

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial

“Diseño de una unidad comunicativa para servicios de transporte con
tecnología autónoma”

Trabajo final de graduación para optar por el título de
Ingeniero en Diseño Industrial
con el grado académico de
Bachillerato.

Jorge Andrés Camacho Herrera

Cartago, noviembre, 2021

NOTA FINAL

Trabajo Final de Proyecto de Graduación Bachillerato Ingeniería en Diseño Industrial

El Trabajo Final de Graduación presentado por el estudiante Jorge Camacho H., carné 2016094684 para optar por el Título de Ingeniería en Diseño Industrial con grado académico Bachiller Universitario del Instituto Tecnológico de Costa Rica, titulado:

“Diseño de una unidad comunicativa para servicios de transporte con tecnología autónoma”

ha sido defendido el día 30 de noviembre del año 2021 ante el Tribunal Evaluador y su Profesor Asesor. Han sido evaluados los entregables y su calificación es la siguiente:

Informe Final 20%	Desempeño del Estudiante 10%	Presentación final 50%	Preguntas 20%	Total	Nota final
18	10	28.5	14	70.5	70

Firmado digitalmente por
MARIO ROBERTO GONZALEZ
RAMIREZ (FIRMA)
Fecha: 2021.11.30 14:54:20
-06'00'

DI. Mario González R. M.Eng.
Profesor Asesor

DONALD
GRANADOS
GOMEZ (FIRMA)

Firmado digitalmente por
DONALD GRANADOS GOMEZ
(FIRMA)
Fecha: 2021.11.30 17:38:55
-06'00'

DI. Donald Granados G. MSc.
Tribunal Evaluador 1

SERGIO
ALBERTO RIVAS
PORRAS (FIRMA)

Digitally signed by
SERGIO ALBERTO
RIVAS PORRAS (FIRMA)
Date: 2021.11.30
17:18:22 -06'00'

DI. Sergio Rivas P. MsC
Tribunal Evaluador 2

La sumatoria anterior es de **70.5/100** y la Nota Final del Trabajo Final de Graduación es de: **70**
Dicho Trabajo Final de Graduación ha sido aprobado.

30 de noviembre, 2021

Resumen

El presente proyecto se desarrolló en conjunto con el Laboratorio de Investigación en Vehículos Eléctricos (LIVE) de la Escuela de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica. El LIVE tiene como objetivo principal impulsar el desarrollo de proyectos, ideas y programas que tengan como finalidad la mejora en temas de movilidad eléctrica, autónoma y el crecimiento de las ciudades inteligentes. Este proyecto se realizó con la intención de complementar un ecosistema de productos previamente realizado en la Escuela de Diseño Industrial y que el LIVE acogió para complementar la investigación y desarrollo de sus tecnologías.

La solución planteada está desarrollada bajo la consigna de que se pueda simplificar el proceso de adaptación y adopción de los usuarios a un nuevo entorno de uso de un servicio existente; en este caso hablamos de la aplicación de tecnologías autónomas al servicio de transporte público específicamente el relacionado a autobuses.

Bajo el contexto en el que se encuentra el desarrollo de esta tecnología, se ve la necesidad de generar un sistema que en una etapa exploratoria, pueda acercar al usuario y empiece a generar las primeras experiencias efectivas en el uso, además de recopilar datos importantes para el LIVE.

El proyecto presenta una interfaz física, intuitiva y fácil de utilizar, durante todo el proceso de viaje en una unidad autónoma. También, se incorpora al ecosistema de productos y le da un sentido a este, bajo la temática de tecnologías autónomas.

Palabras claves:

Autonomía, ecosistema, confianza, usabilidad, experiencia, transporte público, tecnología, exploración, investigación, prueba.

Abstract

This project was developed in conjunction with the Electric Vehicle Research Laboratory (LIVE) of the School of Electronic Engineering of the Instituto Tecnológico de Costa Rica. The main objective of LIVE is to promote the development of projects, ideas and programs aimed at improving electric and autonomous mobility and the growth of smart cities. This project was carried out with the intention of complementing an ecosystem of products previously developed at the School of Industrial Design and that LIVE welcomed to complement the research and development of its technologies.

The proposed solution is developed under the slogan that can simplify the process of adaptation and adoption of users to a new environment of use of an existing service; in this case we are talking about the application of autonomous technologies to public transport service specifically related to buses.

Under the context in which the development of this technology is found, it is necessary to generate a system that in an exploratory stage, can approach the user and begin to generate the first effective experiences in the use, in addition to collecting important data for the LIVE.

The project presents a physical interface, intuitive and easy to use, during the whole process of travel in an autonomous unit. Also, it joins the product ecosystem and gives meaning to it, under the theme of autonomous technologies.

Keywords:

Autonomy, ecosystem, trust, usability, experience, public transport, technology, exploration, research, testing.

Índice

Titulo	1
Antecedentes	1
Justificación	2
Tamaño del mercado	3
Perfiles de usuario	4
Contexto	5
Entorno	6
Problema de diseño	7
Necesidad	7
Objetivos	7
Alcances y Limitaciones	8
Metodología	9
Marco teórico	10
Requisitos de Desarrollo	18
Encuesta de Percepción	20
Análisis de Referenciales	26
Análisis Ergonómico	36
Análisis Tecnológico	38
Interacciones	38
Análisis de Funciones	39
Mapa de sistemas	41
Arquitectura	42
Concepto	43
Requisitos	44
Percepción	46
Propuestas	47
Pruebas de ergo y percepción	51
Modificaciones	53
Resultado obtenido	55
Manual de usuario	56
Arquitectura del ecosistema	57
Proceso funcional	58
Materiales y componentes	59
Procesos y costos productivos	61
Gradientes de mejora	63
Conclusiones y recomendaciones	64
Referencias	66
Anexos	68

Título del proyecto

Diseño de una unidad comunicativa para servicios de transporte con tecnología autónoma

Antecedentes

El proyecto nace gracias a la necesidad presentada por el Laboratorio de Investigación en Vehículos Eléctricos (LIVE) de la Escuela de Ingeniería Electrónica del ITCR, la cual consiste en la generación de ideas y proyectos dentro del área de la movilidad eléctrica, desarrollo de ciudades inteligentes, movilidad urbana y transporte público. Es importante mencionar que este proyecto es la segunda etapa de un desarrollo previo realizado en el curso de Diseño V de la Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial. La primera etapa consistía en generar una plataforma que recolectara y exhibiera el estado del transporte público en distintos nodos de movilidad en la GAM, a partir de esto se expande el ecosistema del producto para poder albergar las necesidades del LIVE.

Como puntos importantes de la primera etapa, podemos destacar la necesidad de analizar la respuesta de los usuarios a ambientes digitales y su impacto en la situación de la ciudad, además de la optimización de los servicios de transporte público en la ciudad.

Contando con que la flota vehicular del país [2] se ha incrementado cerca de diez veces más desde 1980. La tasa de crecimiento anual ha sido un 6% en promedio, mientras la población ha crecido una media de 2%, tomando en cuenta que también [1] Costa Rica es uno de los países latinoamericanos con más vehículos por mil habitantes (231 unidades). Por otra parte, actualmente Costa Rica está sufriendo una sobrepoblación en las zonas urbanas, según proyecciones de la ONU-Hábitat en 2050, 9 de cada 10 costarricenses serán habitantes de la GAM. Estos datos evidencian el reto al que se enfrenta el país en los próximos años en temas de movilidad urbana y crecimiento en la ciudad.

La implementación de nuevas tecnologías y el manejo de datos realizado por la alianza del gobierno con la empresa privada (Waze) han permitido la visualización de los registros de congestionamiento vial en distintas áreas del país, además de los patrones de movilización de la población durante las primeras etapas de la pandemia para determinar los nodos de movilización de las personas ante esta situación. Esta fuente de datos masivos, con microdatos desagregados territorialmente y en el tiempo, puede ser un insumo útil para entender la movilidad de las personas en distintas zonas de la GAM y se puede utilizar para optimizar el sistema de transporte público, ya que si estos datos pueden ser obtenidos en tiempo real se pueden emplear en la Big Data y sistemas de inteligencia artificial con la finalidad de optimizar los sistemas de transporte público y una mejora considerable en la movilidad urbana dentro de la GAM.

Considerando estos sistemas de recolección de datos y el mercado creciente de los modelos de inteligencia artificial de la mano de medios de transporte autónomos podemos adaptarnos a los

desarrollos y necesidades del LIVE. Esto para determinar el primer modelo de transporte público autónomo que podemos seguir en la GAM, basado en las tecnologías actuales y la percepción de los habitantes de la ciudad ante un nuevo modelo de transporte. Aprovechando así el planteamiento de las primeras unidades de comunicación autónoma que desarrolla el LIVE podemos determinar cuál es la respuesta de los usuarios ante esta tecnología y el camino a seguir para un implementación exitosa de un nuevo modelo de transporte urbano mediante el diseño de la primera unidad comunicativa de estos sistemas autónomos.

En términos de competencia para el proyecto, los principales competidores son internacionales, ya que el desarrollo de tecnologías autónomas ha tenido mayor auge en mercados estadounidenses, europeos y asiáticos. A nivel nacional no se cuenta con un precedente ya que estos son los primeros acercamientos a sistemas de transporte público que se están realizando.

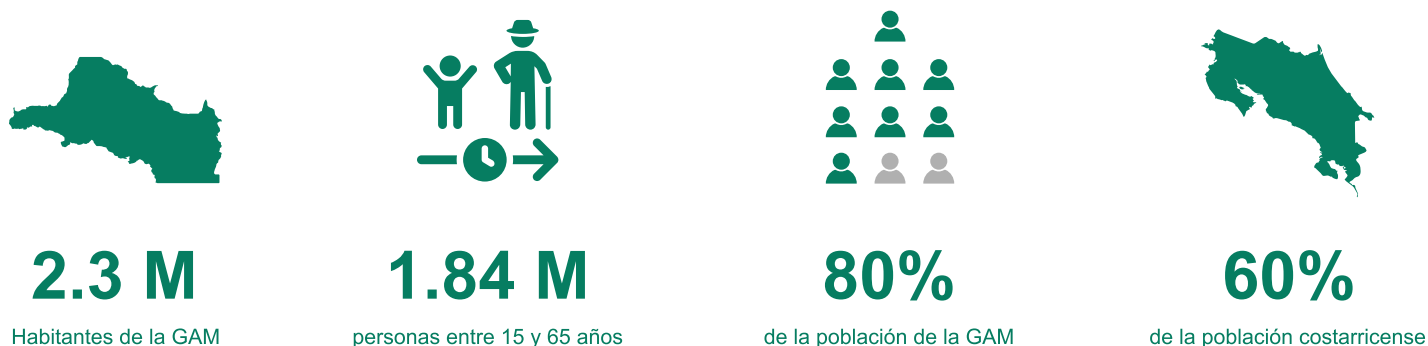
Justificación

El proyecto se realizó con la finalidad de establecer un primer modelo de uso del transporte público que hace uso de tecnologías autónomas. La relevancia que toma este proyecto está enfocada en la manera en la que los ciudadanos hacen uso del transporte público y cómo la implementación de nuevas tecnologías modificaría los modelos de uso actual. De esta manera poniendo el reto a los impulsores de esta tecnología, de cómo hacer que sus productos no afecten la experiencia de uso del usuario y cómo pueden adaptarla a un nuevo contexto de uso que proponen sus tecnologías. Sumando a esto que la percepción actual de las personas sobre estos productos no es la mejor y cada día se va empobreciendo más.

La solución que se propuso ayudaría a que el proceso de adaptación a un nuevo entorno y contexto de uso sea más sencillo y que se logre generar mayor confianza en el uso de las nuevas tecnologías. Esto con la finalidad de poder brindar un servicio eficiente y con la mejor experiencia de uso a los usuarios; también de proveer al LIVE una guía para el desarrollo de sus tecnologías.

Tamaño de mercado

Valorando el estudio de mercado realizado en el proyecto antecedente se define que los mismos usuarios que hacen uso de paradas de bus y estaciones de trenes también serían usuarios potenciales de un sistema de transporte autónomo, por lo tanto, los números del estudio anterior puede ser empleados para este escenario. Esto corresponde a 2.3 millones de habitantes de la GAM (aproximadamente 60% de la población costarricense), de las cuales existen cerca de 1.84 millones de personas entre los 15 y 65 años, un rango de edad en el que se encuentra envuelto la gran mayoría de la población trabajadora y económicamente activa, en otras palabras, 80% de la población de la GAM.



Segmento de mercado

El segmento de mercado está compuesto de la clase trabajadora que se moviliza dentro de la GAM diariamente en transporte público. Según estimados estos usuarios corresponden a 46.5% de los habitantes totales de la GAM, tomando en cuenta que ya mencionamos este número corresponde a 2.3 millones de personas, podemos definir que el segmento de mercado identificado se compone de 1.07 millones de personas o posibles usuarios.

Perfiles de usuario

Los perfiles de usuarios propuestos, parten en gran parte del proyecto antecedente de paradas inteligentes, sufren ciertos ajustes para este nuevo proyecto

Usuario recurrente



Utilizan el transporte público casi que todos los días de la semana, lo utiliza para trasladarse a los centros de estudio o trabajo. Normalmente lo utiliza en la horas pico, por lo que pierde gran parte de su tiempo en congestionamientos viales y en su trayecto de traslado. La introducción de nuevas tecnologías le genera cierta desconfianza, pero busca la manera de adaptarse rápidamente ya que se vuelve un factor de motivación al ver una mejora en un aspecto de su diario vivir

Rango de edad: 15 - 65 años

Usuario ocasional



Utilizan el transporte público ocasionalmente. Normalmente hacen diligencias o asisten a los servicios de la ciudad. Su principal necesidad es contar con un sistema de transporte eficaz en el que puedan hacer todas sus diligencias dentro de la ciudad movilizándose de la mejor manera. Igualmente la introducción a nuevas tecnologías le preocupa, pero su proceso de adaptación es más lento pero de igual manera existe cierta disposición a acoplarse a estos.

Rango de edad: 18-65 años

Usuario desactualizados



Utilizan el transporte público ocasionalmente. Normalmente hacen diligencias o asisten a los servicios de la ciudad. Su principal problema es la adaptación a nuevas tecnologías ya que sus habilidades no le permite asimilar tan fácil los cambios por lo que su curva de aprendizaje es mayor

Rango de edad: 40-65 años

Adulto mayor



Utilizan el transporte público ocasionalmente, más que todo para hacer diligencias dentro de la GAM. Requieren de asistencia y un trato especializado a la hora de utilizar el transporte público. No es un usuario habilidoso con la tecnología y tiene muchas dificultades para acoplarse a estas. Es poco probable que tenga buena respuesta a los cambios

Rango de edad: 65+ años

Concesionario



Son los encargados de las unidades de transporte y las que velan por su adecuado funcionamiento en la ciudad. Son los responsables de monitorear el trayecto que realiza el autobús y de que el servicio cumpla con las mejores condiciones. La necesidad principal que tienen es proveer de un servicio adecuado e ir introduciendo estas nuevas tecnologías para llevarlas de manera adecuada a los usuarios.

Contexto

Basado en las proyecciones de la ONU y el estudio sobre movilidad urbana e infraestructura realizado por el LANAME, se tiene que para el año 2050, 9 de cada 10 costarricenses habitarán en la GAM. Además, el acelerado crecimiento de la flota vehicular, que manetiene un crecimiento anual del 6% y convierte al país en unos de los países latinoamericanos con más vehículos por mil habitantes. Por otra parte, según el estado de la nación 2018, el 90% de la Red de Alta Capacidad no cumple con los parámetros del Plan Nacional de Transporte en cuanto al número de carriles. En ausencia de cambios, el porcentaje de rutas con mayores problemas de tránsito pasaría de 48% en 2017 a 86% en 2025. Esto nos hace ver que la planificación y construcción de infraestructura vial no ha sido la adecuada y no se ha adaptado a los verdaderas necesidades que tiene la GAM en materia de movilidad urbana.

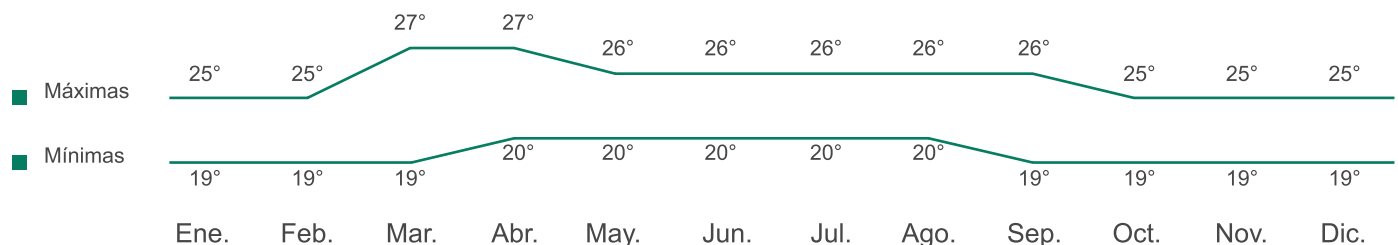
Entorno

El entorno en el que se va a encontrar el dispositivo es de la Gran Área Metropolitana, una zona densamente poblada, caracterizada por constantes embotellamientos y sobrecarga de la capacidad de las vías de tránsito. Esta área es la que tiene más densidad vehicular en el país y la infraestructura vial que se encuentra acá no está diseñada para alojar la creciente flota vehicular. La planificación vial es otro de los mayores inconvenientes que se encuentran en la GAM, ya que el modelo de circulación vial se basa en la circulación centralizada, donde hay nodos de movilización urbana y todos los movimientos salen y llegan ahí. Los principales nodos dentro de la GAM son aquellos con mayor movimiento comercial e industrial, junto con las cabeceras de provincias.

Clima

El clima del valle central de Costa Rica presenta una temperatura que oscila entre los 13° C y los 30° C y, dependiendo de la época, San José presenta una temperatura promedio de 22° C.

Costa Rica es un clima tropical porque hay variedad de tiempos atmosféricos en cortos lapsos con lluvia, rayería y sol. Además, existen dos épocas climáticas marcadas, la primera consiste de una época seca caracterizada por vientos alisios, días sin nubes y temperaturas bajas. La segunda época climática es una húmeda con gran cantidad de lluvias. Por otra parte, la temperatura promedio del valle central es bastante estable y no varía en más 4° C por encima o por debajo de la temperatura promedio de 22° C.



Definición del problema

¿Cuál es el problema?

Los usuarios del transporte público carecen de un modelo de uso claro, sencillo y eficaz ante las tecnologías autónomas aplicadas a los servicios de transporte público debido a que en las soluciones a nivel nacional no se ha contemplado la implementación de estas tecnologías.

Problema de diseño

¿Qué podemos realizar para que los usuarios del transporte público se adapten de mejor manera y generen confianza al uso de medios de transporte público con tecnología autónoma ante la carencia de un modelo de uso claro de estas tecnologías?

Necesidad

Poder utilizar un autobus con tecnología autónoma de manera intuitiva y efectiva en búsqueda de la optimización de la experiencia de uso del transporte público.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un sistema inteligente que permita generar confianza al usuario en el uso de tecnologías autónomas aplicadas al transporte público.

Objetivos específicos

- Desarrollar una interfaz intuitiva para el usuario que invite al uso del transporte público con tecnologías autónomas
- Definir el nivel de autonomía en el que un autobus con esta tecnología puede ser viable en un escenario introductorio dentro de la GAM
- Establecer un sistema inteligente que contemple el nivel adecuado de autonomía para la adecuada implementación de un sistema autónomo en el contexto del transporte público de la GAM
- Producir una experiencia de uso asertiva y genere confianza en el usuario.

Alcances

1. Diseño del hardware necesario para el sistema inteligente que se adapte a los objetivos y resultados investigativos
2. Diseño del proceso de interacción de las personas y producto
3. Modelado tridimensional de los dispositivos
4. Simulación computacional de resistencias
5. Diseño del proceso de transmisión de datos entre los sistemas

Limitaciones

1. Imposibilidad de acceso a los recursos del laboratorio (LIVE) por protocolos de salud establecidos dentro del campus del Instituto Tecnológico de Costa Rica para la realización de un prototipo físico.
2. Poca accesibilidad a productos físicos referenciales por su recién iniciado implementación en el país.
3. Desarrollo de prototipo digital delimitado por los recursos disponibles en el área de trabajo (recursos tecnológicos).
4. Investigación limitada por la información pública sobre el desarrollo de estos productos, como características que brinda el proveedor o patentes.
5. Limitación en cantidad y calidad de referenciales digitales debido a inconsistencia en la información obtenible sobre los productos.

Metodología

El proceso proyectual se dividió en 3 etapas: investigación, desarrollo y la materialización. Utilizando el proceso de diseño en ingeniería se crean bases estructuradas sobre el proyecto y se investiga a nivel tecnológico la competencia para desarrollar un “borrador” de especificaciones tecnológicas, que se va a verificar en conjunto con el Laboratorio de Investigación en Vehículos Eléctricos con el fin de determinar los mejores componentes electrónicos para desarrollar el proyecto. En el proceso de desarrollo se empleará el método Design Thinking modificado con pautas del proceso RAD para desarrollo de tecnologías digitales. Este proceso por utilizar se caracterizará por un desarrollo continuo de prototipos, comúnmente físicos, aunque por las limitaciones de este proyecto estos se convertirán en prototipos digitales.

Estos prototipos serán probados tanto por el laboratorio como posibles usuarios de manera semanal en búsqueda de la detección temprana de errores. Entre las pruebas cíclicas se utilizará KANO, una herramienta analítica que relaciona las características de un producto con el nivel de satisfacción de sus clientes o compradores. En la etapa de materialización no existirá una implementación física del proyecto por las limitaciones previamente mencionadas.

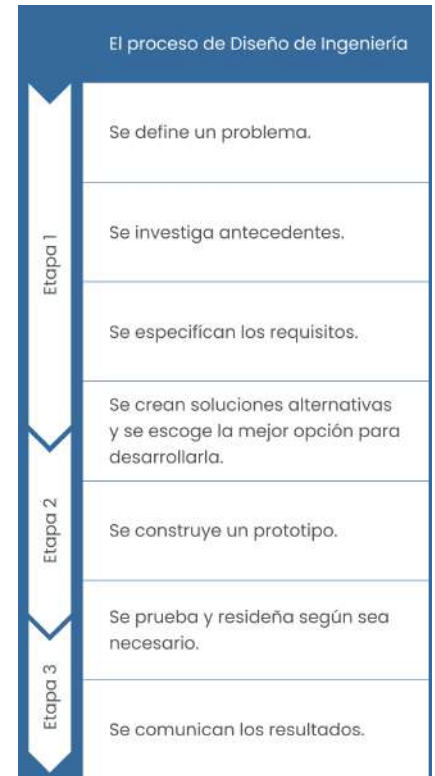


Figura 12. Flujograma del principio de funcionamiento.
Fuente: Creación propia

Proceso Metodológico Design Thinking + RAD

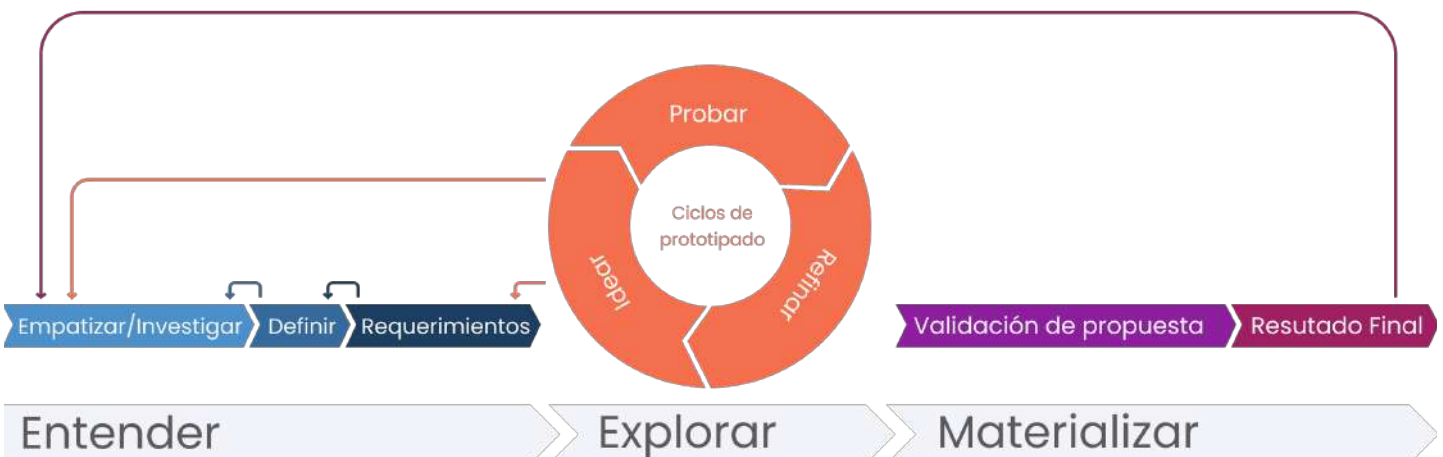


Figura 12. Flujograma del principio de funcionamiento.
Fuente: Creación propia

Marco Teórico

Costa Rica apunta hacia una planificación para el proceso de mejora para el transporte público en las siguientes dos décadas [1], esto principalmente en términos ambientales y sistemáticos. Pero esto se ve contrastado con lo expuesto por el Estado de la Nación [4] El 90% de la Red de Alta Capacidad no cumple con los parámetros del Plan Nacional de Transporte en cuanto al número de carriles. En ausencia de cambios, el porcentaje de rutas con mayores problemas de tránsito pasaría de 48% en 2017 a 86% en 2025. Por otra parte, la infraestructura [1] ha sido diseñada para el transporte motorizado, dejando desprotegidos aquellos actores de una movilidad activa. Sumado a que Costa Rica es uno de los países latinoamericanos con más vehículos por mil habitantes (231 unidades), podemos emplear el término de justicia espacial [1] que nos dice que la manera en la que está distribuida el espacio en la ciudad es altamente desigual, ya que excluye del uso de estos espacios a quienes no poseen un vehículo motorizado, en otras palabras, no se toma en cuenta que la movilidad inclusiva mejora el acceso a la vida urbana. Estos resultados han generado que la población costarricense deje de ver el transporte público como la mejor opción para movilizarse, esto ha generado el incremento y uso de la flota vehicular privada.

Estos datos expuestos significan un gran reto para el proceso de mejora que planea hacer el país en el tema de transporte público. En otros países que han afrontado situaciones similares, se han empezado a implementar soluciones que van de la mano del crecimiento tecnológico del mercado. Un área que empezó a tener mayor ingerencia en el tema de transporte público en los últimos años, es la de movilidad eléctrica y autónoma. En regiones europeas y asiáticas esto ya es una realidad y se han ido expandiendo hacia territorios como Estados Unidos y Latinoamérica, en los que apenas se pueden ver modelos consolidados en la rama de la electrificación del transporte público.

En el caso de Costa Rica, para el año 2021 se reciben los primeros modelos eléctricos, los cuáles se implementan en rutas estratégicas dentro de la GAM en un plan piloto con una duración de un año [5]. Por otra parte, entes académicos como el TEC y la UCR, se han encargado de llevar más a fondo el crecimiento del país en esta área. Es aquí donde se han empezado a plantear los primeros modelos de movilidad autónoma para el país y que puedan traer soluciones en un mediano plazo.

El modelo de movilidad eléctrica es aquel que hace uso de uno o más motores eléctricos para generar locomoción ya sea en soluciones para viajes cortos con carga liviana o viajes largos con carga pesada [8]. Este es fundamental para que el siguiente nivel que se pretende llevar a cabo sea factible, este es el nivel que llamamos autonomía de la movilidad. Ya que la electrificación de la movilidad se encuentra en constante evolución, haciendo que la movilidad eléctrica no solo sea cada vez más eficiente sino que también tenga nuevos usos [11].

Conociendo los puntos básicos de la movilidad electrificada, podemos pasar a la comprensión de lo que es la movilidad autónoma. El concepto de movilidad autónoma se refiere a la tecnología capaz de poner en marcha un vehículo, un buque, un avión o un dron sin la necesidad de que un ser humano se encuentre controlándolo, dirigiéndolo u operándolo [10]. Esto lo puede realizar por medio de software, cámaras, sensores e inteligencia artificial y es una tecnología que va en crecimiento con la movilidad electrificada. El mercado hoy en día se centra en el desarrollo de esta tecnología para la movilidad individual; autos, motocicletas y bicicletas son los que presentan mayores avances en cuanto a su tecnología y crecimiento en las ciudades. Dado este “boom” en el mercado, múltiples empresas se han dedicado a desarrollar su propia tecnología, por lo que el gobierno estadounidense por medio de la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE), ha establecido una escala con los distintos niveles de autonomía que puede tener un automóvil, esto con el fin de que se estandaricen las tecnologías y se comprendan de una mejor manera el concepto de autonomía para automóviles y cómo extrapolar esto al transporte público en la ciudad.



SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION



Figura 12. Flujograma del principio de funcionamiento.
Fuente: Creación propia

Nivel 0: todas las funciones del automóvil son realizada por el conductor, se limita a indicaciones de prevención del estado del automotor y funciones de emergencia. Ejemplo de esto son el freno automático de emergencia, advertencia de punto ciego y advertencia de salida del carril.

Nivel 1: se incorporan las primeras funciones que puede hacer el producto por si solo. Estas dan soporte a la dirección y aceleración - frenado del auto, se establece que el auto solo puede hacer una de esta funciones a la vez y entre los ejemplos más claros tenemos el centrado de carril y control adaptable de velocidad crucero.

Nivel 2: para este nivel de autonomía el auto ya puede realizar más de una función a la vez, pero estas funciones no van más allá de la dirección y aceleración - frenado del vehículo. Nuevamente los ejemplos de aplicación de esto aplica para el centrado de carril y control adaptable de la velocidad, solo que ahora puede ser empleados a la vez.

Nivel 3: a este nivel ya el automóvil puede manejar todas las funciones críticas de seguridad del usuario bajo ciertas condiciones de uso. El conductor ya no dirige propiamente la unidad si no que lo hace una computadora siempre y cuando las condiciones lo permitan. Cuando se requiera el conductor debe tomar control de la unidad. La tecnología que encontramos acá es la desarrollada por Tesla y se puede traducir entre un híbrido de autonomía y conducción. Otra aplicación dentro de este nivel es el manejo del automóvil en congestionamientos viales.

Nivel 4: ahora el automóvil es totalmente autónomo para ciertos escenarios de conducción, a partir de ahora ya no se requiere que el usuario tome control de la unidad, esta va a realizar todas las funciones de conducción por el. En esta etapa el producto ya puede prescindir de sus pedales, volante y palanca de cambios. Las tecnologías desarrolladas actualmente en el mercado se encuentran hasta este punto y se espera que en los próximos 20 años se pueda dar un acercamiento al siguiente nivel. Las más conocidas son las de Waymo, Uber, Argo y Nuro.

Nivel 5: en este último nivel el automóvil ya es totalmente autónomo y puede ser utilizado en cualquiera situación de uso, comparte casi que todas las cualidades del nivel 4 a excepción de esta última mencionada.

Estos son los niveles establecidos por la SAE, cabe aclarar que estos están en constante evaluación y sufren de constantes cambios gracias a la evolución acelerada de la tecnología. Pero para el desarrollo de este proyecto se mantienen estos niveles, para poder dar un resultado más certero y que permita el desarrollo de tecnologías por parte del LIVE.

Teniendo claro los niveles de autonomía a los que puede llegar un automóvil podemos determinar qué tecnologías se pueden utilizar como referencia, y buscar cuáles se adaptan más a lo que pretende desarrollar el LIVE con sus proyectos en el área de autonomía. Antes de entrar en detalle con el análisis de cada una de las tecnologías es bueno conocer el principio de funcionamiento de un automóvil autónomo.

El principio de funcionamiento de cualquier auto autónomo recae en el funcionamiento en conjunto de sensores, algoritmos, actuadores, sistemas de machine learning y desarrollo de software. Estos componentes logran que el vehículo genere y mantenga un mapa de su alrededor para poder reconocer lo que sucede y actuar según esto. Sensores como los radares monitorean la posición de vehículos cercano, las cámara de video detectan los semáforos y señales de tránsito, además de identificar peatones y otros vehículos. El sensor lidar se encarga de calcular las distancias, detectar los límites del camino y la señalización. Finalmente el software empleado se encarga de procesar toda esta información para que el automóvil pueda desarrollarse en su entorno de uso.

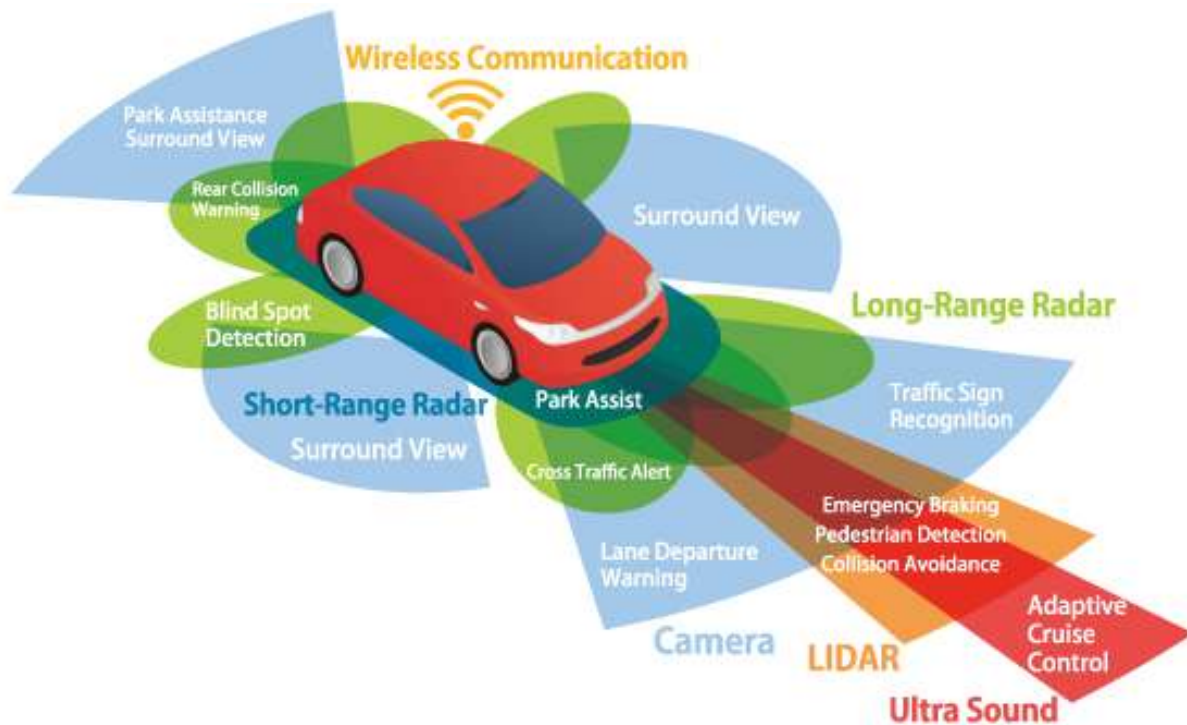


Figura 12. Flujograma del principio de funcionamiento.
Fuente: Creación propia

Además de todos los componentes mencionados las redes de telecomunicación tiene gran impacto en el funcionamiento de los autos autónomos, se espera que con la incorporación de redes 5G la velocidad de transmisión de datos sea 1000% más rápida que la 4G. Este avance permitiría que la comunicación con otros autos sea la más adecuada para el intercambio de información y se pueda evitar escenarios peligrosos para los autos.

Aparte de la comunicación entre si, los autos necesitan una comunicación con la infraestructura que los rodea, ya que no se puede depender solamente de la unidad que integra el automóvil, si no, que el auto debería ser utilizado en un espacio en el que pueda comunicarse con otros actores. Por esto la incorporación de sensores y radares en la infraestructura de la ciudad es crítica para que todas las funciones del automóvil puedan estar al 100%.

Luego de conocer los principios básicos de la movilidad autónoma es importante conocer cómo se ha ido aplicando esta y qué modelos se han implementado en los distintos países, cuáles métodos siguieron para que tuviera éxito o qué planes pilotos implementaron para obtener datos. Para una mejor comprensión se enfocará en estudios hechos para zonas de alta densidad urbana y gran impacto en movilidad; ya que las áreas metropolitanas son entidades complejas con un conjunto diverso de desafíos de movilidad únicos que continúan creciendo. El aumento de las poblaciones urbanas desafía la capacidad de la infraestructura del transporte. [9]

Este es el caso de Costa Rica y una de sus metas propuesta para hacerle frente a esto es que para el año 2035, un 70% de los buses y taxis serán cero emisiones y el Tren Rápido de Pasajeros opere de manera 100% eléctrico[5]. Para el año 2021 se realiza la entrega oficial de tres buses eléctricos al gobierno de Costa Rica, con el fin de ejecutar una prueba piloto en el país para generar las condiciones marco y un modelo de operación replicable para la electrificación del transporte público. [5]. Este es el primer plan estructurado que se presenta para el mejoramiento del transporte público en la GAM e incluye tecnologías electrificadas. Se establece un primer periodo de prueba de cuatro meses de prueba en 3 rutas específicas que son parte de nodos importantes de movilidad dentro de la GAM. En este espacio de piloto durante un año se esperan recopilar datos como el consumo del autobús, la capacidad, funcionamiento del motor y batería, además de los costos operativos. Para la realización del plan piloto se estableció una serie de requisitos para la escogencia de las rutas. Se establecieron una serie de criterios a ponderar en la elección de las empresas autobuseras, como tener acceso a la red eléctrica, contar con conexión trifásica para los cargadores, disponer de una flota de más de 10 unidades y un recorrido sin pendientes pronunciadas. Además, las empresas seleccionadas debían estar de acuerdo en que los datos fueran abiertos y estar dispuestos a

monitorear sus buses diésel, con el fin de generar data de las unidades eléctricas y de diésel en la misma ruta y en las mismas condiciones, para luego poder comparar esta información.

A la hora de recopilar los primeros resultados del plan piloto se encuentra con que los resultados preliminares muestran que el costo de la operación es 5 veces menor que el de los buses de diésel. Solo para el mes de mayo, el costo diario promedio de combustible para las unidades de diésel fue de ₡49.501,5 mientras que para el bus eléctrico fue de ₡7.898,6. Los dos buses eléctricos puestos en operación entre marzo y mayo en la primera ruta del plan piloto, movilizaron a más de 88.000 pasajeros, un promedio de 514 pasajeros por día. Recorrieron más de 12.000 kilómetros por unidad, con un promedio de 147 km por día, y su periodo de carga fue de alrededor de 2 horas entre las 11 p.m. a 4 a.m., tiempo suficiente para que iniciaran la operación con un 100% de la batería[6]

En el apartado de percepción por parte de los pasajeros y conductores también se recolectaron datos luego de su uso. Los operadores resaltan aspectos como la comodidad y la facilidad de operación, mientras que los pasajeros mencionan la suavidad en la conducción y la operación silenciosa como los beneficios más notables. [6]

Este es el primer escenario de implementación de una tecnología que modifique considerablemente el transporte público, en este caso fue la implementación de un modelo eléctrico. Pero ahora, es importante conocer cómo se llevó a cabo una implementación de un primer modelo de uso de transporte público con tecnologías autónomas. La mayoría de modelos de transporte público con tecnologías autónomas se han puesto a prueba mediante un plan piloto, paralelamente se han hecho avances en la tecnología implementada para llegar a niveles de mayor autonomía[11]; pero muy pocos estudios se han centrado en temas de percepción y aceptación de uso por parte de los usuarios, estos pocos estudios se han limitado a campus universitarios, área industriales y poblaciones pequeñas [11]. Por estas razones se ha vuelto complicado comprender cómo las tecnologías autónomas pueden ser usadas en el contexto de una ciudad en específico y también un tema de suma importancia, cómo son percibidos por los residentes de una ciudad y cuáles son sus intenciones de uso con el producto.

El estudio analizado para este caso es el realizado en Oslo, Noruega. Este estudio se centra en cubrir el faltante de conocimiento en las intenciones, experiencias y sugerencias en el uso de los autobuses autónomos en el contexto específico de una ciudad. La recopilación de los datos utilizados para este estudio se hizo por medio de entrevista y encuesta. El estudio se dividió en dos secciones que permitieran datos más relevantes para el estudio, la primera consistió en una parte que abarca todo lo referente a antes del uso y la segunda consistió en la parte referente al después

del uso del producto, ya que en este estudio se puede contar con la tecnología implementada gracias a los esfuerzos por parte del gobierno de la ciudad.

Este estudio se realiza en un entorno con características muy específicas. Al ser una tecnología que se encuentra en períodos de prueba, se tuvo que acoger a la legislación del país, que permite la introducción de modelos autónomos solo en planes de prueba, con la finalidad de testear su impacto en los recorridos, la eficiencia en el tráfico, movilidad y en el ambiente.

Las cualidades del entorno en las que se desarrolla el producto son las siguientes:

- Los autobuses empleados son eléctricos con todas las capacidades autónomas en su construcción, solo pueden llevar 8 pasajeros más un operario
- Los autobuses no funcionan al 100% de sus capacidades autónomas
- Hay un operario encargado de proveer asistencia e información a los usuarios, además de poder tomar control de la unidad en caso de una eventualidad
- Los autobuses operan a una velocidad limitada de 18km/h
- Se estableció una ruta (1.5km) antes de iniciar el período de pruebas, esta corre en una zona residencial y la tecnología empleada no permite que la unidad se desvíe de esta ruta establecida
- Debido a su tecnología la unidad no se puede utilizar cuando se encuentre lloviendo



Figura 12. Flujograma del principio de funcionamiento.
Fuente: Creación propia

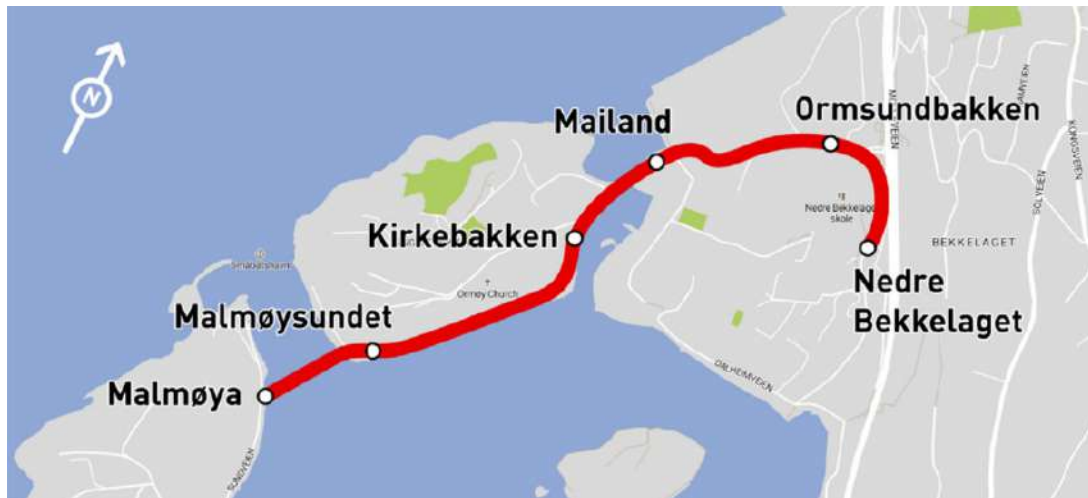


Figura 12. Flujograma del principio de funcionamiento.
Fuente: Creación propia

Los resultados que se obtuvieron de este estudio fueron que la intención de uso a futuro es muy probable que sea bien vista para esa ruta, mientras que un 17% de las personas dijo que no tenían intenciones de utilizar este autobús a futuro. Estos resultados fueron producto de encuestas realizadas antes de que las personas abordaran la unidad.

Luego de realizado el recorrido en la unidad se vuelve a realizar la encuesta y la intención de uso a futuro aumentó en más del 10%, llegando así a un 76% de intención de uso a futuro. Un punto destacable en esto fueron los elementos de seguridad y confianza que se le brindaron al usuario durante la prueba, volviendo el recorrido más placentero para ellos. Se empleó la figura de un operario, que era el encargado de brindar la información y de estar pendiente en caso de una eventualidad. Además del uso de pantallas para mostrarle al usuario todo lo que sucedía alrededor de la unidad y cómo esta interactuaba con el entorno. Las grandes quejas por parte de los usuarios, fueron el tamaño de las unidades, la velocidad con la que se viaja y la capacidad autónoma de la unidad.

Estos dos estudios nos permite ver todo lo que engloba la implementación de un sistema de transporte con nuevas tecnologías, desde una implementación de solo unidades eléctricas, hasta unidades autónomas; todas pasan por un período de prueba, donde la tecnología se testea con el usuario y se obtienen datos importantes para la evolución de esta. Para el caso del LIVE esto no es ajeno, ya que la implementación de estas tecnologías sigue el mismo camino usado en el país como en Noruega.

Requisitos de desarrollo

Conociendo los modelos estudiados en el marco teórico, junto con la tecnología que envuelve todos los sistemas autónomos; se hace una valoración con el LIVE para determinar cuál es el estado de sus desarrollos y con cuáles recursos cuentan para poder realizar una implementación de sistemas autónomos en el transporte público. De esta manera se establecen una serie de requisitos para que el producto a implementar sea realista en cuanto a las posibilidades del LIVE y del gobierno.

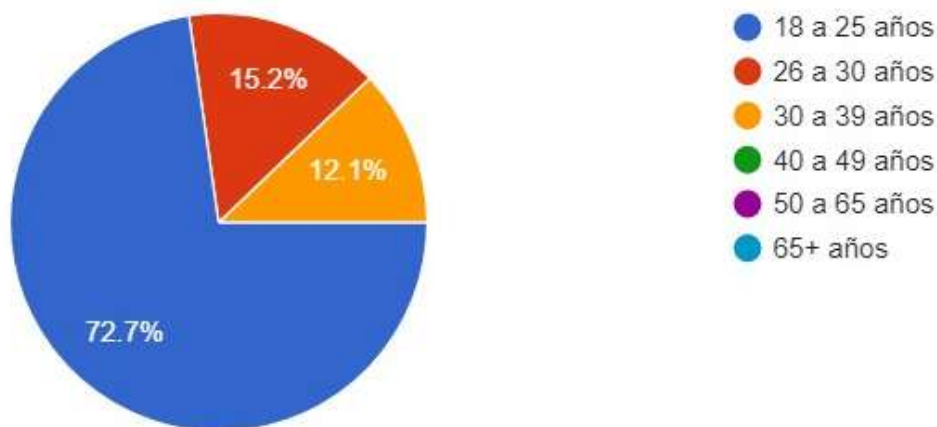
- La implementación del producto se debe realizar en un ambiente de pruebas, muy similar al plan piloto empleado con los buses eléctricos. Esto porque se cuenta con una tecnología nueva para el país y en un proceso evolutivo que no permite que se acople a una ley que le permita la libertad de funcionamiento.
- El producto debe correr en una unidad de prueba controlada, esto significa, que no puede operar al 100% de sus capacidades autónomas. Esto por el mismo tema de que es una tecnología nueva y ocupa más regulación. En este punto se pone a discusión con el LIVE el nivel de autonomía que tendría la primera unidad de prueba en un ambiente piloto. Dada la investigación realizada en el marco teórico, se recomienda que la unidad corra en un nivel de autonomía 3, pero dada las circunstancias que pueda afrontar el LIVE puede empezar en un nivel 2.
- La unidad debe contar con un operario fijo, que pueda intervenir esta ante cualquier eventualidad. Esta persona se encargará de desempeñar una labor muy similar a la del chofer que conocemos hoy en día. Servirá para guiar a las personas en un nuevo ambiente de uso del transporte público.
- La unidad debe desplazarse en un ambiente totalmente controlado, en otras palabras, una ruta preestablecida donde no podrá desviarse, con una cantidad específica de paradas obligatorias y deberá recorrer este espacio a una velocidad que se llegará a determinar según el modelo que emplee el LIVE. La ruta más beneficiosa para el LIVE en las primeras etapas de desarrollo, es dentro del mismo campus del ITCR en Cartago, ya que su centro de operaciones se encuentra ahí y se pueden realizar mayores modificaciones y controles sobre la unidad. Reduciendo de esta manera una gran cantidad en los gastos operativos que conlleve un primer plan piloto. El modelo de rutas puede ir ampliando conforme las pruebas evolucionen y la tecnología también lo haga, pero el producto a desarrollar se plantea para que no tenga que recurrir a un rediseño cuando se vaya escalando en estas etapas de prueba, por lo que debe de ser planeado para un entorno de uso convencional del transporte público en la ciudad.
- El acceso al uso de las unidades autónomas en los primeros períodos de prueba tiene que ser limitado, ya que al estar en un ambiente de prueba no se puede masificar, ya que representa un gran riesgo para el laboratorio si se da una falla en el sistema y además representaría un mayor número de inversión. Por esto se considera que por recorrido dependiendo de la unidad, funcione a un 60% de su capacidad.

Encuesta de percepción

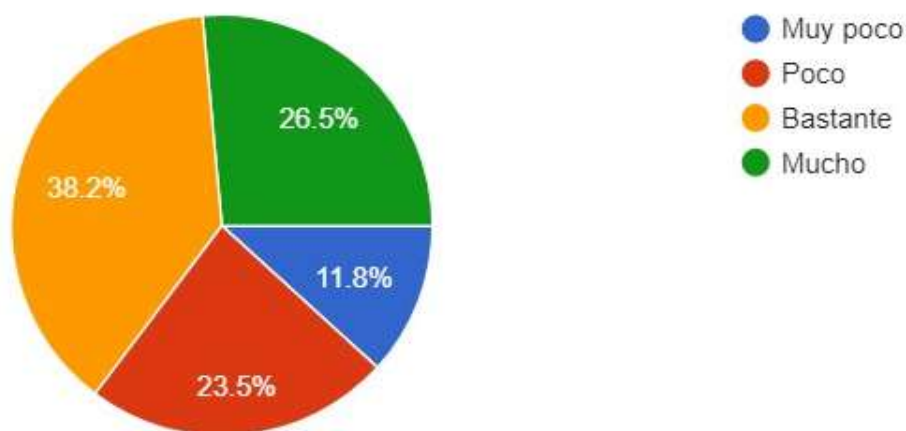
Como parte de los estudios analizados, la realización de una encuesta de percepción de los usuarios hacia la tecnología es clave para determinar decisiones de diseño en etapas tempranas de desarrollo. Por esto se plantea una encuesta en la que se pueda censar una muestra de las personas que habitan en la GAM y han utilizado los servicios de transporte público específicamente los autobuses.

Preguntas

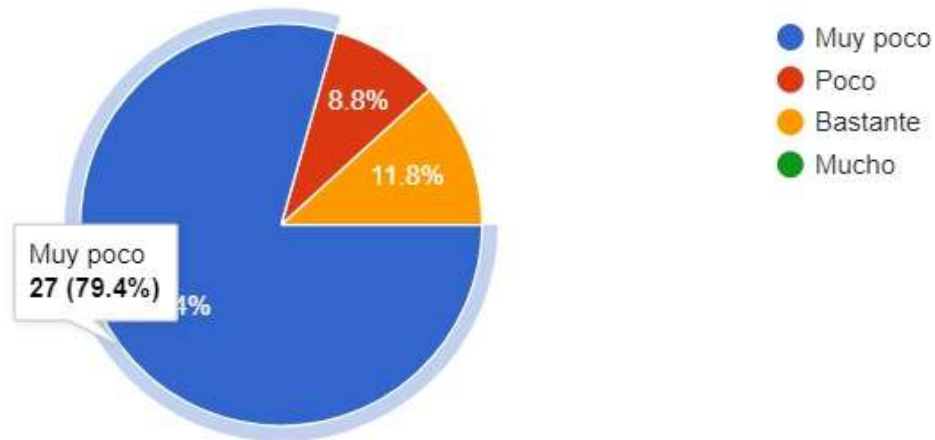
- Rango de edad



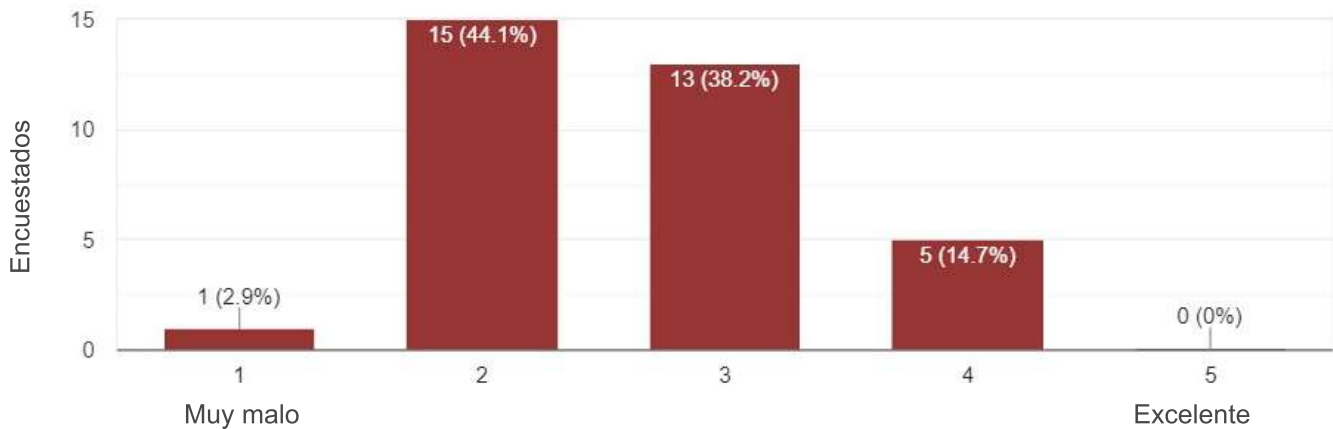
- Antes de la pandemia, qué tan frecuentemente utilizaba el autobus para movilizarse



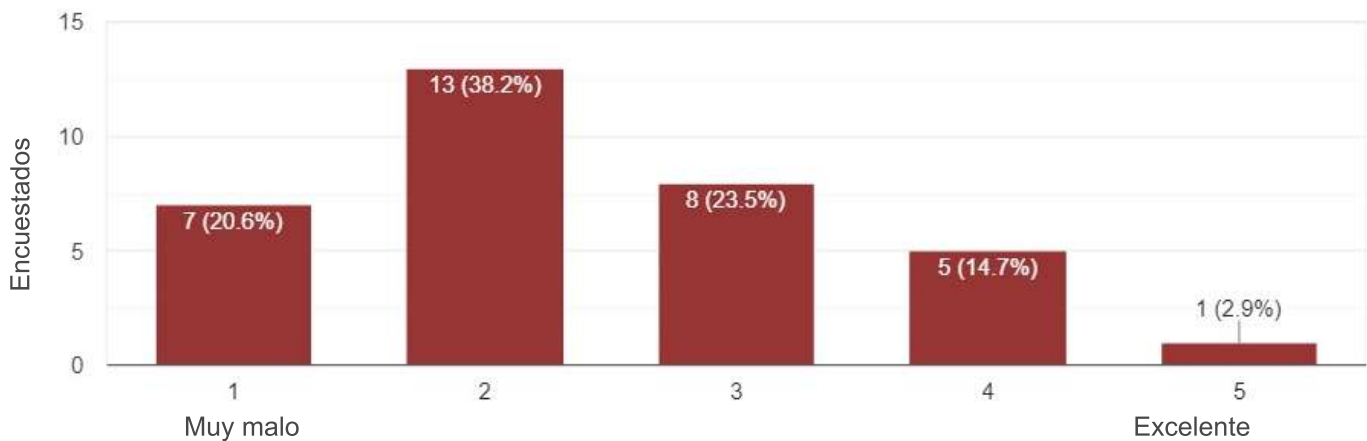
- En tiempo de pandemia, qué tan frecuentemente utilizaba el autobús para movilizarse



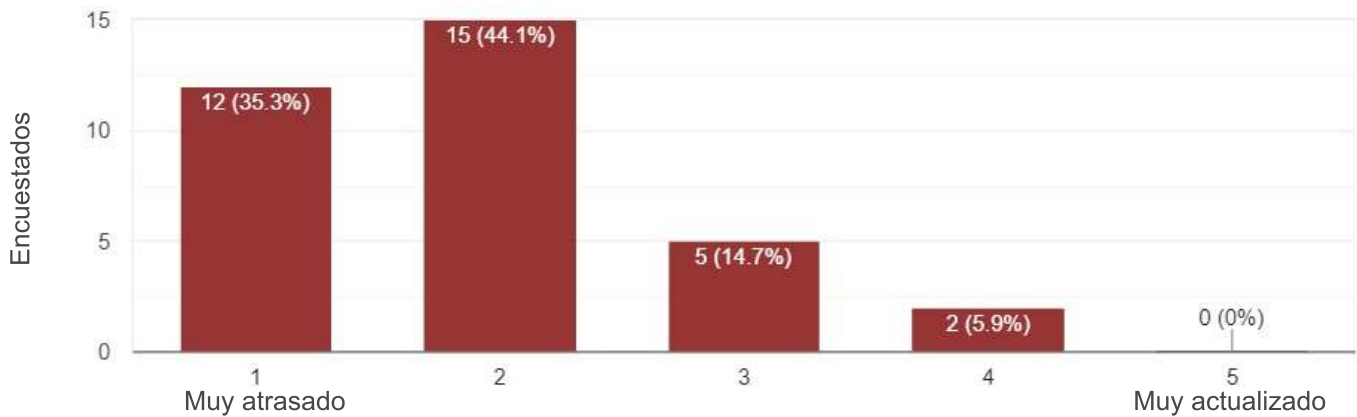
- ¿Cómo catalogaría el servicio de autobús antes de la pandemia?



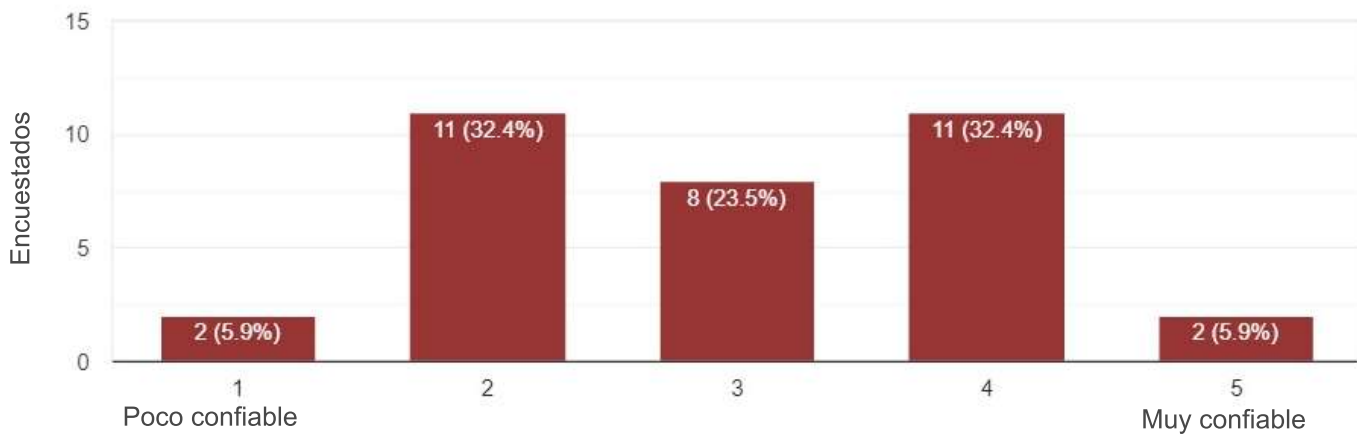
- ¿Cómo catalogaría el servicio de autobús durante la pandemia?



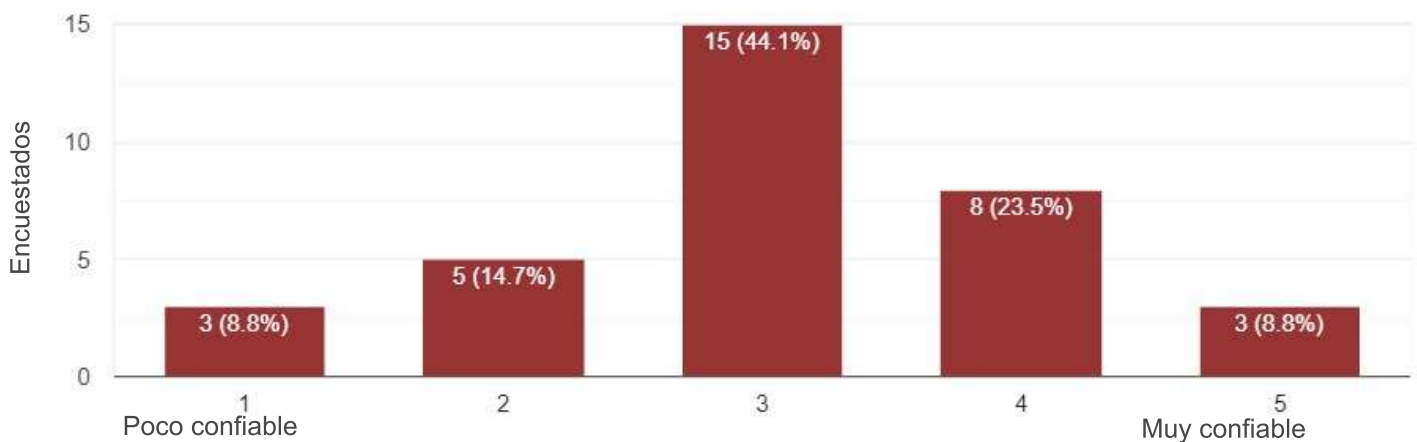
- ¿Qué tan avanzado en términos tecnológicos considera que es el servicio de autobus en su zona de servicio?



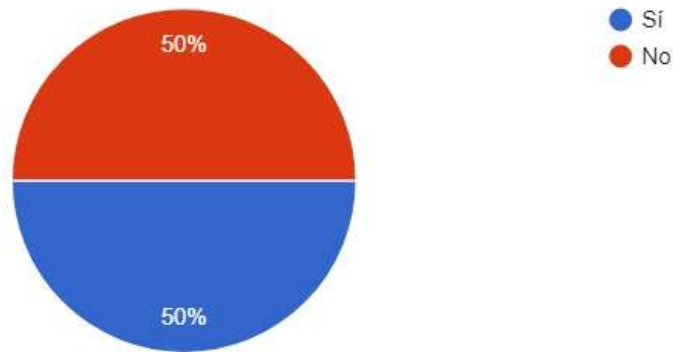
- ¿Qué tan confiable considera que es el servicio de autobus en su zona?



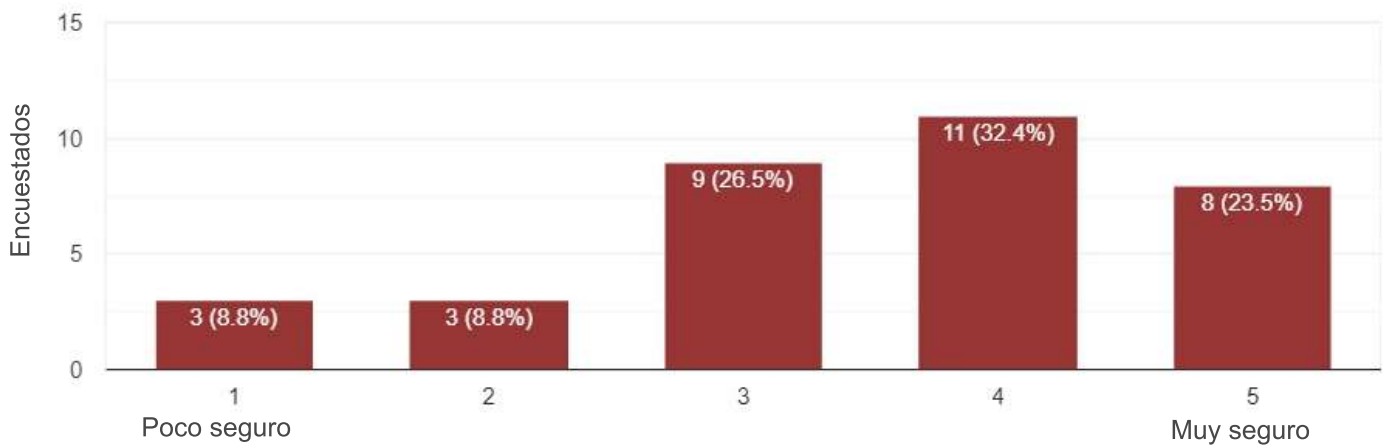
- ¿Qué tan confiable considera que son los choferes que prestan el servicio en su zona?



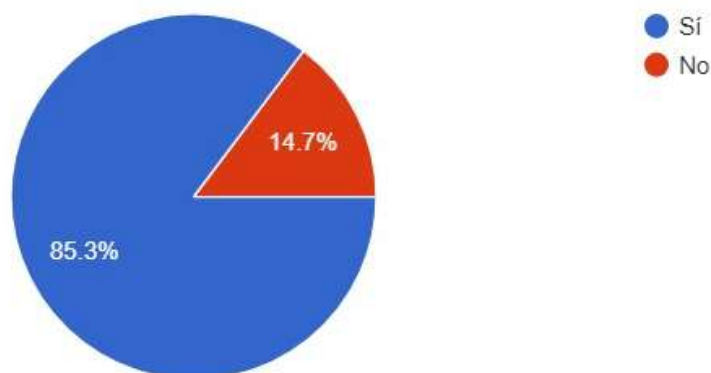
- Tiene conocimiento de las tecnologías de los autos autónomos (Sensores, computadoras, radares, software.....)



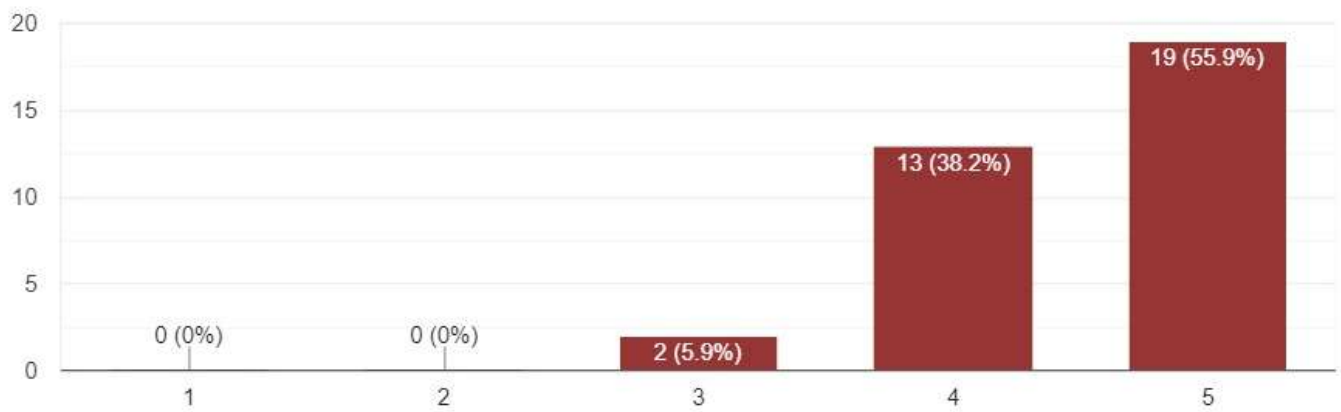
- ¿Qué tan seguro se sentiría utilizando un transporte que es controlado 100% por tecnologías autónomas?



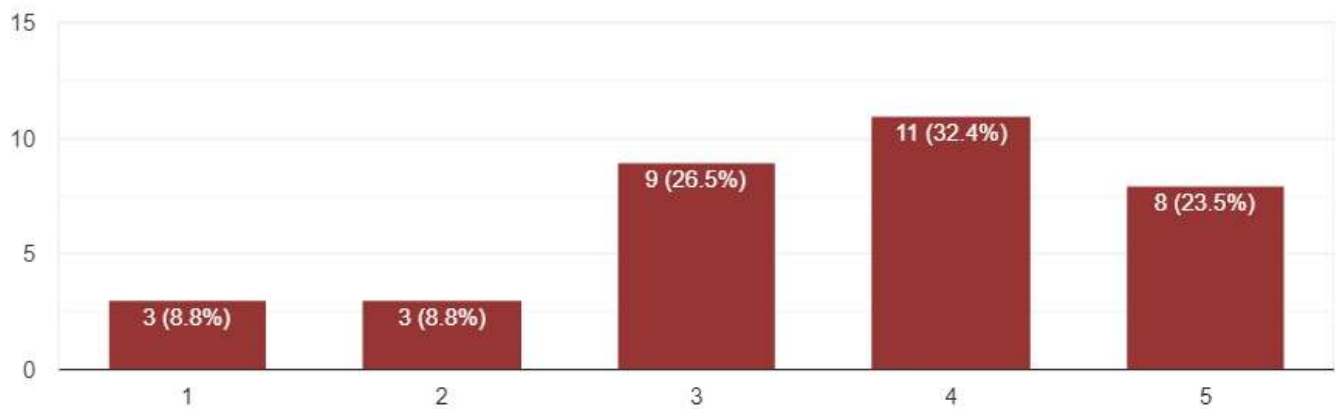
- Considera necesario la intervención de una persona que controle el transporte en conjunto con las tecnologías autónomas



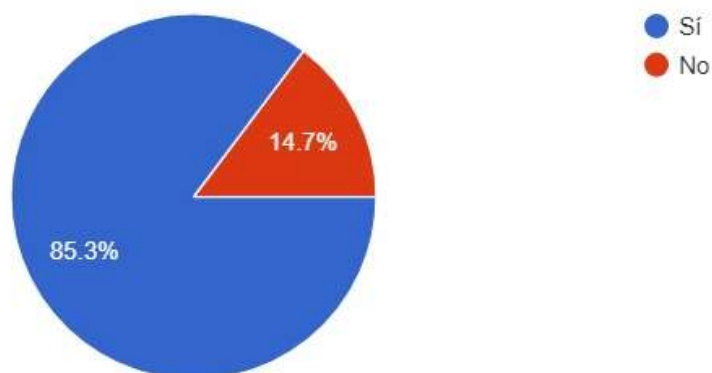
- Tiene conocimiento de las tecnologías de los autos autónomos (Sensores, computadoras, radares, software.....)



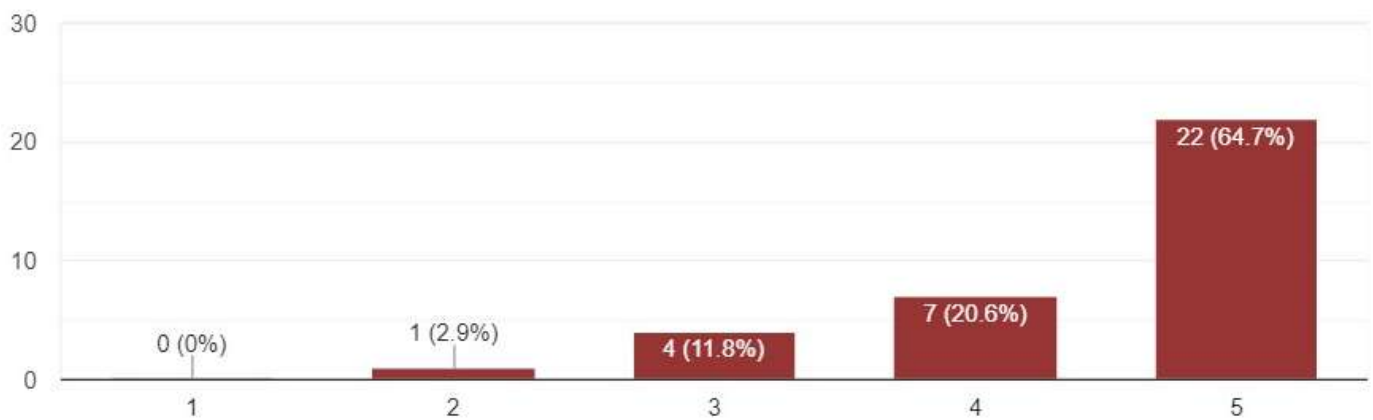
- ¿Qué tan seguro se sentiría utilizando un transporte que es controlado 100% por tecnologías autónomas?



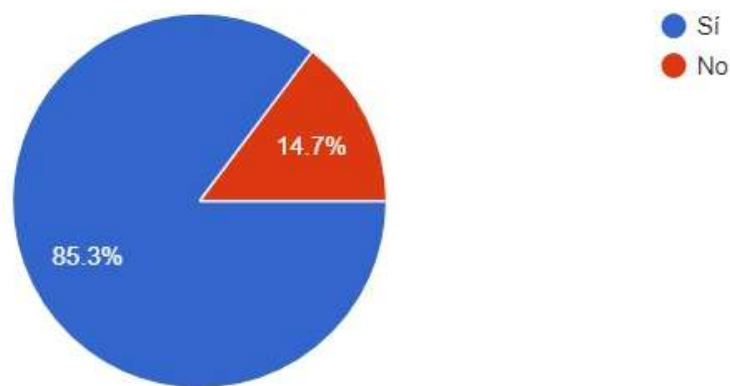
- Considera necesario la intervención de una persona que controle el transporte en conjunto con las tecnologías autónomas



- ¿Qué tan necesario considera el uso de estas tecnologías para el crecimiento del transporte público en el país?



- Considera a futuro, que podría darle un uso exclusivo al transporte público con este tipo de tecnologías



Como resultados obtenidos más destacables está la percepción que tienen las personas sobre el sistema actual de transporte y posibles tecnologías que se puedan aplicar a este; tenemos que las personas encuestadas no tienen una buena percepción sobre el sistema actual de transporte, están abiertas a los cambios en temas de tecnología aplicada al servicio, pero temen a esta tecnología ya que la desconocen o no han recibido información confiable sobre este tema. Destacan también el papel del chofer como un actor importante en futuras etapas de evolución de estos proyectos.

Análisis de referenciales

ATEC T& B600D



OS: N/A
CPU: Dual Core S5PV210 1Ghz
RAM: N/A
Memoria: N/A
Pantalla: 7" TFT LCD
Resolución: N/A
Tarjetas: N/A
Puertos periféricos: USB 2.0/WLAN
Comunicaciones: GPRS/WIFI/LTE/BMS
GPS: Sí
Sensores: N/A
Parlantes: N/A
Dimensiones: 226x150x60mm

[Website](#)

Descripción:

Consola de información para el chofer de bus realizada en conjunto con T-Mobile para uso en Seoul y Sejong que provee información y permite transacciones con selección de tipo de pasajero, además permite al acceso y control del validador de tiquetes ATOS-100 sincronizado.

Pantalla con disposición horizontal, con dimensiones pequeñas, manejada solamente por botones, los cuales son dedicados meramente a funciones predeterminadas del producto y a navegación sobre la interfaz de datos que maneja. No abarca sensores ni cámaras ya que meramente es un dispositivo de display de datos. Ubica su zona de interacción en la parte inferior y lateral del producto.

ATEC T& ATOS-200



OS: N/A
CPU: ARM 180Mhz
RAM: 128MB SDRAM
Memoria: N/A
Pantalla: 6.2" Touch
Resolución: N/A
Tarjetas: ISO14443 Type A/B
Puertos periféricos: N/A
Comunicaciones: GPRS
GPS: No
Sensores: N/A
Parlantes: Sí
Dimensiones: 285x95x168mm

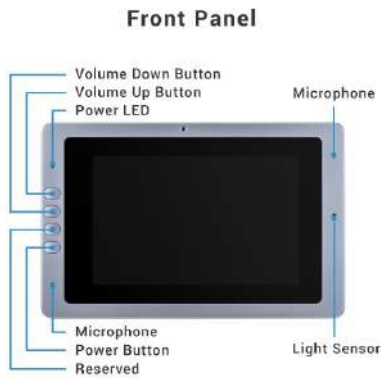
[Website](#)

Descripción:

Consola de información para el chofer de bus que provee información y permite transacciones con selección de tipo de pasajero, además permite al acceso y control del validador de tiquetes ATOS-100 sincronizado.

Pantalla con disposición horizontal, con dimensiones pequeñas, manejada por botones, dedicados meramente a funciones predeterminadas del producto y a navegación sobre la interfaz de datos que maneja. Incluye una navegación táctil, pero más limitada. No abarca sensores ni cámara dada su función de display de datos. Ubica su zona de interacción en la parte inferior del producto.

VIA IVT01 Android Tablet



OS: Android 10
CPU: 2.0GHz MediaTek500 octa-core
RAM: 4GB LPDDR4 SDRAM
Memoria: 16GB eMMC
Pantalla: 1920x1200 TFT LCD with LED Backlight
Resolución: N/A
Tarjetas: N/A
Puertos periféricos: Micro USB 2.0, Micro SIM card slot, 3.5mm audio jack
Comunicaciones: GPRS/WIFI/LTE/BMS
GPS: N/A
Sensores: Light sensor / Acelerometer
Parlantes: Nuvoton NAU8223 Stereo
Filter-Free Class-D Audio Amplifier
Dimensiones: 220x56x145mm

[Website](#)

Descripción:

Consola de reproducción multimedia para el chofer o pasajero, basada en el OS de Android con la finalidad de proveer entretenimiento durante el viaje

Pantalla con disposición horizontal, con dimensiones pequeñas, manejada solamente por botones, los cuales son dedicados meramente a funciones predeterminadas del producto. Cuenta con sensores de luz y acelerometro, además de un sistema de audio incorporado a la unidad. Ubica su zona de interacción en la parte inferior y lateral del producto.

ATEC T& ATOS-200



OS: N/A
CPU: i.MX6 Quad Plus 1GHz
RAM: DDR3 2GB
Memoria: eMMC 16GB
Pantalla: 10.1' LCD
Resolución: N/A
Puertos periféricos: N/A
Comunicaciones: N/A
GPS: N/A
Sensores: N/A
Parlantes: Sí
Dimensiones: 273x169x34mm

[Website](#)

Descripción:

Sistema de transporte inteligente cooperativo incluye AFC y BMS para autobuses exprés e interurbanos. Maximiza la eficiencia de las instalaciones de transporte y proporciona información útil a información útil a las personas mediante la recopilación, el procesamiento y el suministro de información sobre el tráfico aplicando la tecnología de comunicación a los componentes del transporte, como las carreteras, los vehículos y las cargas. tecnología de la comunicación a los componentes del transporte, como carreteras, vehículos y cargas.

Pantalla con disposición horizontal, con dimensiones pequeñas, manejada solamente por botones, dedicados meramente a funciones predeterminadas del producto y a navegación sobre la interfaz de datos que maneja. No abarca sensores ni cámara dada su función de display de datos. Ubica su zona de interacción en el lateral del producto

FK302



OS: Android
CPU: N/A
RAM: N/A
Memoria: N/A
Pantalla: Display táctil
Resolución: N/A
Tarjetas: N/A
Puertos periféricos: N/A

Comunicaciones: GPRS/WIFI/LTE/BMS
GPS: Sí
Sensores: N/A
Parlantes: Sí
Dimensiones: N/A

Descripción:

Consola de información para el chofer de bus realizada para el sistema operativo Android, que permite correr apps que se desarrollen para el control del transporte público

[Website](#)

Pantalla con disposición horizontal, con un display full táctil, cuenta con conexión a internet y con la aplicación de sistema de audio, ya que su principio de funcionamiento implica descargar apps para que realicen diferentes labores dentro de la unidad, se comporta muy similar a una tablet o teléfono

Synergy OCT37



OS: N/A
CPU: N/A
RAM: N/A
Memoria: N/A
Pantalla: LCD touchscreen
Resolución: N/A
Puertos periféricos: N/A

Comunicaciones: GPRS
GPS: Sí
Sensores: N/A
Parlantes: Sí
Dimensiones: N/A

Descripción:

Synergy OCT es un terminal polivalente compacto que puede utilizarse para controlar otros dispositivos o puede funcionar como parte de un ordenador de a bordo - unidad de control. Proporciona una solución práctica y robusta para los sistemas de cobro de billetes que requieren la asistencia del conductor. A pesar del terminal TR02, el OCT ofrece una mayor comodidad, una sofisticada interfaz gráfica y una mayor utilización

[Website](#)

Pantalla con disposición horizontal, con un display táctil, la incorporación de un OS personalizado, indicadores led sobre el estado de la unidad. Además lleva el conteo de las transacciones monetarios que requiera el chofer. No cuenta con cámaras y sensores visibles.

VISION BT937



OS: Linux
CPU: Dual Core S5PV210 1Ghz
RAM: N/A
Memoria: N/A
Pantalla: pantalla táctil LCD 7"
Resolución: N/A
Puertos periféricos: USB 2.0
Comunicaciones: GPRS/WIFI/LTE/BMS
GPS: Sí
Sensores: N/A
Parlantes: N/A
Dimensiones: N/A

Descripción:

Con este ordenador de a bordo para sistemas de información a los pasajeros, el conductor del autobús y del tren puede manejar todos los dispositivos periféricos simultáneamente con un solo aparato. Ya no son necesarios muchos componentes individuales para manejar todos los sistemas de información a los pasajeros: el ordenador de a bordo BT937 de bustec unifica todas las funciones del vehículo.

[Website](#)

Pantalla con disposición horizontal, controlada por un display táctil, un OS personalizado en Linux para comunicarse con los demás elementos dentro de la unidad que le permitan ver al chofer los que sucede dentro de esta. Conexión USB para transferencia de datos y una carcasa para que sea un producto embebido en el chasis.

C-ITS



OS: N/A
CPU: i.MX6 Quad Plus 1GHz
RAM: DDR3 2GB
Memoria: eMMC 16GB
Pantalla: N/A
Resolución: N/A
Puertos periféricos: N/A

Comunicaciones: GPRS
GPS: N/A
Sensores: N/A
Parlantes: Sí
Dimensiones: N/A

Descripción:

El C-ITS es un sistema que proporciona información relacionada con los accidentes, como el estado del tráfico parada repentina, y objetos caídos al conductor en tiempo real. ITS es un sistema de transporte inteligente que implementa un sistema de transporte respetuoso con el medio ambiente, como el ahorro de energía. de transporte respetuoso con el medio ambiente, como el ahorro de energía. Mejora la comodidad del tráfico y también su seguridad.

[Website](#)

Consola de disposición horizontal que carece de un display como una pantalla LCD o pantalla táctil. Empleo de un sistema de sonido y LEDs para indicar alguna eventualidad en el camino, esto mediante la conexión que tenga a un objeto ajeno a la unidad de transporte.

LZ700R-2-#8143



OS: Android
CPU: 800MHz, ARM Cortex-A8
RAM: N/A
Memoria: 512MB
Pantalla: capacitive touchscreen
Resolución: 800*480p
Puertos periféricos: Micro USB
Comunicaciones: GPRS/WIFI/LTE/BMS
GPS: Sí
Sensores: N/A
Parlantes: Sí
Dimensiones: N/A

Descripción:

Consola del conductor, se conecta con MDVR para enviar datos a los conductores, mostrar el mensaje y el vídeo local

[Website](#)

Pantalla con disposición horizontal, con dimensiones pequeñas, manejada por botones y una pantalla táctil, . No abarca sensores ni cámaras, pero si cuenta con GPS y USB para cargar datos de la zona donde se vaya a desplazar la unidad.

LZ1000R



OS: Android
CPU: ARM Cortex-A9 MP QUAD CORE
RAM: 2G DDR3
Memoria: 8GB eMMC
Pantalla: TFT LCD
Resolución: 1024*600
Puertos periféricos: Micro USB. BNC
Comunicaciones: GPRS
GPS: No
Sensores: Lector de huella
Parlantes: Sí
Dimensiones: 255mm x 192mm x 28mm

Descripción:

La consola del conductor del bus LZ1000R, también llamada consola DVR, es un monitor táctil de 10 pulgadas, que funciona como interfaz de comunicación entre el conductor, el MDVR y el centro de control. La consola LZ1000RDVR está desarrollada bajo el sistema operativo Android, realiza la función como configuraciones de parámetros, selección de rutas, recibir y enviar mensajes, reproducir video, etc.

[Website](#)

Pantalla con disposición horizontal ,incorpora un display táctil y el uso de botonos. Solo aplica como sensores el lector de huella e incorpora un sistema de audio para la unidad. Cuenta con un sistema de reproducción de contenido multimedia para complementar las funciones del producto.

Unidad de control a bordo VISIÓN BT902



OS: N/A
CPU: Dual Core S5PV210 1Ghz
RAM: 256 kB
Memoria: 4 GB a 64 GB
Pantalla: LCD de 240x64 puntos
Resolución: N/A
Tarjetas: N/A
Puertos periféricos: USB 2.0
SD

Comunicaciones: N/A
GPS: Sí
Sensores: N/A
Parlantes: N/A
Dimensiones: N/A

[Website](#)

Descripción:

La unidad de control de a bordo BT902 es capaz de comunicar y controlar todos los componentes de bustec conectados al vehículo a través del bus de datos: pantallas exteriores LED, pantallas interiores LED, sistemas de monitores TFT (pantallas dinámicas de progreso) con información de ruta y tecnología de anuncios

Consola con disposición horizontal, con una pequeña pantalla de muy baja resolución y que abarca muy poco de la interfaz del producto. Empleo de una sección de botones como interfaz de manejo del producto. Hace uso de indicadores LED para conocer el estado del producto

Dispositivo de control/descarga VISIÓN BT900



OS: N/A
CPU: N/A
RAM: 128 kB
Memoria: N/A
Pantalla: LCD de 160x42 puntos
Resolución: N/A
Puertos periféricos: USB 2.0
Comunicaciones: N/A
GPS: Sí
Sensores: N/A
Parlantes: N/A
Dimensiones: N/A

[Website](#)

Descripción:

La unidad de control y descarga BT900 es un pequeño centro de control en el vehículo. Como dispositivo de descarga, instalado de forma permanente o como dispositivo móvil, suministra de forma fiable los nuevos datos y el firmware a los sistemas de visualización de bustec.

Consola con disposición horizontal, con una pequeña pantalla de muy baja resolución y que abarca muy poco de la interfaz del producto. Empleo de una sección de botones como interfaz de manejo del producto. Hace uso de indicadores LED para conocer el estado del producto

TFT Infodisplay CONNECT – Ultrawide



OS: N/A
 CPU: Intel Atom (1,6 GHz)
 RAM: N/A
 Memoria: flash (4-64 GB)
 Pantalla: N/A
 Resolución: 1920 x 540
 Tarjetas: N/A
 Puertos periféricos: USB 2.0
 HDMI

Comunicaciones: Ethernet
 GPS: N/A
 Sensores: N/A
 Parlantes: N/A
 Dimensiones: N/A

[Website](#)

Descripción:

La pantalla InfoDisplay CONNECT ultrawide con una resolución de 1920 x 540 px y retroiluminación LED sin mantenimiento abre una nueva dimensión. En la gran pantalla panorámica se pueden visualizar claramente las rutas, las conexiones y, por supuesto, los anuncios, y la disposición es completamente flexible: el medio de información perfecto para cada pasajero.

Pantalla con disposición horizontal, de grandes dimensiones, controlada por medio de una unidad central por el chofer, encarga solamente del display de información y lo puede hacer en fullscreen o pantalla dividida. Sus características constructivas permiten colocarla en diferentes posiciones dentro de la unidad

TFT Infodisplay CONNECT – Double Quad



OS: N/A
 CPU: Intel Atom (1,6 GHz)
 RAM: N/A
 Memoria: flash (4-64 GB)
 Pantalla: N/A
 Resolución: 1440x900px
 Tarjetas: N/A
 Puertos periféricos: USB 2.0
 HDMI

Comunicaciones: N/A
 GPS: N/A
 Sensores: N/A
 Parlantes: N/A
 Dimensiones: N/A

[Website](#)

Descripción:

El InfoDisplay CONNECT se suministra de serie en formatos 4:3 y 16:10. Como una variante más de la pantalla de infoentretenimiento claro, bustec ofrece la distinción clara entre la visualización de la ruta pura y la información adicional y la publicidad en una pantalla separada.

Pantalla con disposición horizontal, de grandes dimensiones, controlada por medio de una unidad central por el chofer, encarga solamente del display de información y lo puede hacer en fullscreen o pantalla dividida. Sus características constructivas permiten colocarla en diferentes posiciones dentro de la unidad

TFT Infodisplay CONNECT – Basic



OS: N/A
CPU: Intel Atom (1,6 GHz)
RAM: N/A
Memoria: flash (4-64 GB)
Pantalla: N/A
Resolución: 1440x900px
Tarjetas: N/A
Puertos periféricos: USB 2.0
HDMI

Comunicaciones: N/A
GPS: N/A
Sensores: N/A
Parlantes: N/A
Dimensiones: N/A

[Website](#)

Descripción:

El InfoDisplay CONNECT se suministra de serie en formatos 4:3 y 16:10. Como una variante más de la pantalla de infoentretenimiento claro, bustec ofrece la distinción clara entre la visualización de la ruta pura y la información adicional y la publicidad en una pantalla separada.

Pantalla con disposición horizontal, de grandes dimensiones, controlada por medio de una unidad central por el chofer, encarga solamente del display de información y lo puede hacer en fullscreen o pantalla dividida. Sus características constructivas permiten colocarla en diferentes posiciones dentro de la unidad

LZ1000R



OS: N/A
CPU: Dual Core S5PV210 1Ghz
RAM: N/A
Memoria: N/A
Pantalla: 7" TFT LCD
Resolución: 1920 x 1080
Puertos periféricos: USB 2.0
HDMI
Comunicaciones: N/A
GPS: N/A
Sensores: N/A
Parlantes: Sí
Dimensiones: 507.6x318.7x68.3mm

[Website](#)

Descripción:

Las pantallas de la serie TBX para sistemas de información de pasajeros (PIS, Passenger Information Systems) están diseñadas específicamente para ofrecer información de ruta, mensajes de tráfico, anuncios, información de emergencia, guías de viaje y transmisiones en vivo de videovigilancia en tiempo real a bordo para soluciones digitales de señalización y seguridad dentro del vehículo en vehículos en movimiento

Pantalla con disposición horizontal, de grandes dimensiones, controlada por elementos remotos, encargada solamente del display de la información. Se puede realizar de manera fullscreen o pantalla dividida. Sus características constructivas permiten que se coloque en diferentes posiciones de la unidad.

DM550WUHD2225-0-0-0-DM-B01



OS: N/A
CPU: N/A
RAM: N/A
Memoria: N/A
Pantalla: N/A
Resolución: 3840x2160
Puertos periféricos: USB 2.0
WLAN
HDMI
Comunicaciones: N/A
GPS: N/A
Sensores: N/A
Parlantes: N/A
Dimensiones: 55in

Descripción:
Display Screen

[Website](#)

Pantalla con disposición horizontal , de grandes dimensiones, controlada por elementos remotos, encargada solamente del display de la información. Se puede realizar de manera fullscreen o pantalla dividida. Sus características constructivas permiten que se coloque en diferentes posiciones de la unidad.

CONRAC Monitor 6146 BD



OS: N/A
CPU: N/A
RAM: N/A
Memoria: N/A
Pantalla: N/A
Resolución: 1920x1080
Tarjetas: N/A
Puertos periféricos: USB 2.0
WLAN, HDMI
Comunicaciones: N/A
GPS: N/A
Sensores: N/A
Parlantes: N/A
Dimensiones: 46in

Descripción:
Display Screen

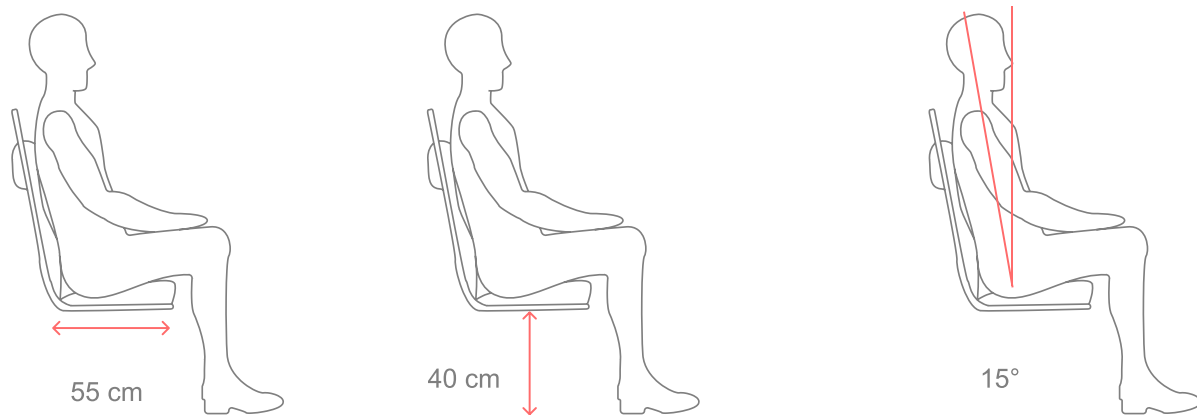
[Website](#)

Pantalla con disposición horizontal , de grandes dimensiones, controlada por elementos remotos, encargada solamente del display de la información. Se puede realizar de manera fullscreen o pantalla dividida. Sus características constructivas permiten que se coloque en diferentes posiciones de la unidad.

Mínimos comunes

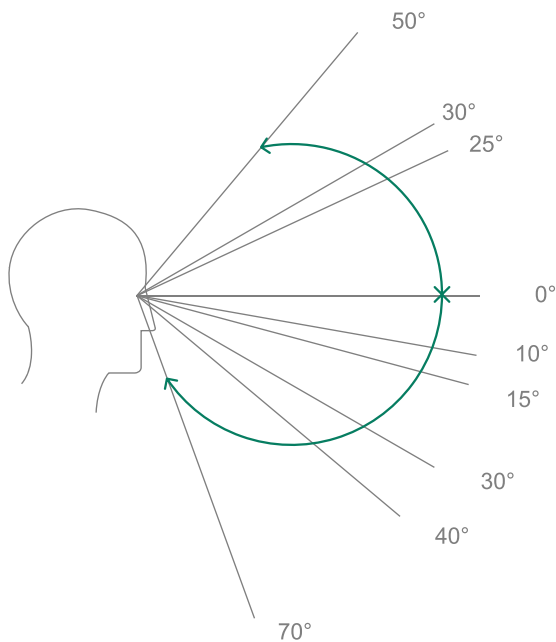
	Os/ Android	Táctil	Alta Resolución	USB	Pantalla Horizontal	WIFI	Parlante	GPS	HDMI	Memoria interna	Memoria RAM
ATEC T& B600D	○	○	○	○	●	○	○	●	○	●	●
ATEC T& ATOS-200	○	●	○	○	●	●	○	●	○	●	●
VIA IVT01 Android Tablet	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	●
ATEC T& ATOS-200 V2	○	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●
FK302	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●
Synergy OCT37	○	●	○	○	●	○	○	●	○	○	●
VISION BT937	●	●	●	●	●	●	○	●	○	○	●
C-ITS	○	○	○	●	○	●	○	●	○	●	●
LZ700R-2-#8143	●	●	○	○	●	●	○	○	○	●	●
LZ1000R	●	●	○	●	○	●	●	●	○	●	●
Unidad de control a bordo VISIÓN BT902	○	○	○	●	●	○	○	●	○	●	●
Dispositivo de control/descarga VISIÓN BT900	○	○	○	●	●	○	○	●	○	●	●
TFT Infodisplay CONNECT – Ultrawide	○	○	●	●	●	○	●	○	○	○	○
TFT Infodisplay CONNECT – Double Quad	○	○	●	●	●	○	●	○	○	○	○
TFT Infodisplay CONNECT – Basic	○	○	●	●	●	○	●	○	○	○	○
LZ1000R	○	○	●	●	●	○	●	○	○	○	○
DM550WUHD222 5-0-0-0-DM-B01	○	○	●	●	●	○	●	○	○	○	○
CONRAC Monitor 6146 BD	○	○	●	●	●	○	●	○	○	○	○

Análisis ergonómico



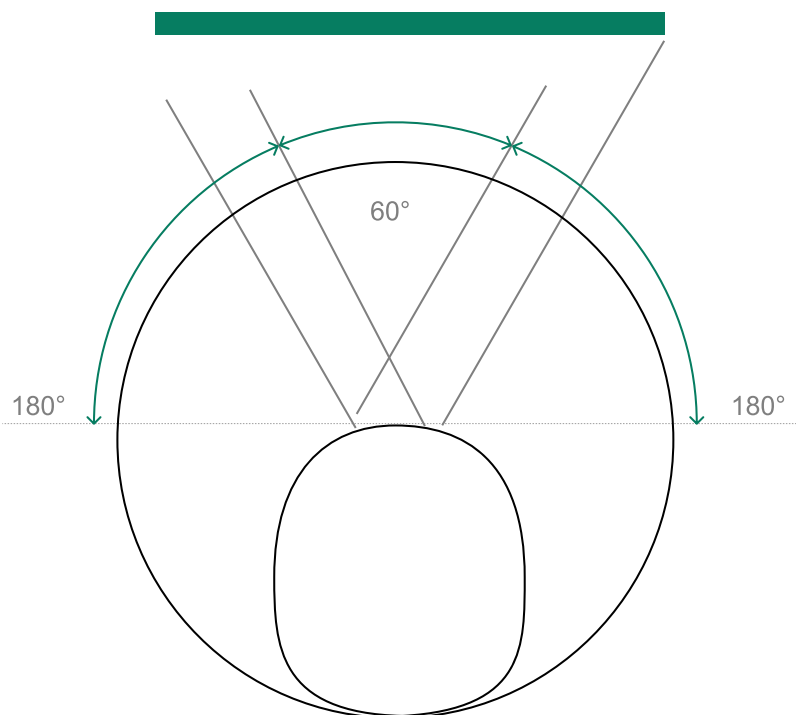
Se toma como referencia el percentil 5 de la altura de la fosa poplíteica y la altura acromial de hombres y mujeres pertenecientes a la población laboral, entre los 20 y 59 años.

Se sugiere una altura máxima de 40cm para el asiento y con un ancho máximo de 55cm. De esta manera las personas podrán mantener la postura correcta durante la espera (pies colocados en el suelo y ángulo de $90^{\circ}+$ en las piernas flexionadas).



El ángulo de visión del sistema visual humano viene a ser aproximadamente 180° en el plano horizontal, 130° en el plano vertical y 60° por encima y 70° por debajo de la vertical.

Análisis ergonómico



Se recomienda el formato de pantalla 16:9, ya que se caracteriza por tener una relación bastante similar a la relación que guardan entre sí los grados de visión horizontal con vertical de los ojos humanos.

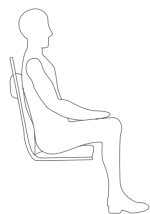
Es recomendable que el centro de la pantalla esté equilibrado a la altura de los ojos. En el caso de el encargado de la unidad de transporte, las pantallas o interfaces interactivas pueden encontrarse en una línea de visión por abajo de sus hombros. Esto es recomendado, ya que su línea principal de visión está dedicada a lo que sucede en el entorno y ocupa prestar más atención a los factores externos por donde se mueve la unidad.

Análisis tecnológico

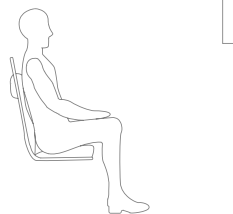
Luego del análisis de lo existente podemos generar una primer serie de conclusiones que nos permitan determinar cuáles característica de los producto analizados pueden ser consideras como un primer parámetro para nuestro producto. Estas características son la presencia de puertos USB para la transmisión de datos con la unidad. Un módulo de conexión WiFi para la comunicación con la unidad autónoma y dispositivos del ecosistema de productos complementarios. Entre otras comunicaciones la implementación de una metodología universal como el GPRS puede complementar el módulo de comunicaciones del producto. Otra característica muy importante para este tipo de productos es la implementación de un display táctil que mejora los escenarios de interacción producto-usuario y son la tónica entre la mayoría de los productos analizados. Esto acompañado que la mayoría sigue una resolución con un aspecto de 16:9 y con dimensiones de pantalla que por lo general siguen una tónica muy similar a la de 273x169x34mm. Como último elemento a considerar está el uso de un sistema operativo dedicado a la unidad, en este caso Android que permite expandir las funciones que puede realizar el producto.

Interacciones

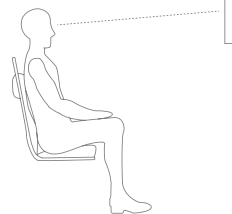
Se realiza un primer mapeo de las posibles interacciones con el producto que permitan definir de mejor manera las funciones y cierta cualidades del producto.



El usuario toma asiento en la unidad



Localiza una unidad comunicativa

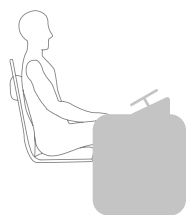


Consume el contenido desplegado en el producto

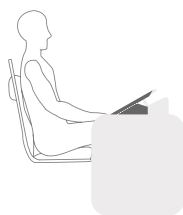


Se comunica con el resto del ecosistema de productos

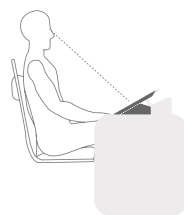
Flujo de uso 1



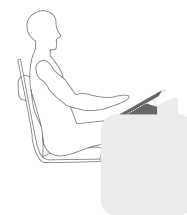
El usuario toma asiento en la unidad



Localiza una unidad comunicativa



Consume el contenido desplegado en el producto



Se comunica con el resto del ecosistema de productos

Flujo de uso 2

Análisis de funciones

¿Qué busca el usuario del nuevo producto?

Interactuar y monitorear la unidad durante su viaje

¿Qué debe hacer el nuevo producto?

Mostrar el estado de la unidad y del viaje del pasajero

¿Por qué debe hacerlo?

Para que el pasajero tenga su guía de viaje dentro de la unidad

¿Debe hacer algo más?

Almacenar y transmitir datos de interacción con el usuario

Permitir que se tome control de la unidad mediante esta

¿Puede hacerse de otro modo?

Por medio de apps o websites

Declaración de funcionamiento

El producto va a interactuar y desplegar información, que permita que el usuario conozca el estado de su viaje y de la unidad en tiempo real; esto mediante la capacidad tecnológica de la unidad y extras que complementen. También la recolección, almacenamiento y respaldo de la información obtenida durante el uso por parte de las entidades encargadas. Además permite al chofer tomar control de la unidad mediante esta.

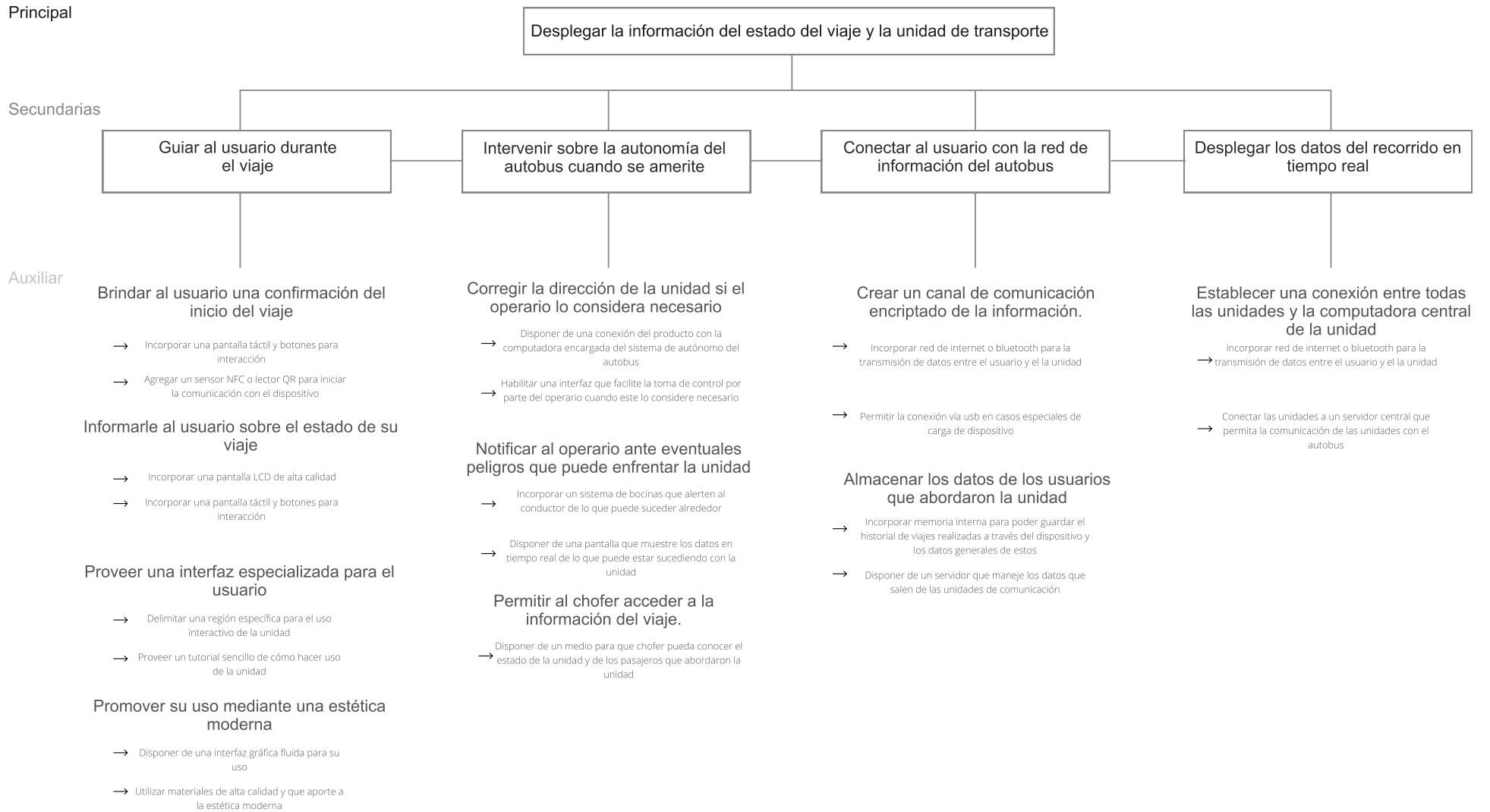
Funciones

Función principal: Desplegar la información del estado del viaje y la unidad de transporte

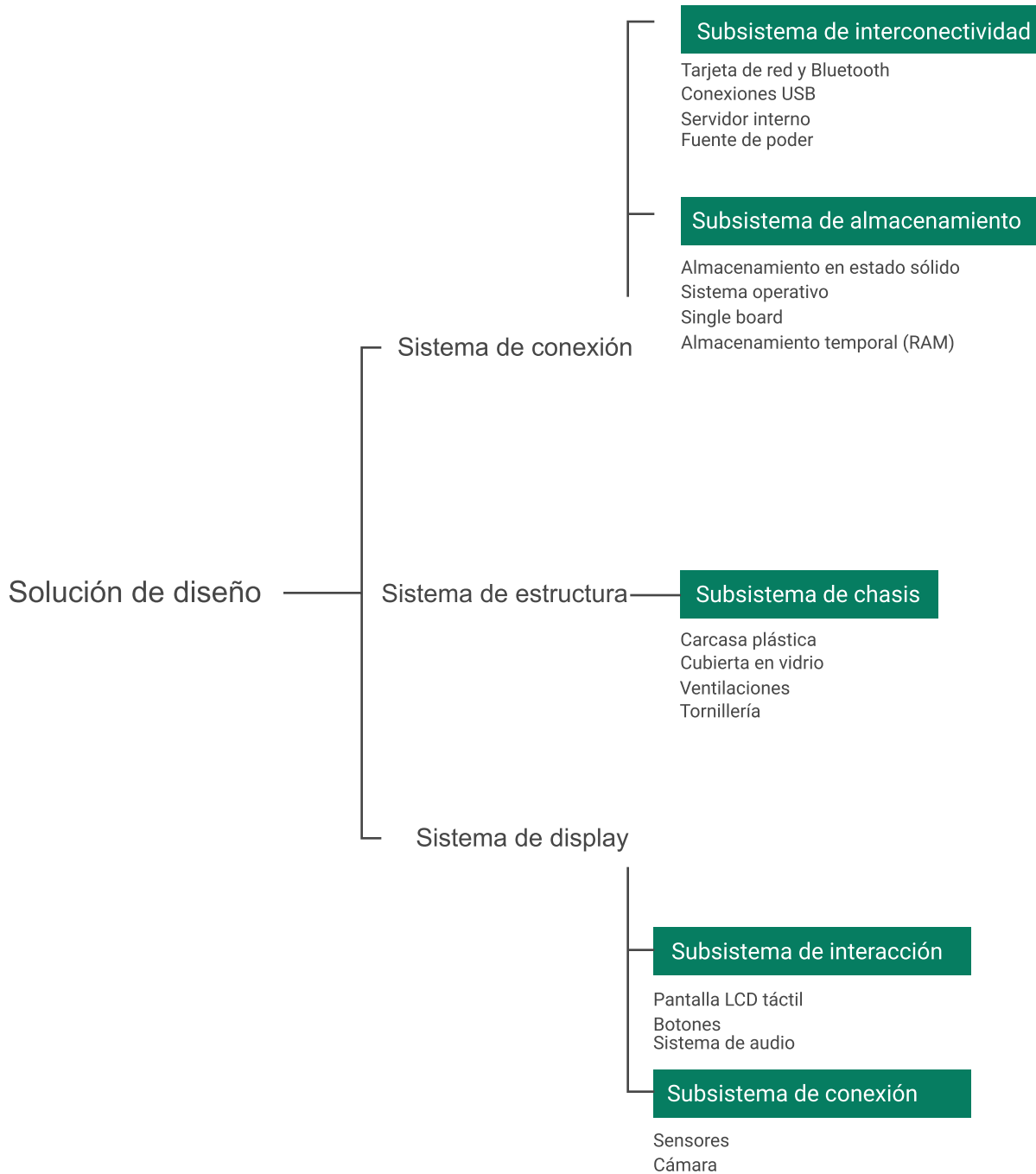
Funciones secundarias:

- Tomar control sobre la unidad en caso de ser necesario
- Reconocer los datos del viaje de la persona
- Cargar los datos del viaje de la persona
- Establecer una conexión de los datos del usuario con el autobús
- Encriptar los datos y comunicación usuario-unidad
- Alertar al encargado sobre cualquier imperfecto con la unidad
- Notificar al encargado las personas que utilizan el servicio
- Confirmar el abordaje del usuario en el bus
- Verificar el trayecto que vaya a realizar el usuario

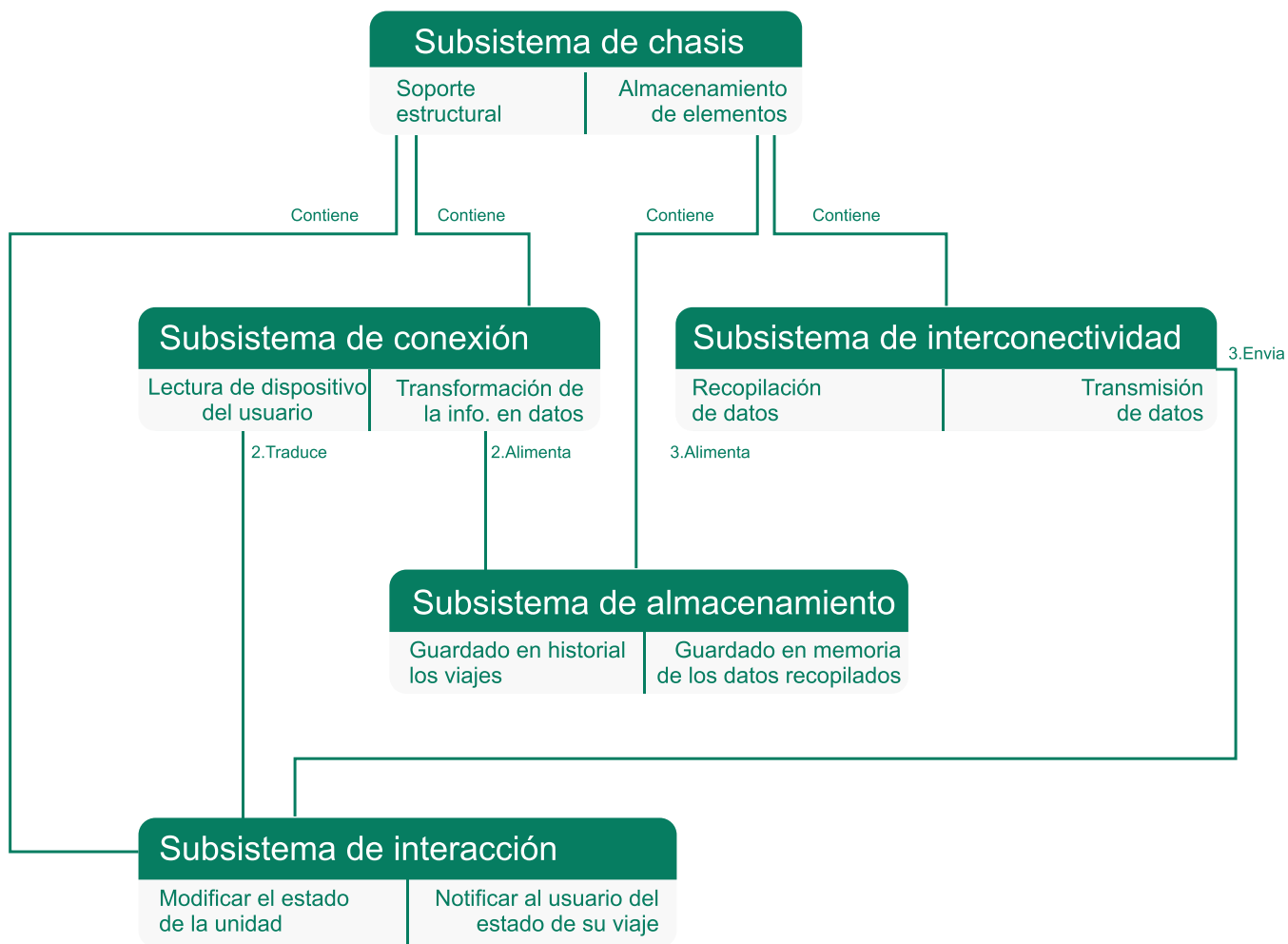
Mapa de funciones



Mapa de sistemas



Arquitectura



Concepto de diseño



¿Qué es?

Un sistema de display de información, que recolecta y transmite datos del viaje en tiempo real y permite actuar sobre la unidad si es necesario

¿Para qué?

Para generar confianza en el uso de tecnologías autónomas que tienen la finalidad de optimizar los sistemas de transporte público del país

¿Para quién?

La población económicamente activa de la GAM, visitantes de la región y choferes de bus. Además de los encargados de proyectos pilotos de esta tecnología

¿Dónde?

Principalmente en la Gran Área Metropolitana con un enfoque en los espacios delimitados para las pruebas de tecnologías autónomas en el transporte público

¿Cómo?

Con un sistema que despliegue los datos en tiempo real del estado del viaje, la unidad y el entorno y que sea capaz de recolectar datos y ser intervenido fácilmente

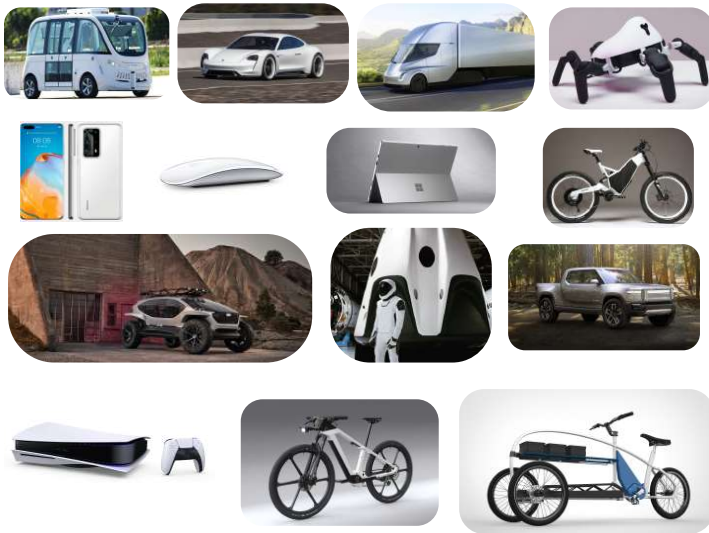
Requisitos

D = Deseable R = Requerido

<p>Guiar al usuario durante toda la duración de su trayecto</p>	<p>Permitir un display de datos adecuado dentro de la unidad</p> <p>Permitir la sincronización de datos con el resto de productos del ecosistema</p> <p>Permitir una guía más personalizada para cada tipo de usuario del producto</p>	<p>R</p> <p>D</p> <p>D</p>	<p>Pantalla de alta calidad y mayor tamaño capaz de desplegar los datos de la unidad</p> <p>Conexión WiFi</p> <p>Sincronización de datos entre los productos del sistema</p>
<p>Informar al chofer del estado de del viaje y de la unidad en la que se encuentra</p>	<p>Permitir un display de datos adecuado para el chofer</p> <p>Adaptar el display al espacio de control de la unidad que tiene el chofer</p> <p>Permitir la sincronización de datos más especializados para información sobre la unidad y el viaje</p>	<p>R</p> <p>D</p> <p>R</p>	<p>Pantalla de alta calidad y con touch capaz de desplegar los datos de la unidad</p> <p>Stand de fijación adaptable a la unidad en al que se encuentre el producto</p> <p>Conexión WiFi adjunto a un sistema administrativo de manejo de datos</p>
<p>Ser intuitivo, fácil de aprender e incluso para todas las personas involucradas en el proceso de movilidad urbana</p>	<p>Tener una interfaz intuitiva sencilla de entender y seguir.</p> <p>Permitir que sea accesible para personas con cualquier tipo de discapacidad</p> <p>Facilitar una guía de uso en conjunto con el ecosistema del producto</p>	<p>R</p> <p>R</p> <p>D</p>	<p>Pantalla de alta calidad y mayor tamaño capaz de desplegar los datos de la unidad</p> <p>Incorporación de altavoces y señalización especializada</p> <p>Conexión al ecosistema de productos</p>
<p>Facilitar al chofer la intervención sobre la unidad en caso de ser requerido</p>	<p>Permitir la alerta de potenciales peligros que pueda tener la unidad durante su trayectoria</p> <p>Permitir que el chofer tome control sobre la unidad</p> <p>Permitir que el chofer tome acciones sobre lo que sucede dentro de la unidad</p>	<p>R</p> <p>R</p> <p>R</p>	<p>Altavoces y leds indicadores de emergencia</p> <p>Disposición de botones de emergencia</p> <p>Consola administrativa que pueda comunicarse con el sistema de la unidad</p>
<p>Mejorar la transmisión de datos entre bus-usuario.</p>	<p>Sistema de captura de datos sobre el vehículo.</p> <p>Sistema de transmisión de datos a una terminal.</p>	<p>R</p> <p>R</p>	<p>Varios conectores USB que no sean fácil de acceder para usuarios del bus.</p> <p>Trasmisión de datos por GPRS (datos móviles).</p>
<p>Ser resistente al entorno y daños (golpes/robos).</p>	<p>Resistencia al ambiente (temperatura y vibraciones)</p> <p>Sistema de fijación con protección antirobos.</p>	<p>D</p> <p>R</p>	<p>Materiales de alta calidad (metales y vidrios).</p> <p>Prensa de fijación del validador.</p>

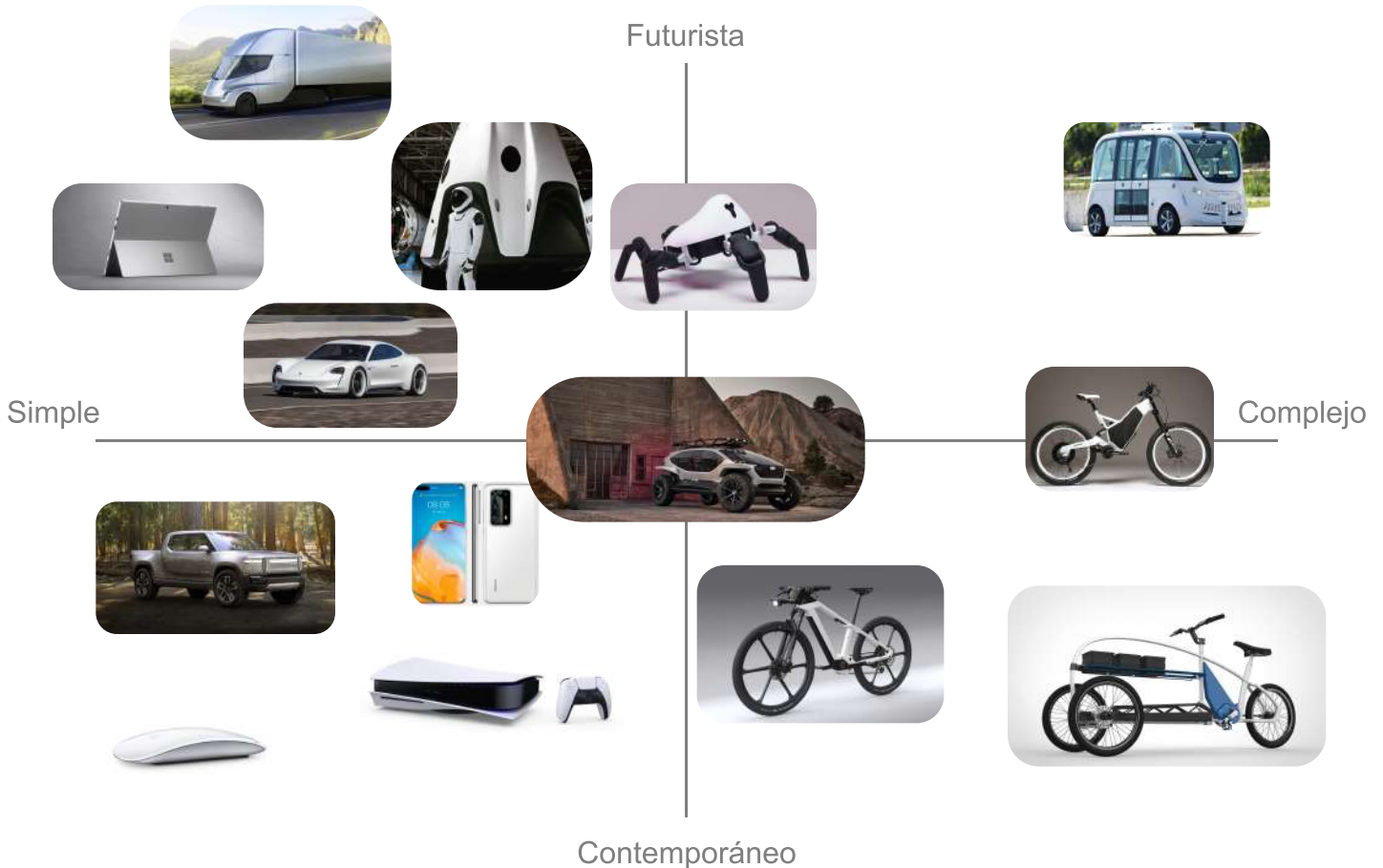
Percepción

Moodboard



Se realiza un moodboard con productos que siguen la estética deseada y una percepción similar, esta muy alineada a la que se ha empleado en todo el ecosistema de productos desarrollado. Se seleccionan principalmente productos relacionados a tecnología y movilidad que son aquellos que inciden de mejor manera en este proyecto.

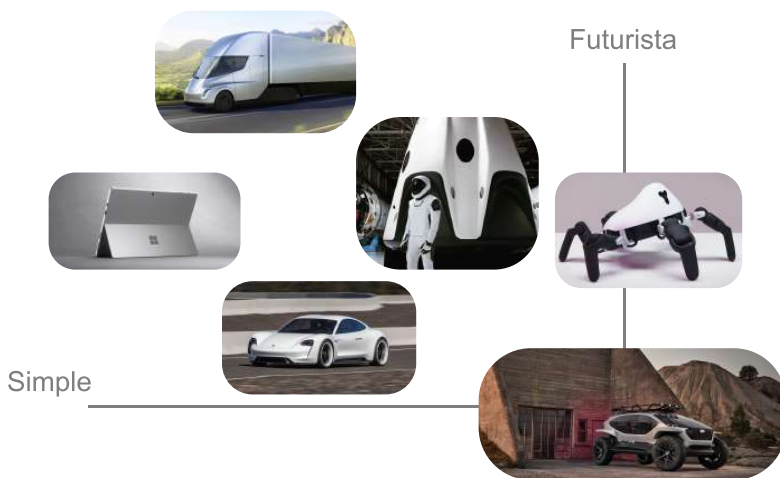
Diferenciales semánticos



Percepción

Se clasifican los productos entre 4 diferenciales relacionados a su percepción y estética. Complejo y simple, por otra parte contemporáneo y futurista. La idea de esta clasificación es poder clasificar los productos de una mejor manera en cuanto a sus características perceptuales y estéticas se refiere, con la finalidad de encontrar un cuadrante en el que la mayoría de los productos que se encuentren ahí aporten con mayor incidencia sobre las propuestas que se desarrollen como solución del proyecto.

Cuadrante seleccionado



Se selecciona el cuadrante de simple y futurista, manteniendo una consistencia en el lenguaje visual que maneja el ecosistema de productos y en este caso se desea que el proyecto siga la misma línea de percepción y estética que tienen estos productos. Los productos que se encuentran aquí presentan varios mínimos comunes con los que son valiosos para el análisis y la toma de decisiones. De esta manera se decide que este es el cuadrante que más puede

aportar al desarrollo de una propuesta, sin descartar los otros que también pueden ser de aporte si así se desea.

Mínimos comunes

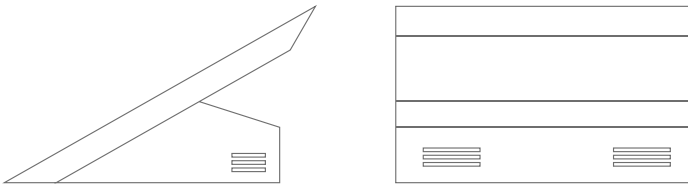
- Morfológicamente los productos presentes en este cuadrante siguen una línea de organicidad en su composición.
- Presentan una continuidad en su transición de superficies, dada por la redondez de sus bordes, lo que colabora para que se perciba como un objeto con una semántica futurista.
- Se emplean cromáticas simples, generalmente bicromáticas y con gran contraste entre los colores empleados, esto sigue la línea de percepción futurística que llevan estos productos.

Propuestas de diseño



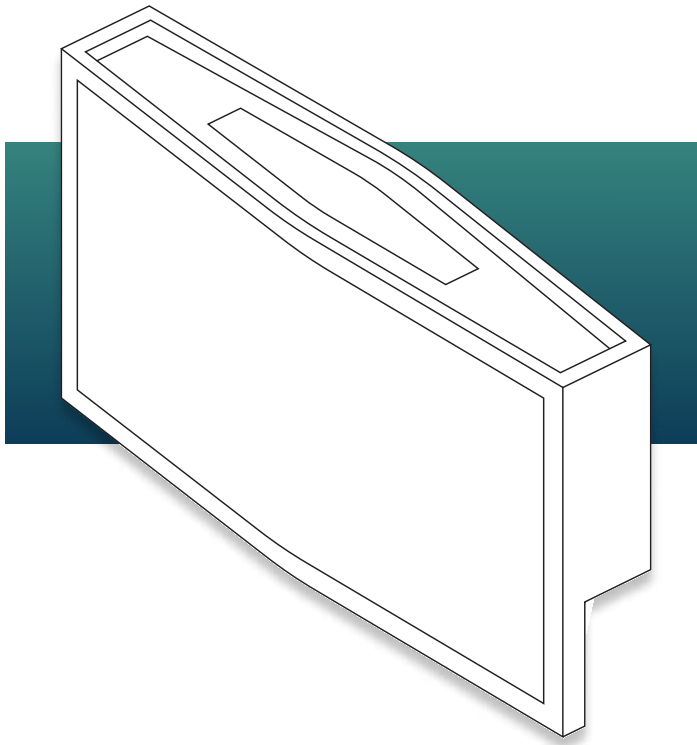
Propuesta 1

La propuesta uno tiene como consigna aprovechar el espacio de display de datos, sin ningún objeto que pueda interferir. Tiene un ángulo fijo y ubica todos sus componentes de procesamiento en la parte trasera



Propuesta 2

La propuesta como 2 tiene como objetivo agregar objetos extra a la parte frontal del producto, ya pueden ser botones o un sistema de audio, para que tengan un mejor alcance para las funciones que se deseen



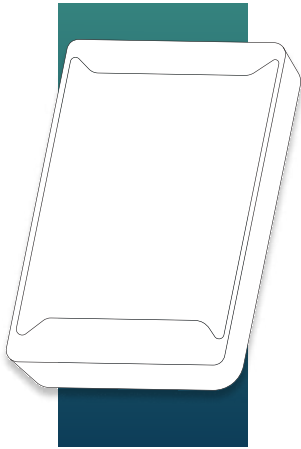
Propuesta 3

La propuesta 3 tiene como objetivo simplificar el tamaño y generar una propuesta más simple en su forma que generara más cohesión entre sus componentes



Propuesta 4

La cuarta propuesta pretende implementar una interfaz secundaria, más enfocada en botones de emergencia y que se encuentren a un mejor alcance para el usuario



Propuesta 5

La propuesta 5 pretende variar el formato y probar con un display vertical, además de hacer alusión a pantallas complementarias para el producto

Matriz de evaluación de propuestas

Alternativas	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5
Pantalla touch con adecuada área de interacción	5/5	3/5	3/5	4/5	4/5
Conexiones HDMI	4/5	2/5	2/5	3/5	4/5
Parlantes dirigido al usuario para narración y sonidos de confirmación.	3/5	2/5	2/5	1/5	3/5
Pantalla de alta calidad y mayor tamaño.	5/5	5/5	4/5	4/5	5/5
Señalización clara que defina las zonas de interacción del producto	3/5	2/5	2/5	4/5	2/5
Antenas GPS integrada y oculta a simple vista.	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5
Incorporación de botones de emergencia	2/5	1/5	2/5	5/5	4/5
Conectores USB .	2/5	2/5	2/5	2/5	2/5
Trasmisión de datos por GPRS (datos móviles).	3/5	3/5	3/5	3/5	3/5
Stand de fijación	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5
Lineas continuas y curvas bien definidas.	5/5	2/5	2/5	3/5	4/5
Esquinas redondeadas.	4/5	2/5	3/5	4/5	4/5
Estética simple y elegante.	5/5	5/5	4/5	3/5	5/5
Total	51	39	39	43	50

Propuesta seleccionada



Propuesta #1

Alternativa complementaria



Propuesta #5

Conclusiones matriz de evaluación de propuestas

La propuesta con mejor puntuación en la matriz de evaluación fue la número 1, esta propuesta está enfocada en aprovechar el espacio del display y ubicar de manera estratégica sus componentes. Esta tiene ciertas carencias como la dependencia de un display único de estilo touch y que escenarios específicos podría fallar, convirtiéndose en un riesgo potencial para los usuarios.

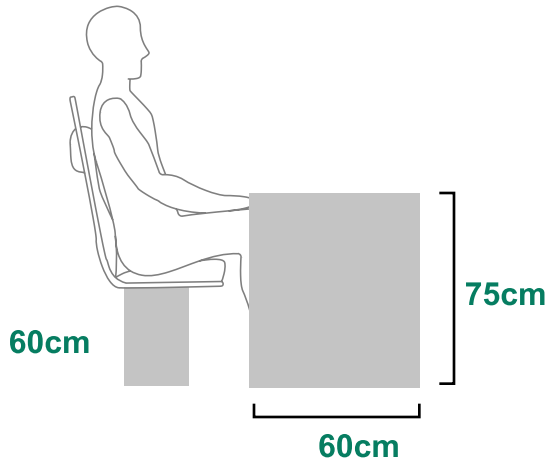
La propuesta 5 coincide con muchos puntos de la propuesta 1, esta explora el display de manera vertical. Esta propuesta presenta cierta carencia, más acentuadas que la primera propuesta por lo que se considera más como una propuesta complementaria para el sistema de productos y que pueda dar un mejor soporte.

De esta manera estas dos propuestas que mejor se adecuan al concepto y estética definida, además de la funcionalidad propuesta. A partir de este punto estas van a recibir cambios en su estética y componentes para adaptarlos de la mejor manera.

Pruebas de ergonomía y percepción

Como parte de la evolución de la propuesta y en búsqueda de tener un resultado más afinado se realizan unas pruebas de percepción y ergonomía. Esto con la finalidad de determinar si las personas encuentran la manera correcta de interactuar con el producto o si hay detalles que les impiden desenvolverse correctamente en el uso del producto. La maqueta presentada a los usuarios en la prueba tenía una posición fija y una división de colores entre gris y blanco para detallar la pantalla de la unidad.

El escenario de prueba consistía en un lugar donde la persona se podía sentar e iba a encontrar una mesa que simulaba el espacio del autobus, aquí se encontraba la maqueta con la que debían interactuar. Las medidas empleadas se detallan a continuación.



Prueba 1: Interacción

Se pone en contexto a los involucrados en la prueba. Se les explica para qué es el producto, esto de manera general sin dar mucho detalle. También se les explicó que era un espacio simulado dentro de un autobus con cualidades especiales (tecnología autónoma). La prueba consistía que trataran de interactuar con la pantalla, fue la única indicación que se dio, después de esto se les pidió que se retiraran. Cabe mencionar que no se detalló qué podía hacer el producto en sí ni tampoco la finalidad que tenía.

La mayoría de los usuarios utilizados en la prueba utilizaron el producto de la manera esperada. Interactuaron con este con una sola mano, sin comprometer su postura y mantenerla siempre alineada al volante. Por otra parte, otros usuarios mostraron una tendencia a utilizar el producto con las dos manos. Comprometiendo significativamente su postura y se desalineaban con respecto a línea de uso del volante.



Uso esperado



Variante de uso



Análisis de la prueba:

La mayoría de los participantes si cumplió con lo esperado, con respecto a los que tuvieron problemas hay un denominador común que es importante mencionar. Las personas que tendieron a usar sus dos manos para el uso o dudar un poco, son persona que tiene un rango de edad entre los 50 y 60 años. Esto declara que para las personas de este rango de edad les sea más complejo tratar con una de estas unidades y que duren más adaptándose al uso. También un punto a considerar que la prueba no entraba en muchos detalles, por lo que pudo afectar el resultado que tuvieron estas personas al utilizar un producto totalmente nuevo.

Prueba 2: Visión

La segunda prueba consistía en ver si las personas tenían un ángulo correcto de visión hacia la unidad y si no hacía un sobre esfuerzo que perjudicara la visión del entorno. En esta prueba no se les dijo nada. Se realizó simultáneamente a la primera prueba, esto con la finalidad de buscar la mayor naturalidad del movimiento del ojo humano a la hora del uso del producto. En los dos escenarios de interacción que tuvimos las personas presentaron una visión adecuada hacia el producto incluso en los que utilizaban las dos manos para interactuar con la unidad. En este caso la angulación propuesta de 30 grados da un buen resultado para aplicarla en el modelo



Uso esperado

100%

Uso esperado

Total participantes: 6

Análisis de la prueba:

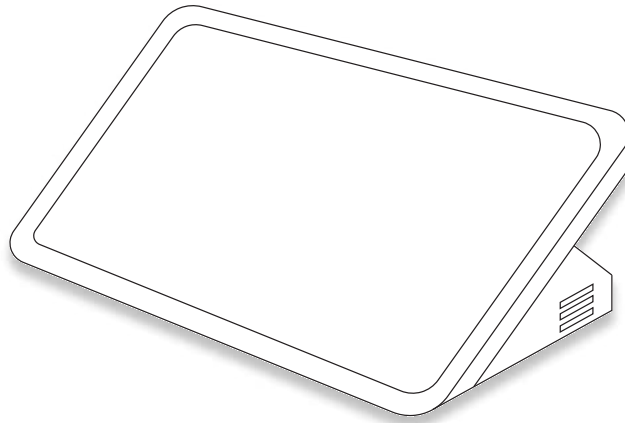
Todos cumplieron de manera esperada, esta prueba puede variar dependiendo del entorno de la unidad y en las condiciones en las que se encuentre, como un primer escenario de pruebas se recomiendan una serie de medidas pero estas pueden variar dependiendo de las decisiones que tome el LIVE

Modificaciones

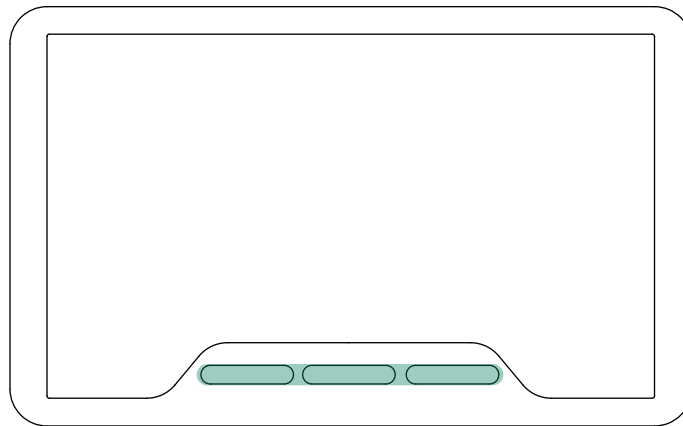
Luego de realizar estas pruebas y valorarlas con el LIVE se llegó a un punto donde se tenía que tomar una decisión sobre el diseño de la propuesta. El caso particular tiene que ver con la interacción con el producto y seguridad. La primera propuesta presentada cuenta en su totalidad con un display interactivo de una pantalla touch el cuál es bien recibido por parte del LIVE. El señalamiento se hace luego de analizar que el producto va a estar en un entorno de prueba y su índice de fallas puede ser muy alto, por lo que dejar un display solamente al touch es un poco peligroso, ya que este puede fallar, no recibir correctamente el touch que realiza el usuario o dejar de funcionar con el fluido eléctrico.

Bajo estas circunstancias se debe tomar una decisión que contemple esto y permita mantener la seguridad de las personas en caso de cualquier eventualidad que se presente.

Primera propuesta presentada



Propuesta presentada luego de las modificaciones en su display



Como solución de diseño se toma en cuenta que la interacción por medio de touch puede fallar, por lo que se incorporan 3 botones que pueden ser programados por el LIVE para sus funciones en caso de emergencia. Estos botones tienen mejor respuesta que el touch en caso de una eventualidad y tratan de mitigar el fallo a la hora de hacer uso del touch. Este es el cambio más relevante que recibe la propuesta en cuanto a su estructura.

SNAP ONE



confianza para
la movilidad



display inteligente que cuenta con
cámara y sistemas de audio

consola de administración del la
unidad de transporte autónomo





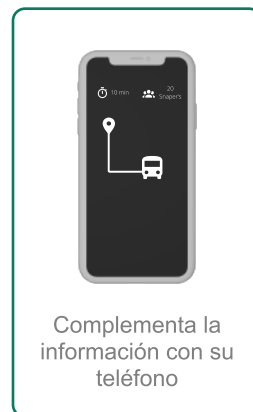
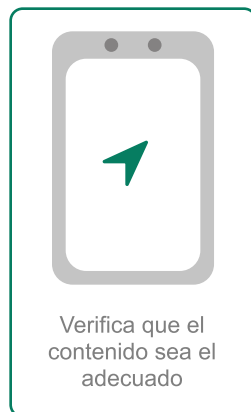
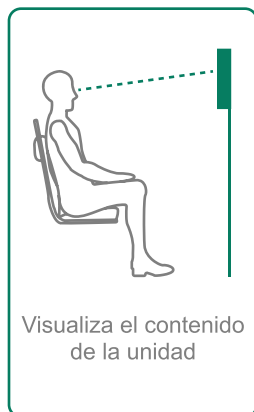
confianza para
la autonomía

SNAP ONE

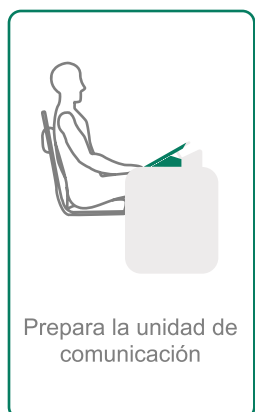


Manual de usuario

Guía de uso 1



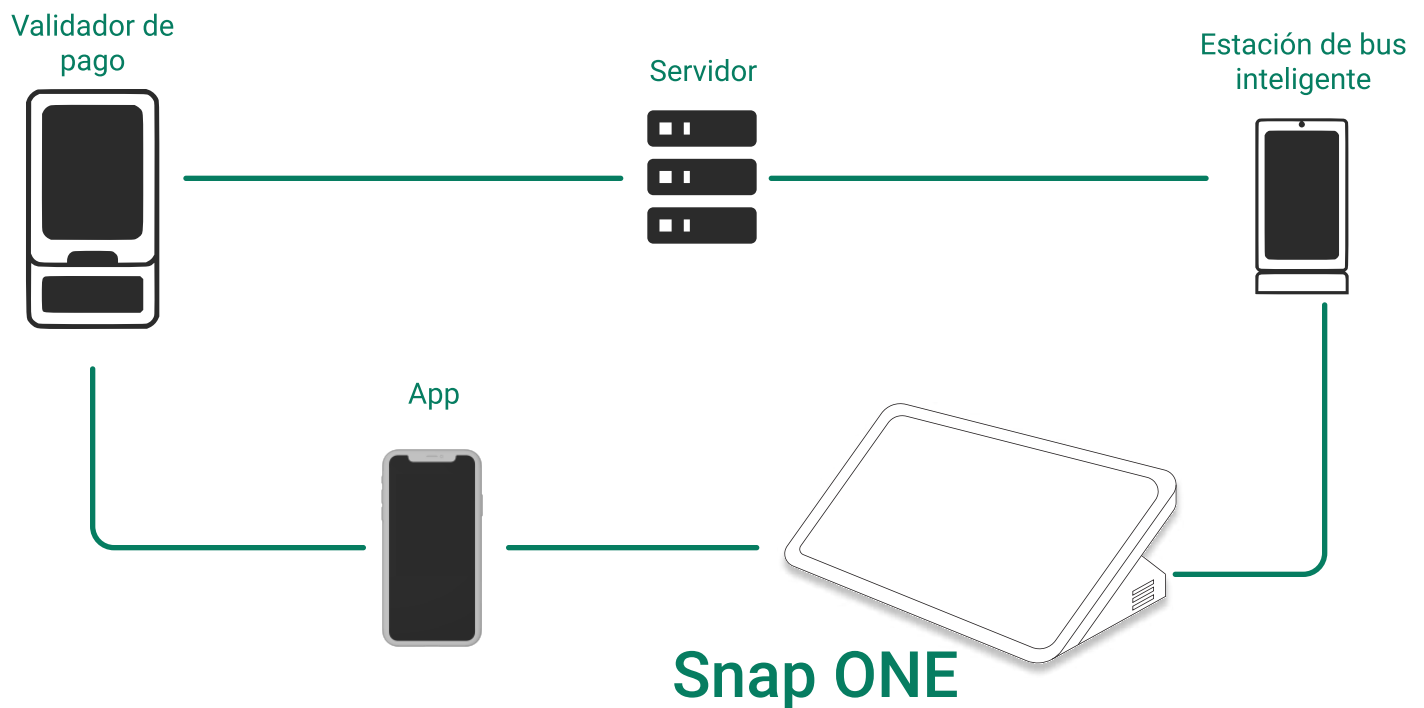
Guía de uso 2



Especificaciones de instalación

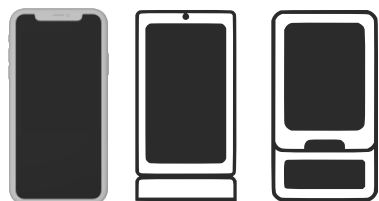


Arquitectura del ecosistema



Como parte de la solución, se incorpora el producto al ecosistema Snap, que tiene un flujo en sus productos desarrollados; especializados en el uso de del transporte público. Se cuentan con 4 productos principales. La estación de bus inteligente que cuenta con la capacidad de monitorear los espacios de espera y ayudar en el proceso de viaje de las personas. El validador de pago que simplifica el pago a la hora de entrar a la unidad. La aplicación que permite que la persona planifique sus viajes y lleve un control más personalizado de su movilidad en la ciudad. Finalmente se introduce Snap ONE, que su principal función está dedicada a los autobuses autónomos y se centra principalmente en hacer el display correcto de la información del viaje y el estado de la unidad en tiempo real. Con esta incorporación se pretende atacar el problema planteado y entregar al LIVE un primer plan de cómo afrontar los retos en la aplicación de estas tecnologías a la movilidad urbana

Descripción del proceso funcional



Los datos de la persona se sincronizan con los productos del ecosistema



Los datos se coordinan con el servidor



El reconocimiento del entorno y movimiento del producto es hecho por la tecnología autónoma



Los datos se coordinan con el servidor interno del autobus

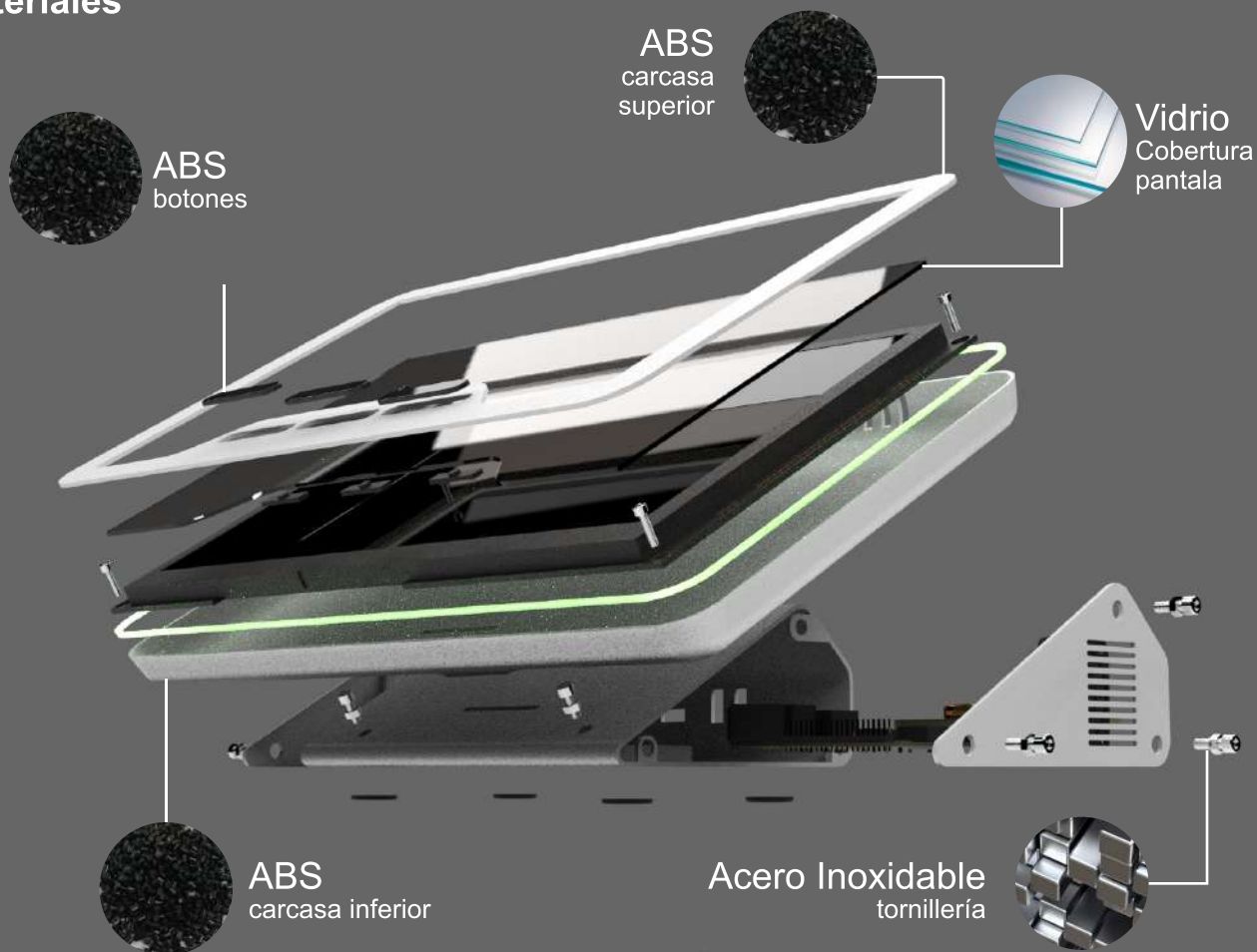


Se transmiten y procesan los datos

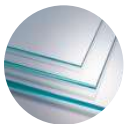


Se procesan los datos y se les muestra a los usuarios

Materiales



ABS utilizar este material para las carcasa y botones permite que podamos emplear la impresión 3D, podemos tratar la pieza para darle mejores acabado y adaptar mejor nuestra forma deseada en el proceso.



Vidrio emplear este material tiene un sentido más de protección del producto, específicamente en la pantalla que es la más expuesta a golpes y el ambiente.



Acero inoxidable este material es seleccionado específicamente para lo tornillería del producto, por su resistencia es contemplado para las unionen que tienen el producto

Componentes normalizados



Módulo de Cámara Raspberry Pi HQ

Sensor de imagen Sony IMX477R apilado, retroiluminado, 12,3 megapíxeles, diagonal del sensor de 7,9 mm, tamaño de píxel de 1,55 μm \times 1,55 μm

[Información](#)

Cantidad: 2



QY50R16-4F-PU-A 50mm Speakers

Tamaño (mm): 50 x 50.00 x 26.00
Frecuencia de resonancia (Hz): 150Hz
Rango de frecuencia (Hz): 150Hz-15KHz

[Información](#)

Cantidad: 6



Raspberry Pi 4 Modelo B 2019 Quad Core 64 bit WiFi Bluetooth (4 GB)

2. 4 GHz y 5. 0 GHz IEEE 802 LAN inalámbrica 11B/G/N/AC, Bluetooth 5. 0, Gigabit Ethernet de doble verdad

Dimensiones 10 x 7 x 3 cm; 50 g

[Información](#)

Cantidad: 1



PHEVOS DC Switching Power Supply

Voltaje: 12 Voltios

Amperaje: 5A

Wattage: 360w

Fuente de alimentación de conmutación universal núcleo de latón para impresora 3D, CCTV, proyecto de computadora, tiras LED, etc.

Cantidad: 2



HUB de 4 puertos USB HDMI

Incluye circuito cargador

5Gbps de velocidad de transferencia

4 Puertos

Salida de corriente de 1.5A por puerto

Cantidad: 1



Custom Advertising Touch Screen Panel

Tamaño del panel: 14 pulgadas

Area activa: 310.91*175.58mm

Relación de aspecto: 16:9

[Información](#)

Cantidad: 1



N140HGE-EA1 Pantalla LCD

Tamaño del panel: 14 pulgadas

Resolución: 1920x1080

Área activa: 309,14 (ancho) x 173,89 (alto) mm

Relación de aspecto: 16:9

[Información](#)

Cantidad: 1



EP270WADD173-1-PCAP-U-DM

Tamaño del panel: 27 pulgadas

Relación de aspecto: 16:9

Resolución 1920x1080

[Información](#)

Cantidad: 2



Panhead Phillips 2.5mm

Número de parte 7985 M2.5*4 100

Diámetro de rosca: M2.5

Unidad de rosca: 4mm

Tipo: Phillips PanHead

Material: Acero Inoxidable

Sistema de medición: Métrico

Especificaciones: DIN 7985



Sockethead Capscrew Allen 4mm

Número de parte BB978

Tamaño M4 – 0,7 mm

Largo: 12mm sin cabeza

Tipo: Cabezal Socket

Material: Acero Inoxidable

Sistema de medición: Métrico

Certificación Din 912

Proceso de fabricación

El proceso de fabricación para este producto sigue unas especificaciones especiales. Al ser un producto que se va a desarrollar en un contexto exploratorio no necesita una masificación en su producción. Por esta razón se proponen medios de fabricación que faciliten la labor de LIVE y esté en su alcance hacer modificaciones sencillas sobre el modelo. Por esto, se recomienda que la fabricación de las piezas de la carcasa se realicen por medio de impresión 3D y algún otro detalle puede ser afinado por medio de corte láser y trabajo manual.

Piezas a fabricar



Carcasas y botones son las piezas que se necesitan fabricar y se realizarán por medio de impresión 3D. Luego de la impresión se revisan las piezas para que sea el resultado esperado y la pieza no tenga fallas en su composición. Se afinan sus superficies y se corrigen detalles propios del proceso de impresión. Seguidamente se realiza la perforación de los agujeros si es necesario y se finaliza el tratamiento con vapores de acetona para mejorar la integridad de la pieza y dar un mejor acabado.



Elementos fabricación externa

Componentes eléctricos, tornillería y vidrios de protección son los elementos que se fabrican o se compran externamente. Los componentes a fabricar externamente se hacen a la medida por medio de especificación al proveedor, en este caso serían los vidrios protectores. Para los componentes eléctricos se compran los acordados por parte del LIVE.

Ensamblaje

El proceso de ensamblaje se realiza en conjunto con el LIVE, la idea de este es que sea sencillo de ensamblar y desensamblar ya que por decisión de diseño, tiene que ser sencillo corregir los componente si es necesario y estar calibrando estos si es necesario.

Costos productivos

Componentes	Cantidad	Precio	Total
Módulo de Cámara Raspberry Pi HQ	2	\$ 64.47	\$ 128.94
Raspberry Pi 4	1	\$ 168.73	\$ 168.73
QY50R16-4F-PU-A 50mm Speakers	6	\$ 3.50	\$ 21.00
HUB de 4 puertos USB HDMI	1	\$ 7.50	\$ 7.50
Custom Touch Screen Panel	1	\$100	\$100
N140HGE-EA1 Pantalla LCD	1	\$ 130	\$ 130
Panhead Phillips 2.5mm	-	\$ 0.38	\$ 12.16
Sockethead Capscrew Allen 4mm	-	\$ 0.23	\$ 1.84
EP270WADD173-1-PCAP-U-DM	2	\$200	\$400
PHEVOS 12V 5A Power Supply	2	\$12.99	\$25.98

Diseño	Horas	Precio x hora	Total
Boceteo de propuestas	6	\$15	\$90
Detallado propuesta final	10	\$15	\$150
Modelado	30	\$15	\$450
Planos	8	\$15	\$120
Ensamblaje	2	\$15	\$30

Costo final	Total aproximado
Componentes	\$866.15
Diseño	\$840
TOTAL aproximado del prototipo	\$1706.15

Gradientes de mejora y valor agregado



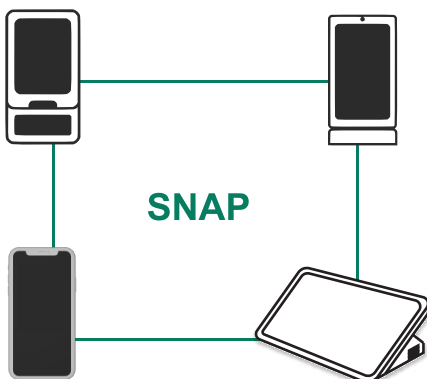
Este sistema cuenta con una respuesta adecuada ante eventualidades que pueda sufrir la unidad. Además de su interacción por medio de una pantalla touch, cuenta con 3 botones que pueden ser programados a gusto, para que puedan responder ante cualquier falla o eventualidad a la que se enfrente la unidad en su uso



Las pantallas de display hacia los pasajeros cuentan con un sistema de cámaras y audio, a comparación de los usados convencionalmente que solo hacen uso de la pantalla sin ninguna añadidura, estos permiten un mejor control de lo que pasa en la unidad y mejora la interacción con el usuario, que es clave en este proyecto.



Mejor interacción. El modelo propuesto involucra el uso de audio e indicadores led, que llevan la interacción con el producto a otro nivel, en búsqueda de generar la mejor experiencia de uso. Los modelos actuales solo hace uso del display de la pantalla y muy pocos involucran el audio a sus modelos



Un ecosistema de productos enfocado. La mayoría de desarrollos a nivel internacional de estos productos solo se enfocan en una solución. En este caso la solución propuesta, se involucra en un ecosistema que se ha ido desarrollando con los años y que su principal característica, es que está enfocado en la mejora constante del uso del transporte público en la ciudades. De esta manera la incorporación a un ecosistema de productos es de suma importancia para futuros desarrollos en esta área.

Conclusiones

- El producto presentado logró cumplir de muy buena manera los objetivos planteados al principio de su desarrollo. El principal objetivo, que era diseñar un sistema inteligente que permitiera generar confianza al usuario en el uso de tecnologías autónomas aplicadas al transporte público; se logró mediante una serie de ideas y propuestas que fueron evaluadas desde las dos vertientes, desde el LIVE y las referentes a la parte de diseño, convirtiéndolas en requisitos para que el producto pudiera cumplir con su objetivo.
- Entre los más destacados se encuentra la incorporación del sistema a desarrollar a un ecosistema de productos. La solución planteada no logra en un 100% responder al problema que teníamos que era la falta de confianza de las personas hacia estos productos. Por lo que se alinea la solución a el ecosistema desarrollado con la finalidad de darle más sentido y que el usuario tuviera un sistema más completo a la hora de hacer uso de las tecnologías autónomas. De esta manera el LIVE y los usuarios cuentan con un sistema de productos inteligentes que genera más confianza en el uso, ya que los acompañan en más etapas, facilitan el uso y generan una experiencia más adecuada del uso de estas tecnologías.
- El siguiente punto que el proyecto logra exitosamente y que es clave para el desarrollo del producto, es el de definir un nivel de autonomía un autobús con un nivel de tecnología autónoma pueda ser viable en un escenario introductorio dentro de la GAM. Esto se realiza mediante la investigación de las tecnologías que se encuentran hoy en día en el mercado y cómo estas están delimitadas. Descubriendo de esta manera todos los alcances que se pueden tener, por otra parte, se investiga la implementación de modelos de servicios de transporte por medio de autobuses autónomos y se toma como base de análisis un proyecto desarrollado en Oslo. Con estos puntos investigados se procede a discutir con el LIVE cuál es el mejor camino para poder implementar la solución y en qué escenario puede crecer de mejor manera y a qué limitantes se va a enfrentar. Estableciendo así, que el proyecto debe desenvolverse en un entorno de pruebas, donde se monitoree constantemente, se mueva en un circuito delimitado y que tenga personal a cargo siempre que esté en funcionamiento. De esta manera fue que se logró desarrollar un punto tan importante para el correcto desarrollo de la propuesta final de diseño y que le permitiera al LIVE comprender de una mejor manera el camino para poder poner a funcionar su servicio y que este tenga un sentido lógico en su implementación, además de que pueda crecer y evolucionar de una manera coherente y segura.
- Con estos dos puntos, sumando las cualidades y funciones con las que cuenta el producto desarrollado, se logra cumplir satisfactoriamente los objetivos planteados y se le entrega al LIVE un producto que les permita crecer con sus tecnologías y abrir el espacio al estudio y análisis del papel de los usuarios en los productos y servicios que desarrollen.

Recomendaciones

El producto se desarrolló para que sea utilizado en un ambiente de pruebas y al ser un producto que podemos categorizar como nuevo, ya que el LIVE y muy pocos usuarios han tenido contacto con este tipo de producto, carecemos de datos que demuestren de manera categórica la eficacia del producto, esto debido a la fase exploratoria para la que fue desarrollado. Por eso, este producto está sujeto a un proceso constante de iteración, donde puede variar en su forma y composición, para ir evolucionando con la tecnología que decida aplicar el LIVE. Se recomienda para futuras etapas, donde ya se encuentren los primeros datos de usabilidad y experiencia del producto tomarlos en cuenta, ya que son claves tanto para la evolución del producto como para la evolución de la tecnología y servicio que desee brindar el LIVE.

El módulo de pantallas de display inteligente puede ser depurado de una manera que incorpore más funciones, aparte de audio y video. Esto se puede abarcar mediante un estudio de diseño más exhaustivo sobre estas ya que estas cumplen una parte sumamente importante en el monitoreo del interior de la unidad y son puntos claves en la experiencia de uso del pasajero, por lo que explorar más este módulo puede traer más datos y resultados valiosos para la mejora de la experiencia del pasajero.

Por otra parte, la consola se desarrolló con los mejores componentes habilitados en el mercado, pero si el tema de costos es un factor importante durante la etapa de desarrollo, se puede valorar el reemplazo de componentes, como por ejemplo no hace uso del módulo Raspberry y pasar a un módulo Arduino; también se pueden ajustar los componentes internos a los requerimientos que tenga el arduino para hacer frente al tema de costos.

Al estar en una fase exploratoria por parte de LIVE, se recomendó como proceso productivo la impresión en 3D, con la evolución del proyecto se recomienda hacer una valoración del proceso adecuado para el desarrollo del producto y si este se ajusta a los temas de presupuesto y costos productivos.

Contemplar la respuesta de las personas hacia el uso e interacción con este producto es clave, por lo que se recomienda hacer un seguimiento adecuado de esto, realizar pruebas constantes de usabilidad y llevar métricas que permitan ver el desenvolvimiento de las personas con el producto. De esta manera se podrán hacer mejores acercamientos a la evolución que tenga el producto y ajustar más este al crecimiento de la tecnología del LIVE.

Referencias

[1] LANAMME - Grupo de Análisis sobre Sistemas de Transporte y Movilidad, Costa Rica: Una propuesta para superar la crisis de movilidad actual (2018-2022), ed. 1ra, San José: UCR. 2018.

[2] The Allan Turing Institute (2019, 11 de noviembre). Urban mobility innovations to get everyone moving, ed 1ra. [Online]. Disponible en: <https://www.turing.ac.uk/news/urban-mobility-innovations-get-everyone-moving>

[3] Programa del Estado de la Nación, Capítulo 04: Armonía con la naturaleza, Estado de la Nación 2020, ed. 1ra, San José: CONARE - PEN. 2020.

[4] Programa del Estado de la Nación, Transporte y movilidad: retos en favor del desarrollo humano, Estado de la Nación 2018, ed. 1ra, San José: CONARE - PEN. 2018.

[5]"Costa Rica recibe de forma oficial los tres buses eléctricos donados por Alemania", Presidencia de la República de Costa Rica, 2021. [Online]. Available: <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2020/12/costa-rica-recibe-de-forma-oficial-los-tres-buses-electricos-donados-por-alemania/>. [Accessed: 23- Nov- 2021].

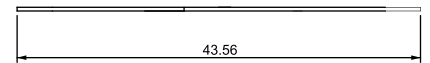
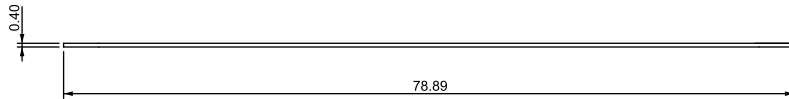
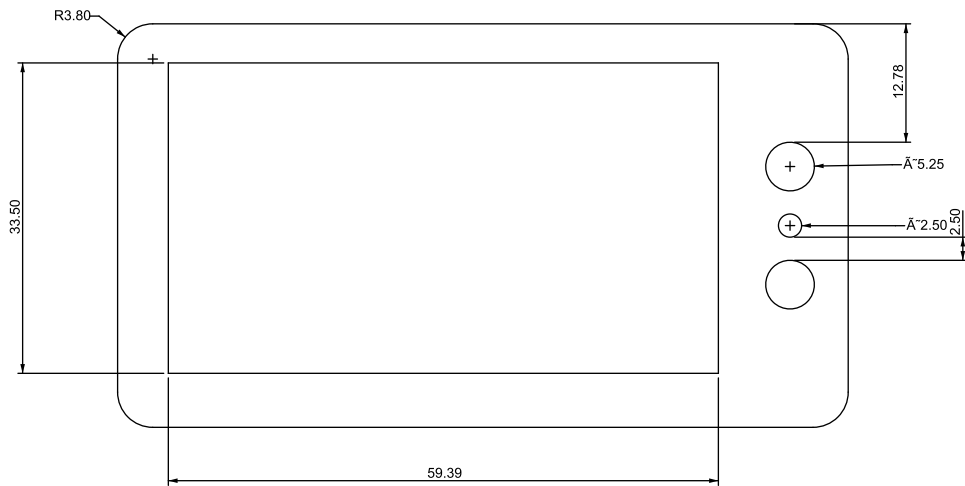
[6]"BNamericas - Costo diario de buses eléctricos en Costa Ri...", BNamericas.com, 2021. [Online]. Available: <https://www.bnamericas.com/es/noticias/costo-diario-de-buses-electricos-en-costa-rica-es-cinco-veces-menor-a-los-de-diesel-segun-primeros-resultados-de-plan-piloto>. [Accessed: 24- Nov- 2021].

[7] Presidencia de Costa Rica. (2019, 24 de febrero). Síntesis: Plan nacional de descarbonización 2018-2050 [Comunicado Online]. Disponible en: [Presidencia.go.cr](https://www.presidencia.go.cr)

[8]"Los autobuses eléctricos crecerán más que los VE en la próxima década", Movilidad Eléctrica, 2021. [Online]. Available: <https://movilidadelectrica.com/mas-autobuses-que-vehiculos-electricos-en-2020/>. [Accessed: 24- Nov- 2021].

[9] Programa del Estado de la Nación, Capítulo 01: sinopsis: situación actual, perspectivas y oportunidades, Estado de la Nación 2020, ed. 1ra, San José: CONARE - PEN. 2020.

- [10]"¿Qué es la movilidad eléctrica y cuáles son sus ventajas?", Enel.pe, 2021. [Online]. Available: <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/que-es-la-movilidad-electrica-y-cuales-son-sus-ventajas.html>. [Accessed: 24- Nov- 2021].
- [11]"Regulación en Movilidad Autónoma", Centro de Estudios Regulatorios, 2021. [Online]. Available: <https://www.cerlatam.com/publicaciones/regulacion-en-movilidad-autonoma/>. [Accessed: 24- Nov- 2021].
- [12]"Europe's first self-driving bus hits the road in Spain", Aa.com.tr, 2021. [Online]. Available: <https://www.aa.com.tr/en/europe/europe-s-first-self-driving-bus-hits-the-road-in-spain/2162259>. [Accessed: 24- Nov- 2021].
- [13]"GACHA - Sensible 4", Sensible 4, 2021. [Online]. Available: <https://sensible4.fi/gacha/>. [Accessed: 24- Nov- 2021].
- [14]"Xcelsior AV™ - New Flyer | North America's Bus Leader", New Flyer | North America's Bus Leader, 2021. [Online]. Available: <https://www.newflyer.com/bus/xcelsior-av/>. [Accessed: 24- Nov- 2021].
- [15]K. Mouratidis and V. Cobeña Serrano, Autonomous buses: Intentions to use, passenger experiences, and suggestions for improvement, 1st ed. Norway, 2021, p. 15.



TEC | Tecnológico de Costa Rica

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ing. en Diseño Industrial

Sistema: Pantalla informativa

Piezas: Carcasa superior z

Unidades: cm

Escala: 1:8

Curso:

Proyecto de graduación

Proyecto:

SNAP One - Smart Display

Sistema:

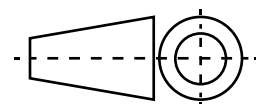
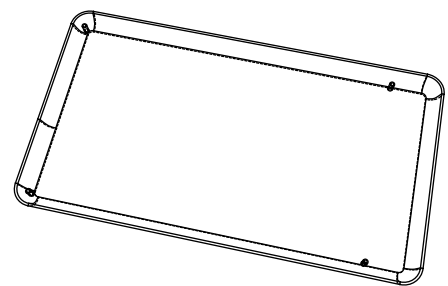
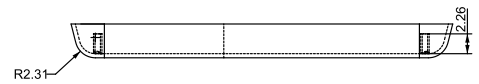
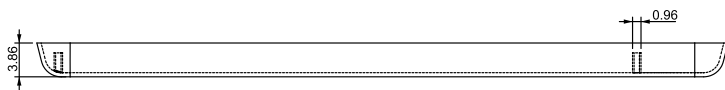
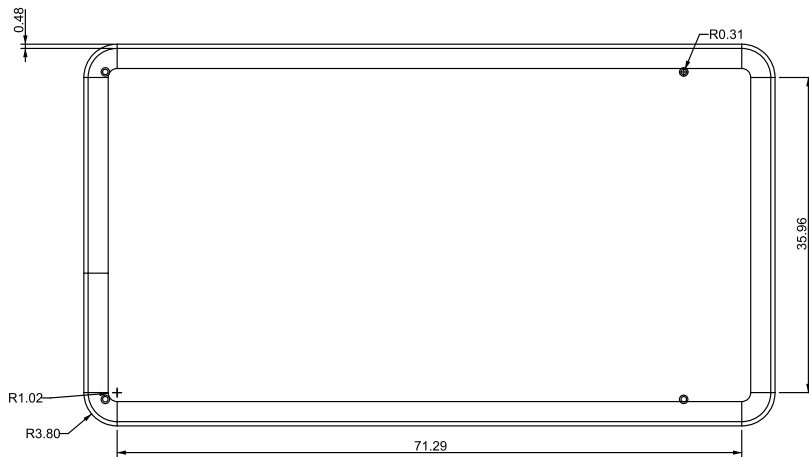


Lámina:

1
8



TEC | Tecnológico de Costa Rica

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ing. en Diseño Industrial

Sistema: Pantalla informativa

Piezas: Carcasa inferior

Curso:

Unidades: cm

Proyecto de graduación

Escala: 1:8

Proyecto:

SNAP One - Smart Display

Sistema:

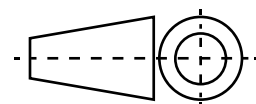
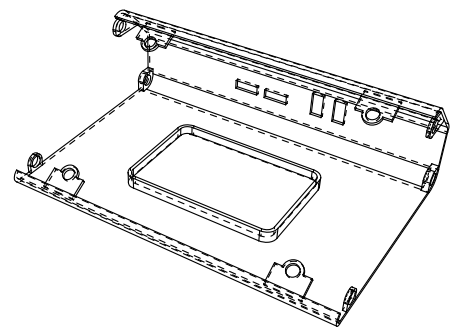
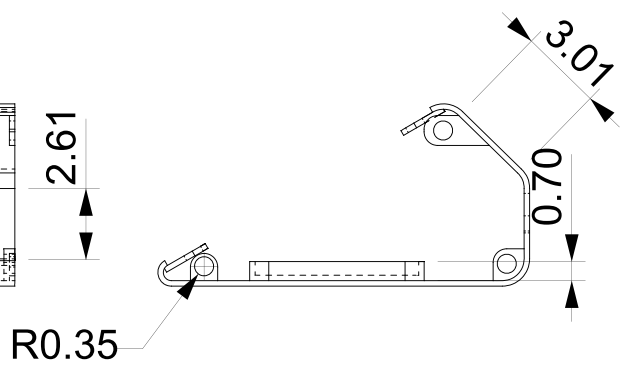
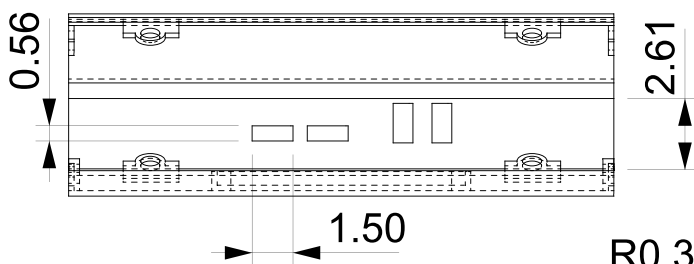
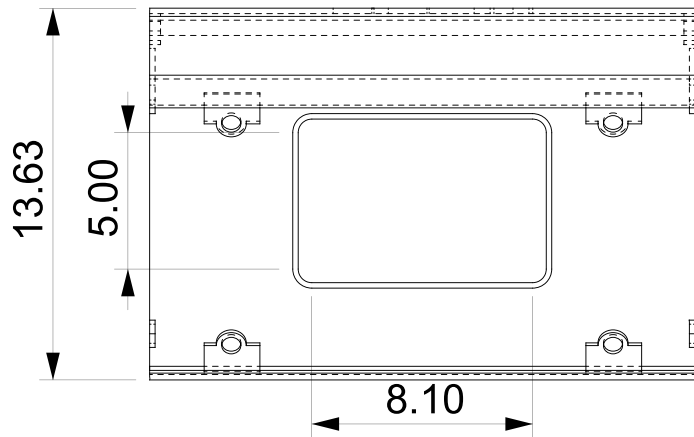


Lámina:

2

8



TEC | Tecnológico de Costa Rica

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ing. en Diseño Industrial

Sistema: Consola

Piezas: Carcasa inferior

Unidades: cm

Escala: 1:4

Curso:

Proyecto de graduación

Proyecto:

SNAP One - Smart Display

Sistema:

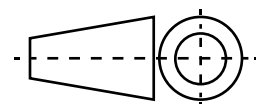
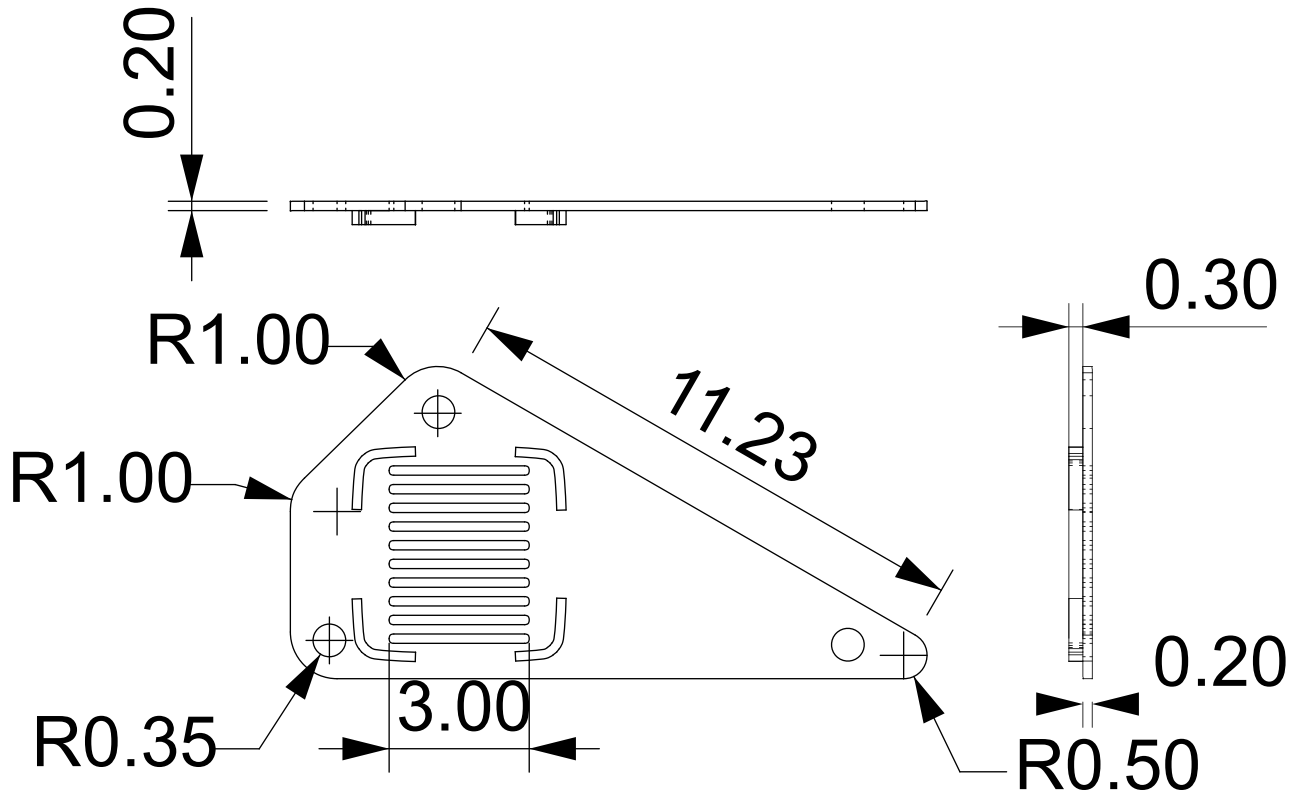


Lámina:

3

8



TEC | Tecnológico de Costa Rica

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ing. en Diseño Industrial

Sistema: Consola

Piezas: Tapa carcasa inferior

Curso:

Unidades: cm

Proyecto de graduación

Escala: 1:2

Proyecto:

SNAP One - Smart Display

Sistema:

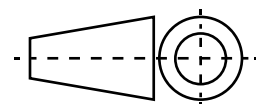
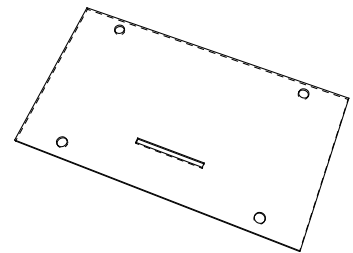
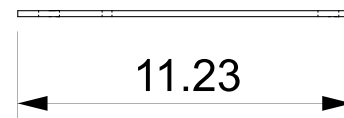
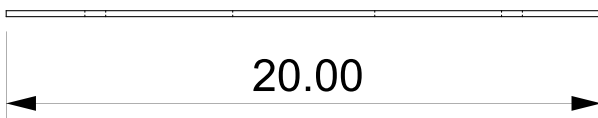
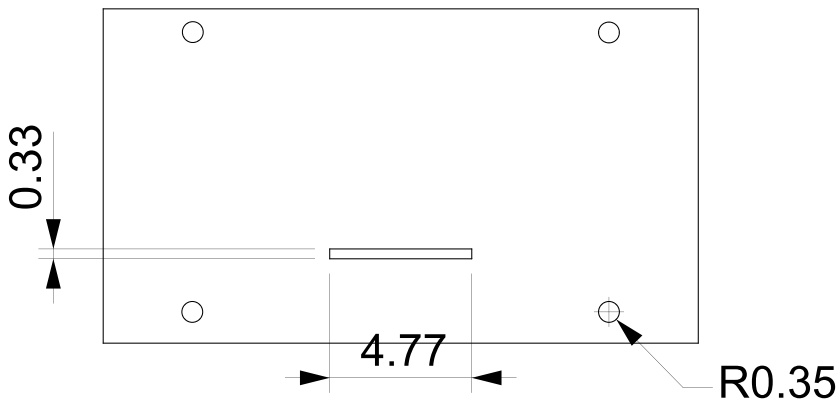


Lámina:

4

8



TEC | Tecnológico de Costa Rica

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ing. en Diseño Industrial

Sistema: Consola

Piezas: Tapa carcasa superior

Curso:

Unidades: cm

Proyecto de graduación

Escala: 1:4

Proyecto:

SNAP One - Smart Display

Sistema:

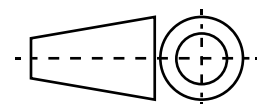
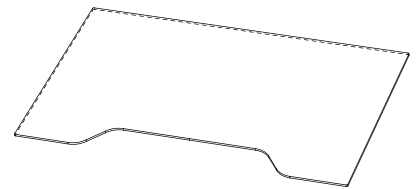
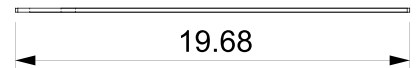
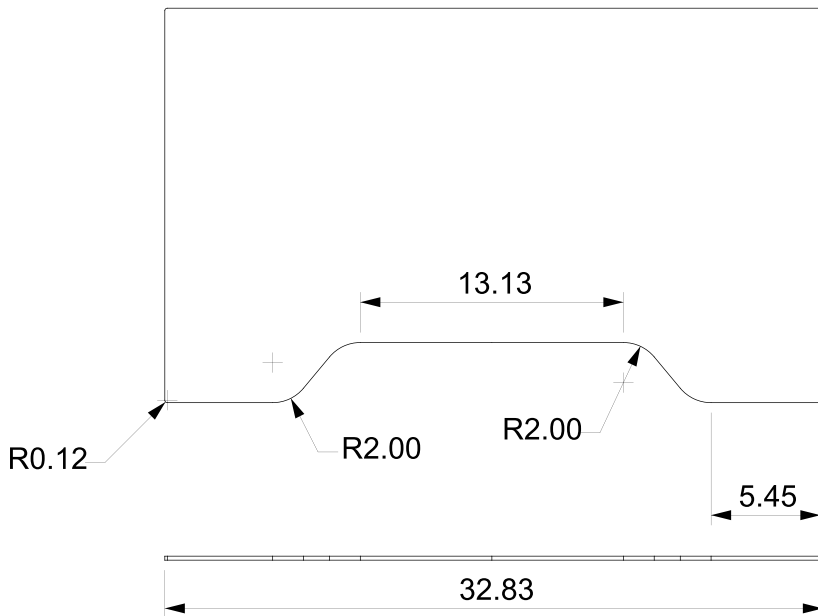


Lámina:

5

8



TEC | Tecnológico de Costa Rica

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ing. en Diseño Industrial

Sistema: Display Consola

Piezas: Cristal protector

Curso:

Unidades: cm

Proyecto de graduación

Escala: 1:5

Proyecto:

SNAP One - Smart Display

Sistema:

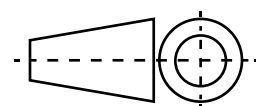
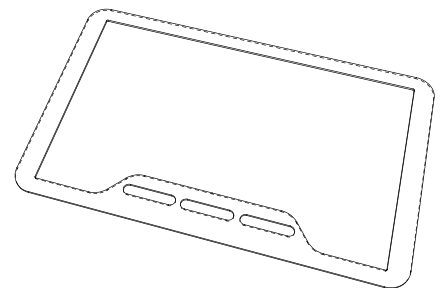
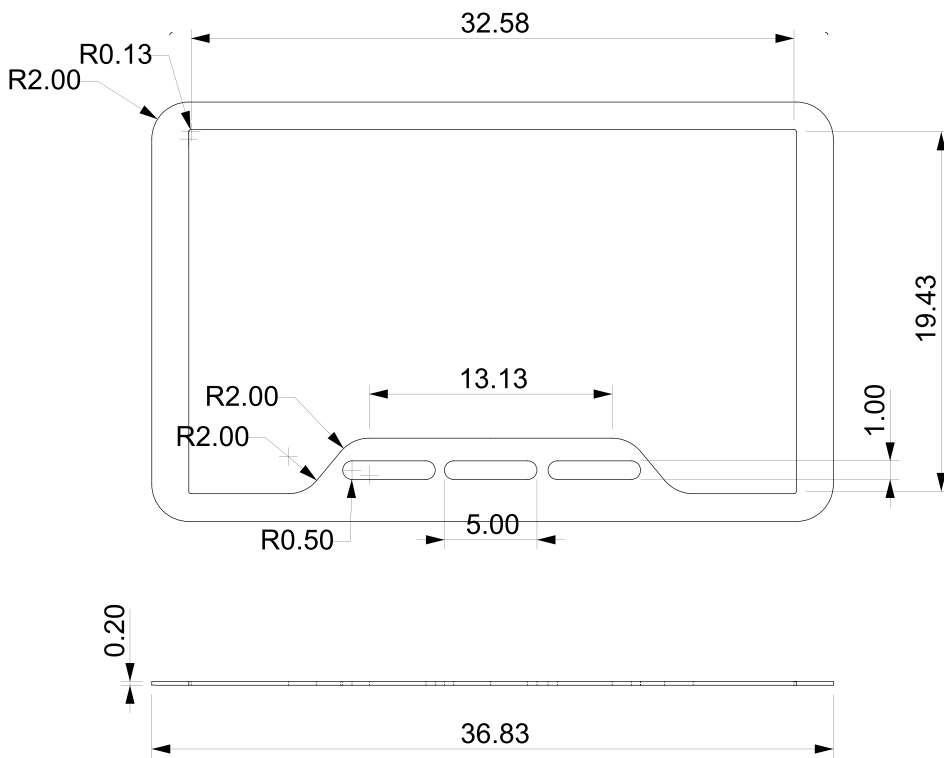


Lámina:

6

8



TEC | Tecnológico de Costa Rica

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ing. en Diseño Industrial

Sistema: Display Consola

Piezas: Carcasa superior

Unidades: cm

Escala: 1:5

Curso:

Proyecto de graduación

Proyecto:

SNAP One - Smart Display

Sistema:

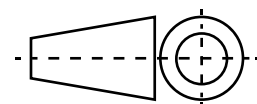
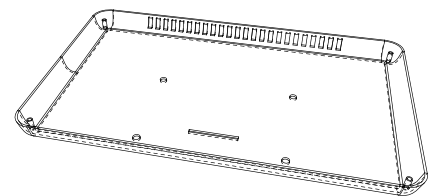
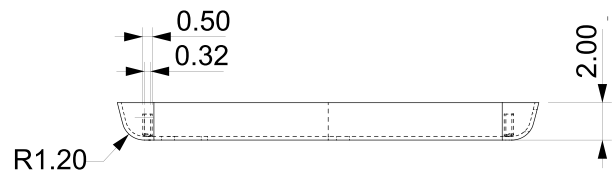
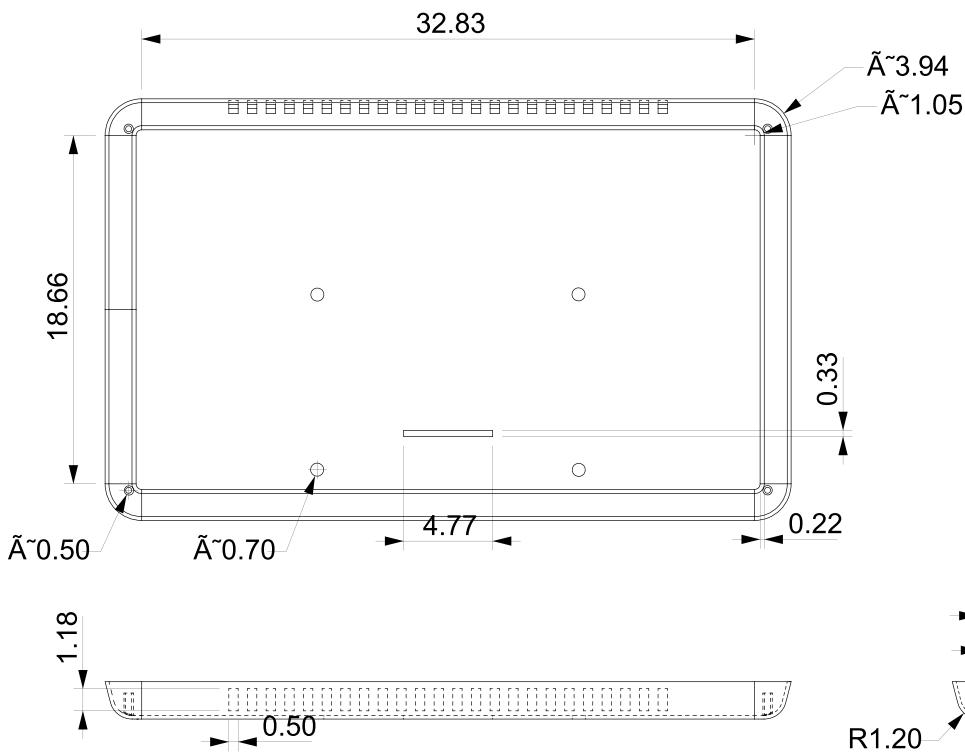


Lámina:

7

8



TEC | Tecnológico de Costa Rica

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ing. en Diseño Industrial

Sistema: Display Consola

Piezas: Carcasas inferior

Unidades: cm

Escala: 1:5

Curso:

Proyecto de graduación

Proyecto:

SNAP One - Smart Display

Sistema:

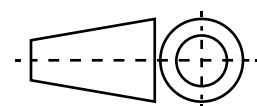


Lámina:

8

8