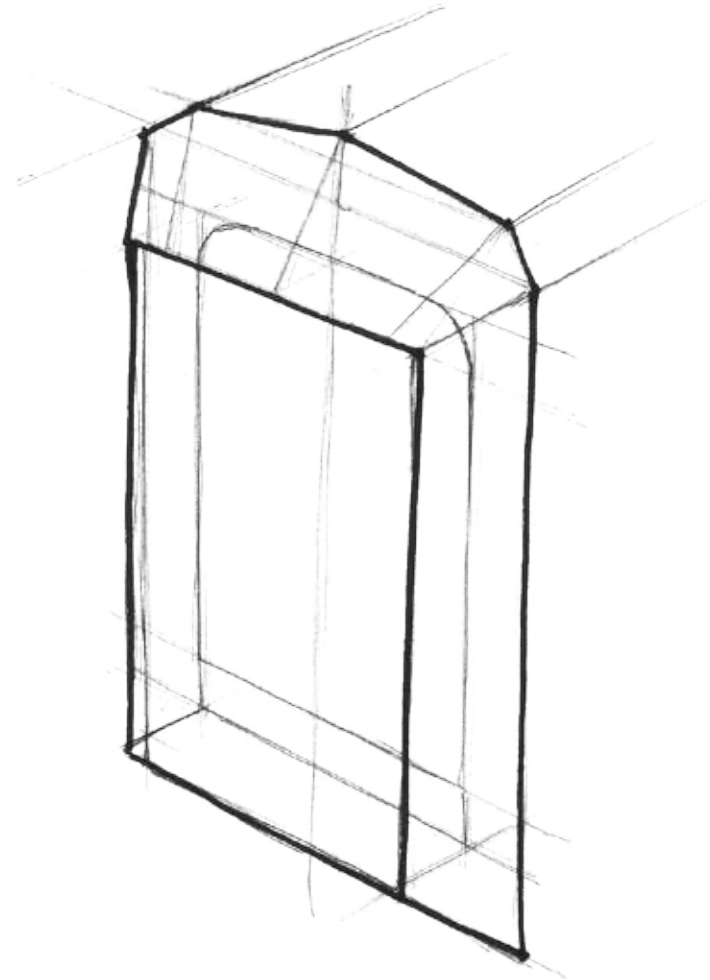
La idea es que la plataforma este resguardada dentro del vagón y salga sólo cuando se necesite.



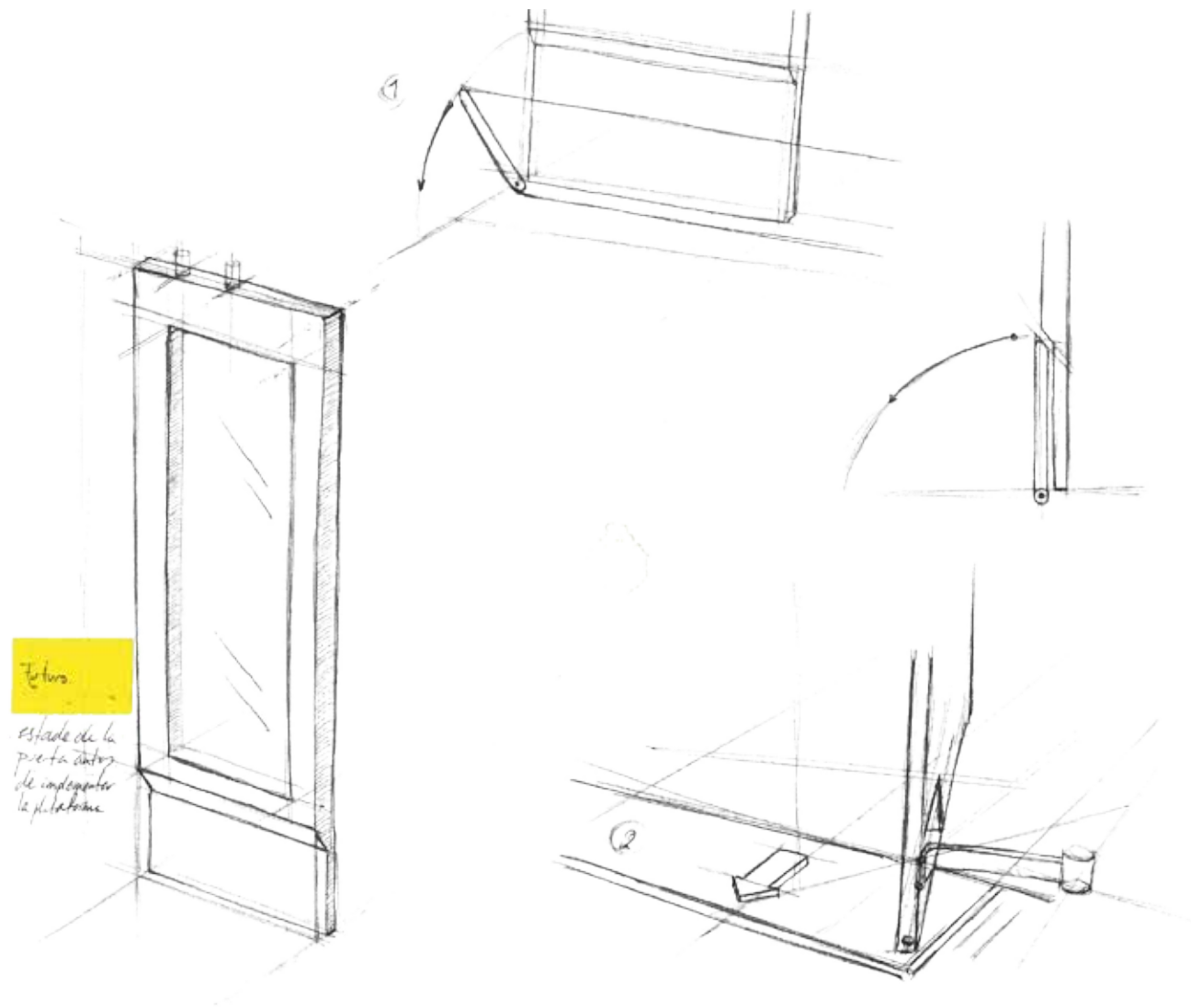
Este sistema de apertura de puertas de medio giro interno, tiene muchas cualidades importantes que pueden



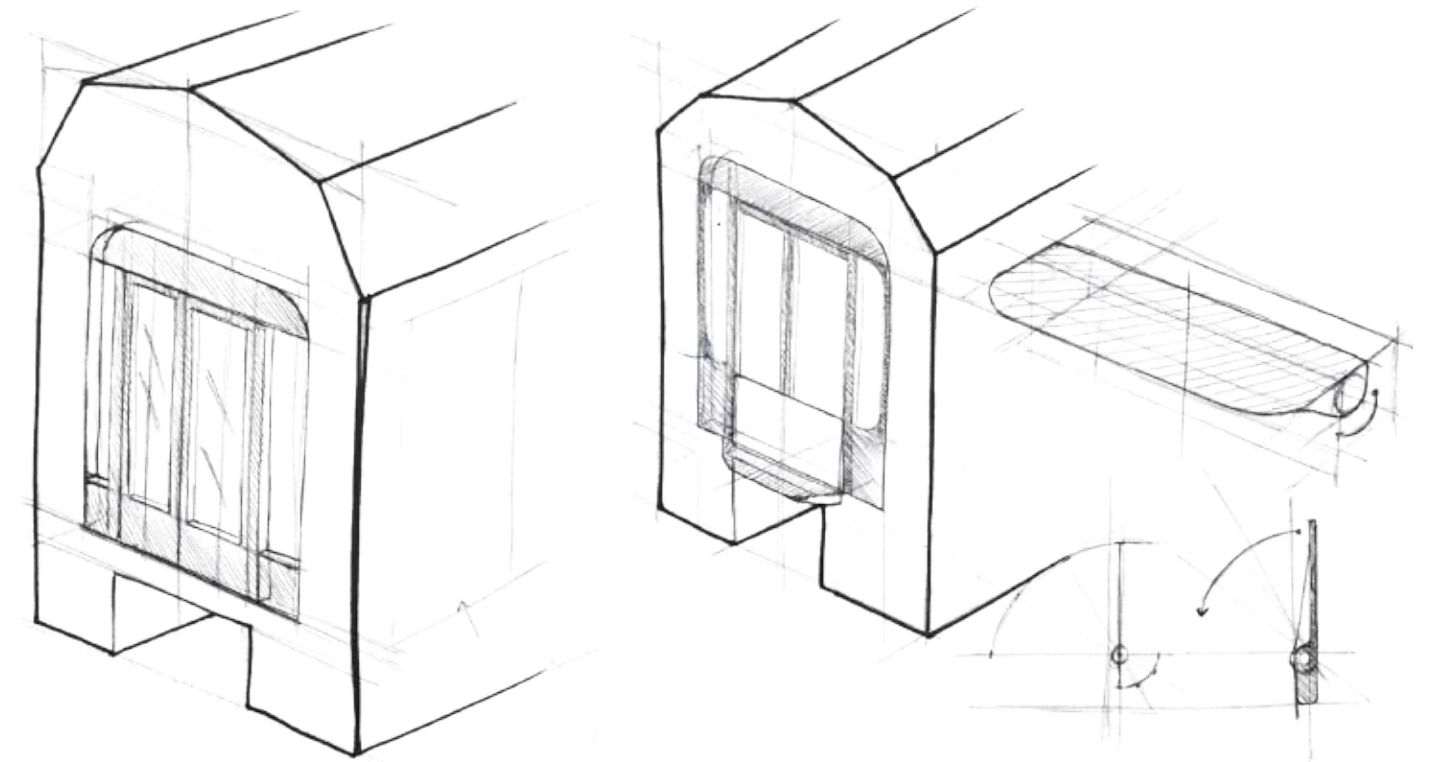
En una de las ideas se consideró alargar toda la parte trasera para disminuir el tamaño de hueco entre ellos, puesto que ha falta de acordeón, este espacio es visiblemente grande



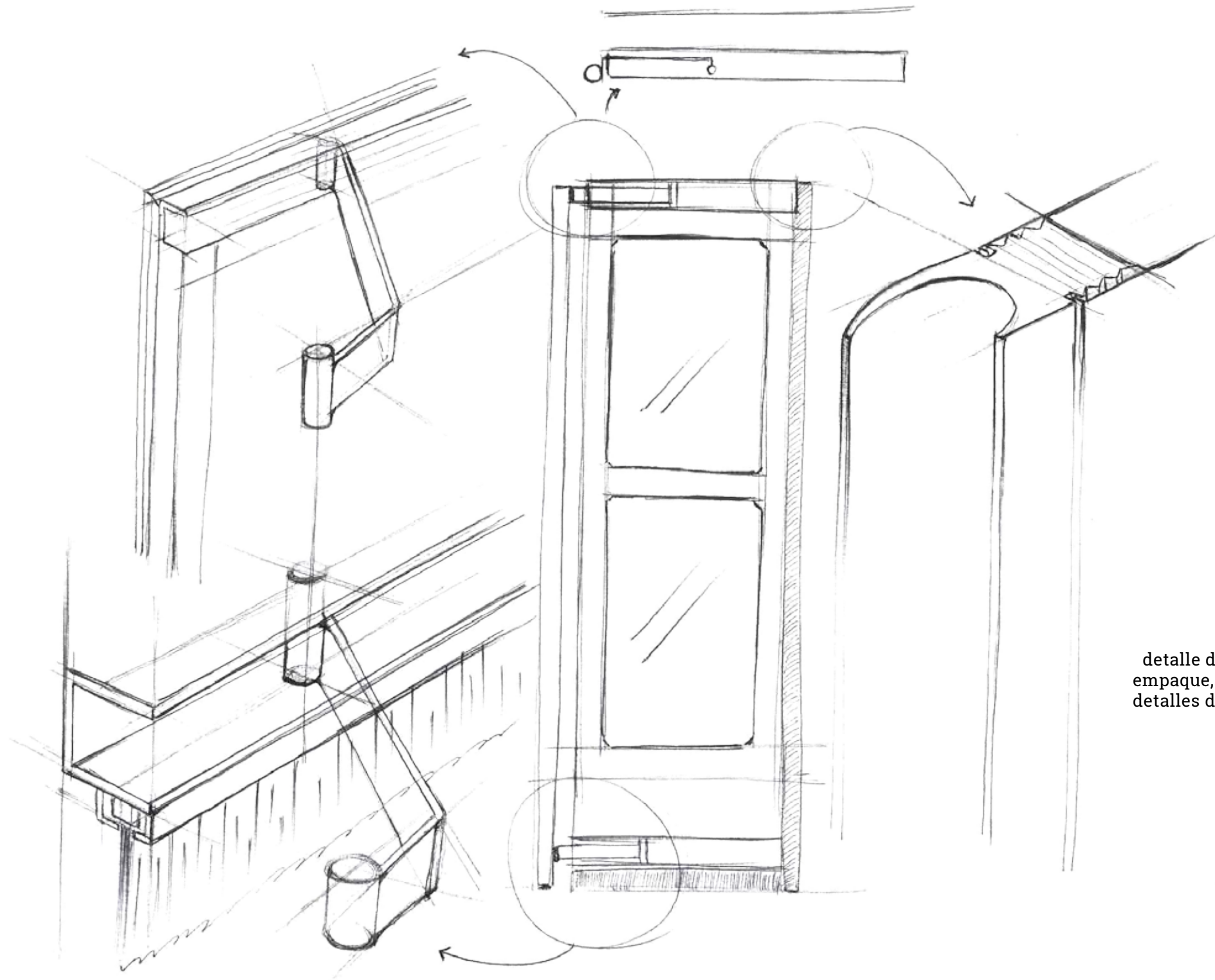
Visualización de la idea de puertas de medio giro y piso rotatorio



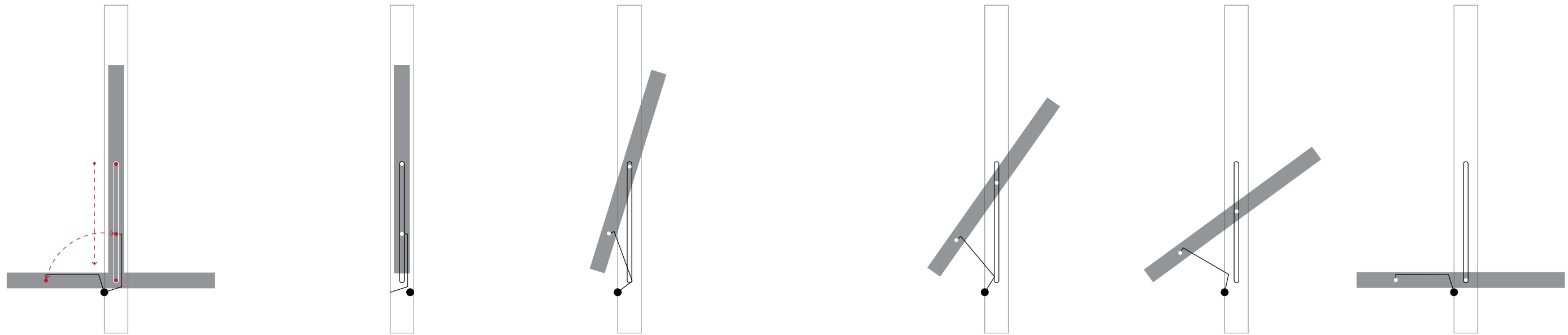
Estado de la
puerta antes
de implementar
la plataforma



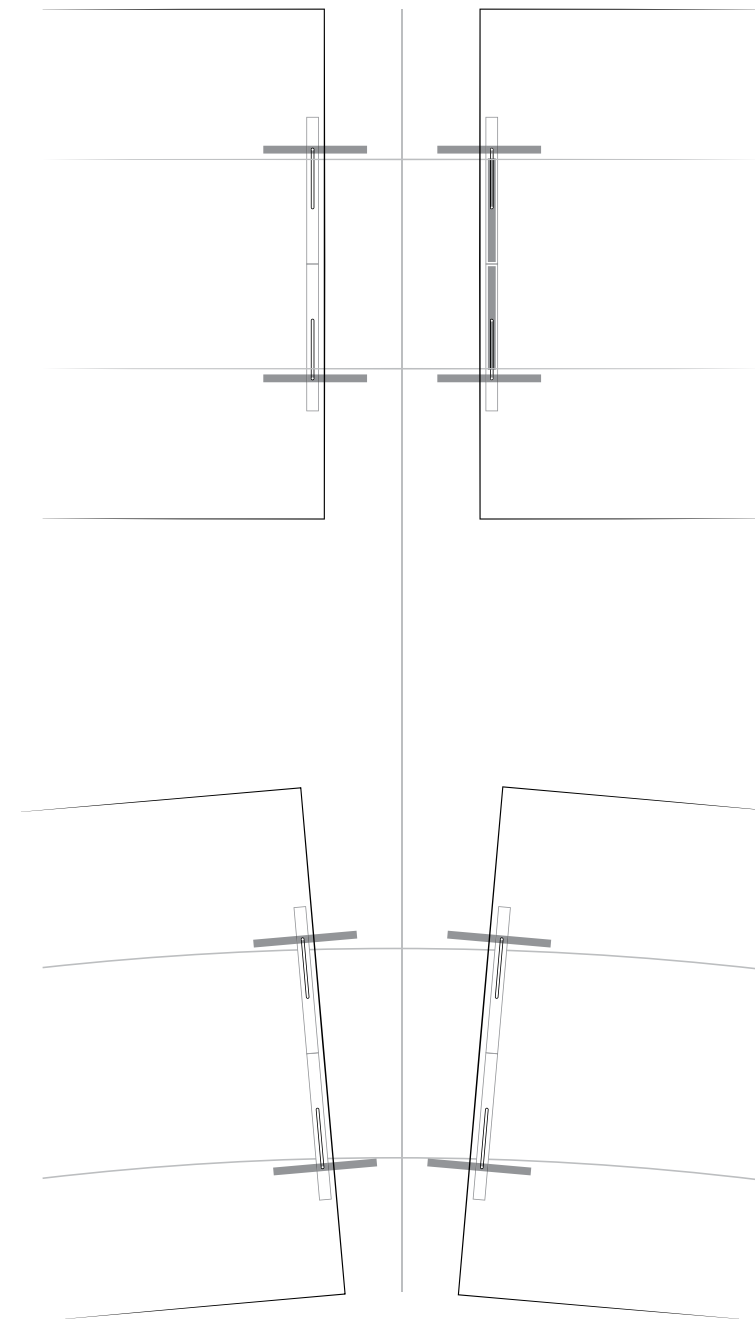
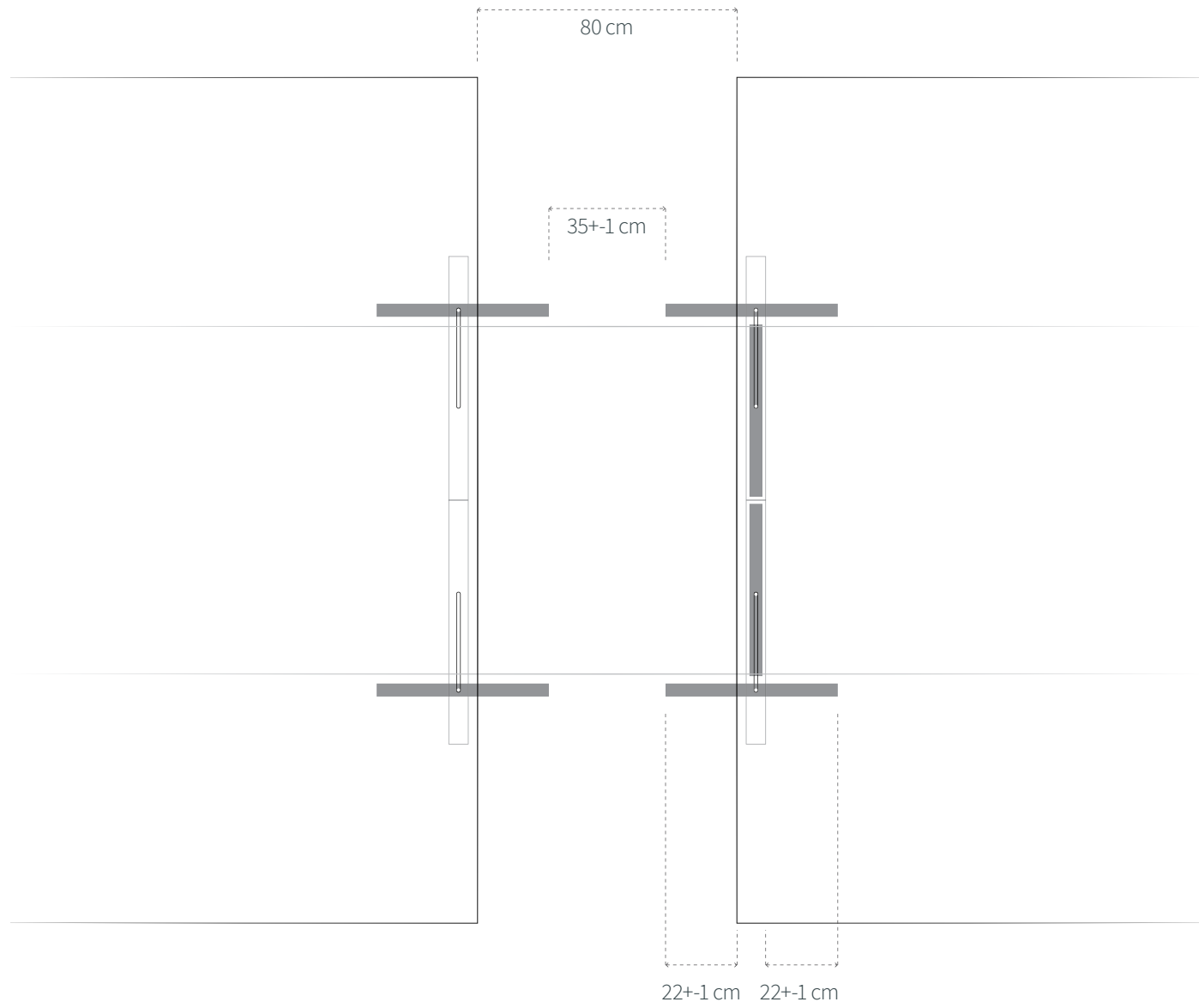
Visualización de la propuesta de dos
hojas, con medio giro interno y con
plataforma de piso giratoria.



detalle de una de las hojas, perfil de empaque, detalle del cepillo inferior y detalles de los brazos de pivote.

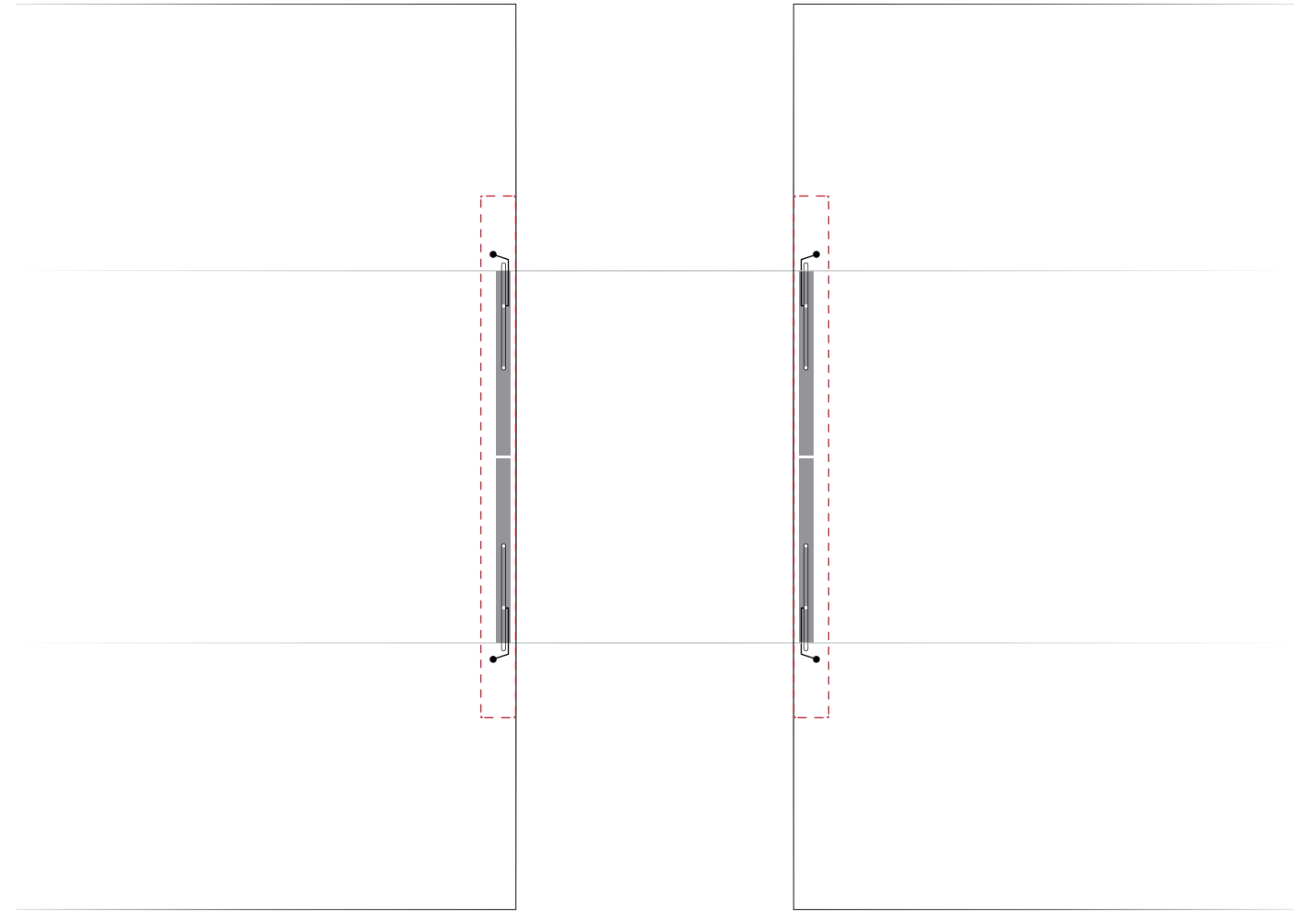
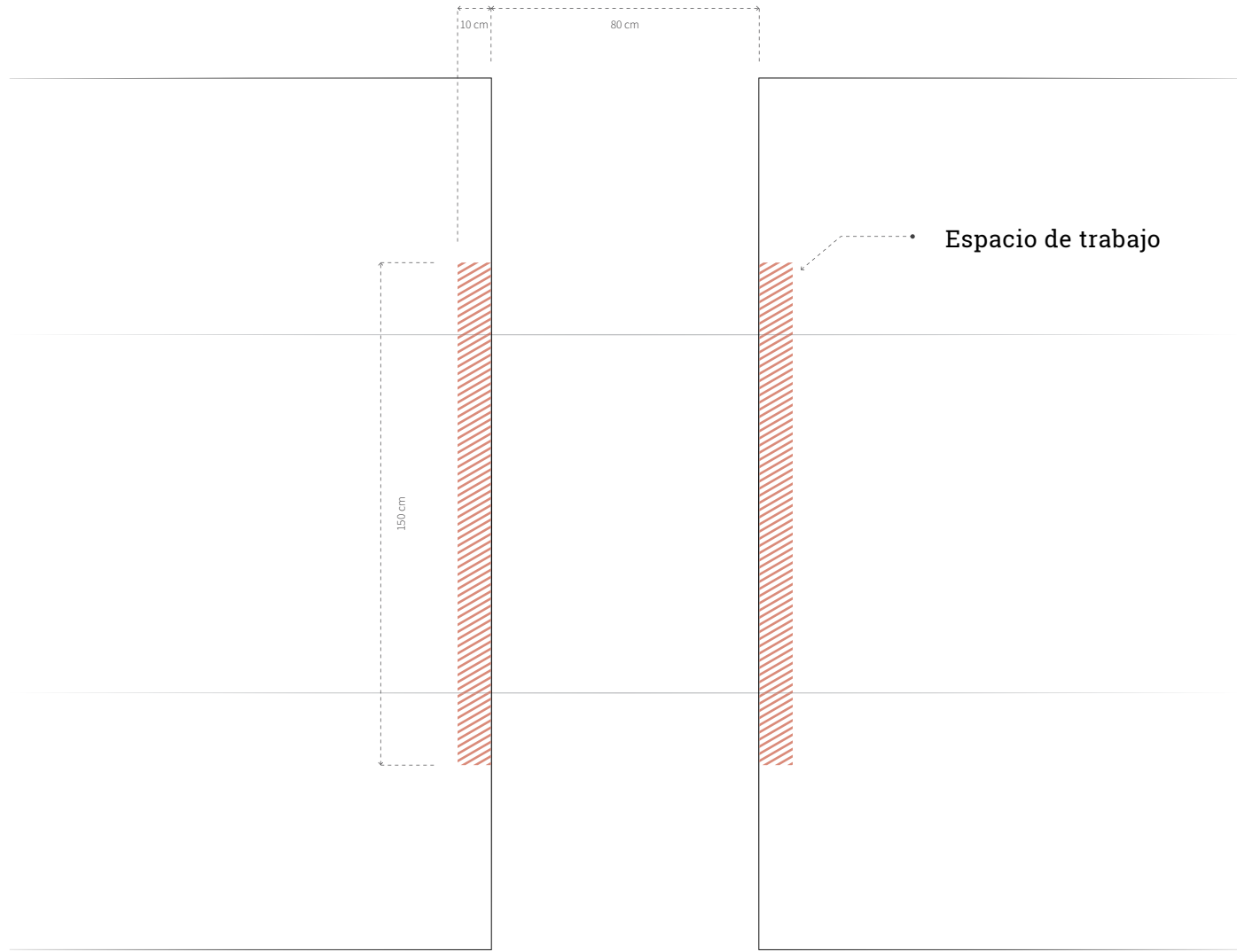


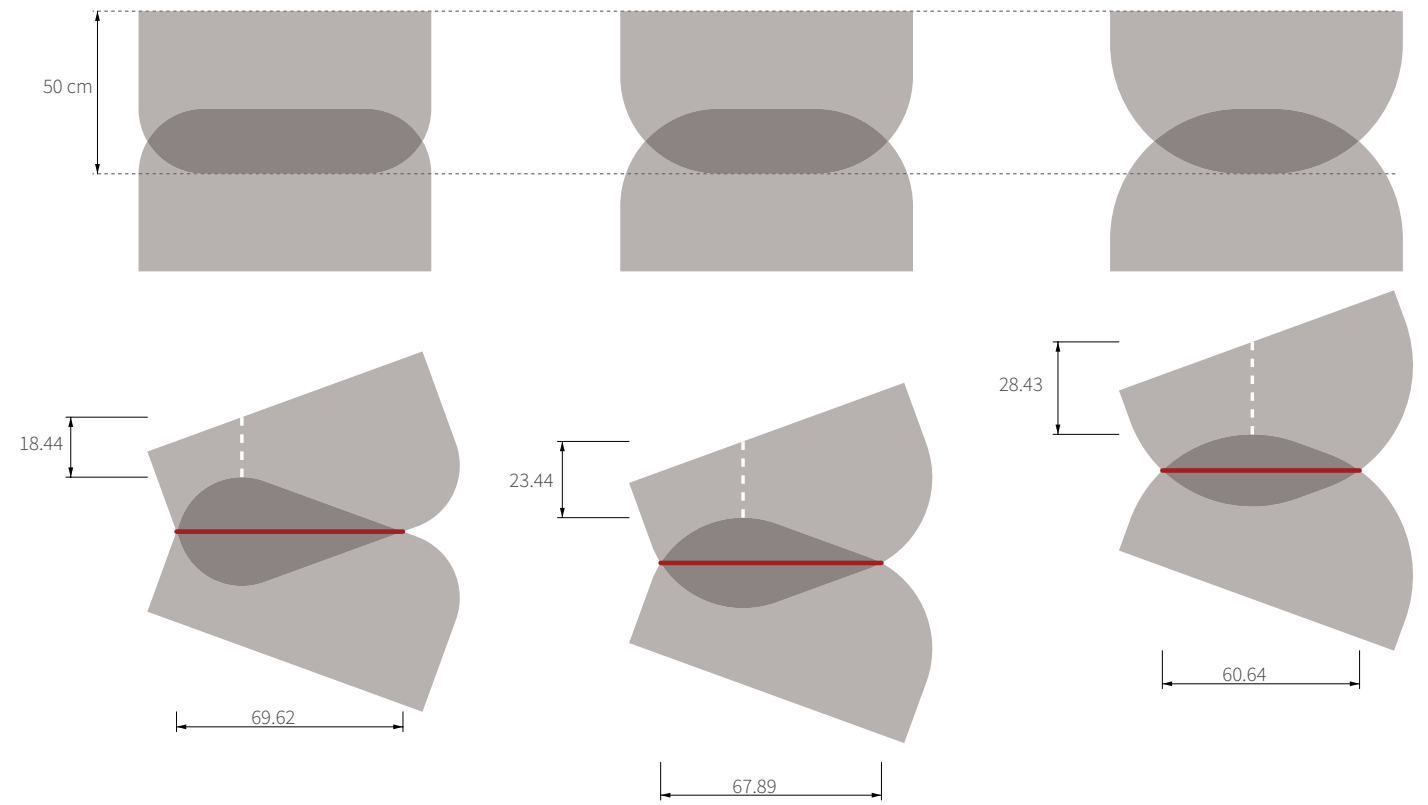
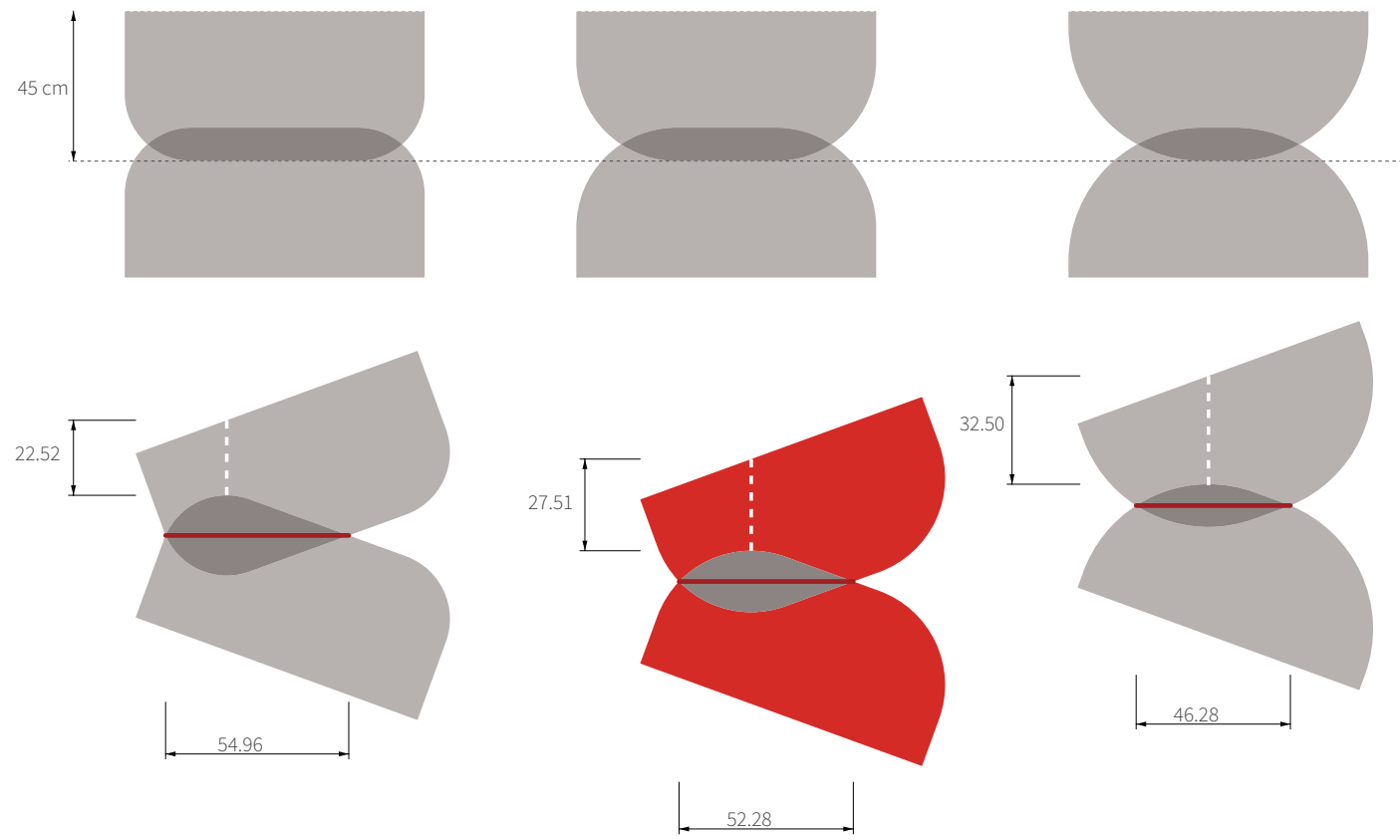
estudio del movimiento de giro de las hojas de la puerta.



La curva del Virilla es la más cerrada de la vía ferrea urbana. Esta determina la posibilidad de habilitar puertas cuyas hojas salen de la carrocería de la unidad.

La curva del Virilla es la más cerrada de la vía ferrea urbana. Esta determina la posibilidad de habilitar puertas cuyas hojas salen de la carrocería de la unidad.



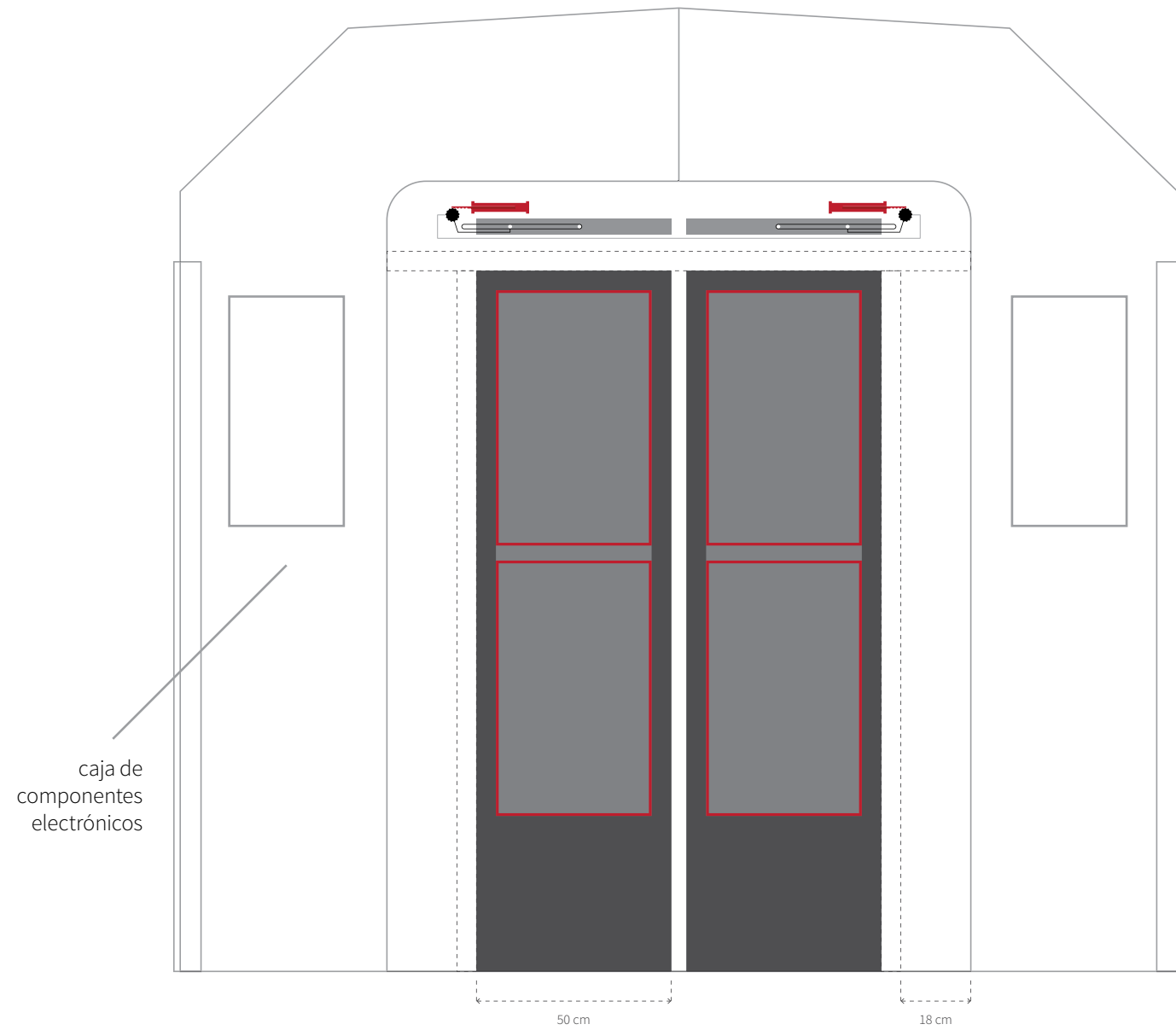


estudio de la forma de las plataformas de piso. Se consideraron plataformas de 45 y 50 cm de largo por 90 cm de ancho

En la segunda fila están las unidades rotadas 20°, lo cual es un ángulo sumamente cerrado e inexistente.

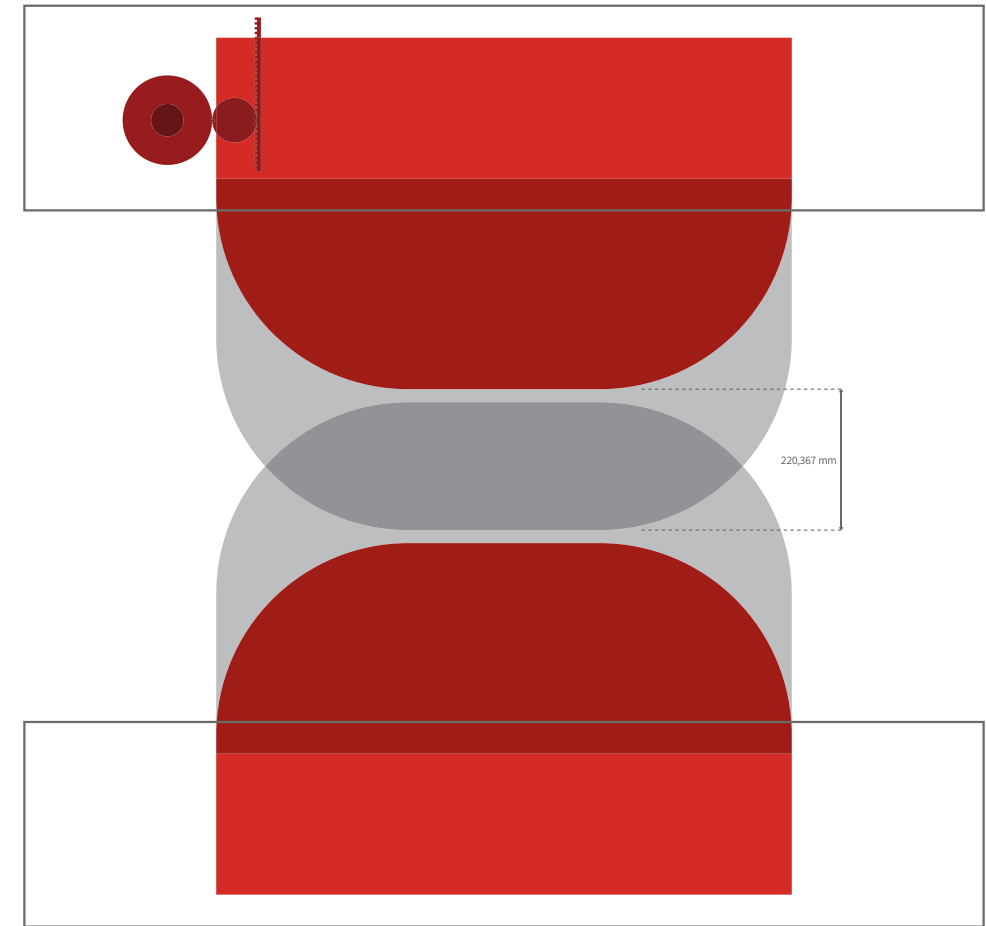
Las medidas que se muestran son las distancias con respecto a la carrocería del vagón opuesto y el área que se traslapa entre ambas plataformas.

Colocación de las puertas en el espacio designado.

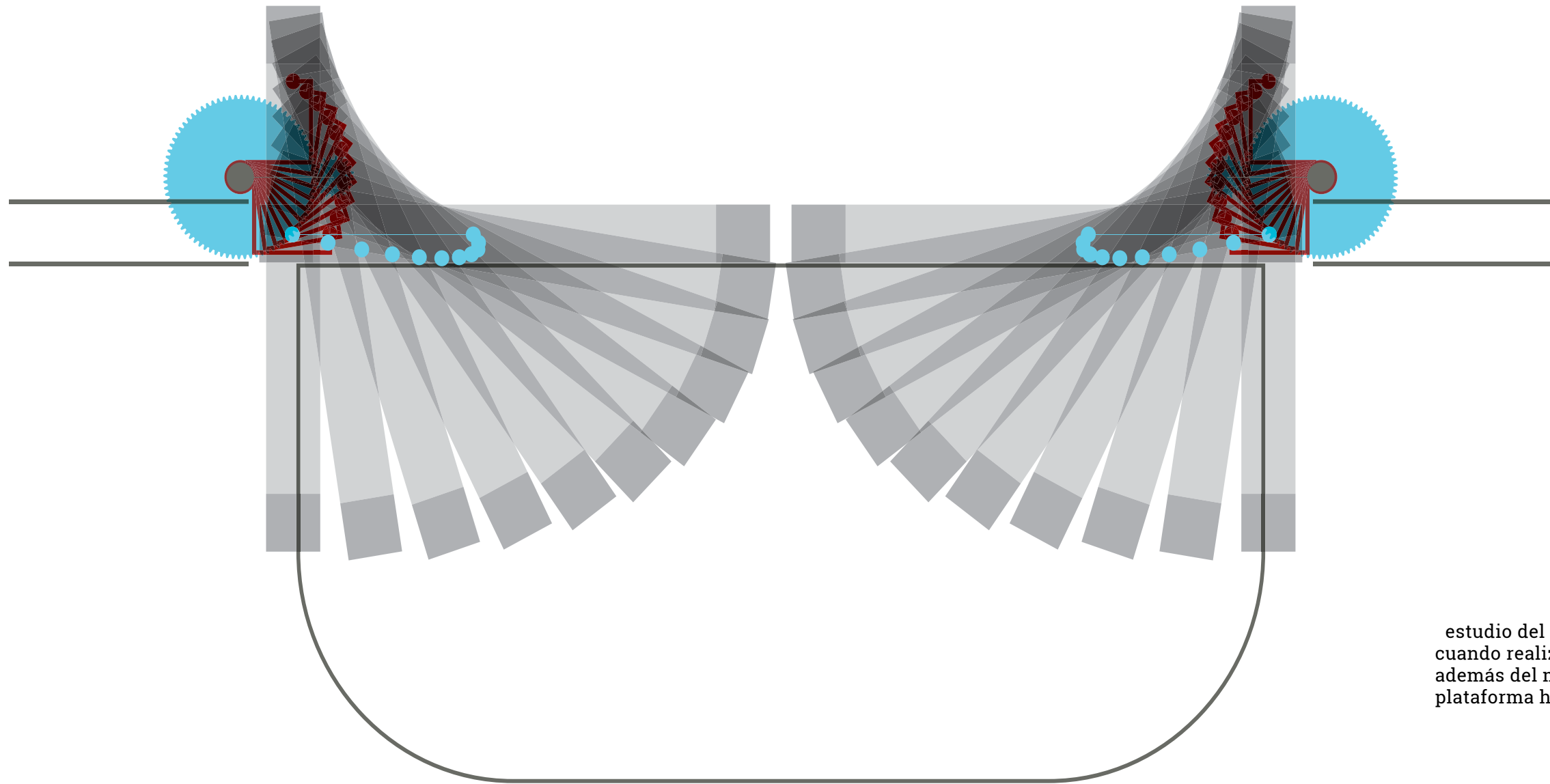


caja de componentes electrónicos

Estudio del avance longitudinal de las plataformas de piso, accionado por un mecanismo de cremallera y piñón. Este a su vez se activa con el movimiento de la puerta misma.



220,367 mm



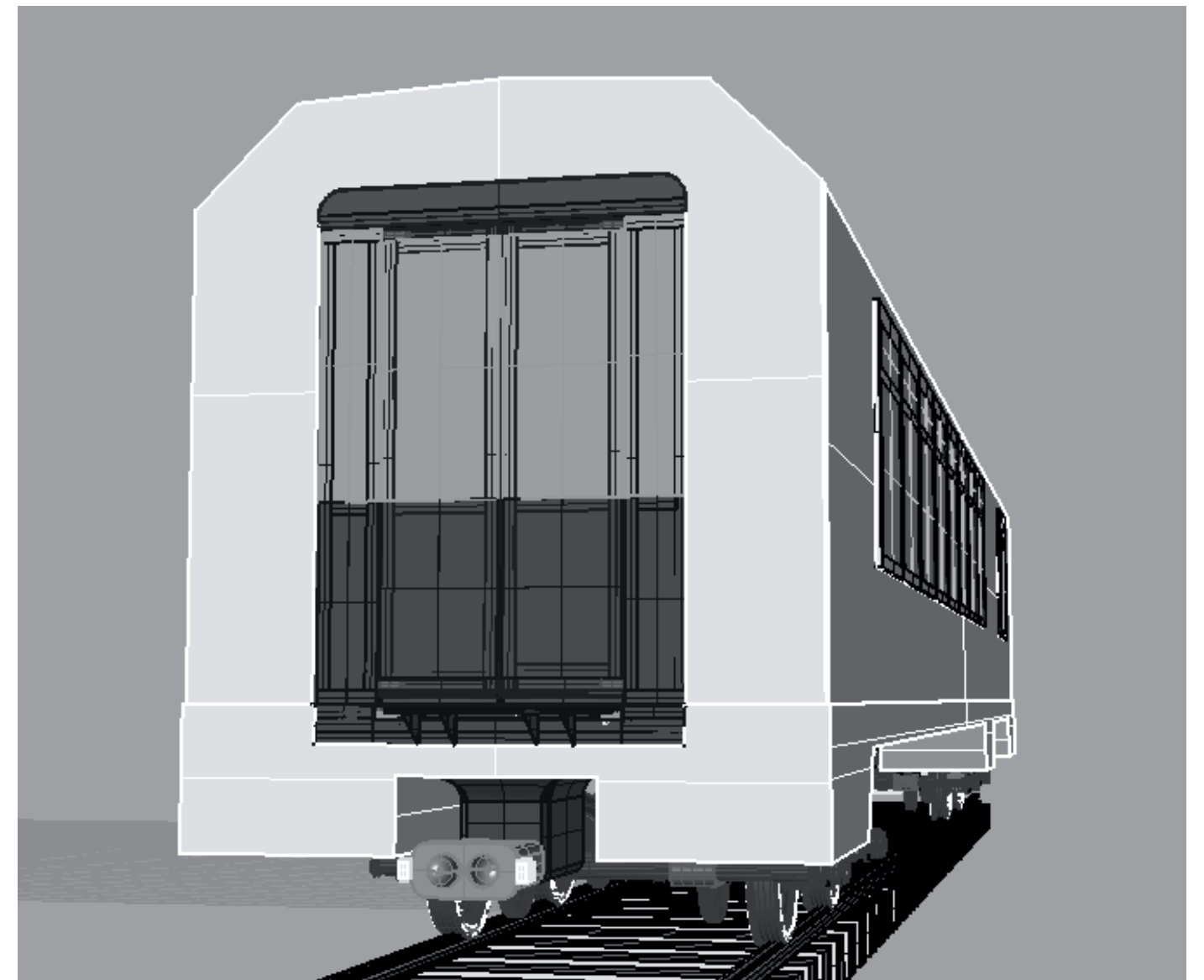
estudio del movimiento de las puertas cuando realizan el medio giro interno y además del movimiento longitudinal de la plataforma hacia afuera del vagón.

05

PROPUESTA FINAL

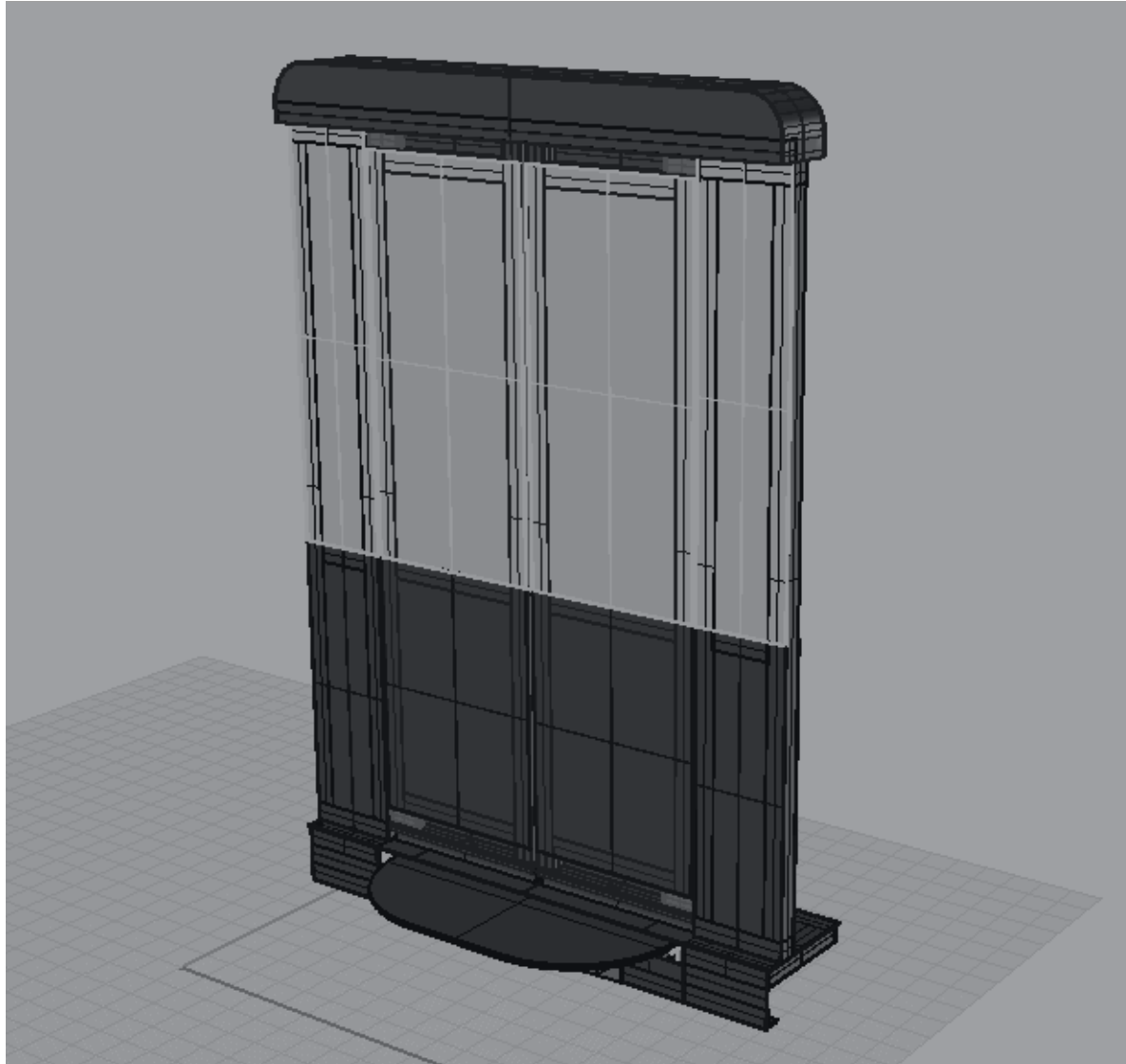
5.1 ENTREGABLES

5.1.1 Modelo 3D

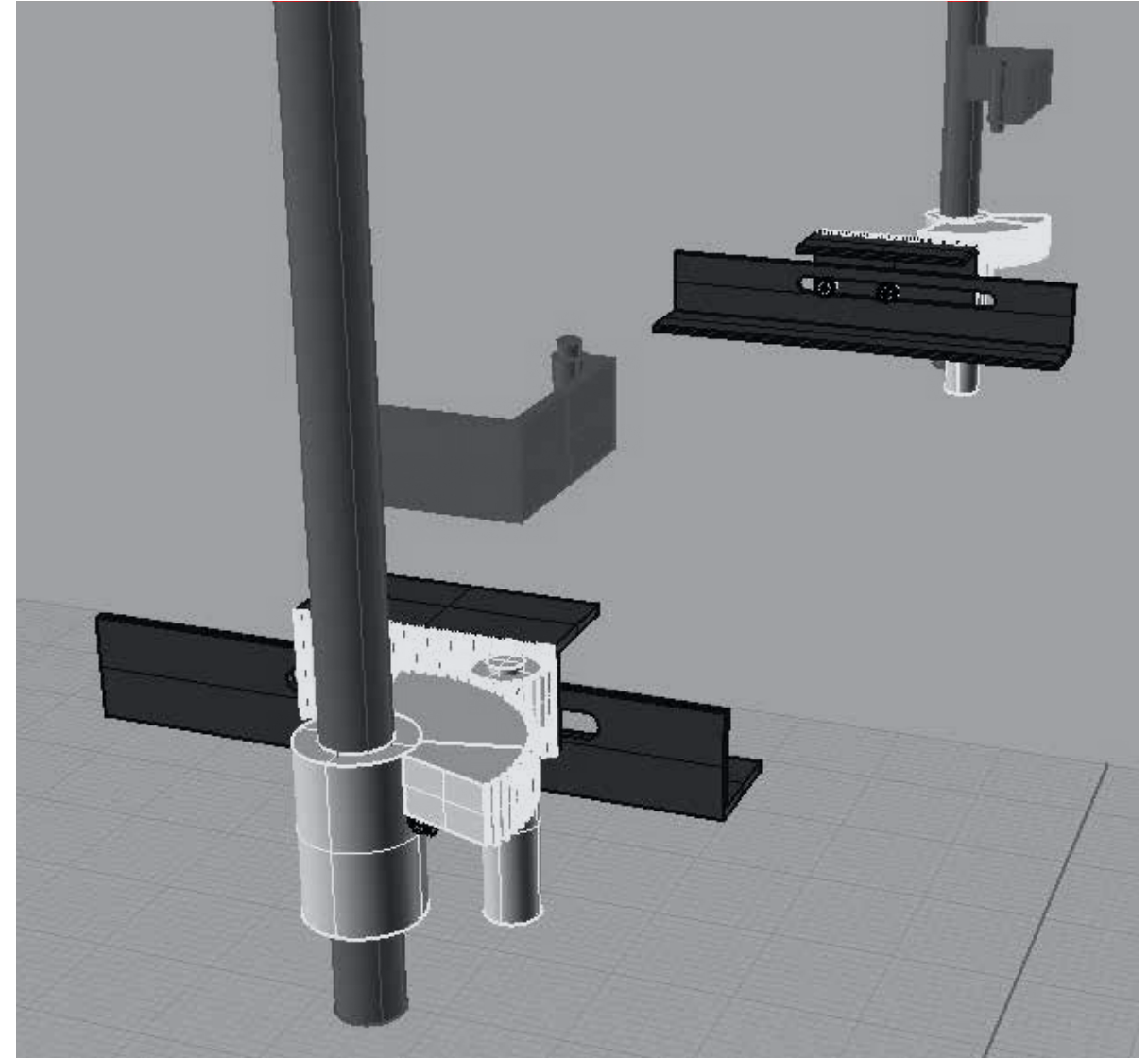




■ sistema de intercomunicación entre vagones



Sistema completo

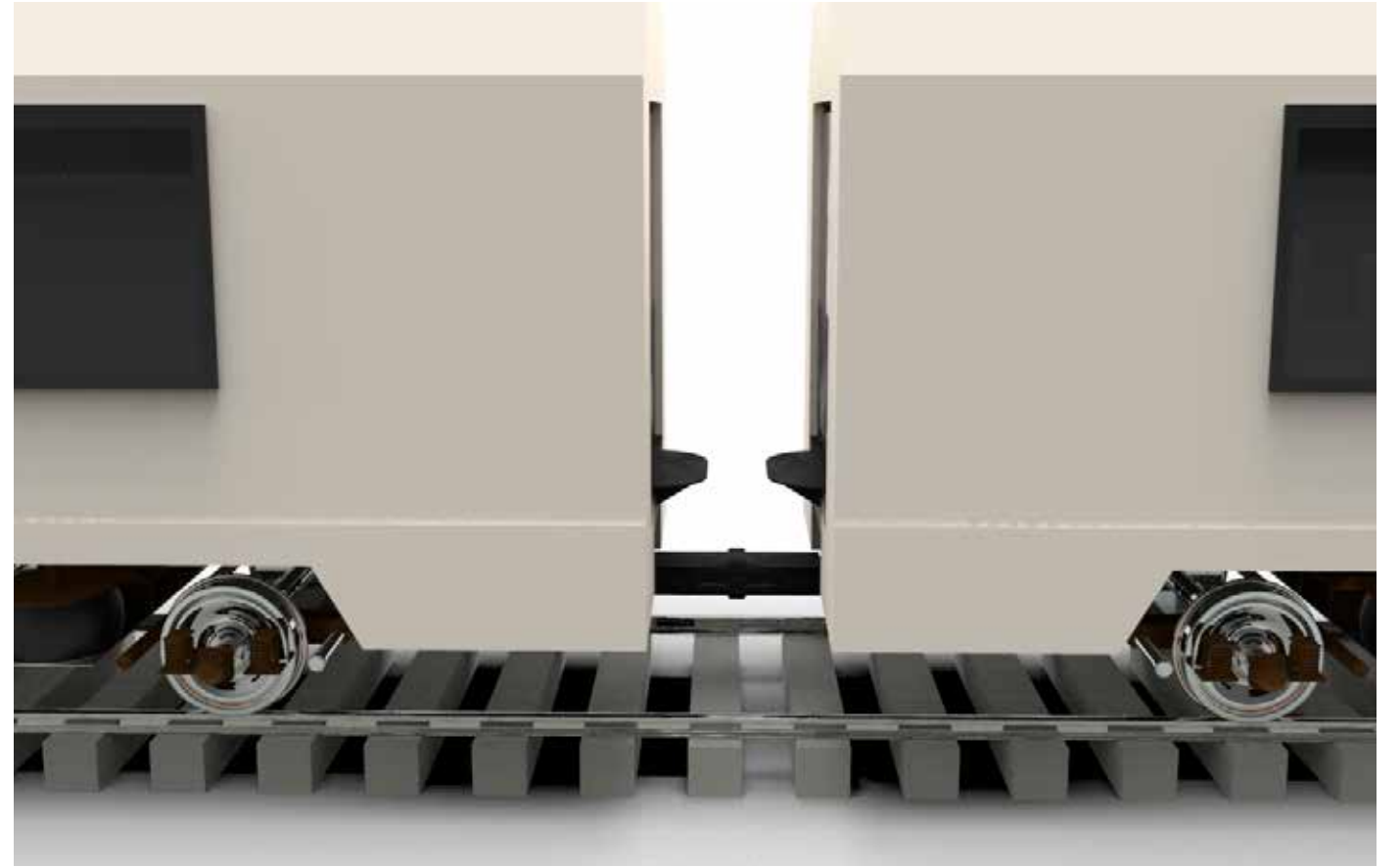


Sistema de engranajes que permite a la plataforma el movimiento longitudinal.

5.1.2 Renders











5.1.3 Maqueta



06

BIBLIOGRAFÍA & ANEXOS

6.1 BIBLIOGRAFÍA

»»»

Incofer.go.cr. (2018). Historia | Incofer. [online] Available at: <http://www.incofer.go.cr/historia/> [Accessed 18 Sep. 2018].

En.wikipedia.org. (2018). Gangway connection. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Gangway_connection [Accessed 23 Oct. 2018].

Los trenes Apolo llegan a Costa Rica. (2018). Retrieved from <https://treneando.com/2009/04/11/los-trenes-apollo-llegan-a-costa-rica/>

New Intercity Fleet | Transport for NSW. (2018). Retrieved from <https://www.transport.nsw.gov.au/projects/current-projects/new-intercity-fleet>

Types of Trains – BayRail Alliance. (2018). Retrieved from http://www.bayrailalliance.org/types_trains

Vidrio de seguridad. (2018). Retrieved from <http://www.vitralba.com/vidrio-seguridad.php>

6.2 ANEXOS

»»»

06.08.18

INCOFER, día 1

Objetivos:

- Entrevistas a Don Javier Moreira, jefe del depto. de mantenimiento del INCOFER.
- Entrevista a los mecánicos que dan mantenimiento a los vagones.
- Tomar fotografías de los vagones, acoples y prototipos de acoples.

Entrevista a Don Javier Moreira

-sobre el proveedor.

1. ¿Cuál es el proveedor actual de los acoples flexibles?
2. ¿Por qué utilizan a este proveedor?
3. Los acoples que se compran, ¿son diseñados para Costa Rica o son genéricos?
4. ¿Cuánto cuesta un acople flexible?
5. ¿Con qué frecuencia compran acoples flexibles y cuántos?
6. ¿Existen algunos otros proveedores para este tipo de acople en específico?

-sobre la problemática.

1. ¿Cuál es el principal problema que presentan los acoples flexibles?
2. ¿Qué otros problemas han presentados los vagones?
3. ¿Qué otros problemas han presentado los acoples?
4. ¿Cuándo se hizo la última compra de acoples?
5. ¿Cuánto duraron antes de fallar por completo?
6. ¿Cuál es el lapso de vida útil esperado?
7. ¿Cuántos acoples son reemplazados al año?
8. ¿Cuántos acoples al año se esperan fabricar?
9. La fabricación de los acoples, ¿se espera que sea en el INCOFER o por medio de una empresa proveedora?

-sobre los prototipos.

1. ¿Cuál es la empresa que se ha encargado de realizar los prototipos con los que ahora cuentan?
2. ¿Hace cuanto tiempo empezaron a trabajar con ellos?
3. ¿Cuál es el principal problema con los prototipos que se han fabricado hasta el momento?
4. ¿Estarían ellos en disposición de poder trabajar en conjunto?
5. ¿Dónde se ubican?

-sobre la vigencia de los acoples

1. Recientemente salió una noticia en el periódico La Nación sobre la compra que tiene planeada la institución de trenes eléctricos para el próximo año. De ser el caso, ¿qué pasaría con los trenes tipo Apolo?
Si permanecen en flotilla:
2. ¿Por cuánto tiempo más van a permanecer en uso?
¿Cuántas piezas en promedio cree que sería necesario de fabricar antes de que los vagones entren en desuso?

Anexo 01

06.08.18

INCOFER, día 1

Objetivos:

- Entrevistas a Don Javier Moreira, jefe del depto. de mantenimiento del INCOFER.
- Entrevista a los mecánicos que dan mantenimiento a los vagones.
- Tomar fotografías de los vagones, acoples y prototipos de acoples.

Entrevista a mecánicos

-sobre el ensamblaje

1. ¿Han ensamblado los repuestos de acoples flexibles?
2. ¿Con qué frecuencia se deben cambiar los acoples flexibles?
3. ¿Se dio alguna capacitación sobre cómo proceder para ensamblar los acoples flexibles?
4. ¿Cuál es la parte más complicada del ensamblaje?
5. ¿Utilizan alguna herramienta especial?
6. ¿Existen algunos componentes que son adquiridos en el país?
7. ¿Cuánto dura el proceso de ensamblaje?
8. ¿Cuántas personas se requieren?
9. ¿Cómo es el proceso de ensamblaje?

-sobre los daños sufridos

1. ¿Por qué cree ud que fallan los acoples?
2. ¿Cuál cree ud que sería la solución?
3. ¿Cómo podríamos aumentar la vida útil del producto?

-sobre los prototipos

1. ¿Cómo funciona el proceso de ensamblaje con los prototipos?
2. ¿Es más fácil o más difícil?
3. ¿Por qué no funcionan correctamente?
4. ¿Qué herramientas se utilizan en el proceso de ensamblaje?
5. ¿Cuánto dura el proceso de ensamblaje?
6. ¿Cuántas personas son requeridas?
7. ¿Existe algún componente que se deba comprar adicionalmente?

Anexo 02

Acuerdo

Con respecto a la adopción de prescripciones técnicas uniformes para vehículos con ruedas, equipos y piezas que pueden montarse y / o usarse en vehículos con ruedas y las condiciones para el reconocimiento recíproco de aprobaciones otorgadas sobre la base de estas prescripciones *

Naciones Unidas

7.6.11. Señales de seguridad

Todas las señales de seguridad deben cumplir con los requerimientos contenidos en el párrafo 6.5. del ISO estándar 3864-1:2011

Cada señal de seguridad requerida por esta regulación debe ser usada para comunicar sólo un mensaje de seguridad. La información provista debe estar en la forma de pictogramas, sin embargo, palabras, letras y números pueden suplir el pictograma en combinación con la misma señal. Este debe ir colocado y orientado de modo que sea fácil de entender.

Las señales de seguridad deben seguir los principios mostrados en el ejemplo abajo, por ejemplo, una sección de encabezado describiendo el mensaje de seguridad, una segunda sección conteniendo información sobre instrucciones y una tercera, de pie de página, para texto no crítico.

Los pictogramas que indiquen las acciones requeridas por el usuario deben mostrar una persona, o la parte relevante de una persona, que opera el equipo o dispositivo.

Los pictogramas que indiquen un movimiento requerido deberán, cuando corresponda, mostrar una flecha que apunte en la dirección del movimiento. Cuando se requiera un movimiento de rotación, se utilizará una flecha curva.

Donde se operen los dispositivos, se quiten los paneles o se abran las puertas, el pictograma indicará la acción en curso.

La (s) letra (s) minúscula (s) de las palabras complementarias, las letras individuales y los números deberán tener una altura mínima de 8 mm. Las palabras no deben estar en letras mayúsculas solamente.

Todas las señales de seguridad que sean visibles desde el interior del vehículo deberán ser de un material foto luminiscente que tenga características de disminución de la luminiscencia que cumplan, como mínimo, con la subclasificación C en la Tabla 2 de la Norma ISO 17398: 2004 cuando se midan de acuerdo con el párrafo 7.11. de esa norma.

El idioma en el que cualquier señal de seguridad textual pretende cumplir con los párrafos 7.6.11.1. a 7.6.11.7. Las inscripciones mencionadas anteriormente serán determinadas por la autoridad de aprobación teniendo en cuenta el país / países en los cuales el solicitante tiene la intención de comercializar el vehículo en enlace si: necesario con las autoridades competentes del país / países interesados. Si la autoridad del país / países donde se va a registrar el vehículo ha cambiado el idioma, este cambio no implicará un nuevo proceso de aprobación de tipo.



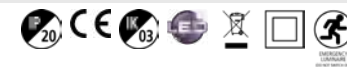


SylSafe EXIT Mod
SylSafe Exit-Mod EX R EM3 MT MS
0041749



Product features

- SylSafe Exit-Mod EX R EM3 MT MS is a recessed emergency exit sign. Comes with ISO7010 compliant legend pack. Arrows left, right, up, down and a blank sheet for single sided versions. EC legend pack is available as accessory. Viewing distance 26m. White housing colour. Maintained 3hr emergency operation with NIMH rechargeable battery. Recharge period 24 hours. 4.9W, IK03, IP20. Power Factor 0.49. Class II electrical construction.



PRODUCT OVERVIEW

IPC Code	0041749
Product name	SylSafe Exit-Mod EX R EM3 MT MS
Technology	LED
Type	LED
Mount	Recessed
General application	Office, Hospitality, Retail, Museums & Galleries, Education, Logistics & Industry.
Certifications	EUNEW001
ETIM Class	EC001957
Fixture luminous flux (lm)	-
Luminaire efficacy (lm/W)	0
Photobiological Risk Group	-
Total power consumption (W)	4.9
Electrical protection	Class II
Control gear type	Emergency
Average life (Nominal) (h)	35040
Housing colour	White
IP rating	IP20
IK rating	IK03
Product EAN number	5410288417493
Lamps	Yes
Included lamp	INTEGRATED LED

TECHNICAL DRAWINGS

