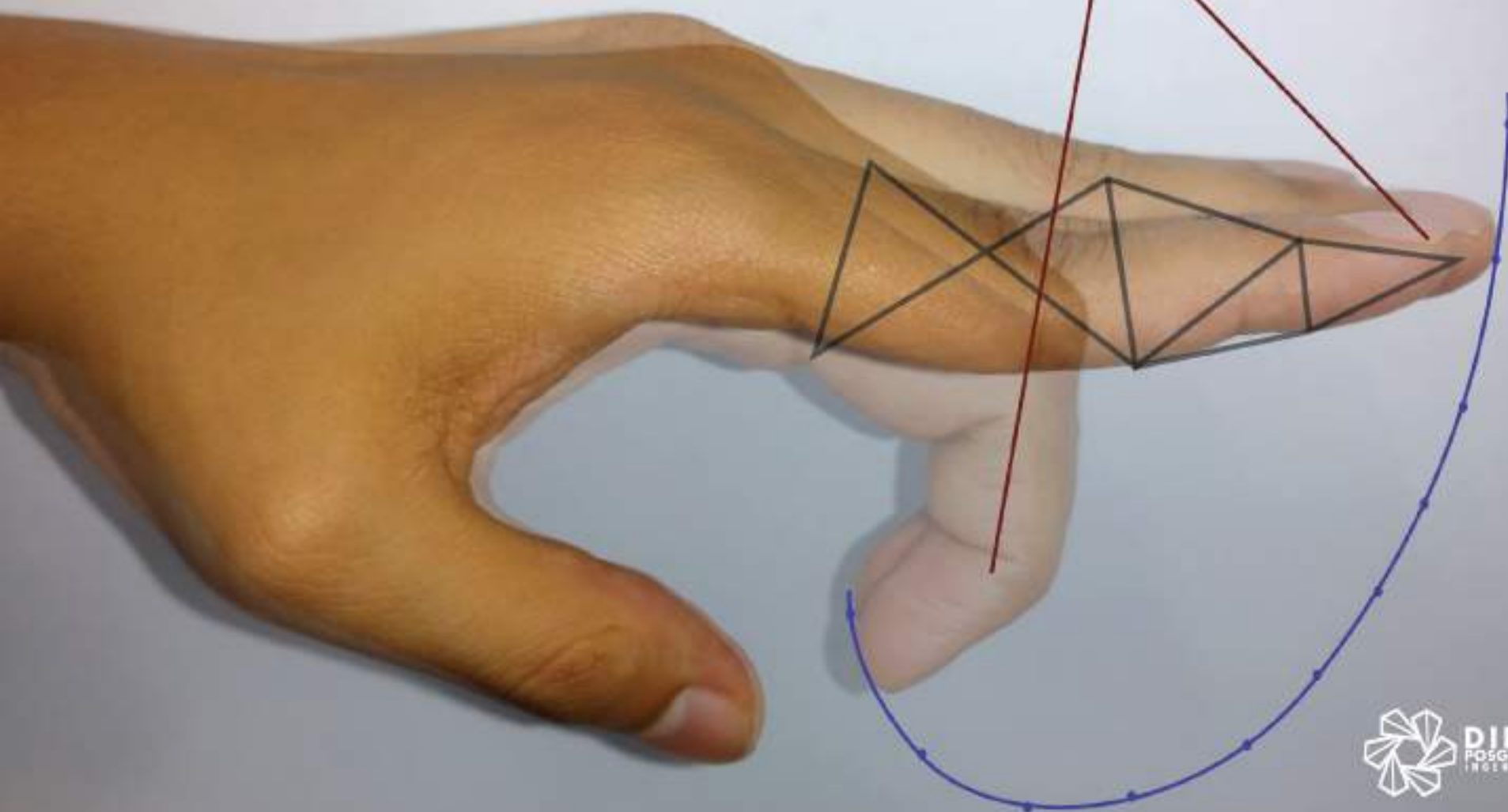




SketchIN

REVISTA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

PUBLICACIÓN DE LA DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO, MÉXICO



DIPFI
POSGRADO
INGENIERÍA

DIRECTORIO

Dr. Gilberto Herrera Ruiz
Rector

Dr. Irineo Torres Pacheco
Secretario Académico

M.A.P. Rosalba Rodriguez Durán
Secretaría de la Contraloría

Biól. Jaime Ángeles Ángeles
Secretario Administrativo

M. en I. Alejandro Jáuregui Sanchez
Secretario de Finanzas

Q. B. Magali Elizabeth Aguilar Ortíz
Secretaria de Extensión Universitaria

Dra. Blanca Estela Gutiérrez Grajeda
Secretaria Particular de Rectoría

Dra. Ma Guadalupe Flavia Loarca Piña
Directora de Investigación y Posgrado

Dr. Aurelio Domínguez González
Director Facultad de Ingeniería

Dr. Manuel Toledano Ayala
Jefe de Investigación y Posgrado
Facultad de Ingeniería

SketchIN: Revista de Arquitectura y Diseño.

Año 1. Núm. 002, septiembre de 2017, es una publicación semestral editada y publicada por la **Universidad Autónoma de Querétaro, División de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ingeniería**. C.U. Cerro de las Campanas S/N, Col. Las Campanas, C.P. 76010, Tel. (442) 192-12-00, ext. 7035. Coordinación de edición: M.D.I. Alma Ivonne Méndez Rojas

Reserva de Derechos al Uso Exclusivo
No. 04-2017-040313301800-203,
ISSN: En trámite

Ambos registros en trámite por el Instituto
Nacional de Derechos de Autor.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

QUEDA EstrictAMENTE PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL CONTENIDO E IMÁGENES DE LA PUBLICACIÓN SIN PLENA AUTORIZACIÓN DE LA UNIVERSIDAD.



COMITÉ EDITORIAL

Dr. Manuel Toledano Ayala
DIRECCIÓN

Dr. Avatar Flores Gutiérrez
EDITOR RESPONSABLE

M. Jorge Arturo García Pitol
M.D.I. Alma Ivonne Méndez Rojas
M.D.I. Ivan Peñaloza Pineda
Mtra. Itzel Sofía Rivas Padrón
EDITORES ASOCIADOS

Cristian Emanuel Tovar Navarro
DISEÑO EDITORIAL

Salma Taíz Castillo Zapién
CORRECCIÓN DE ESTILO

ÍNDICE

PÁGINA



REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS DE LA PRODUCCIÓN DE JITOMATE EN UN MATERIAL BIODEGRADABLE PARA LA ELABORACIÓN DE EMPAQUE.

L.D.I. Estela López Castro *Maestría en Diseño e Innovación (Estudiante Investigador).*

Dr. Genaro Martín Soto Zarazúa *UAQ, FI. (Profesor Investigador).*

Dra. Margarita Contreras Padilla *(Caidep).*

10



DISEÑO DE EXOESQUELETO MECÁNICO PARA INTERFAZ HÁPTICA CON RETROALIMENTACIÓN DE FUERZA EN LOS DEDOS PARA ENTORNOS DE REALIDAD VIRTUAL.

Juan Pedro Cruz Sánchez *(Ingeniería en mecánica)*

César Oswaldo Mendoza Herbert *(Maestría en Instrumentación y Control).*

34

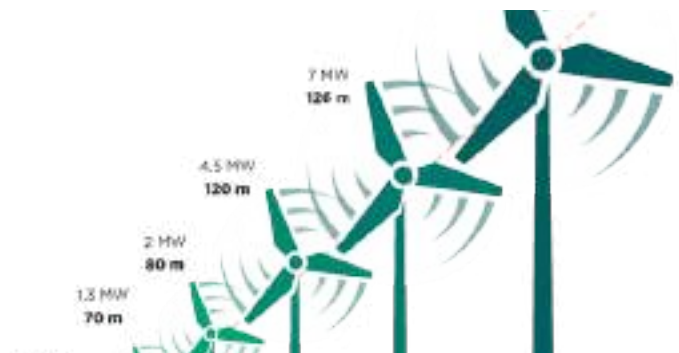


REQUERIMIENTOS PARA EL USO DE TÉCNICAS DE GAMIFICACIÓN EN EL DISEÑO DE UNA APLICACIÓN PARA MÓVILES ENFOCADA AL FOMENTO DEL CONSUMO DE ALIMENTOS SALUDABLES EN NIÑOS.

Oliver Ulises Aguilar Madrigal. *(Maestría en Diseño e Innovación.).*

César Oswaldo Mendoza Herbert. *(Maestría en Instrumentación y Control).*

68



REVISIÓN DE TURBINAS DE VIENTO AUMENTADAS POR UN DIFUSOR PARA VIENTOS DE BAJA VELOCIDAD.

Juan Pedro Cruz Sánchez. (Maestría en Diseño e Innovación).

César Oswaldo Mendoza Herbert. (Maestría en Instrumentación y Control).

94

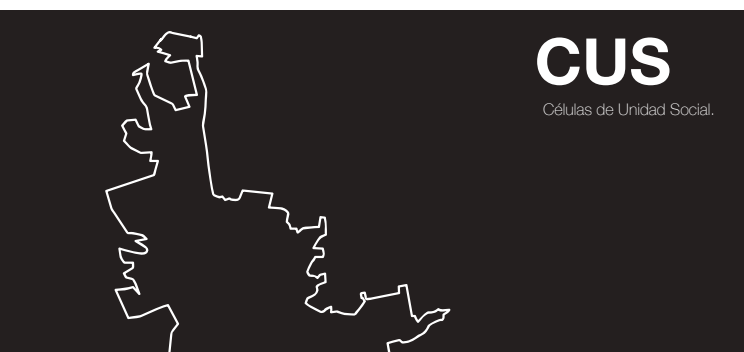


MÉTODO DE INVESTIGACIÓN MIXTA PARA IDENTIFICAR FACTORES DE CALIDAD EN EL SERVICIO EN LAS CAFETERÍAS DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

Yessica Guzmán de la Paz (Maestría en Diseño e Innovación).

Alejandra Nivón Pellón (Maestría en Investigación Enológica).

116



CUS CÉLULAS DE UNIÓN SOCIAL

MU ARQ Paula Paola Bárcena Mapi.

Lupita Monserrat Ramírez Loyola

144

PRESENTACIÓN

Sketchin surge con la intención de proporcionar un espacio interdisciplinario para la reflexión, investigación y divulgación del conocimiento en Arquitectura, Diseño e Innovación. El principal objetivo es presentar los trabajos de profesionales como Arquitectos, Diseñadores Industriales, Diseñadores gráficos, Ingenieros, Urbanistas, Artistas plásticos y todos aquellos quienes compartan el gusto por el desarrollo de proyectos multi e inter-disciplinarios para la contribución a la solución de los problemas de una sociedad actual, cambiante y global.

La premisa de Sketchin se fundamenta en reconocer que la arquitectura y el diseño no son únicamente actividades artísticas, sino que se basan en la aplicación del conocimiento basado en la investigación científica y el desarrollo tecnológico. La intención primordial es hacer llegar al lector de una manera atractiva y comprensible las ideas, representaciones y propuestas de los autores con el fin de provocar una reflexión crítica sobre nuestro entorno y su posible mejora.

Esta publicación está impulsada por la División de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, en México. Con dos publicaciones anuales y un arbitraje de pares estricto, los artículos inéditos y proyectos se publicarán en formato digital en los meses de junio y noviembre.

Así pues, damos la bienvenida a Sketchin a aquellos académicos, inventores, profesionales en activo, investigadores, proyectistas y público en general.

Propongamos juntos una sociedad mejor, desde nuestro quehacer, desde nuestra trinchera; el ingenio para crear, no para destruir.

Dr. Manuel Toledano Ayala



REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS DE LA PRODUCCIÓN DE JITOMATE EN UN MATERIAL BIODEGRADABLE PARA LA ELABORACIÓN DE EMPAQUE

AGRICULTURE RESIDUES FROM TOMATO PRODUCTION REUSED INTO A BIODEGRADABLE MATERIAL PACKAGING.

L.D.I. Estela López Castro

- Maestría en Diseño e Innovación, UAQ (Estudiante Investigador).
- estelalcastro@gmail.com

Dr. Genaro Martín Soto Zarazúa

- Universidad Autónoma de Querétaro, FI. (Profesor Investigador).
- soto_zarazua@yahoo.com.mx

Dra. Margarita Contreras Padilla

- Centro Académico de Innovación y Desarrollo de Productos (Caidep).
- margaconpad@gmail.com

RESUMEN

Los residuos agrícolas forman la mayor parte de desechos que se generan a nivel mundial. Su reutilización está siendo un tema importante para el cuidado del medio ambiente y de las buenas prácticas de agricultura. Sin embargo, la gran cantidad que se produce como resultado a la extrema demanda alimentaria, hace que su reutilización en composta o alimento para ganado deje de ser suficiente y gran cantidad de estos residuos terminan en basureros o en quema de biomasa. Esta investigación propone una alternativa para la reutilización de los residuos de forraje de la producción de jitomate en un material biodegradable que pueda aprovecharse para la fabricación de empaque dentro del ámbito agricultor.

Primero se describe el panorama de la agricultura y cómo aumentará su producción, y por ende los residuos en los próximos años. Posteriormente se muestran los casos registrados de reutilización de este tipo de desechos, después se explica cómo se llegó al método final para obtener el nuevo material y finalmente se describe cómo es que por medio del MDD (Material Driven Design), Método para Diseñar Experiencias con Materiales, se definirán sus especificaciones técnicas y funcionales cubriendo las necesidades hedónicas del usuario.



ABSTRACT

Agricultural residues represent the greater portion of the waste product generated worldwide. The reuse is an important topic for the environmental care and for good agricultural practices. However, the large amount of waste that results as a consequence of the extreme food demand, makes that the reuse in compost or cattle feed it turned out to be not enough and because of that, large amount of this waste ends in landfills or in biomass burn. This research presents an alternative for reuse the forage residues from the tomato production into a biodegradable material in order to use it as a packaging material.

First, in the article it will be explained the agriculture prospect and how it should increase its production, thus the waste in the coming years. Subsequently, the registered cases for reuse will be exposed. Then the method of how obtain the new material will be described and finally it will be explain how through the MDD (Material Driven Design), Material Design Experiences Method, we will defined its technical and functional specifications, including the user hedonic needs.

PALABRAS CLAVE

Residuos de forraje, material biodegradable, empaque biodegradable.

INTRODUCCIÓN

El jitomate rojo es la hortaliza que ocupa la mayor superficie de cultivo sembrado en todo el mundo, estas ocupan 4.7 millones de hectáreas con una producción de 165 millones de toneladas de jitomate (FAO, 2013). En México se producen aproximadamente 3.08 millones de toneladas de jitomate (SIAP, 2015).

Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) para el 2050 la agricultura deberá ser capaz de aumentar su producción entre un 60 y un 70 por ciento de lo que actualmente están produciendo, con la finalidad de cubrir la necesidad alimentaria de más de 9 millones de personas (FAO, 2009). Por consecuencia, esto implicaría un aumento de consumo de agua, explotación de tierra, emisiones de gases efecto invernadero y desechos agrícolas (FAO, 2011). Durante los últimos años el ritmo de producción agrícola ha incrementado y consigo también han aumentado los efectos negativos al medio ambiente. Para dar un ejemplo, la mitad de los desechos generados a nivel mundial provienen del



ámbito agrario, a los cuales se le denomina residuos agrícolas (Vargas, 2014). Hoy en día el exceso y la acumulación de estos, llevan a los agricultores a quemarlo expulsando gases dañinos al ambiente que no sólo afectan al ambiente (Kambis, 1996), sino que pudieran afectar a áreas pobladas, ya que este humo podría llevar plaguicidas y dañar a los habitantes (Lemieux, 2004). En el mejor de los casos, los desechos se reutilizan para generar composta (Farré, 2006), o alimento para el ganado (Riggi, 2008). No obstante algunos de estos procesos ocasionan impacto al medio ambiente. Se conocen otras técnicas que buscan usar estos subproductos transformándolos en insumos útiles.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

A. DESECHOS AGRÍCOLAS

Los residuos agrícolas comprenden todos los elementos que no se toman en cuenta como cosecha, así que, desde un punto de vista comercial, es todo aquello que no produce valor o que ya no tienen utilidad para el propietario (Vargas, 2014).

Específicamente en la producción del jitomate, la composición de los residuos generados como resultado de la producción del fruto, se dividen de la siguiente manera (Riggi, 2008):

- Vegetativo, que comprende las hojas, tallo y raíz (forraje).
- Frutos Verdes. Frutos Amarillos y Naranjas.
- Frutos Rojos no comercializables (muy maduro, pequeño, dañado de forma grave, deformado o en descomposición).
- Materiales varios como: empaques, plástico, vegetal o frutas de otra especie, etc.

El estudio que se lleva a cabo en el presente trabajo se centró en la reutilización del residuo tipo vegetativo o forrajero para crear un insumo útil para el mismo sector agricultor.

Una vez que se realiza la cosecha y la poda, poco se conoce de la gestión del residuo forrajero del jitomate. Cuando son pequeñas producciones, el residuo se puede reutilizar como alimento de ganado o se incorporan a los suelos para agilizar su descomposición; mientras que, en cultivos extensos, el forraje se recolecta y se acondiciona un área al aire libre con la finalidad de ayudar a la deshidratación y la reducción de volumen (Farré, 2006).

Una vez terminado este proceso, el forraje puede tener tres distintos destinos: uno es enviarlo a basureros, otro es quemarlo en el mismo lugar o en el mejor de los casos se elabora composta. Al contrario del destino del forraje ya descrito, la reutilización de los residuos del fruto ha sido explotada de distintas maneras.

B. CASOS EXISTENTES DE REUTILIZACIÓN DE DESECHOS AGRÍCOLAS

Se llevó a cabo una búsqueda de estudios y productos, donde la reutilización de estos desechos haya tenido como resultado un producto útil con valor agregado. En la ilustración 1 se muestran los casos registrados donde se reutilizan desechos agrícolas de la producción del jitomate y de otros casos similares con respecto al uso del forraje.

En el tema de la reutilización de los desechos del fruto de la producción de jitomate, un grupo de científicos -entre graduados y estudiantes del South Dakota School of Mines & Technology, Princeton University y Florida Gulf Coast University- presentaron en marzo del 2016 en el 251st National Meeting & Exposition of the American Chemical Society (ACS), un proyecto en el que están trabajando, donde aseguran que los jitomates dañados de los supermercados o cosechas que no se pueden vender, pueden producir electricidad. Las aplicaciones biotecnológicas que ya utilizan sistemas de electricidad por medio de productos orgánicos, necesitan material

puro, limpio y en grandes cantidades para la obtención de la mayor electricidad posible, mientras que el jitomate ha dado el rendimiento eléctrico óptimo usando jitomates defectuosos y han llegado a ser igual o de mejor desempeño que los sistemas ya existentes. (American Chemical Society, 2016)

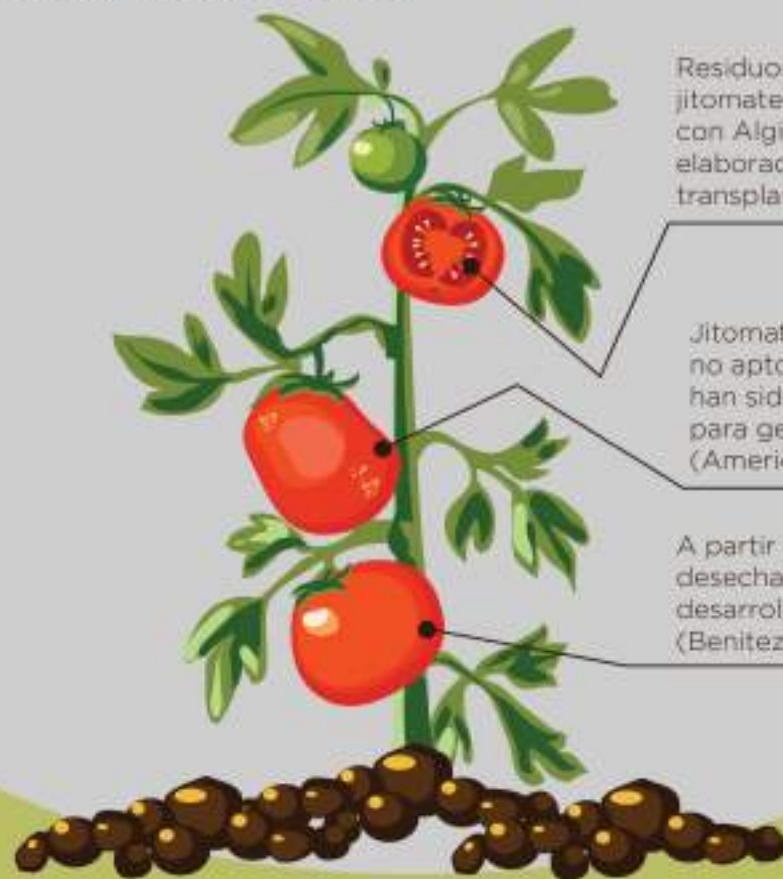
Por otro lado, científicos italianos han logrado obtener un material usando residuos de cáscara y semillas del jitomate de procesos agroalimentarios y residuos de cáñamo de la fabricación de papel. Éstos residuos, se unen con Alginato de Sodio para la elaboración de este nuevo material, que a su vez es usado para la fabricación de macetas de trasplanto. Su objetivo es reducir este tipo de desechos y apoyar a la reducción de la acumulación de macetas de plástico en los viveros. (Schettinia, 2013)

En el Centro Superior de Investigaciones Científicas de España, junto con la Universidad de Málaga, Científicos del Centro Superior de Investigaciones Científicas de España y la Universidad de Málaga han desarrollado un biopolímero a partir de residuos de jitomate. La obtención del material plástico ha sido a partir de la cutina vegetal que las industrias agroalimentarias desechan. Su ventaja ha sido en un material hidrófobo, resistente al agua y a disolventes orgánicos. Su aplicación se ha considerado dentro de la industria para el empaque de alimentos. (Benítez, 2011).

JITOMATE

Generación de nuevo valor a partir de desechos.

La industria alimenticia produce una gran cantidad de desechos durante sus procesos con impacto negativo hacia el ambiente. En términos de sustentabilidad industrial, algunos científicos están trabajando en desarrollar nuevas formas de agregar valor a estos desechos, con el objetivo de mejorar su manejo.



Residuos de cáscara, semillas de jitomate y cáñamo son unidos con Alginato de Sodio para la elaboración de macetas de transplanto. (Evelia Schettinia et al., 2013)

Jitomate dañado o estéticamente no apto para venta en tiendas han sido usados por científicos para generar electricidad. (American Chemical Society, 2016)

A partir de la cutina vegetal desechada del jitomate se desarrolló un biopolímero. (Benitez et al., 2011)

Desechos agrícolas del plátano, corona de piña, palma, coco y otros cultivos que dan fruto tropical son usados para fabricar una fibra con la cual se fabrica papel, textil y aislante. (Patente nº WO2015013409 A1, 2015)

Desecho de forraje usados en nuevo producto.



Pulpa obtenida a partir de desechos vegetales de la industria floricultor, palmero y del cereal para fabricar papel. (Patente nº WO2014118699 A1, 2014)



Fibra celulosa para fabricar papel y cartón a partir de hojas y capullos de la caña de azúcar. (Patente nº U59017514 B2, 2015)



Ilustración 1. Casos de reutilización de desechos agrícolas orgánicos.

Fuente: Información recuperada para la investigación. Infografía de autoría propia.

C. DISEÑO DE MATERIALES

La mayoría de los trabajos de esta índole se centralizan en cómo seleccionar o diseñar un material adecuado para un diseño tomando en cuenta la forma de este, la manufactura, limitaciones o requerimientos del proyecto (Ashby y Johnson, 2009), pero no se toman en cuenta factores hedónicos del usuario final. Un material puede ser muy bueno en su desarrollo y sus propiedades técnicas, pero no por ello será un éxito en el mercado. Un material debe ser social y culturalmente aceptado. (Manzini y Petrillo, 1991) Un material con sus propiedades particulares, aplicaciones potenciales y rendimiento puede afectar al usuario dándole experiencias únicas.

En la historia del diseño, profesores de la Bauhaus¹ fueron partidarios de aprender de los materiales. Alrededor de los años 20 Johannes Itten² formuló una teoría llamada "Teoría de los Contrastes" donde se pedía a los alumnos explorar sensorialmente los distintos materiales para conocer su naturaleza. A través de esto, los alumnos podían experimentar y apreciar las características de los materiales por medio de la exploración práctica (Itten, 1975). Muchos diseñadores en la historia han seguido estas ideas y diseñado productos manipulando materiales y explorando sus posibilidades de texturas y acabados.

Reconociendo la visión dualista del diseño de materiales, donde por un lado se busca alcanzar las necesidades funcionales y por el otro lado las necesidades hedónicas de las personas, entonces el desarrollo y la aplicación de los nuevos materiales debe ser una tarea multidisciplinaria. La comunidad del diseño ha evolucionado, donde continuamente ha contribuido con el ámbito científico apoyando en el desarrollo de nuevos materiales a través de un mejor conocimiento y destreza de la "comprensión", "interpretación", "imaginación" y "diseño" para la generación de nuevas experiencias en los usuarios y en donde estudios y estrategias como Design-Driven Innovation de Verganti³ puede ser un punto de partida conceptual para su desarrollo.

En este trabajo se empleará el Método Material Driven Design (MDD) donde se plantea que para el diseño de materiales no sólo se requiere conocer las propiedades y alcances técnicos de este, sino también plantearse: ¿Qué hace el material?, ¿Qué nos expresa el material?, ¿Qué nos provoca? y ¿Qué nos hace hacer? (Giaccardi y Karana, 2015).

¹ Bauhaus: Escuela alemana que se basó en mejorar el diseño y la creación de objetos a partir de la experimentación y encontrar una armonía entre la funcionalidad, la industria y la estética. Iniciadores del pensamiento "menos es más". Su influencia mundial fue el racionalismo.

² Johannes Itten: Pintor, diseñador y profesor de la Bauhaus y la escuela HfG en Ulm.

³ Roberto Verganti: Profesor de Gestión de Innovación del Politécnico de Milán. Actualmente imparte clases en la Escuela de Diseño y dirige el MaDe in Lab (Laboratorio de formación ejecutiva del Diseño y la Innovación).

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

- Desarrollar un nuevo material biodegradable con bajo impacto al medio ambiente, mediante la transformación del residuo vegetativo resultante de la producción de jitomate bajo invernadero, para disminuir el volumen de desechos.
- Caracterizar técnicamente el material y evaluar la usabilidad del nuevo material mediante el método para diseño de materiales Material Driven Design (MDD).
- Elaboración de un primer prototipo para demostrar sus posibles usos.



METODOLOGÍA

En una primera parte se desarrolló una etapa experimental, donde se emplearon distintos métodos de transformación de materia vegetal en sustratos, tomando como punto de partida y referencia lo propuesto por el investigador Luis Eduardo Garzón en su Patente n°WO2014118699 y por el químico Jorge Humberto Borrero con la Patente n°US9017514 B2 (*Ilustración 1*) y se establecieron los pasos a seguir para la fabricación del nuevo material biodegradable.

Como un segundo paso de esta investigación se llevará a cabo un análisis de Diseño de Materiales por medio del Método llamado Material Driven Design (MDD), donde se delimitarán sus características técnicas y de funcionalidad.

Ilustración 2. Esquema de los pasos generales en la investigación.

Fuente: Esquema de autoría propia.

A. DESECHOS AGRÍCOLAS

La metodología para la fabricación del nuevo material se realizó siguiendo como base el proceso de elaboración de material a partir de desechos forrajeros por el científico Luis Eduardo Garzón en su Patente n°WO2014118699 y por el químico Jorge Humberto Borrero con la Patente n°US9017514 B2. Se establecieron los pasos finales gracias a la experimentación y comprobación de resultados. En la siguiente tabla se muestra un comparativo de los procedimientos en conjunto con el que se llevó a cabo.

| n°WO2014118699 | n°US9017514 B2 | Presente investigación |
|---|--|---|
| Romper mediante un proceso mecánico las fibras de los desechos vegetales. | Disminuir el tamaño de la partícula de la biomasa de lignocelulosa a un rango entre 3 y 15 mm | Limpieza y separación (hojas, tallos y raíz) |
| Exponer al ambiente los desechos vegetales tratados mecánicamente para causar desfibrado por el cambio de presión y temperatura del material. | Del producto obtenido, colocar en tratamiento con uno o dos más solventes y mezclarlo con catalizadores. | Someter a molido/licuado para romper fibras y obtener líquidos naturales. |
| Cometer la pulpa bruta a agitación mecánica en un intervalo entre media hora y dos horas para lograr una pulpa terminada para emplear en papel, cartón o similares y mezclar con almidones y gomas. | Someterlo de una descompresión súbita a presión atmosférica. | Al sustrato obtenido, agregar aditivos. |
| Recuperar los líquidos extraídos durante el proceso para emplearlos nuevamente en el cultivo. | Colocar el material en un ciclón. | Colocar en moldes ejerciendo presión a un calor predeterminado. |
| Agregar durante la agitación mecánica aditivos tales como controladores de pH, colorantes o cualquier elemento requerido para lograr un producto específico. | Opcionalmente tratar el sólido con una mezcla de etanol y dióxido de cloro. | Exposición al calor y vibración cuando los aspectos técnicos lo determinen. |
| | Lavar el producto obtenido para lograr una eficiencia de celulosa superior al 50% y de lignina del 5 al 7% , longitud de fibra en el rango de 1.5 a 2.7mm. | Desmolde. |

Tabla 1. Comparativa de procesos.



Una vez que se realiza la cosecha del jitomate se retira todo el forraje como se muestra en la Ilustración 3. Posteriormente se realiza una limpieza y separación de residuos, que consta en quitar todos los frutos que pudieran haber quedado, así como la raíz de la planta, quedando así solamente el tronco, tallos y hojas como se puede ver en la Ilustración 4. A éstos últimos los llamaremos de ahora en adelante materia prima.

Ilustración 3. Muestra de la limpieza de follaje después de la cosecha de jitomate.

Fuente: Fotografía de invernadero de jitomate dentro de la UAQ, Campus Amazcala. (Autoría propia)



Ilustración 4. Separación y limpieza de residuos.



Ilustración 5. Comparativo de muestras de molido/trituración.

La materia prima se sometió a cuatro distintos procesos de trituración y molido de las fibras vegetales para evaluar el resultado de sustrato que se obtenía y comparar cuál de todos los procesos beneficiaba mejor el producto final sin perder los líquidos naturales de la planta que nos servirán como parte de los aditivos.

La primera prueba se realizó utilizando un molino modelo Pulvex 300 de caballete sencillo para la reducción a partículas de la materia prima. El resultado no fue óptimo al presentar atasques y entregar un producto grande, aproximadamente de 5-15cm de largo. En la segunda y tercera prueba se utilizó un molido con el equipo DPM Nogueira. La segunda muestra presentó elementos entre 1-5 cm de largo con algunos trozos más largos, por lo cual se tomó la decisión de repetir la operación con lo ya obtenido.

El resultado de esta tercera muestra fue mejor al obtener tamaños muy por debajo de 1cm pero sin lograr recuperar los líquidos naturales. Para la cuarta prueba se decidió someter la materia prima a una especie de licuado, que como resultado se obtuvo un sustrato limpio, teniendo como beneficio la fácil separación de sus líquidos. En la Ilustración 5 se pueden observar las muestras de las distintas etapas, así como el líquido recuperado en la cuarta prueba (Ilustración 6).



Ilustración 6. Cuarta prueba y la recuperación de líquidos naturales.



Ilustración 7.
Compactación en molde y
exposición a calor.



Posteriormente el material se sometió a dos distintos tratamientos, los cuales se realizaron por separado:

1. TRATAMIENTO TÉRMICO

Puede ser por medio de una inyección directa de vapor, exposición directa al Sol o por medio de una solución acuosa donde se tuvo la oportunidad de mezclarlo e incorporar compuestos alcalinos. En la primera parte del experimento se expuso a calor directo de Sol durante tres días dentro de vitrina, donde alcanzó una temperatura de 38°C.

2. AGITACIÓN MECÁNICA

Tiene como objetivo compactar el material sólido y por otro lado separar líquidos resultantes de los procesos. Esta agitación se llevó a cabo en el proceso de compactación dentro del molde. Como último paso se realiza el desmolde.

La metodología para la fabricación del nuevo material biodegradable en términos generales se resume en el esquema a continuación.

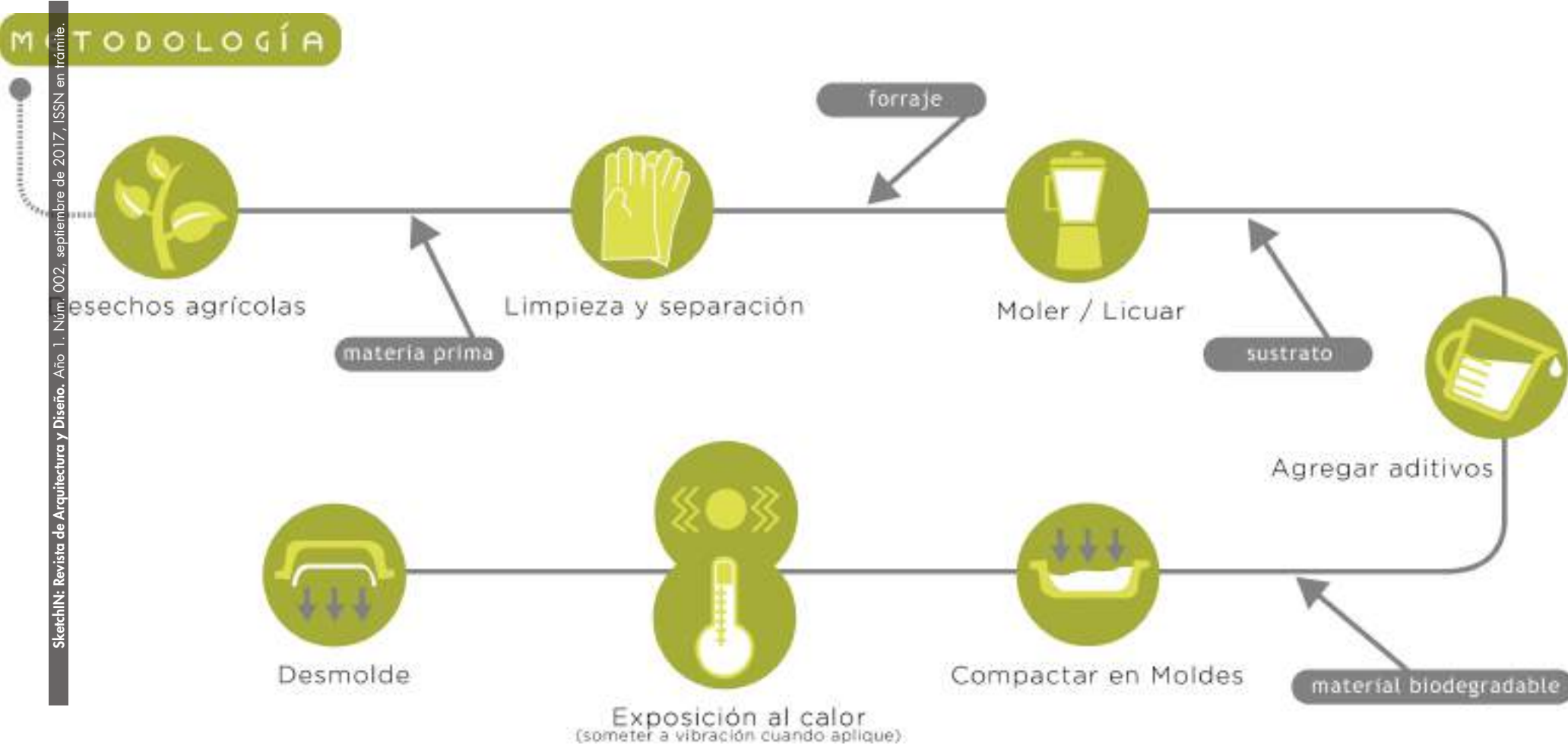


Ilustración 8. Metodología de fabricación de material biodegradable.

B. SEGUNDA ETAPA (EVALUACIÓN)

Para la valoración técnica y de usabilidad del material propuesto, se llevará a cabo a través del Método *Material Driven Design* (MDD), planteado por la Dra. Elvin Karana del Departamento de Ingeniería y Diseño de la Universidad de Delft en Holanda.

El presente Método facilita los procesos de diseño en donde los materiales es el principal impulsor. En él, se contemplan tres distintos escenarios donde los diseñadores pueden aplicar el MDD.

ESCENARIO 1

Diseñar con un material relativamente conocido. El material es probable que tenga algunos significados establecidos en ciertos contextos (por ejemplo, acogedor, *hightech*, etc.) el diseñador buscará nuevas aplicaciones para evocar nuevos significados y obtener experiencias únicas en el usuario.

ESCENARIO 2

Diseñar con un material relativamente desconocido. Es improbable que el material se vincule a significados establecidos, lo que le da al diseñador la oportunidad de definir áreas de aplicación con las cuales se pueden introducir experiencias únicas en el usuario, identidades para el material y nuevos significados.

ESCENARIO 3


Diseñar un material con muestras semi-desarrolladas o exploratorios (por ejemplo, compuestos de desechos alimenticios, materiales vivos, textiles, etc.) Dado que el material está semi-desarrollado (es decir, la propuesta) sus propiedades apenas deben definirse. Además, dado que el material es nuevo, es difícil identificar sus características y está en el diseñador el proponer aplicaciones significativas, a través de las cuales se obtendrán experiencias y significados únicos en el usuario.

Para esta investigación, el “Escenario 3”, es el que nos compete.

En la siguiente ilustración se muestra el Método, donde se pueden observar los cuatro pasos de acción a desarrollar en el proceso de diseño: (1) Entender el material: Caracterización Técnica y Experimental, (2) Creación de una experiencia visual a través del material, (3) Identificar los patrones de la experiencia con el material. (4) Diseño conceptual de Material/Producto.

Ilustración 9. Método Material Driven Design (MDD) agrícolas orgánicos.
Fuente. Es una traducción al español del original en inglés “Material Driven Design (MDD)”,
Traducción de autoría propia.





Como se puede ver el proceso comienza con un material o con una propuesta de material, que es el caso de la presente investigación, y termina con un producto y/o un material desarrollado.

En el método resalta el viaje de un diseñador de lo tangible a lo abstracto, marcado en la ilustración con líneas puntadas y círculos más claros, para posteriormente pasar de lo abstracto a lo tangible, es decir, pasa de una visión de la experiencia de los materiales a un producto o un material desarrollado.

RESULTADOS

Los resultados se delimitarán en dos partes al igual que la Metodología: A. Primera etapa (Fabricación) y B. Segunda etapa (Evaluación). Para el actual artículo se mostrarán solamente los resultados de la primera etapa, estatus actual de la investigación, donde se muestra la propuesta de material obtenido.

Una vez realizadas distintas pruebas de acuerdo a la metodología aplicada previamente explicada, se obtuvieron sustratos para la creación del material. Con esta solución se elaboró una tabla donde se muestran los resultados más sobresalientes de la experimentación.

| Prueba | Material (mm) | Proceso de trituración | Detención de líquidos | Residuos (g) | Morfología |
|--------|---------------|------------------------|-----------------------|--------------|--|
| 1 | 50-150 | Pulvex 300 | x | 150 | Quebradizo, rasposo, con hebras largas salientes y de longitud indefinida. |
| 2 | 10-50 | DPM Nogueira | x | 150 | Quebradizo, rasposo y con hebras largas. |
| 3 | <10 | DPM Nogueira | x | 150 | Quebradizo, seco, no se adhiere. |
| 4 | <5 | Licadora ind. | ✓ | 150 | Quebradizo, se adhiere, con hebras cortas y definidas. |

Tabla 2. Características de materia prima y resultados.

La cuarta prueba resultó ser la efectiva de acuerdo a su composición morfológica. El sustrato final ayudó a formar un material moldeable capaz de adaptarse a modelos prediseñados. Por otro lado, al conseguir que los líquidos naturales permanecieran durante el proceso de moldeo, ayudó a que la compactación de la materia prima se adhiriera sin la necesidad de agregar aglutinantes artificiales.



Ilustración 10. Muestras físicas de resultados.

En las siguientes imágenes se puede observar el tipo de terminado que se obtuvo en distintas pruebas.



Con la cuarta muestra se trabajó en definir presentaciones de material de acuerdo a estándares utilizados en el ámbito del papel y el cartón como se muestra en la siguiente tabla.

| Peso del producto | Sugerencias de calibres de material |
|-------------------|-------------------------------------|
| 230 g | 0.015 a 0.018 (380-450 mm) |
| 450 g | 0.020 a 0.024 (500-600 mm) |
| 900 g | 0.028 a 0.032 (700-800 mm) |

Tabla 3. Presentación de material.

CONCLUSIONES

El mejoramiento de la gestión de los desechos vegetativos, reutilizándolos dentro del mismo campo agricultor y creando un nuevo producto de utilidad, es un medio por el cual se puede reducir el volumen de estos en el campo y evitar que posteriormente puedan provocar daños al medio ambiente. Además, la gran ventaja de la creación de un nuevo producto donde la materia prima es gratis y está disponible, nos puede ofrecer una puerta a un distinto negocio. El alcance podría sustituir la compra a un tercero por material de empaque que se puede fabricar en la misma industria agrícola.

El proceso de fabricación del nuevo material no demanda maquinaria especializada o procesos complejos de elaboración, por lo cual se puede adaptar fácilmente donde la producción de este desecho esté presente.

Generar una nueva alternativa, podría crear una concienciación al sector agrícola de generar una oportunidad a partir de un problema, que no sólo podría ayudarlos de manera económica por la generación de un nuevo ingreso, sino también colaborar a la reducción del impacto ambiental directa e indirectamente.

TRABAJO FUTURO

La segunda etapa de esta investigación, donde se llevará acabo la evaluación tanto técnica como de funcionalidad del nuevo material, está en proceso.

El trabajo que falta por realizar, el MDD, es sustancial pues planteará las bases sólidas para poder diseñar de acuerdo a las capacidades del material y para la generación de nuevas experiencias en los usuarios. La investigación se apoyará en esto para obtener datos para la comprensión, definición y propiedades únicas del material y por otro lado, tomar en cuenta al usuario y su experiencia cualitativa con el material que dará sentido a nuestro diseño/concepto final.

Se espera que una vez especificados todas sus propiedades se promuevan estos procesos y se busquen otros usos además del empaque.

REFERENCIAS

American Chemical Society. (2016). Generating electricity with tomato waste. San Diego USA. Obtenido en diciembre 2016 de <https://www.acs.org/content/acs/en/pressroom/newsreleases/2016/march/tomato-waste.html>

Ashby, M., y Johnson, K. (2009). Materials and design. The art and science of material selection in product design (2nd ed.). Oxford, UK: Butterworth-Heinemann Elsevier.

Benítez, J. J. (04 de Enero de 2011). Entrevista a José Jesús Benítez, científico titular del Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla. (J. García, Entrevistador) Obtenido en Enero 2016 de <http://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/46670-Entrevista-Jose-Jesus-Benitez-cientifico-titular-Instituto-Ciencia-Materiales-Sevilla.html>

Borrero, J. H. (2015). Colombia Patente n° US9017514 B2. Obtenido en Enero 2016 de https://www.google.es/patents/US9017514?dq=Jorge+Humberto+Borrero&h=es&sa=X&ved=0ahUKEwivqv3j07_OAhXH6yYKHTsBQYQ6AEIHDA

Dimitrios George Hondroulis, W. W. (2015). EUAPatenten°WO2015013409A1. Obtenido en Enero 2016 de <https://www.google.com/patents/WO2015013409A1?cl=en>

Dimitrios George Hondroulis, W. W. (2015). EUA Patente n° WO2015013409 A1. Obtenido en Enero 2016 de <https://www.google.com/patents/WO2015013409A1?cl=en>

FAO, (2009). La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. Roma, Italia. Obtenido en Noviembre 2015 de: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf

FAO. (2011). El estado de los recursos de Tierras y Aguas de Mundo para la alimentación y la agricultura. Roma. Obtenido en Noviembre 2015 de <http://www.fao.org/docrep/015/i1688s/i1688s00.pdf>

FAO, (2013). Anuario Estadístico de la FAO, Obtenido en Abril 2017 de <http://www.fao.org/3/a-i3592s.pdf>

Farré, X. M. (2006). GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS. Obtenido en Enero 2016 de InfoAgro: http://www.infoagro.com/hortalizas/residuos_agricolas.htm

Farré, X. M. (2006). Residuos Agrícolas. Revista técnica de medio ambiente, 62-75. Obtenido en Enero 2016 de http://www.infoagro.com/hortalizas/residuos_agricolas.htm

GARZÓN, F. L. (Agosto de 2014). Colombia Patente n° WO2014118699 A1. Obtenido en Enero 2016 de <https://www.google.com/patents/WO2014118699A1?cl=en>

Giaccardi, E., y Karana, E. (2015). Foundations of materials experience: An approach for HCI. In Proceedings of the 33rd SIGCHI Conferencia de Human Factors in Computing Systems (pp. 2447-2456). New York, NY: ACM.

Itten, J. (1975). Design and form: The basic course at the Bauhaus and later. New York, NY: John Wiley & Sons.

Kambis, A.D. , J. L. (1996). Biomass Burning and Global Change. En J. S. Levine, Biomass Burning and the Production of Carbon Dioxide: a Numerical Study (Vol. 1, págs. 170-177). Massachusetts Institute of Technology. USA, Cambridge.

Lemieuxa, Paul M. , C. C. (2004). Emissions of organic air toxics from open burning: Progress in Energy and Combustion Science, 1-32. Obtenido en Enero 2016 de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360128503000613>

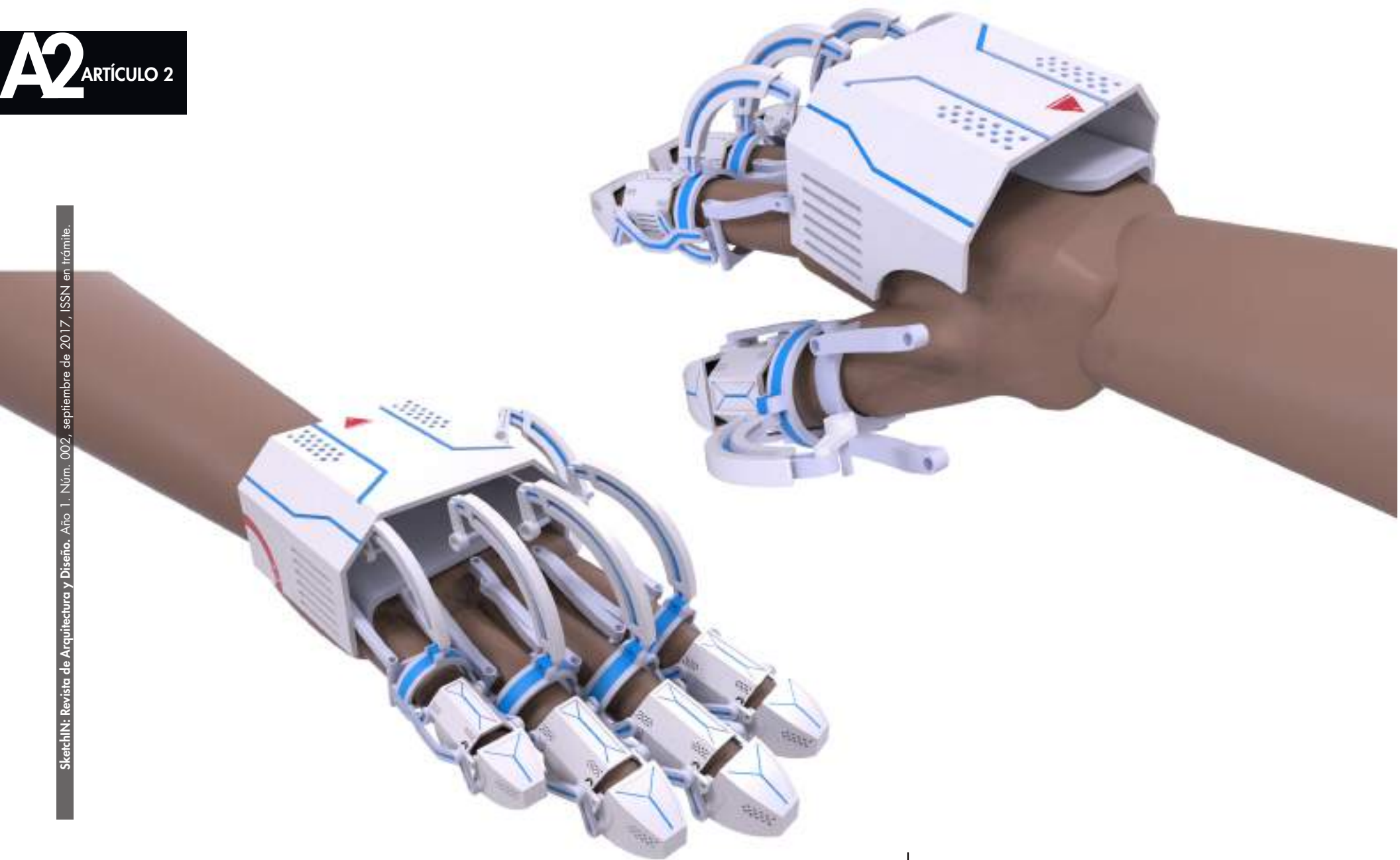
Manzini, E., y Petrillo, A. (1991) Neolite. Metamorfosi delle plastiche [Neolite. Metamorphosis of plastics]. Milan, Italy: Domus Academy.

Riggi, Ezio G. A. (Diciembre de 2008). Fresh tomato packinghouses waste as high added-value biosource. Resources, Conservation and Recycling, 96-106. Obtenido en Noviembre 2016 de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092134490800147X?np=y>

Schettinia, Evelia G. S. (2013). Recycled wastes of tomato and hemp fibres for biodegradable pots: Physico-chemical characterization and field performance. Resources, Conservation and Recycling, 9-19.

SIAP, (2015). Cierre de la producción agrícola por estado. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Obtenido en Abril 2017 de http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/

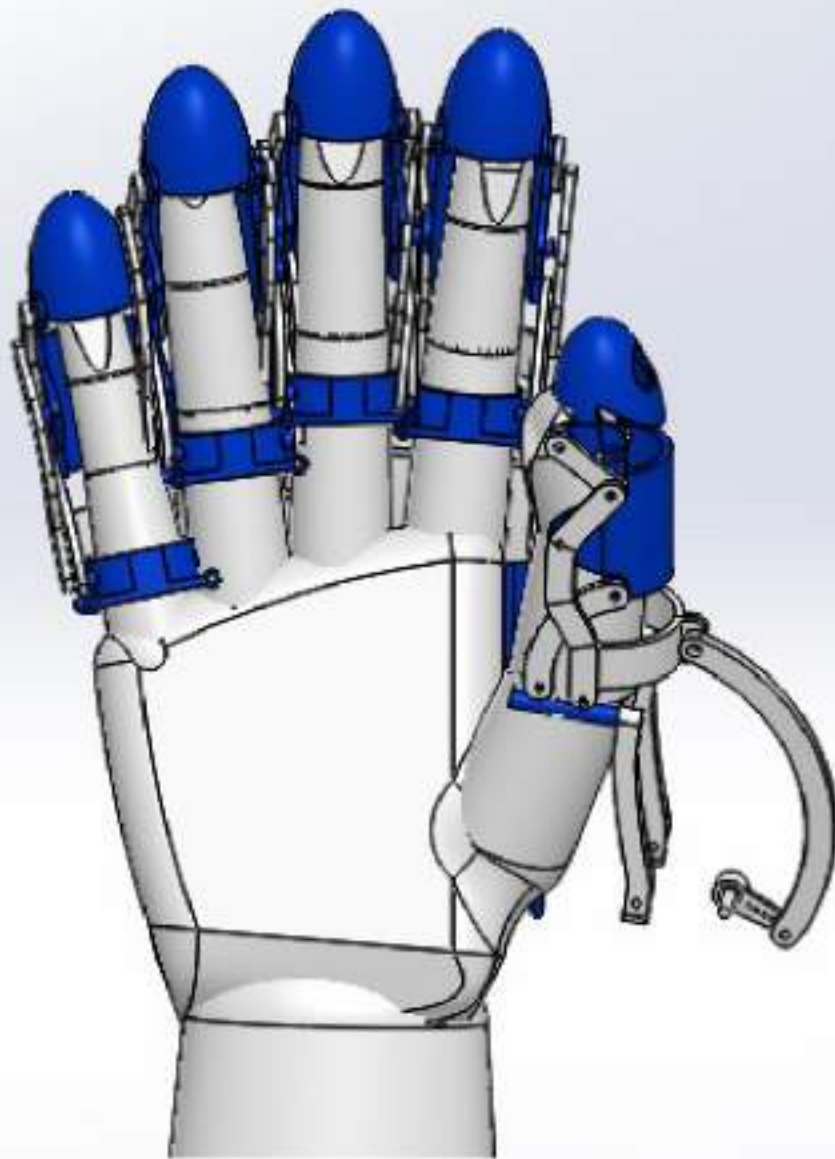
Vargas García, Ma. del Carmen F. J. (2014). De Residuos a Recurso. España: Mundi-Prensa. Obtenido en Enero 2016 de: <http://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484766988/residuos-agricolas-i-1>



DISEÑO DE EXOSQUELETO MECÁNICO PARA INTERFAZ HÁPTICA CON RETROALIMENTACIÓN DE FUERZA EN LOS DEDOS PARA ENTORNOS DE REALIDAD VIRTUAL

Juan Pedro Cruz Sánchez
- Ingeniería en Mecatrónica.
- Maestría en Diseño e Innovación (Estudiante).
- Universidad Autónoma de Querétaro.

César Oswaldo Mendoza Herbert
- Maestría en Instrumentación y Control
- Universidad Autónoma de Querétaro.



RESUMEN

Los residuos agrícolas forman la mayor parte de desechos que se generan a nivel mundial. Su reutilización está siendo un tema importante para el cuidado del medio ambiente y de las buenas prácticas de agricultura. Sin embargo, la gran cantidad que se produce como resultado a la extrema demanda alimentaria, hace que su reutilización en composta o alimento para ganado deje de ser suficiente y gran cantidad de estos residuos terminan en basureros o en quema de biomasa. Esta investigación propone una alternativa para la reutilización de los residuos de forraje de la producción de jitomate en un material biodegradable que pueda aprovecharse para la fabricación de empaque dentro del ámbito agricultor.

Primero se describe el panorama de la agricultura y cómo aumentará su producción, y por ende los residuos en los próximos años. Posteriormente se muestran los casos registrados de reutilización de este tipo de desechos, después se explica cómo se llegó al método final para obtener el nuevo material y finalmente se describe cómo es que por medio del MDD (Material Driven Design), Método para Diseñar Experiencias con Materiales, se definirán sus especificaciones técnicas y funcionales cubriendo las necesidades hedónicas del usuario.

PALABRAS CLAVE

Exoesqueleto háptico, design thinking, realidad virtual, retroalimentación de fuerza.

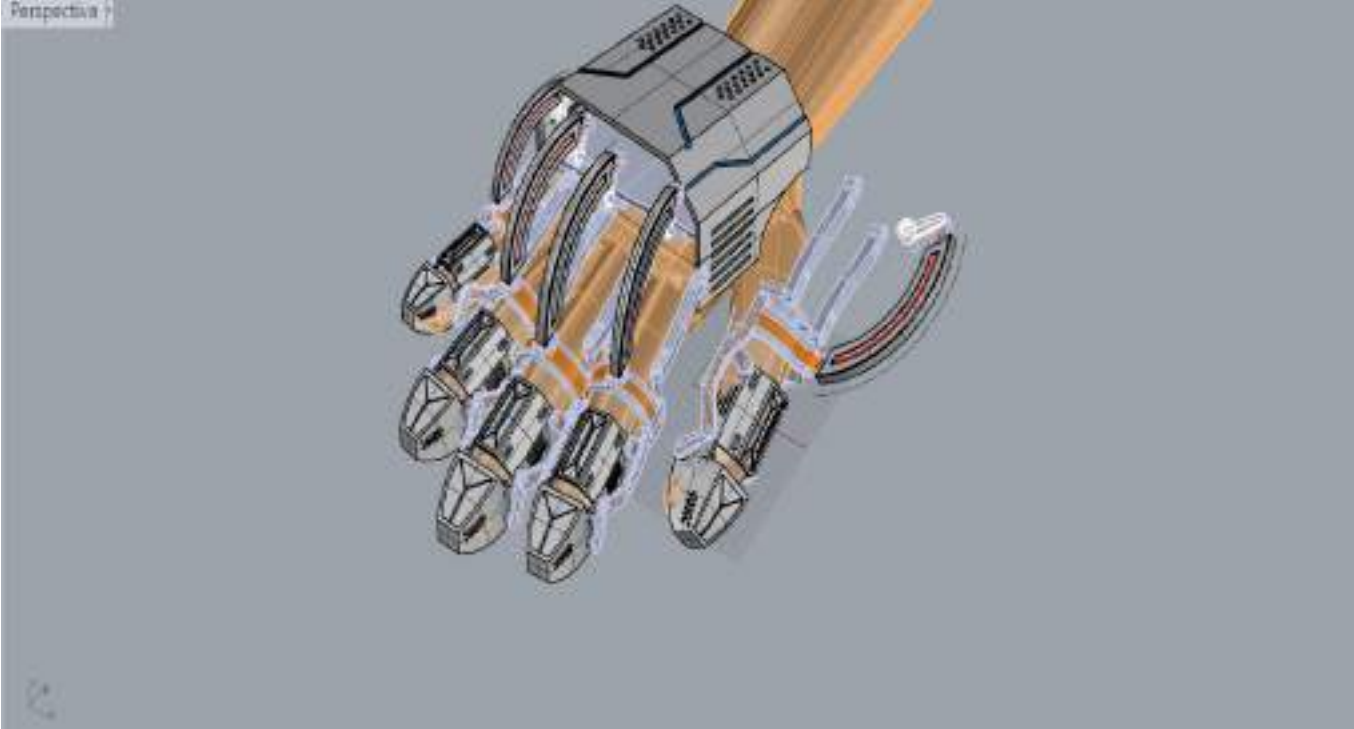


ABSTRACT

This paper describes the opportunity to develop an exoskeleton haptic interface for virtual reality environments with independent movement in each finger focused on force feedback. A review of the literature is made as well as a comparison of the advantages and disadvantages among today devices, an alternative solution is proposed through the use of CD servomotors and an IMU sensors based localization system. The mechanical design is discussed under the Design thinking methodology by Tim Brown for product design focused on the user as well as the application of it in order to generate a concept that emulates the natural movement in the fingers capable of simply integrating electromechanical actuators for their subsequent control and electronic manipulation while complying with the requirements of form, aesthetics, use and function.

PALABRAS CLAVE

Design thinking, force feedback, haptic exoskeleton, virtual reality.



INTRODUCCIÓN

Como resultado del acelerado crecimiento exponencial en el campo de la realidad virtual (RV), se estima que para el año 2018 se gastarán 5,2 billones de dólares en consumo de RV (BBVA Innovation Center, 2015) brindando una oportunidad de desarrollo tecnológico e innovación a distintos niveles. Por esta razón, en este artículo se presenta una propuesta de un sistema tecnológico para la inclusión de un tercer canal sensorial, el tacto, como complemento a los sistemas audiovisuales de RV existentes en la actualidad.

Al mismo tiempo, la RV a nivel personal es una tendencia, debido a que la tecnología ha posibilitado la estandarización de componentes y la disminución de costos; por lo que diariamente se generan aplicaciones para este tipo de tecnologías utilizadas en diversos sectores, prueba de ello es su uso en: simulación de procesos de manufactura (Mujber, Szecsi, & Hashmi, 2004), turismo (Guttentag, 2010), psicología (Srivastava, Chaudhury, & Das, 2014), educación (Ludlow, 2015), entre otras. Asimismo, su implementación se ha potencializado en áreas como la medicina y el entretenimiento, por las ventajas que dichas aplicaciones de RV suponen versus la realidad: bajos costos, reducción de barreras geográficas y riesgos, inclusión de las personas independientemente de su antropometría, entre otras (Corbetta, Imeri, & Gatti, 2015).

A pesar de lo anterior, la mayoría de estas aplicaciones comprenden interfaces audiovisuales vía sistemas de visión estereoscópica y audio 360 (Holden, 2005) y mecanismos complejos que involucran estructuras móviles (simuladores) para el adiestramiento de prácticas de riesgo (Kim & Lee, 2013); sin embargo, ambas alternativas carecen de retroalimentación táctil limitando al usuario de una sensación de inmersión mayor, especialmente en actividades donde se requiere el uso de las manos.

Las interfaces hápticas permiten tocar, sentir y manipular objetos de forma natural al introducir el sentido del tacto, lo que proporciona al usuario tanto sensaciones como información del entorno, imposible de captar de otra manera. Si a los estímulos visuales, auditivos y kinestésicos añadimos un nuevo sentido, el háptico, que consiste en emplear el sentido del tacto de manera activa con el propósito de obtener información del objeto que se esté tocando; la experiencia, el nivel de concentración y la atención prestada aumentarían de manera significativa dando como resultado una mejora en el proceso de aprendizaje de una actividad (Alexander, Johnson, & Schreiber, 2002).

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

A través de una interfaz que tiene la función de enlace, los sistemas de realidad virtual permiten la comunicación y el intercambio información entre el usuario y el entorno virtual de manera bidireccional (Mihelj, Novak, & Beguš, 1999).

El estado de presencia que el usuario puede o no experimentar, representa la sensación del “ser” en un entorno virtual y se divide en estado físico y mental (Waterworth & Waterworth, 2010). El primero se obtiene mediante la presentación de un mundo virtual con una serie de estímulos físicos sintéticos de uno o varios sentidos en respuesta a la posición o acciones del usuario en interacción con el entorno.

Por otro lado, el estado de presencia mental es individual y depende del contexto y respuesta del usuario y está relacionado con la experiencia de “estar ahí”. Distintos usuarios pueden experimentar diferentes niveles de presencia con el mismo sistema de realidad virtual, y un mismo usuario a su vez puede experimentar niveles desiguales de presencia con el mismo sistema en diferentes instantes de tiempo (Slater, 2003).

Para lograr un mejor sentido de presencia, el sistema de realidad virtual debe ser interactivo, es decir, el usuario debe tener respuesta del ambiente; una de las formas más efectivas es la retroalimentación sensorial (Mihelj & Podobnik, 2012) en la cual el usuario es provisto de feed-back de acuerdo con su localización física. Generalmente, la retroalimentación se brinda por medio de información visual y auditiva aunque en algunos ambientes sólo se provee información kinestésica. Por lo anterior, es de suma importancia registrar la posición del usuario para proveer una correcta retroalimentación.

Con base en lo anterior, un indicador de efectividad de un sistema de realidad virtual es el grado de inmersión que genera (Bowman & McMahan, 2007). La inmersión se percibe como una descripción cuantificable de la tecnología, principalmente por la complejidad de los sistemas de visualización (Slater & Wilbur, 1997), y por otro lado, como la percepción y reacción individual a los ambientes virtuales (Bystrom, Barfield, & Hendrix, 1999).

Como se observa, existe una relación estrecha entre el estado de presencia e inmersión, mientras mayor sea el estado de presencia logrado (físico y mental) mayor será la inmersión del usuario en el sistema de RV (Mihelj & Podobnik, 2012). Esto se debe en primer lugar a que una mayor cantidad de estímulos sensoriales brinda un estado de presencia mental mayor, y en segundo, como define Slater un sistema tecnológico más sofisticado en términos de eficiencia y efectividad de transmisión de información automáticamente posee un grado (físico) mayor de inmersión (Slater, 2003).

Para que la inmersión se logre, el intercambio de información es utilizado como retroalimentación tanto para el sistema como para el usuario con la finalidad de generar una interacción correcta entre ambos. Esta retroalimentación puede ser visual, auditiva, kinestésica o háptica dependiendo el canal de transmisión al usuario (Sherman & Craig, 2003).

La háptica, se refiere a la habilidad de tocar y manipular objetos, es decir, está basada en la sensación táctil la cual provee conciencia de los estímulos en la superficie del cuerpo (Samur, 2012). Las interfaces hápticas pueden clasificarse en tres grandes grupos, según el tipo de retroalimentación que proporcionen: retroalimentación de fuerza, retroalimentación táctil, o retroalimentación propioceptiva (Burdea, Lin, Ribarsky, & Watson, 2005), cada una de ellas, proporciona diferente información a los estímulos hápticos, por lo que su función y correcta elección es clave para su aplicación.

Los entornos virtuales que sólo involucran los sentidos visual y auditivo están limitados en la habilidad de interactuar con el usuario, por lo que se necesita la inclusión de sistemas hápticos que permitan la transmisión de sensaciones y la manipulación de objetos. El brazo y mano humanos permiten la exploración de las propiedades de los objetos (textura, forma) y al mismo tiempo su manipulación, esta habilidad trasladada a los sistemas de realidad virtual aumentada con la percepción visual y auditiva, permiten un grado de inmersión que de otra forma no sería posible. Además, la inhabilidad de tocar y sentir los objetos, ya sea en el mundo real o virtual, empobrece y afecta significativamente la habilidad de interactuar con el entorno (Minsky, Ming, Steele, Brooks, & Behensky, 1990).

ESTADO DEL ARTE

Si bien la idea de introducir nuevos sentidos al mundo virtual no es nueva, varias investigaciones se han llevado a cabo, diversos factores como la complejidad de funcionamiento y su elevado costo han dificultado su uso eficaz y su exitosa introducción al mercado. En la figura 1 se muestran algunos de los métodos utilizados para emular el sentido del tacto a los entornos virtuales, algunas de sus ventajas y desventajas.

Como se aprecia, la mayoría de ellos no ofrecen retroalimentación de fuerza, es decir son unidireccionales ya que solo retroalimentan la posición del usuario al ordenador para su procesamiento, pero este no regresa a su vez la retroalimentación táctil para experimentar una sensación de inmersión mayor. Solo los dispositivos del tipo mecánico ofrecen esta característica, pero su diseño robusto y poco ergonómico, la complejidad de operación y su elevado costo los hacen poco atractivos para el usuario y el mercado general.

| Óptica LEAP MOTION | Mecánica CYBERGRASP | IMU (Inercia) PRIORVR, CONTROLVR, NOITOM | Sensores de flexión EDT, CYBER GLOVES |
|--|--|---|---|
| Pros <ul style="list-style-type: none"> • Muy Exacto. • Regeneración del modelo de esqueleto preciso. • Posición Absoluta • No se requieren accesorios en las manos. | Pros <ul style="list-style-type: none"> • Preciso. • Accesible. • Retroalimentación de fuerza real. • Funciona cerca de campos electromagnéticos. | Pros <ul style="list-style-type: none"> • Bajo rango de Precio. • Espacio de trabajo no limitado. • Relativamente cómodo. • Movimiento superior del brazo | Pros <ul style="list-style-type: none"> • Exactitud, precisión. • No es necesario calibrarse. • Se puede añadir retroalimentación háptica. |
| Contras <ul style="list-style-type: none"> • Espacio limitado de trabajo. • Pérdida de detección cuando las manos están cubiertas. • Imposible añadir retroalimentación háptica. | Contras <ul style="list-style-type: none"> • Se necesita calibrar una vez. • Coordinación no precisa en las yemas. • Ligeramente grande en tamaño. | Contras <ul style="list-style-type: none"> • Se necesita calibrar cada vez. • Medición de posición relativa. • Coordinación no precisa en las yemas. • Muy difícil de incluir retroalimentación háptica. | Contras <ul style="list-style-type: none"> • Muy costoso. • No regeneración de modelo de esqueleto. • Coordinación no precisa en las yemas. |

Fig 1: Diferentes enfoques para la inclusión de las manos en entornos virtuales.

Fuente: Grafico elaboración propia, Imágenes: a) Óptica tomada de www.leapmotion.com b) Mecánica tomada de www.cyberglovesystems.com c) Inercia tomada de <http://orangecountyvr.com/haptics-list/> d) sensores de flexión tomada de <http://metamotion.com/hardware/motion-capture-hardware-gloves-Cybergloves.htm>

| AUTOR / COMPAÑÍA | NOMBRE | CONFORMACIÓN / TIPO | TIPO DE ACCIONAMIENTO | TRACKING | DOF (DEGREE OF FREEDOM) | SDK | ÁREA DE TRABAJO | PESO APROXIMADO (grs) | INMERSIÓN LOGRADA | STATUS | PRECIO |
|---|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|--|--|-----|-------------------------------|-----------------------------|----------------------|--------------|---------|
| Cyber Glove Systems | CYBERGRASP | Exoesqueleto | Mecánico (servomotores) | Acelerómetros | 11 | NO | 1 m Esférico | 450 | - | Comercial | - |
| Neurodigital Technologies | GLOVEONE | Guante | Actuadores Vibrotáctiles | IMU's (Acelerómetro / giroscopio) | 9 | SI | 10 m Esférico | 100 | + | Comercial | € 249 |
| Manus VR | MANUS VR | Guante | Vibradores | IMU's (Acelerómetro / giroscopio) | 11 | SI | 20 m Esférico | 100 | + | Comercial | € 250 |
| Dexta Robotics | DEXMO | Exoesqueleto | Mecánico (servomotores) | IMU's (Acelerómetro / giroscopio) | 11 | SI | 20 m Esférico | 190 | ++ | Comercial | NA |
| Sensable Technologies | PHANTOM | Brazo Robótico | Motor DC | Encoders | 2-6 | SI | 160 W 120 H 120 D mm | 1786 | + | Comercial | \$1,200 |
| Hourad Bouzit, George Popescu, Grigore Burdea and Rares Bolan, 2002 | Rutgers Master II ND | Guante | Actuador Nneumático | Sensores de Flexión Efecto Hall | 5 | NO | 2 m Esférico | 80 | - | Prototipo | - |
| Robot Hand Unit for Research | HIRO III | Brazo y Mano Robótico | Motor DC | Encoders | 15 para la mano 6 para el brazo | NO | 0.09 m3 | 780 | ++ | No Comercial | - |
| Vivoxie | POWERCLAW | Guante | Celda de Peltier Buzzers | Infrarrojo (Leap Motion) | NA | SI | 650 mm3 Spherical Conic | 120 | + | Comercial | \$400 |
| Rice University | HANDS OMNI | Guante | Micro Camaras de Aire | Infrarrojo (Leap Motion) | 5 | NO | 650 mm3 Spherical Conic | 350 | - | Prototipo | - |
| El Rifado Studio | TOUCH VR | Exoesqueleto | Micro motoreductores CD | IMU's (Acelerómetro / giroscopio) | 11 | SI | 2 m Esférico | 400 | + | Prototipo | - |

Tabla 1: Comparativa
de sistemas hápticos
existentes

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 1 se muestra una comparativa de los proyectos y productos más sobresalientes en la actualidad en cuanto a interfaces hápticas se refiere comparando el tipo de accionamiento, el tipo de retroalimentación háptica que proporciona, si cuenta con un kit de desarrollo para software (SDK), espacio de trabajo y la inmersión lograda[1]. Por su parte, Cyberglove, consiste de un sistema de retroalimentación táctil creado por la empresa Virtual Technologies Inc. constituido por pequeños vibradores para generar sensaciones emulando texturas mediante diferentes frecuencias, pero que dejan a un lado la retroalimentación de fuerza y con ello la posibilidad de identificar contornos (Cyberglove Systems, 2015). Por otro lado, la retroalimentación propioceptiva donde la posición del usuario es crucial se ha utilizado en productos como Leap motion, un dispositivo creado por Leap Motion Inc. que localiza el movimiento en los dedos y manos utilizando tecnología infrarroja, lo que limita a su vez el espacio de trabajo e imposibilita la retroalimentación háptica.

Rice University, por otro lado, en su proyecto HANDS OMNI utilizó micro cámaras de aire para bloquear las coyunturas de los dedos y así bloquear el movimiento, pero además de ser invasivo, la infraestructura necesaria para generar el aire a presión encarece el sistema y dificulta su utilización.

Así mismo, la empresa mexicana Vivoxie con el desarrollo de PowerClaw, se centra en propiedades mecánicas de los objetos virtuales como lo son la temperatura y rugosidad ya que su interfaz solo posibilita estas sensaciones, dejando a un lado también la retroalimentación de fuerza.

Dexmo, un desarrollo de Dexa Robotics, ha presentado un guante háptico tipo exoesqueleto que cubre la mano y muñeca centrándose en la retroalimentación de fuerza, ya que al ser un dispositivo con estructura mecánica promete brindar una sensación de agarre muy parecida a la realidad, sin embargo, su producto aún no está disponible ya que sigue en fase de desarrollo y se desconocen su costo y capacidades reales (Gu et al., 2016).

Por lo anteriormente mencionado, en este artículo se presenta una alternativa con el objetivo de introducir la retroalimentación de fuerza mediante un exoesqueleto mecatrónico para la captura y control de movimiento independiente en cada uno de los dedos, con el uso de tecnologías comerciales y de fácil acceso como lo es la impresión 3D, servomotores y giroscopios, para generar un prototipo funcional de una interfaz háptica de retroalimentación de fuerza para emular el sentido del tacto en los entornos de realidad virtual.

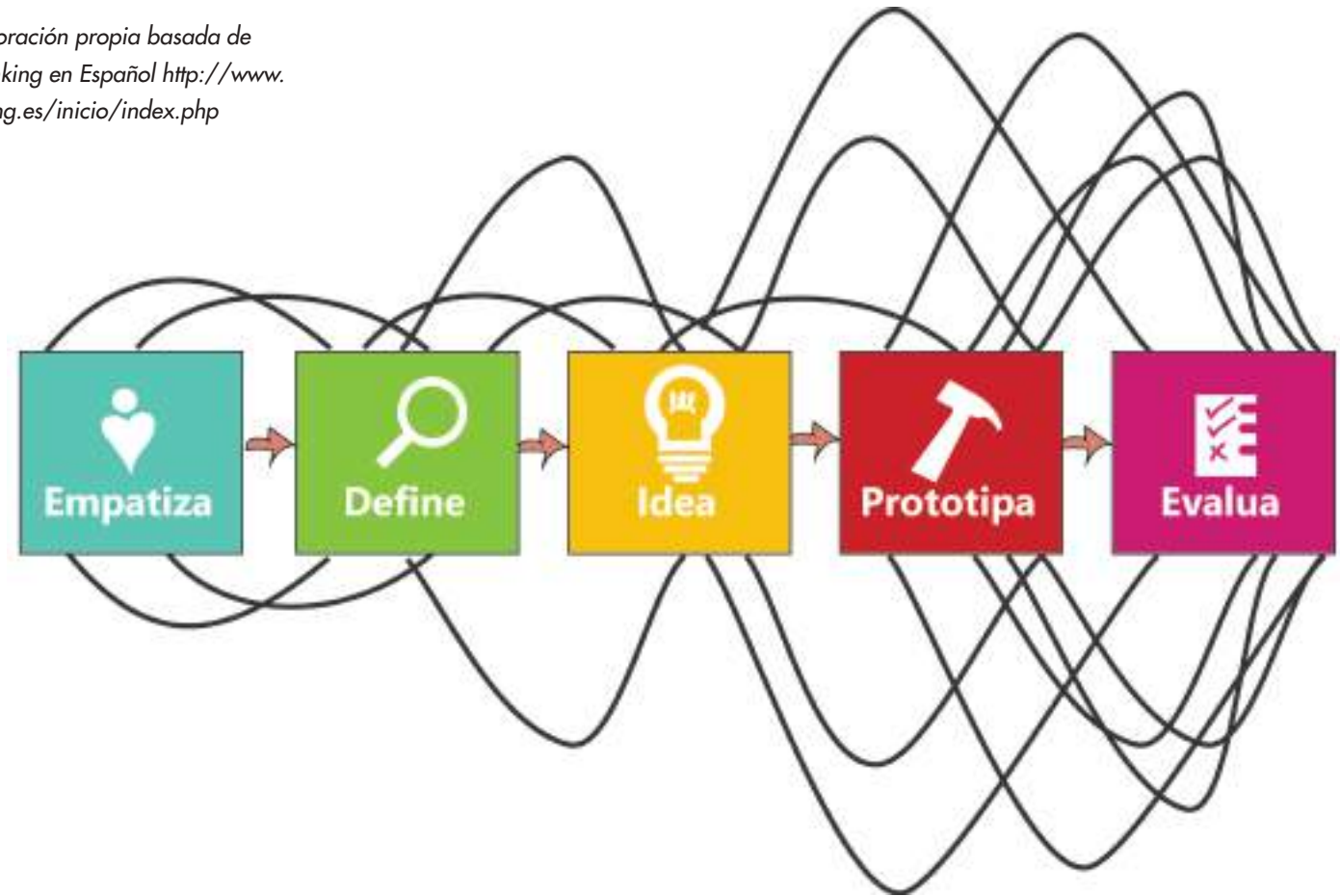


OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Desarrollar un dispositivo háptico para emular el sentido del tacto por medio de retroalimentación de fuerza limitando el movimiento en los dedos de los usuarios para para generar un mayor estado de presencia e incrementar la inmersión en comparación con los sistemas virtuales audiovisuales.

Fig. 2: Metodología Design Thinking de cinco pasos de Tim Brown.

Fuente: Elaboración propia basada de Design Thinkking en Español <http://www.designthinking.es/inicio/index.php>



METODOLOGÍA

El presente estudio es mixto ya que conjunta elementos de carácter cualitativo como la usabilidad y el sentido de inmersión y presencia de los usuarios, así como cuantitativo en el manejo de parámetros y variables de control para generar los algoritmos pertinentes para la captura de

movimiento y los vectores de fuerza de la retroalimentación háptica. Por la naturaleza de la investigación, el trabajo estará dividido en cinco etapas basadas en la Metodología del Design Thinking propuestas por Tim Brown (2009) CEO de la consultoría de diseño IDEO.

Como se muestra en la figura 2 esta metodología no es lineal, sino más bien iterativa, es decir en cualquier momento se puede avanzar o retroceder dependiendo de cómo el proceso mismo lo determine, e incluso, se pueden saltar etapas ya que aunque se propone un orden, dicha metodología, da la libertad de movimiento a través de ella (Plattner, Meinel, & Leifer, 2011).

Se comienza por recolectar información en gran cantidad mediante diferentes herramientas tales como mapa de empatía, observación encubierta, mapa de actores, entre otras para tener un mayor conocimiento de las necesidades del usuario que interactúa de manera directa e indirecta en la solución en desarrollo y se conoce como **fase de empatía**.

Posteriormente pasamos a la **fase de definición**, donde se analiza la información recopilada en la fase anterior para detectar cuál es útil y cuál puede ser desechada y con base en ella se define el problema o serie de problemas cuya solución o soluciones serán la clave para la resolución de nuestro problema global.

A continuación, la **fase de idear**, consta de generar una gran cantidad de ideas creativas para cubrir los problemas definidos en la etapa anterior con el objetivo de no encasillarse en una sola idea, sino más bien, en contemplar todas las posibilidades de solución aplicando el principio de innovación “piensa fuera de la caja”.

Al mismo tiempo que se generan las ideas, se hacen prototipos rápidos, dando pie a la siguiente fase, **prototipar**, con la finalidad de hacer real y palpable nuestra propuesta de solución y así visualizarla de manera sencilla eliminando los posibles problemas en la transmisión de ideas que en equipos multidisciplinarios se presentan, es decir comunicar dicha idea de manera rápida pero clara y precisa.

Finalmente, en la **fase de evaluación**, el prototipo es validado y probado por el usuario con el objetivo de generar toda la retroalimentación posible para detectar mejoras significativas de la idea o para desecharla y continuar con el desarrollo de otra propuesta.

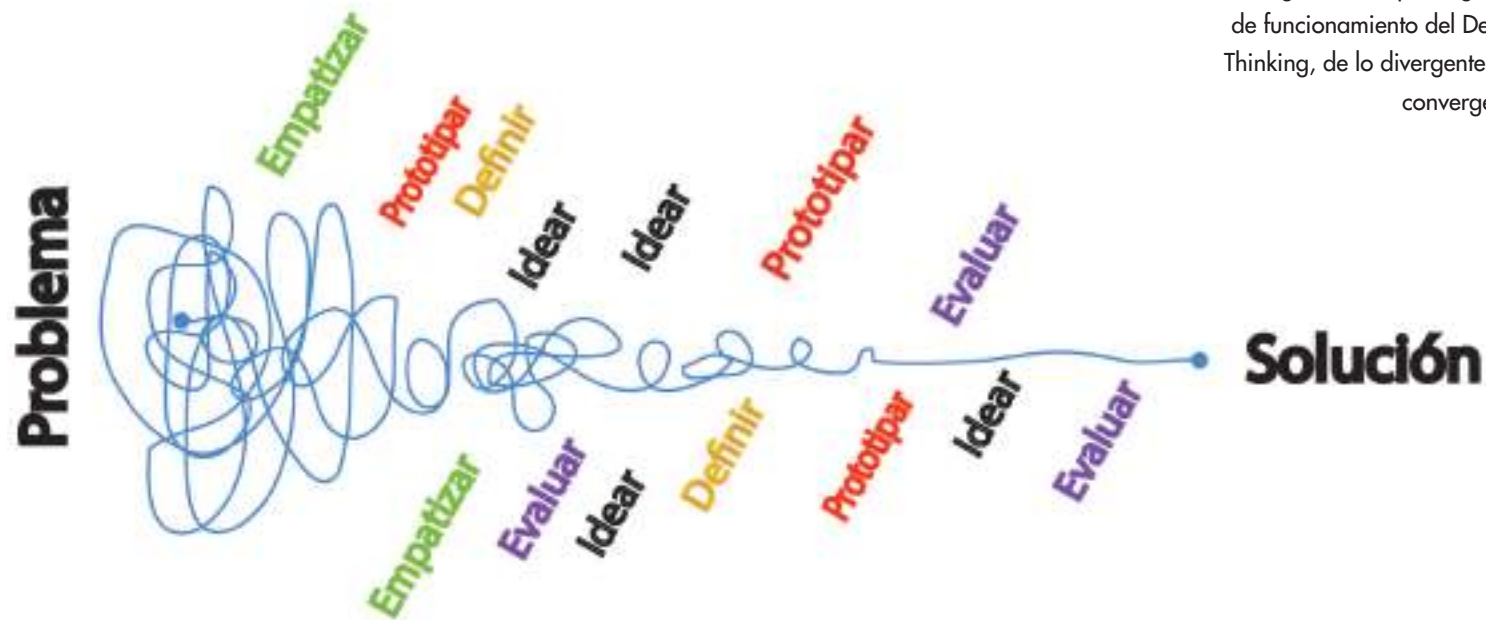


Fig. 3: Descripción gráfica de funcionamiento del Design Thinking, de lo divergente a lo convergente.

Fuente: Elaboración propia.

En esencia, como se muestra en la figura 3, el Design Thinking consiste en un análisis iterativo que va de lo divergente a lo convergente para encontrar soluciones particulares a problemas claramente definidos tras comprender al usuario y a su entorno, generando insights al empatizar con él (Plattner et al., 2011).

Por lo anterior, esta investigación se basa en dicha metodología enfatizando las fases de empatizar, prototipado y validación para diseñar una estructura mecánica tipo exoesqueleto para la mano y emular el movimiento natural de la misma generando un mecanismo más real para la limitación del movimiento.

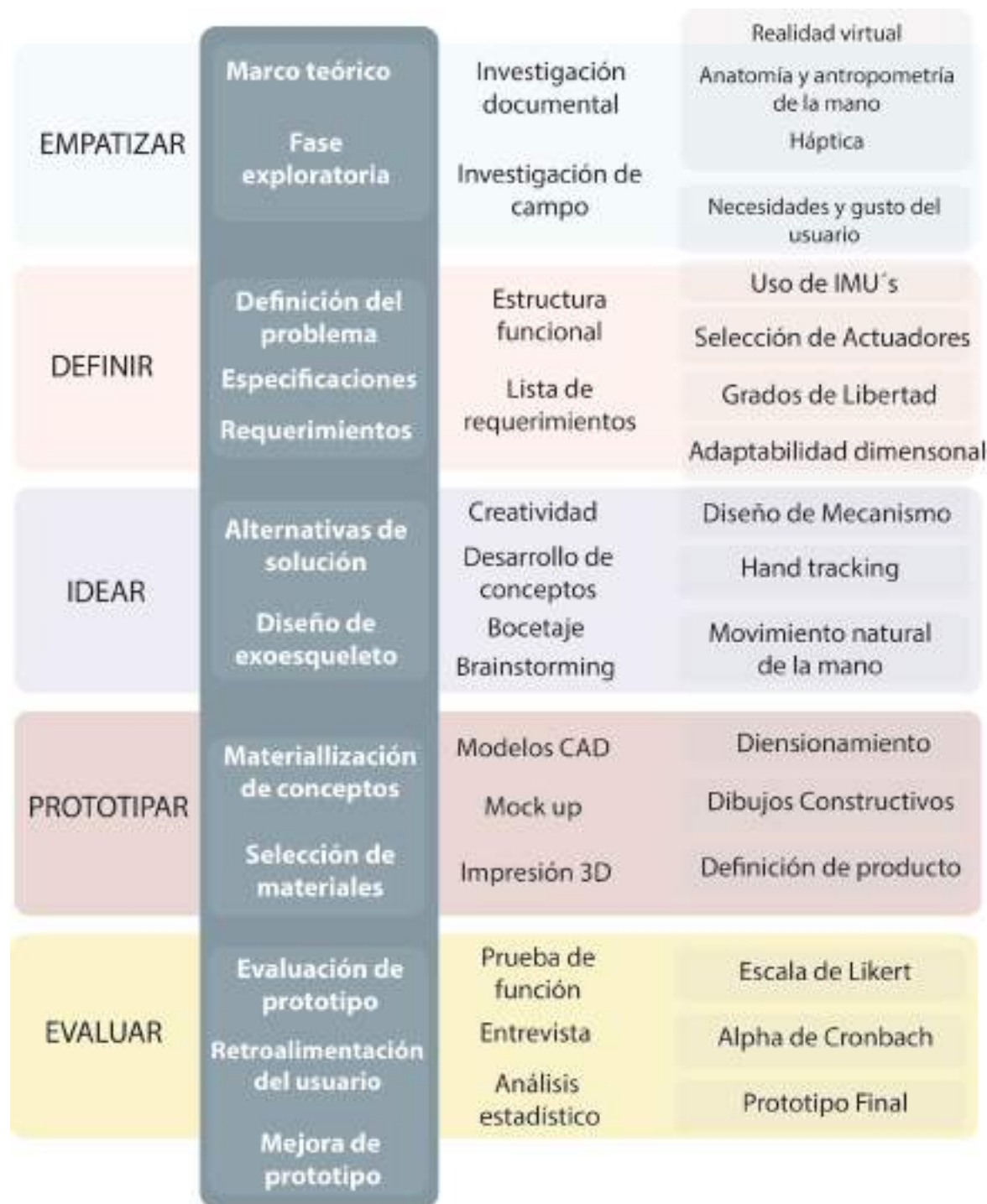


Fig. 4: Design Thinking aplicado al desarrollo de una interfaz háptica.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4 se observa cada una de las etapas de la metodología empleada así como las diferentes herramientas y resultados obtenidos para el concepto final de la interfaz háptica.

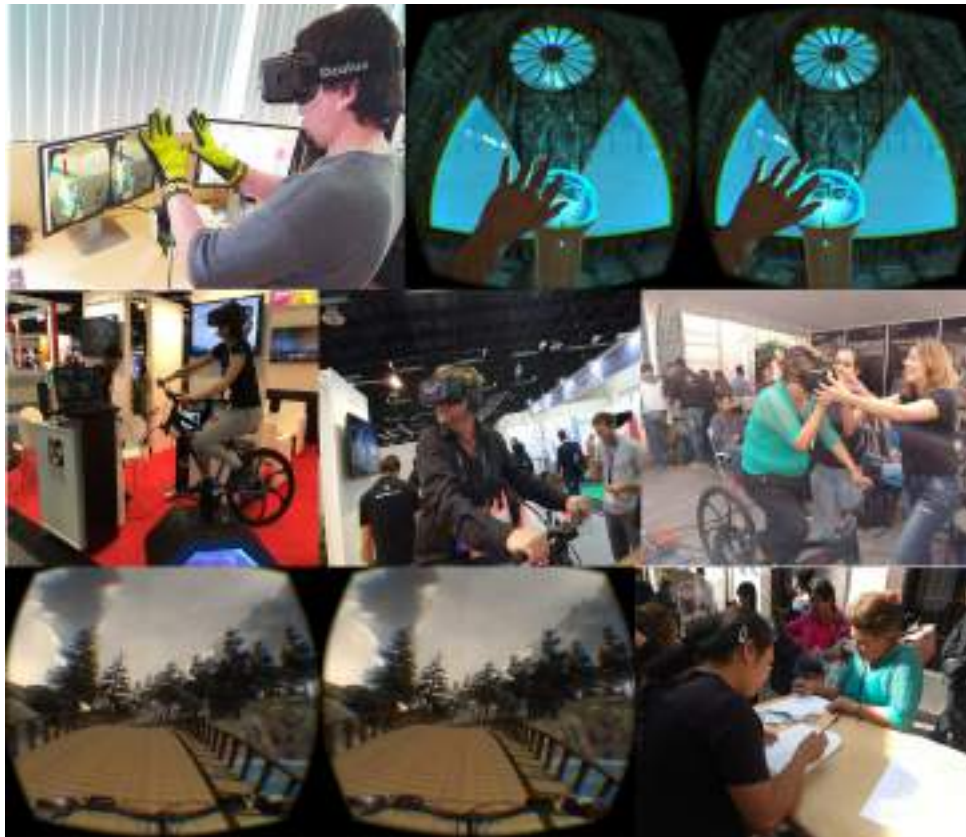


Fig. 5: Etapa de empatizar con el usuario tomadas en las distintas presentaciones de Rifado Studio (GAMESCOM 2016 y EXPOCYTEQ 2016).

Fuente: Elaboración propia.

Durante las distintas exhibiciones del Rifado estudio (Empresa incubada en la Universidad Autónoma de Querétaro de desarrollo de simuladores y aplicaciones inmersivas de realidad virtual), como se observa en la figura 5, que van desde el ámbito local en muestras tecnológicas como EXPOCYTEQ 2016 (Exposición de ciencia y tecnología del estado de Querétaro) hasta internacionales como la GAMESCOM 2016 (convención europea de videojuegos y desarrolladores) situada en Alemania, se

evaluaron a usuarios de RV para conocer sus necesidades y comentarios del tema, mediante el uso de entrevistas PQ (*Presence Questionnaire*) e inmersión ITQ (*Immersive Tendencies Questionnaire*) (Witmer & Singer, 1998) así como observación encubierta. Al mismo tiempo, se les propuso la idea de la introducción de un dispositivo háptico para el uso activo de las manos y se recopiló la información obtenida.

| Categoría | Concepto | Descripción |
|--------------------------------|---------------------------|--|
| Seguimiento natural de la mano | Dimensiones | Espacio de trabajo no menor de 2m esféricos (cables de alimentación y control). |
| | Movimiento | 11 grados de libertad (2 para cada dedo y 3 para pulgar). |
| | Función | Captura de movimiento mediante sensores IMU (inertial measurement unit). |
| Interacción con usuario | Material | Permitir la transpiración de la piel en la zona de la palma. |
| | Señales y control | Respuesta en tiempo real al ambiente virtual. |
| | Uso | Cubrir superficie de cuatro dedos (índice, medio, anular y meñique) y del pulgar de la mano para lograr movimiento de pinza con cada uno de ellos. |
| | Diseño conceptual | Estética de concepto basado en tendencias de ciencia ficción. |
| Ergonomía | Dimensiones | Peso máximo de 450 g. |
| | Dimensiones | 3 tamaños estándar (chico, mediano y grande) basados en la norma DIN 33402-2 y en estudios antropométricos de la población latinoamericana. |
| Retroalimentación háptica | Función | Limitar el movimiento en los dedos con uso de actuadores (servomotores). |
| Compatibilidad | Energía | Alimentación eléctrica doméstica 110 VAC 60 Hz. |
| | Señales y control | Comunicación USB 2.0 o posterior. |
| | Uso | Compatible con equipo no altamente especializado (PC Windows 7 - intel core i3 - 4Gb Ram en adelante). |
| | Vida útil y mantenimiento | Actualizable a versiones posteriores de software para posibles mejoras. |

Tabla 2: Parámetros y requerimientos de diseño para interfaz háptica.

Fuente: Elaboración propia.

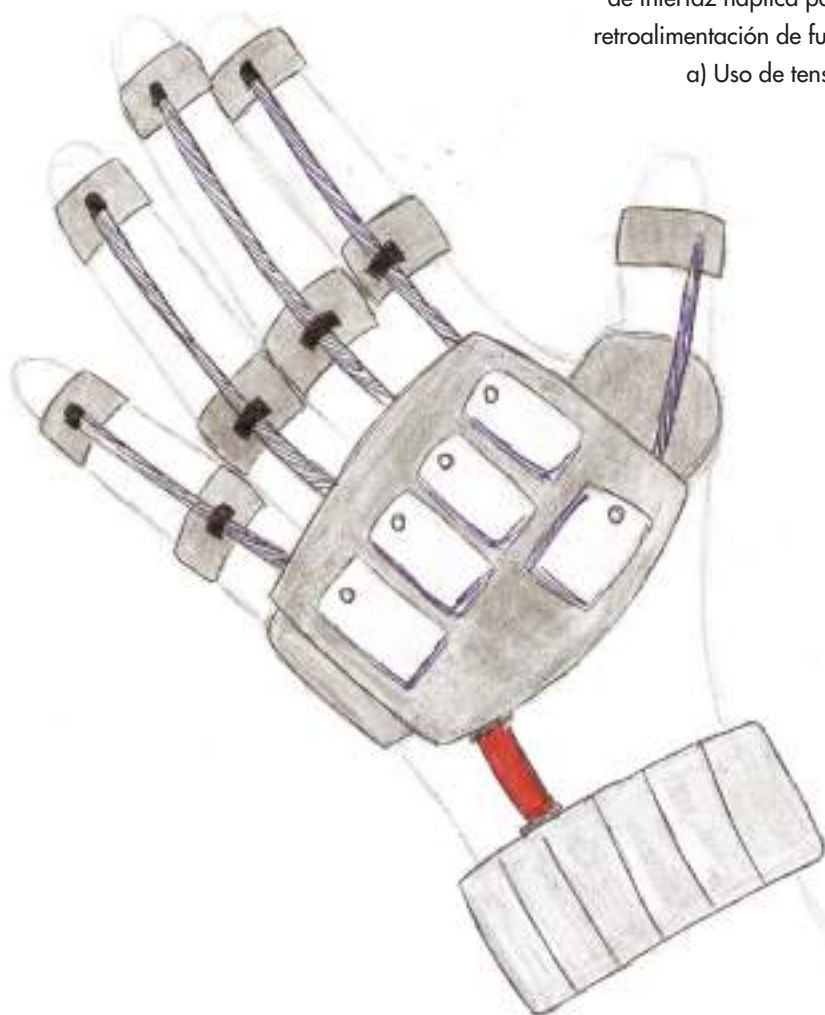
Como se muestra en la tabla 2, se clasificó esta información en cinco diferentes categorías que se tomaron como parámetros para el diseño de la interfaz. Estas categorías se jerarquizaron según la importancia para el usuario y se les asignaron valores para generar los requerimientos necesarios que dicha interfaz debe de poseer. Como se observa, el seguimiento del movimiento natural de la mano así como la interacción con el usuario, representan dos de las categorías mas importantes de los parámetros de diseño ya que permitirán al usuario un manejo nato de la interfaz y por consiguiente un grado mayor de inmersión en los sistemas virtuales.

Sumado a lo anterior, los proyectos y productos existentes en la actualidad (comparados en la tabla 1) se centran en el desarrollo tecnológico y en la complejidad de los algoritmos de procesamiento, dejando a un lado la interacción directa con el usuario, siendo este último quien se debe acoplar al producto en lugar de que el producto se acople a él.

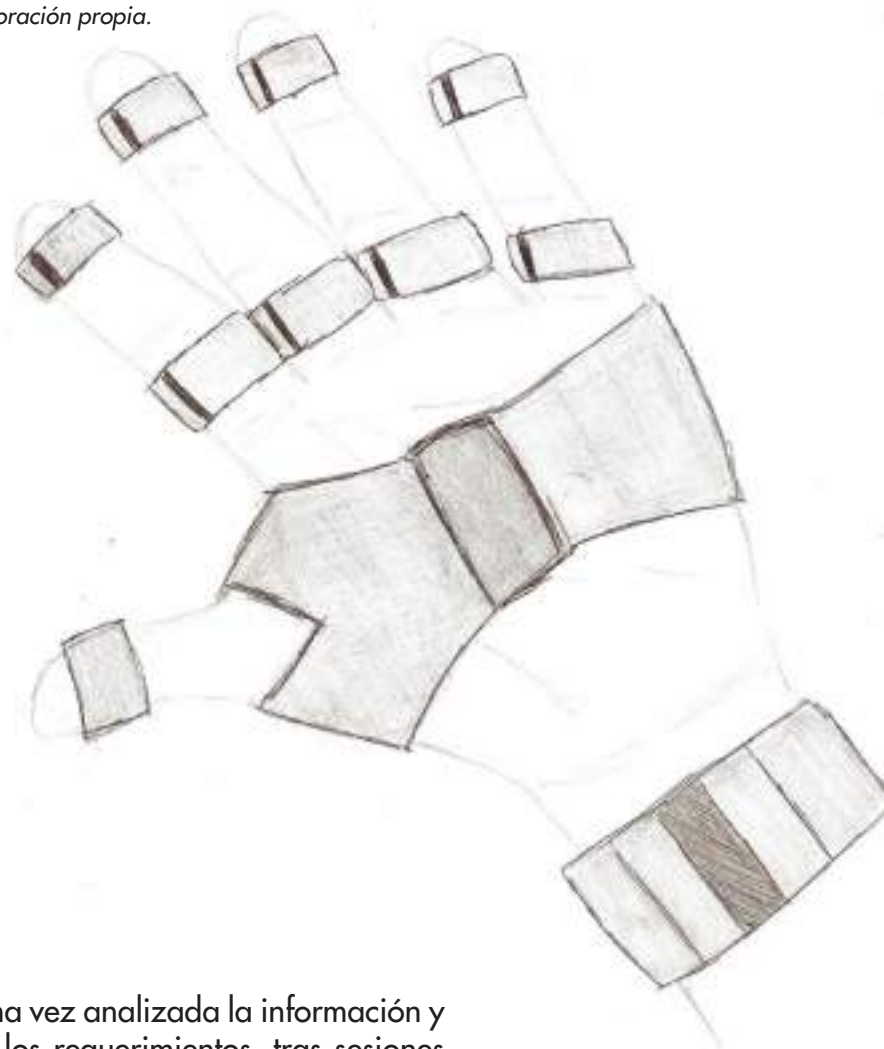
Por último, la mayoría de dichos productos sólo brindan retroalimentación táctil y no retroalimentación de fuerza dejando fuera la posibilidad de manipular objetos además de que su uso requiere de equipo altamente especializado para su correcto funcionamiento elevando su costo y la complejidad de su operación brindando una oportunidad de desarrollo de un nuevo producto centrado en el usuario y que posea los requerimientos arriba mencionados para satisfacer las necesidades que los productos existentes no cumplen.

a)

Fig. 6: Bocetaje de conceptos de interfaz háptica para la retroalimentación de fuerza.
a) Uso de tensores.



Fuente: Elaboración propia.



Una vez analizada la información y definidos los requerimientos, tras sesiones de brainstorming, sesiones de grupos de enfoque y técnicas como los cinco porqué, se desarrollaron diferentes bocetos de conceptos pasando por distintas propuestas como se puede observar en la figura 6.

b)

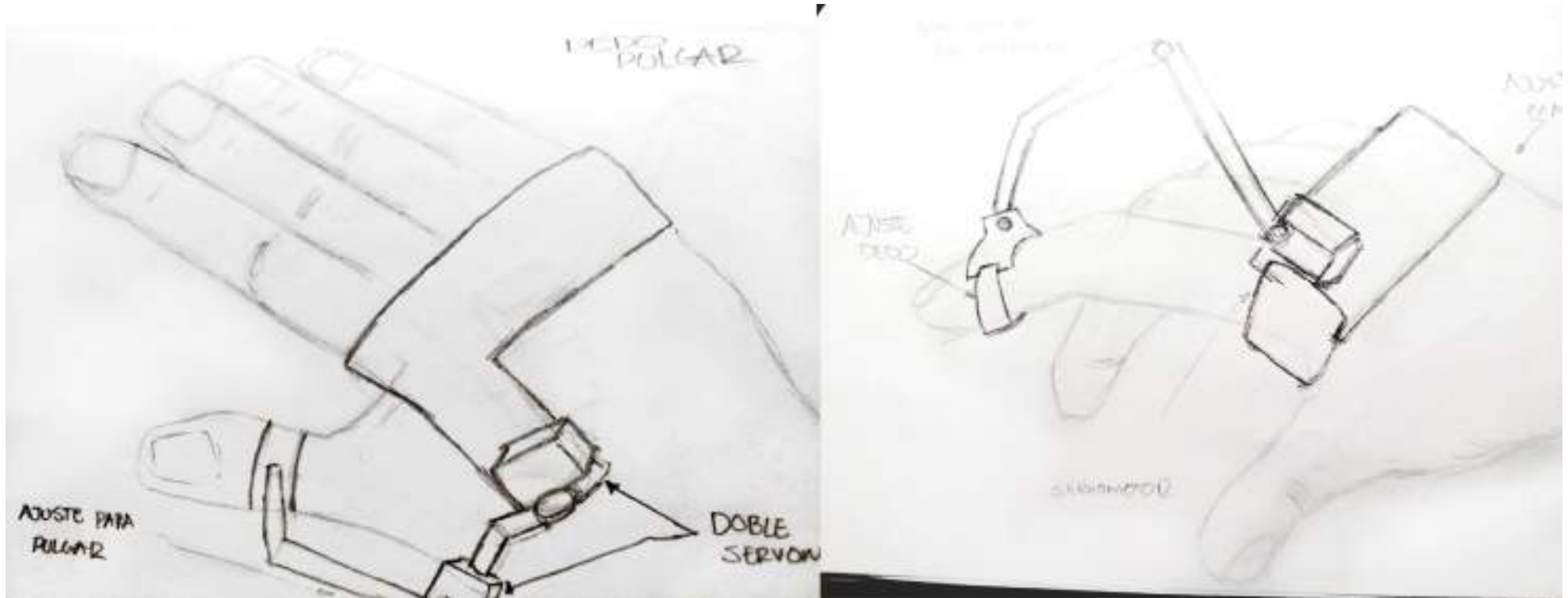


Fig. 6: Bocetaje de conceptos de interfaz háptica para la retroalimentación de fuerza.
b) Uso de servomotores.

Fuente: Elaboración propia.

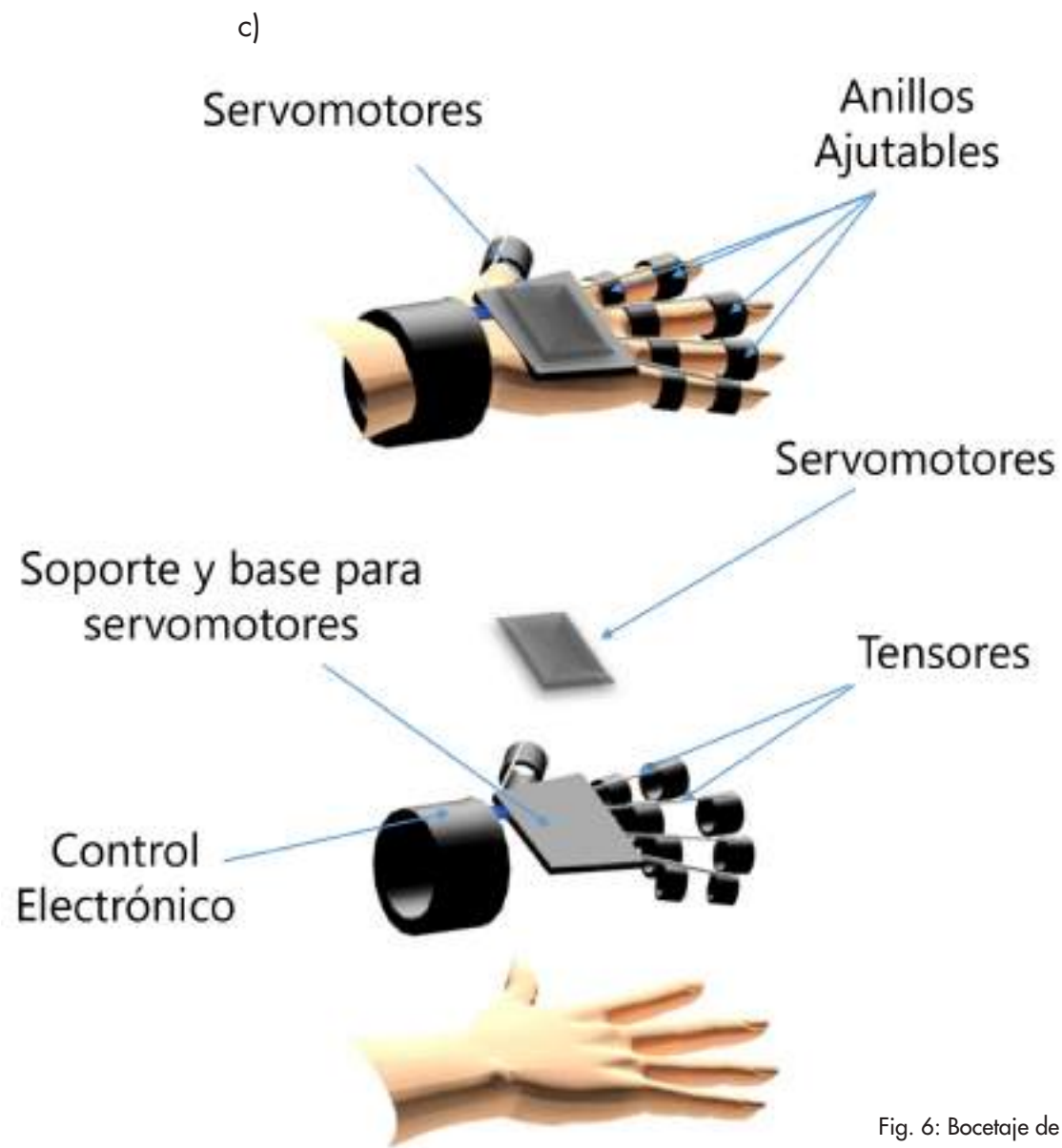


Fig. 6: Bocetaje de conceptos de interfaz háptica para la retroalimentación de fuerza.
c) Combinación de tensores y servomotores.

Fuente: Elaboración propia.



Fig. 7: Prototipado rápido de conceptos de interfaz háptica.

Fuente: Elaboración propia.

Después de la sesión para generar ideas, conceptos y bocetos, el equipo de trabajo seleccionó los modelos más apegados a la resolución de los problemas encontrados en la fase de empatía y se llevaron a la fase de prototipado para su posterior materialización, se utilizaron técnicas de modelado en 3D con software CAD tales como, Solid Works, Rhinoceros 3D y Autodesk Fusion 360 y tecnologías como impresión 3D. En la figura 7 se pueden observar algunos de los prototipos generados.

Estos prototipos se evaluaron en las categorías de usabilidad, libertad de movimiento, estética y área de acoplamiento del sistema de control electrónico mediante la observación y entrevistas a los sujetos de prueba [2] que representan al usuario final.

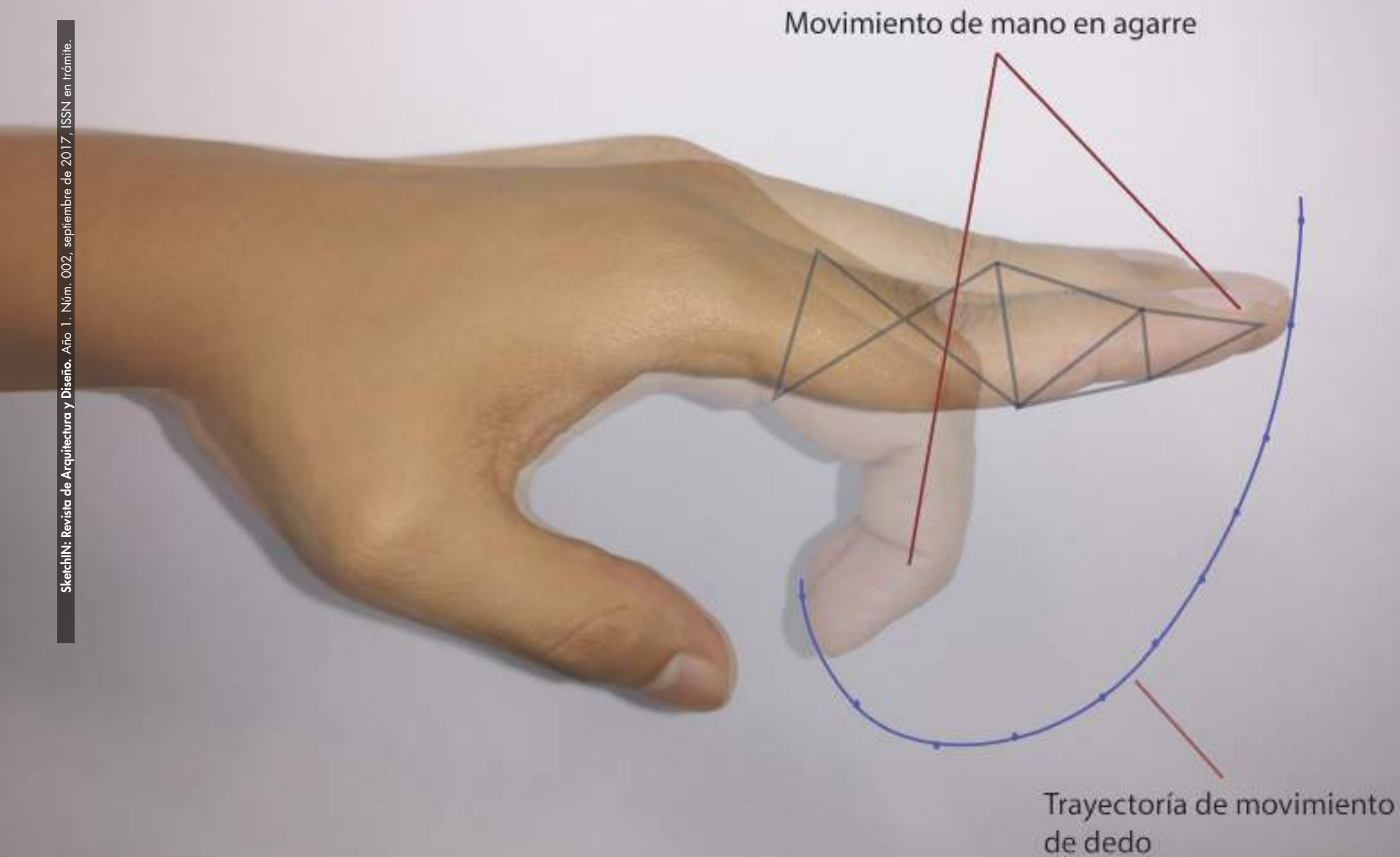


Fig. 8: Trayectoria de movimiento de los dedos en posición de agarre.

Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

Después de varias iteraciones del proceso de diseño basado en la metodología anteriormente descrita, se llegó a un concepto final. El diseño del exoesqueleto consiste en un mecanismo de barras interconectadas que sigue el movimiento natural de la mano, mediante un eslabón curvo conectado al mecanismo de un extremo y al servomotor del otro para seguir la trayectoria descrita por los dedos de las manos mostrada en la figura 8.

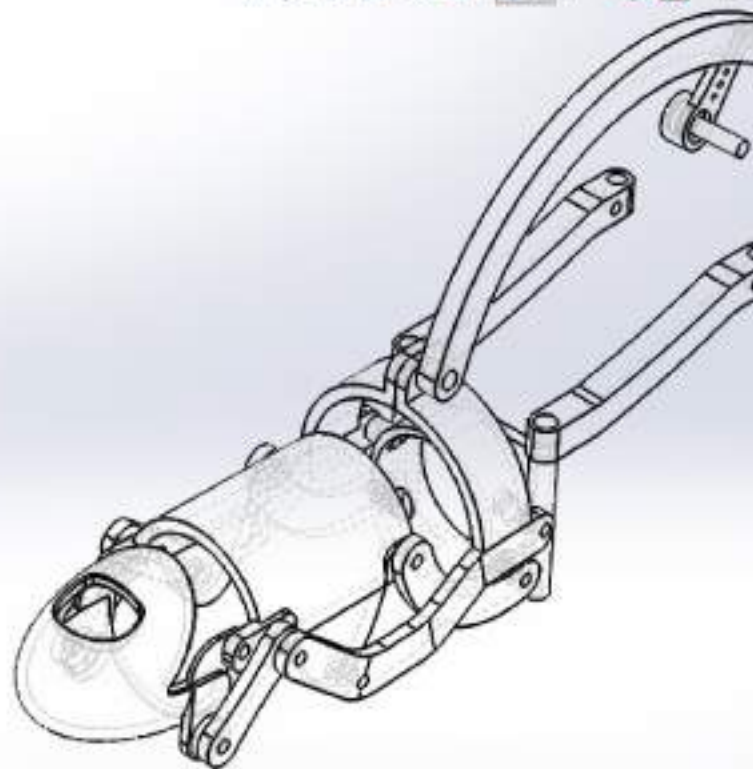
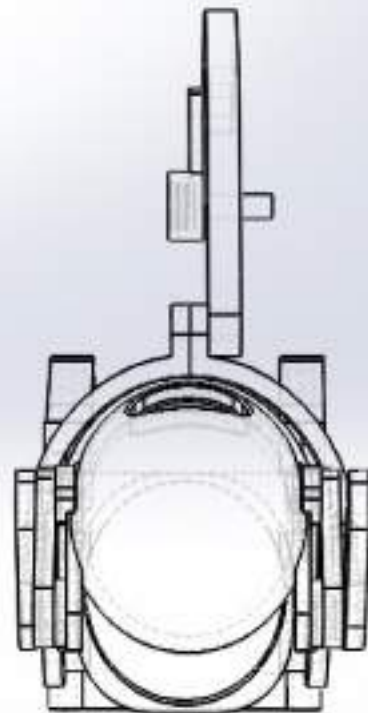
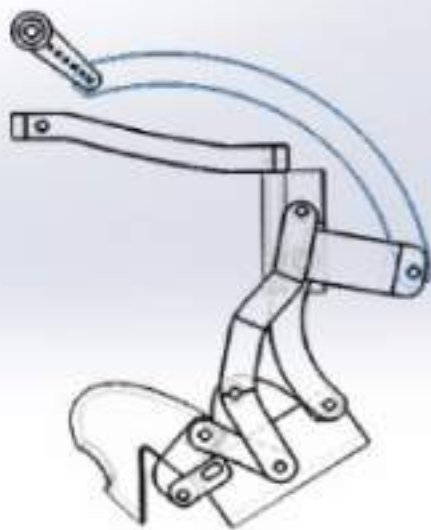
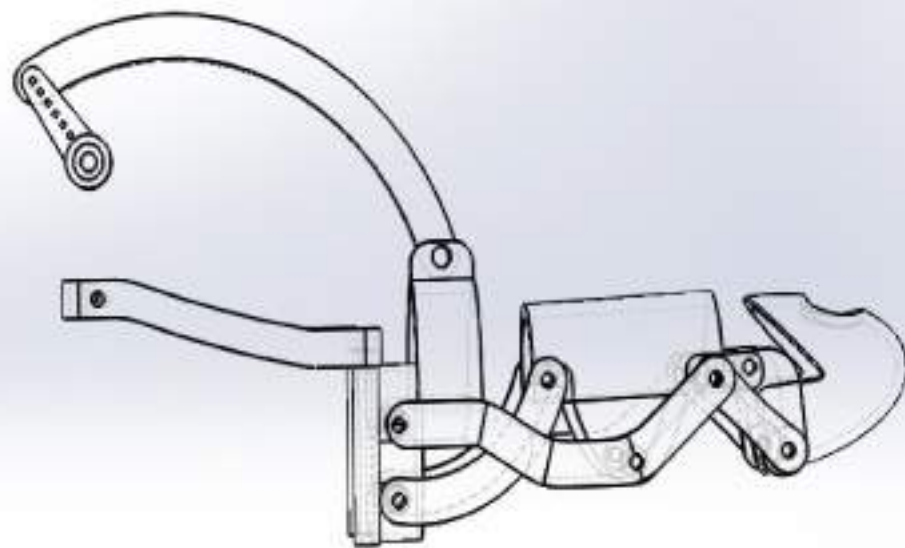


Fig. 9: Modelo 3D de dedo
de mecanismo propuesto y
estudio de movimiento en
Solid Works.

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular las distancias de las barras se propusieron tres tamaños estándar (chico, mediano y grande) basados en las medidas antropométricas de la norma DIN33 4022-2 para conocer el tamaño promedio de las manos ya que no hay estudios antropométricos oficiales en México. Las dimensiones planteadas en la norma se compararon con estudios de muestras latinoamericanas (Ávila, Prado, & Gonzáles, 2007) en donde las dimensiones de la norma y los estudios coincidían en los percentiles del 5 y 95% tomados como referencia para los tres tamaños propuestos.

Una vez determinadas las distancias y a través del estudio cinemático del mecanismo se propuso la conformación mostrada en la figura 9. El mismo estudio se realizó también para el resto de los dedos con sus respectivas distancias y se montó el exoesqueleto completo como se aprecia en la figura 10.

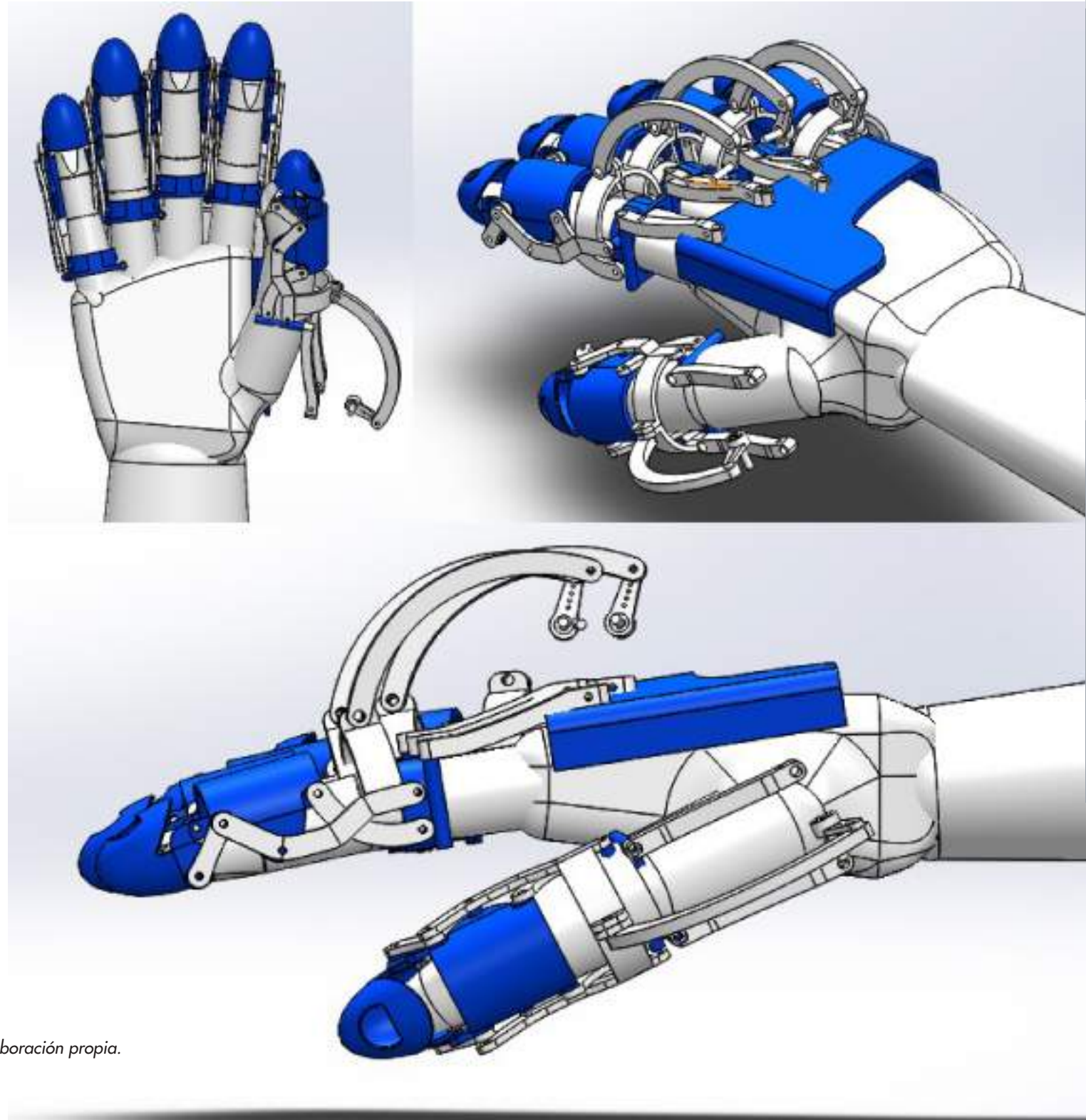


Fig. 10: Modelo de montaje de exoesqueleto mecánico en mano.

Fuente: Elaboración propia.

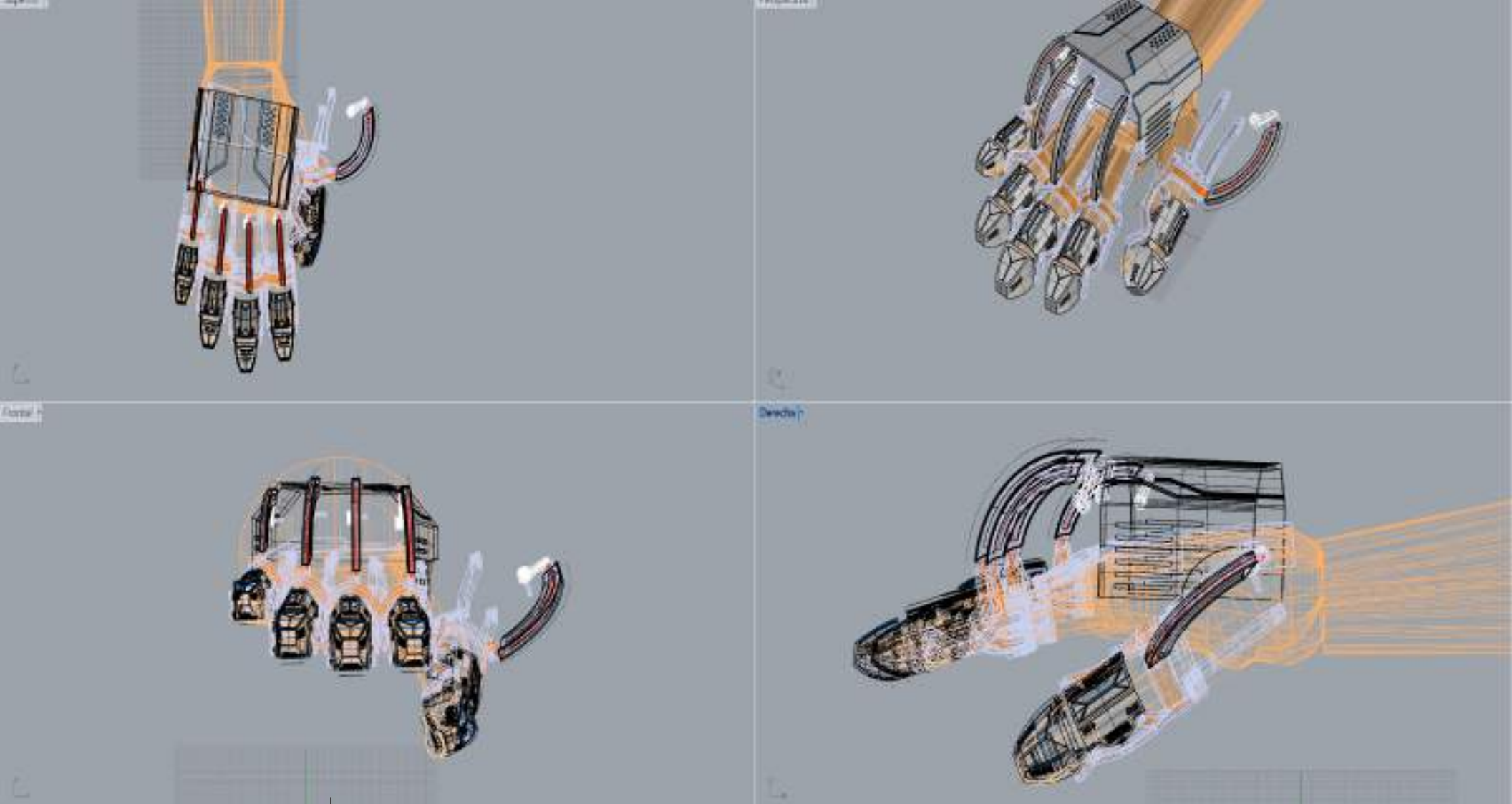


Fig. 11: Modelo de concepto futurista para la parte estética en Rhinoceros 3D.

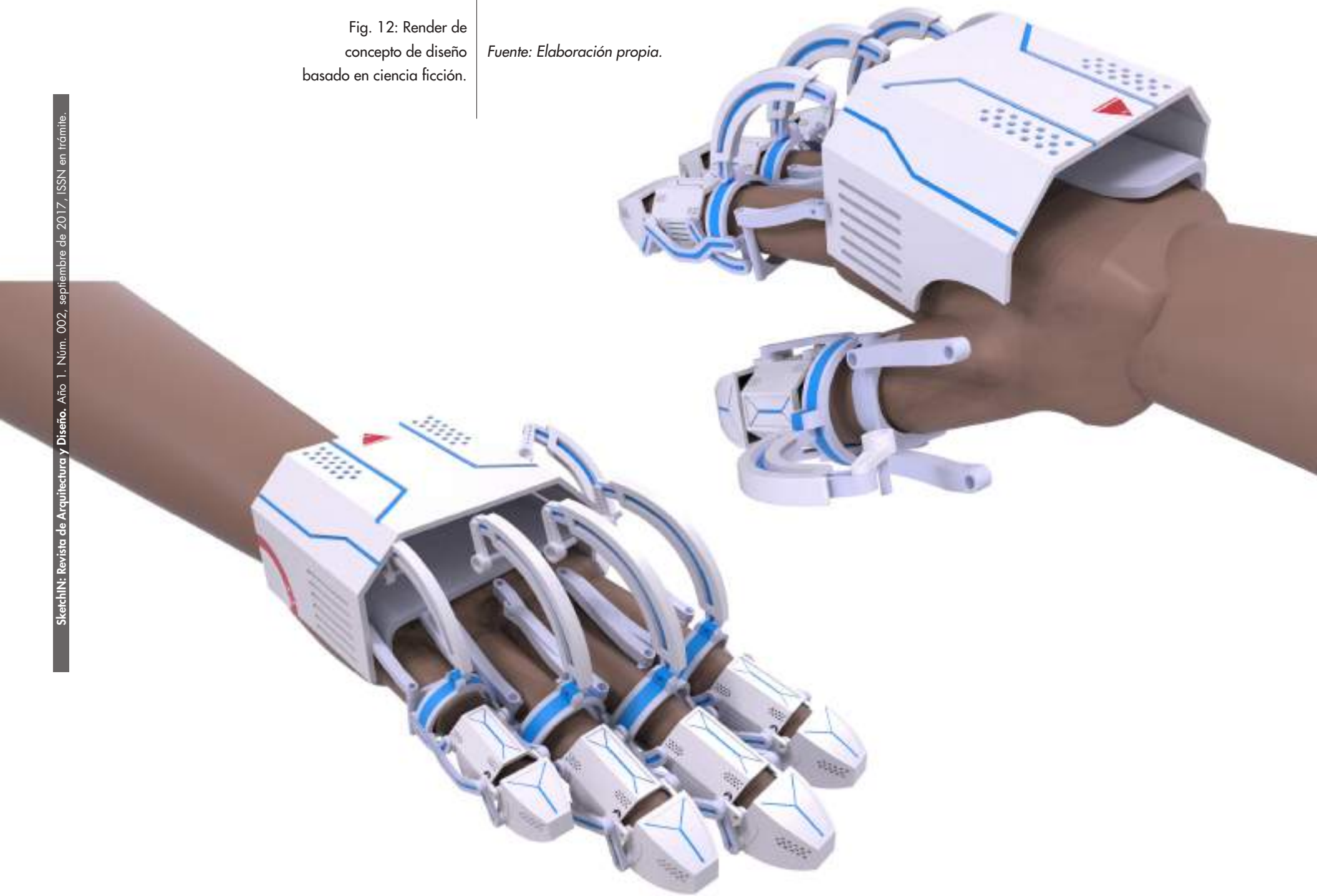
Fuente: Elaboración propia.

Mediante estudios de movimiento en Solid Works se validó el movimiento del mecanismo de barras para la correcta transmisión del mismo para finalmente generar un concepto de diseño futurista conforme a la expectativa del usuario. El concepto está basado en tendencias de ciencia ficción para generar un producto coherente al mundo virtual y a la

conformación estética que los usuarios en su mayoría sugirieron en la fase de entrevistas. En la figura 11 se puede observar dicho concepto, así como la carcasa que recubrirá los servomotores y el control electrónico en la fase de modelo utilizando el software Rhinoceros 3D. A su vez, en la figura 12 se muestran renders del concepto final del exoesqueleto.

Fig. 12: Render de concepto de diseño basado en ciencia ficción.

Fuente: *Elaboración propia.*



Entre las principales ventajas que el diseño anteriormente descrito propone destacan las siguientes:

- Diseño ergonómico basado en las medidas antropométricas para la fácil adaptación al usuario.
- Diseño mecánico de barras que sigue el movimiento natural de los dedos logrando una sensación nata de uso.
- Uso de un actuador por dedo, facilitando así, su control electrónico responsable de la retroalimentación de fuerza, reduciendo el costo y la cantidad datos de procesamiento para asegurar su funcionamiento en equipos que no son altamente especializados.
- Diseño estético basado corrientes de ciencia ficción para una mayor aceptación del usuario de realidad virtual.

CONCLUSIONES

El desarrollo de nuevos proyectos y productos basados en tecnología, además de la aplicación de la ciencia, debe enfocarse y centrarse en los usuarios ya que estos dictaminan si el producto será exitoso o no, si cubre sus necesidades y expectativas, así como si crea un lazo emocional hacia ellos, en cuyo caso su deseo por él aumentará significativamente, lo que se traduce en una mayor aceptación y ventas.

Las técnicas y metodologías centradas en el usuario y no en la tecnología se requieren para la correcta integración de todos los actores involucrados en el proceso de diseño, ya que además de considerar el cómo, se centra en el por qué, lo que brindará una visión más amplia del problema así como una solución eficaz a él sin dejar de lado los aspectos de uso, función, estética y forma, generando soluciones integrales y no parciales a necesidades bien definidas extraídas directamente del usuario final. Por esta razón, todo proyecto -cualquiera que sea su naturaleza- debe integrar desde su fase inicial al diseño no solo en términos estéticos sino de estrategia, una visión clara del objetivo asegura un producto exitoso en lugar de aplicaciones obvias de la tecnología que satisfacen problemas inexistentes.

LIMITACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Por la naturaleza de la revista y del proyecto expuesto en el artículo solo se toma en consideración el diseño mecánico del exoesqueleto y se deja a un lado la parte de control electrónico, procesamiento de datos y captura de movimiento para la retroalimentación así como la integración de los mismos.

El proyecto tiene el objetivo de brindar una herramienta para evaluar la inmersión generada en la inclusión de un tercer sentido dejando así las bases para trabajos posteriores para afinar la características técnicas de la captura de movimiento y el aumento de grados de libertad para la inclusión de nuevos actuadores y sistemas de tracking más sofisticados. Así como la generación de contenido para diferentes aplicaciones basadas en la SDK que se proporcionará para el uso del dispositivo.

NOTAS ACLARATORIAS

[1] La inmersión lograda calificada en la tabla por signos "+" y "-" está sujeta a criterio del autor con base en las publicaciones de los proyectos y productos mostrados en la tabla, ya que no existe un experimento comparativo de cada uno de ellos. Se limitó a las conclusiones mostradas en cada una de las publicaciones por separado.

[2] Muestra de dos grupos de 25 personas escogidas al azar y mayores de edad, que conforman la comunidad de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) sometidos a pruebas de uso de sistemas de RV primeramente sin la integración de la interfaz háptica y posteriormente con ella para después contestar los cuestionarios PQ (Presence Questionnaire) e inmersión ITQ (Immersive Tendencies Questionnaire) propuestas por Witmer y Singer.

REFERENCIAS

- Alexander, J. M., Johnson, K. E., & Schreiber, J. B. (2002). Knowledge is not everything: Analysis of children's performance on a haptic comparison task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 82(4), 341–366. [http://doi.org/10.1016/S0022-0965\(02\)00100-5](http://doi.org/10.1016/S0022-0965(02)00100-5)
- Ávila, R., Prado, L., & Gonzáles, E. (2007). Dimensiones antropométricas de población latinoamericana: México, Cuba, Colombia, Chile.
- BBVA Innovation Center. (2015). TOTAL IMMERSION IN A REAL WORLD INCRESIGLY. Ebook Virtual Reality, (SERIE INNOVATION TRENDS). Retrieved from <http://www.centrodeinnovacionbbva.com/en/ebook/ebook-virtual-reality>
- Bowman, D. a, McMahan, R. P. (2007). Virtual Reality: How Much Immersion Is Enough? (Cover story). *Computer*, 40(7), 36–43. <http://doi.org/10.1109/MC.2007.257>
- Burdea, G. C., Lin, M. C., Ribarsky, W., & Watson, B. (2005). Guest editorial: Special issue on haptics, virtual, and augmented reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 11(6), 611–612. <http://doi.org/10.1109/TVCG.2005.102>
- Bystrom, K.-E., Barfield, W., & Hendrix, C. (1999). A conceptual model of the sense of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8(2), 241–244.
- Corbetta, D., Imeri, F., & Gatti, R. (2015). Rehabilitation that incorporates virtual reality is more effective than standard rehabilitation for improving walking speed, balance and mobility after stroke: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 61(3), 117–24. <http://doi.org/10.1016/j.jphys.2015.05.017>
- Cyberglove Systems. (2015). No Title. Retrieved from <http://www.cyberglovesystems.com/>
- Gu, X., Zhang, Y., Sun, W., Bian, Y., Zhou, D., & Kristensson, P. O. (2016). Dexmo: An Inexpensive and Lightweight Mechanical Exoskeleton for Motion Capture and Force Feedback in VR. *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '16*, 1991–1995. <http://doi.org/10.1145/2858036.2858487>
- Guttentag, D. A. (2010). Virtual reality: Applications and implications for tourism. *Tourism Management*, 31(5), 637–651. <http://doi.org/10.1016/j.tourman.2009.07.003>

- Massie, T. H. (1994). The PHANTOM Haptic Interface: A Device for Probing Virtual Objects. Proceedings of the ASME Winter Annual Meeting, Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems.
- Mihelj, M., Novak, D., & Beguš, S. (1999). Virtual reality technology and its industrial applications. *Control Engineering Practice* (Vol. 7). [http://doi.org/10.1016/S0967-0661\(99\)00114-8](http://doi.org/10.1016/S0967-0661(99)00114-8)
- Mihelj, M., & Podobnik, J. (2012). Haptics for Virtual Reality and Teleoperation. SPRINGER. http://doi.org/10.1007/978-94-007-5718-9_1
- Minsky, M., Ming, O., Steele, O., Brooks, F. P., & Behensky, M. (1990). Feeling and seeing: issues in force display. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 24(2), 235–241. <http://doi.org/10.1145/91394.91451>
- Mujber, T. S., Szecsi, T., & Hashmi, M. S. J. (2004). Virtual reality applications in manufacturing process simulation. *Journal of Materials Processing Technology*, 155–156(1–3), 1834–1838. <http://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2004.04.401>
- Plattner, H., Meinel, C., & Leifer, L. (2011). Understanding Innovation. Hasso Plattner Institut. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-13757-0>
- Samur, E. (2012). Performance metrics for haptic interfaces. Springer London. http://doi.org/10.10007/978-1-4471-4225-6_1
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2003). Understanding Virtual Reality: Interface, Application and Design. (U. of California, Ed.). San Francisco: MORGAN KAUFMANN.
- Slater, M. (2003). A Note on Presence Terminology. *Emotion*, 3, 1–5.
- Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6), 603–616. <http://doi.org/10.1007/s10750-008-9541-7>
- Srivastava, K., Chaudhury, S., & Das, R. (2014). Virtual reality applications in mental health: Challenges and perspectives. *Industrial Psychiatry Journal*, 23(2), 83. <http://doi.org/10.4103/0972-6748.151666>
- Waterworth, J. A., & Waterworth, E. L. (2010). The Meaning of Presence. *Interactive Institute*, 58(1), 5–6. <http://doi.org/10.1111/1468-4446.12187>
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoper. Virtual Environ.*, 7(3), 225–240. <http://doi.org/10.1162/105474698565686>
- Holden, M. K. (2005). Virtual environments for motor rehabilitation: review. *Cyberpsychology & Behavior: The Impact of the Internet, Multimedia and Virtual Reality on Behavior and Society*, 8(3), 187–211–219. <http://doi.org/10.1089/cpb.2005.8.187>
- Kim, N. W., & Lee, H. J. (2013). Developing of vision-based virtual combat simulator. 2013 International Conference on IT Convergence and Security, ICITCS 2013, 1–4. <http://doi.org/10.1109/ICITCS.2013.6717823>
- Ludlow, B. L. (2015). Virtual Reality: Emerging Applications and Future Directions. *Rural Special Education Quarterly*, 34(3), 3–10.



**Niño con
Sobrepeso**



**Adolescente
con Sobrepeso**

**REQUERIMIENTOS PARA EL USO DE TÉCNICAS DE GAMIFICACIÓN EN EL
DISEÑO DE UNA APLICACIÓN PARA MÓVILES ENFOCADA AL FOMENTO DEL
CONSUMO DE ALIMENTOS SALUDABLES EN NIÑOS**

REQUIREMENTS FOR THE APPLICATION OF GAMIFICATION TECHNIQUES FOR THE DEVELOPMENT OF
HEALTHY FOOD INTAKE THROUGH MOBILE APP.

Oliver Ulises Aguilar Madrigal.
- Oliver.Aguilarm@gmail.com
- Maestría en Diseño e Innovación.
- Universidad Autónoma de Querétaro.

Cesar Oswaldo Mendoza Herbert.
- Maestría Instrumentación y Control.
- Universidad Autónoma de Querétaro.

RESUMEN

La obesidad y el sobrepeso se han vuelto un problema a nivel mundial, debido a la cantidad de muertes asociadas a estos padecimientos causados por diabetes tipo II y algunos tipos de cáncer.

Utilizando metodologías de Gamificación, User Experience Design y Design Thinking se diseñó la dinámica de una app para dispositivos móviles, y así, fomentar el consumo de alimentos saludables en niños aplicando conceptos de la teoría social pedagógica de Bandura para enseñar a los niños sobre los alimentos que consumen y incentivar el consumo de alimentos saludables.

PALABRAS CLAVE

Gamificación, Nutrición, Sobrepeso, Obesidad, Niños, App.

ABSTRACT

Obesity and overweight had become a global problem due to the massive amount of diseases associated to Diabetes type II and some types of cancer that are cause by Obesity and Overweight. Using Gamification, User Experience Design and Design thinking methodologies an app for mobile devices was design to encourage healthy food intake among children applying concepts from Banduras Social Cognitive theory to teach children about healthy food.

PALABRAS CLAVE

Gamification, nutrition, Overweight, Obesity, Children, App.

INTRODUCCIÓN

Desde hace dos décadas, la obesidad ha dejado de ser un problema estético (Baillet Esquivel, 2008), actualmente es uno de los principales padecimientos no transmisibles de alto riesgo a nivel mundial con más de 1942 millones de personas afectadas alrededor del mundo, abarcando niños menores de cinco años inclusive adultos (Organización Mundial de la Salud, 2016). Hasta hace un par de décadas, la preocupación en el sector salud se centraba en cómo alimentar a la población con desnutrición. Actualmente el problema radica en que gran parte de la población tiene desnutrición y obesidad al mismo tiempo (Sánchez-Castillo et al., 2004).

La importancia de atacar esta problemática radica en el derecho de todo ser humano a gozar de una salud plena fomentando la igualdad. Como menciona la Organización Mundial de la Salud en el 2016: “el goce del grado máximo de salud que se pueda lograr es uno de los derechos fundamentales de todo ser humano.” Este derecho va íntimamente vinculado con el derecho a la alimentación y el derecho a la salud que incluye el acceso a sistemas de protección de la salud, para ofrecer las mismas oportunidades de tener el máximo de salud que se pueda alcanzar.

En este escenario, México se encuentra en primer lugar en obesidad infantil y el segundo en obesidad de adultos (UNICEF, 2016). Desde 1980 la prevalencia de la obesidad en el país se ha triplicado y un 26% de niños equivalente a 10.19 millones (ENSATU, 2006) presenta este padecimiento propiciando la presencia de sobrepeso en la vida adulta (Secretaría de Salud, 2010). En un periodo de 6 años (2006 - 2012) en México se sumaron 5.4 millones de personas al padecimiento de sobrepeso y obesidad (ENSANUT, 2012). Esto deriva en que actualmente en el país se gastan entre 82 y 98 mil millones de pesos en gastos relacionados con el sobrepeso y la obesidad, equivalentes al 73% y 87% del presupuesto total de lo establecido para salud pública (Instituto Mexicano para la Competitividad., 2015).

Esta situación exige una respuesta inmediata que se puede lograr mediante el fomento de hábitos alimenticios sanos desde una edad temprana, ya que el riesgo de contraer diabetes tipo 2, cardiopatías y accidentes cardiovasculares puede reducirse en un 80% y 40% para el cáncer. Esto podría generar un ahorro en gastos médicos de \$3,798 millones de pesos en el caso de los hombres y \$3,559 millones de pesos para las mujeres, sumando un total de \$7,357 millones de pesos (Secretaría de Salud, 2010). Esta cantidad podría ser mayor si los programas de prevención logran impactar en la población, llegando a un estimado de \$130,500 millones de pesos.

El beneficio de lograr un cambio de hábitos alimenticios dañinos por hábitos alimenticios saludables está en brindar una oportunidad de mejorar radicalmente la calidad de vida de las personas evitando el padecimiento de enfermedades relacionadas con el sobrepeso y la obesidad. Para asegurar que dichos cambios duren toda la vida, es necesario que el nuevo comportamiento se convierta en un hábito y las tecnologías móviles, como los smartphones, puedan ser de ayuda en el desarrollo de los nuevos hábitos alimenticios (Stawarz et al., 2015).

Las tecnologías portátiles como smartphones y tabletas son un excelente medio, debido a su rápido desarrollo y adopción por parte del público en casi todos los estratos sociales. Esto supone una ventaja para combatir el sobrepeso y la obesidad en México por medio del fomento de hábitos alimenticios sanos. Las tecnologías móviles en la educación han tenido un impacto benéfico ya que se ha demostrado que facilitan el aprendizaje gracias a la capacidad interactiva que poseen y a la rapidez con la que ofrecen retroalimentación (Henríquez et al., 2013).

Esto representa un reto y a la vez una oportunidad de enfrentar la obesidad desde distintos ángulos, brindando a México la posibilidad de un mejor futuro en la salud y en la economía (Aguirre, 2012). Al utilizar los dispositivos móviles como un medio para el fomento de hábitos alimenticios saludables y sumando un diseño que logre enganchar al usuario, el impacto en el público se puede maximizar, aprovechando una oportunidad para combatir la obesidad y el sobrepeso mediante la transformación de hábitos alimenticios de manera efectiva (Eyal & Hoover, 2014).

En la literatura podemos encontrar que los recordatorios y repeticiones asistidas son poco efectivas en el desarrollo de nuevos hábitos a diferencia del uso de señales basadas en situaciones que incrementan la "automaticidad" logrando un mejor resultado; sin embargo, la probabilidad de que los nuevos hábitos permanezcan es muy baja. El estudio de funcionalidad determinó que el uso de tecnologías existentes para la intervención en hábitos, que hayan sido diseñados bajo guías y literatura para este propósito, tiene potencial para fomentar el desarrollo de hábitos saludables (Stawarz et al., 2015).

Durante este estudio, se identificaron seis juegos creados en 2016 orientados a incentivar el consumo de alimentos sanos en niños, y se evaluaron las teorías o técnicas que utilizan resultados esperados, métodos de validación y cómo se cataloga en la plataforma.

| | Teoría | Productos | Resultados | Validación | Año | Autor |
|---|----------------------------|----------------|--|-------------------------------------|------|--|
| 1 | Nutritional Teaching Games | Store | Aumento en la conciencia sobre la alimentación. | Estadística / Comparación de grupos | 2001 | M.C. Turnin, M.T. Tauber, O. Couvaras, et al. |
| 2 | Nutritional Teaching Games | Guess Who | Aumento en la conciencia sobre la alimentación. | Estadística / Comparación de grupos | 2001 | M.C. Turnin, M.T. Tauber, O. Couvaras, et al. |
| 3 | Nutritional Teaching Games | Granny Smith | Aumento en la conciencia sobre la alimentación. | Estadística / Comparación de grupos | 2001 | M.C. Turnin, M.T. Tauber, O. Couvaras, et al. |
| 4 | Nutritional Teaching Games | The Restaurant | Aumento en la conciencia sobre la alimentación. | Estadística / Comparación de grupos | 2001 | M.C. Turnin, M.T. Tauber, O. Couvaras; et al. |
| 5 | Persuasive Technology | Time to Eat | Aumento de ejercicio, mejoramiento de una dieta, control y manejo de enfermedades como diabetes. | Observación y cuestionarios. | 2010 | Pollak, Jhon; Gay, Geri; Byrne, Sahara; et al. |
| 6 | Transtheoretical Model | Order Up! | Aumento en la conciencia sobre la alimentación. | Entrevistas | 2010 | Andrea Grimes |

En la Tabla 1 se puede observar que la mayoría de las Apps o juegos se enfocan en lograr una concientización sobre de la buena alimentación, sin embargo no profundizan en desarrollar una preferencia en los niños por alimentos saludables.

Tabla 1: 6 Principales app en el mercado

Fuente: Elaboración propia.

MARCO TEÓRICO

SOBREPESO Y OBESIDAD

La obesidad y el sobrepeso son enfermedades definidas como una acumulación de grasa excesiva dentro del cuerpo que representa una amenaza a la salud del individuo (Organización Mundial de la Salud, 2016). Sus causas son variadas, principalmente se debe a la interacción entre factores genéticos, socioculturales, psicológicos y del medio ambiente o contexto (Committee on Nutrition, 2003; Castañeda, 2008). El estilo de vida sedentario es uno de los factores que repercute más en el desarrollo de sobrepeso y se caracteriza por el uso en exceso de medios de comunicación electrónicos y una ingesta de alimentos hipercalóricos, considerándose la causa principal del desequilibrio energético (Rodríguez, 2006).

Aunque el sobrepeso y la obesidad infantil aún no han sido definidos por la Organización Mundial de la Salud, se presentan de la misma manera que las anteriores definidas en adultos; sin embargo, cobran mayor relevancia debido a que poseen un 80% de probabilidades de prevalecer en la adolescencia y un 20% de probabilidades de permanecer en los adultos (Rodríguez, 2006). Entre las consecuencias de este padecimiento se encuentran: complicaciones pulmonares como: asma, apnea obstructiva durante el sueño (síndrome pickwickiano), complicaciones ortopédicas, gastrointestinales y hepáticas. Además de lo anterior, el sobrepeso y la obesidad también genera un estrés psicológico debido al señalamiento social que se les impone a los niños que padecen sobrepeso u obesidad, lo que puede causar baja autoestima y depresión (Committee on Nutrition, 2003, Rodríguez, 2006).



Niño con
Sobrepeso



Ilustración 1- Probabilidad de tener sobrepeso en un futuro.

Fuente: Elaboración propia basada en ENSATU (2016).

HÁBITOS ALIMENTICIOS

Los hábitos se definen como comportamientos automáticos desencadenados por señales circunstanciales con poco o ningún pensamiento consciente (Eyal & Hoover, 2014).

Por lo tanto, los hábitos alimenticios son expresiones y tradiciones alimentarias de un grupo de personas. Son costumbres que están

ligadas directamente al contexto geográfico, como la disponibilidad y el tipo de alimentos así como las preferencias y aversiones de cada individuo. (Hernaez, 2010).

El cambio de hábitos alimenticios se da con más frecuencia en adultos debido a enfermedades o situaciones del contexto, sin embargo el cambio es lento y paulatino y requiere de más esfuerzos, siendo más fácil

al ser joven pues tienes más probabilidades de conservarlos toda la vida (Calvo et al., 2012). Existen teorías que afirman que los hábitos se pueden crear en 21 días si la acción se repite constantemente a lo largo de ese periodo de tiempo. Sin embargo, se demostró que la repetición no genera cambios en el comportamiento a largo plazo (Stawarz et al., 2015).

DISPOSITIVOS MÓVILES

Podemos considerar como dispositivos móviles a dispositivos electrónicos con capacidad de procesamiento que son suficientemente ligeros para ser transportados por una persona y disponen de una batería que les da autonomía (Tardáguila, 2009). Esta definición abarca desde computadoras portátiles, hasta tablets, smartphones, etc... Entre las características que podemos encontrar en cualquier dispositivo móvil son: tamaño pequeño, la mayoría de los dispositivos móviles pueden ser transportados en el bolsillo del usuario, capacidad de procesamiento, conexión permanente a una red, contar con distintos tipos de sistemas de almacenamiento

(RAM, Flash, Micro SD, etc...), son de uso personal, gran capacidad e interacción por medio de pantallas táctiles o teclados (Morillo, 2010). Son dispositivos multiusos que se encuentran en cualquier ciudad del mundo y no requieren capacitación para su uso (Fernández, 2015). El éxito en el mercado de estos dispositivos radica en su tamaño pequeño, capacidades de conectividad y procesamiento avanzadas, precios relativamente bajos y la capacidad de almacenar aplicaciones para distintos fines y la información generada por estas (M. et al., 2012). Las presentes características hacen que los dispositivos móviles sean el medio / plataforma más apropiado para el proyecto.

APPS

Se le denomina App, por “Application”, a un programa de software para computadora o teléfonos con sistema operativo (American Dialect Society, 2011). Se define como una aplicación informática diseñada para ser ejecutada en dispositivos móviles para diversos fines. Se localizan en plataformas de distribución creadas por las compañías propietarias de los sistemas operativos entre los que se encuentran: Android, iOS, BlackBerry OS y Windows

Phone. Dichas plataformas funcionan como espacios de distribución gratuita o venta. (Santiago et al., 2015). En el 2015 existieron 165,000 aplicaciones para dispositivos móviles dedicadas a la salud para todo tipo de público y dispositivos (Ken, 2015) y en el campo de la nutrición “diet and fitness” se calcula que existen 65,000 (San Mauro et al., 2014). Actualmente, las capacidades de una app correctamente diseñada enfocada en salud deben ser:

Diseño y Pertinencia (Accesibilidad, Diseño, Usabilidad), Calidad y Seguridad de la Información (Adecuación a la audiencia, Transparencia y Autoría, Actualización de la información, Contenidos y fuentes de información, Gestión de riesgos), Prestación de Servicios (Soporte técnico, Comercio electrónico, Ancho de banda, Publicidad), Confidencialidad y Privacidad (Privacidad y protección de datos) (Agencia de Calidad Sanitaria de Andalucía, 2012).

GAMIFICACIÓN

Es una estrategia que utiliza elementos de juegos como: desafíos, reglas, azar, recompensas y niveles como mecánica principal para conseguir objetivos. Puede ser aplicada a múltiples sectores con diferentes metas. Su propósito es transformar tareas en actividades lúdicas para ofrecer al usuario una experiencia divertida mientras realiza una tarea cotidiana para llegar a una meta basada en recompensas y generar un comportamiento positivo (Gallego & De Pablos, 2013).

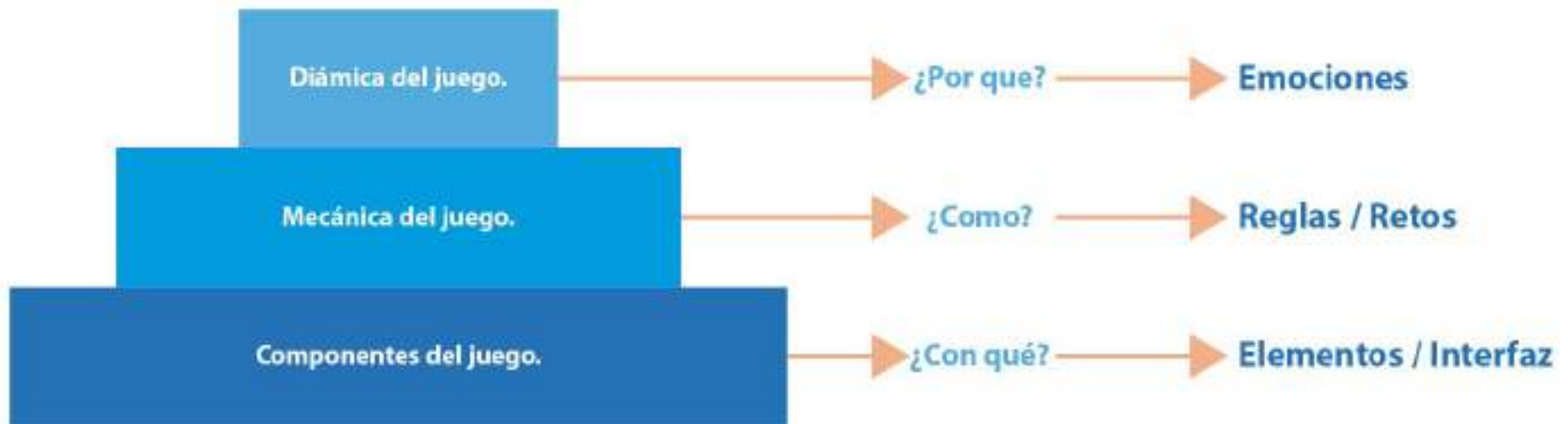
Es un término informal para elementos de videojuegos en sistemas o entornos en los que normalmente no se juega, con el fin de mejorar la experiencia del usuario, así como su aproximación a este. Su reciente introducción en el público promete nuevos caminos en la investigación en el diseño de patrones, servicios y experiencias de usuario positivas (CHI Workshop, 2011).

Al ser un término relativamente nuevo, aún es ignorado por la mayoría del público. Debido a que no hay una traducción precisa al español, podemos encontrar términos semejantes como lúdico; sin embargo, gamificación se ha vuelto más aceptado. El término original se encuentra en el idioma inglés como: Gamification, el cual proviene de Game – Juego en inglés, por lo que podemos inferir que la actividad de jugar está presente en el concepto de manera importante (Valda & Artega, 2015).

Para comprender mejor gamificación como el uso de técnicas lúdicas en ambientes o situaciones no jugables, hay que referirnos a los siguientes tres conceptos: Dinámicas de juego, Mecánicas de juego y Componentes de juego, los cuales trabajan en tres niveles diferentes (Valda & Artega, 2015).

Ilustración 2- Conceptos de gamificación.

Fuente: Elaboración propia. basada en Bancomer (2012).



DINÁMICAS DE JUEGO

La respuesta a la interrogante: ¿Por qué el usuario desea participar? es el concepto más importante pero el menos tangible. Corresponde a detonadores internos del usuario para jugar con las emociones, la narrativa, el sentido de progreso, reconocimiento, recompensas, cooperación entre jugadores, competencia, etc...

MECÁNICAS DE JUEGO

Este concepto es el segundo en importancia, corresponde a las reglas del juego, a los retos que la actividad plantea como: recolección de objetos, clasificaciones o rankings, niveles, comparación de resultados, respuestas o retroalimentación, premios, transacciones, turnos, etc... Las preguntas a responder son: ¿Qué dinámica? ¿Qué reglas? ¿Cómo participo en la dinámica?

COMPONENTES DE JUEGO

Son el tercer nivel de importancia, sin embargo son la parte más amplia y crucial para el funcionamiento de la dinámica. Corresponden a los elementos con los que se desarrolla la dinámica y podemos encontrar: avatares, logros, insignias, combate, colección de objetos, desbloqueo de contenidos, puntos, posicionamiento social, equipos, etc. Responde a la pregunta: ¿Por medio de qué? ¿Con qué?

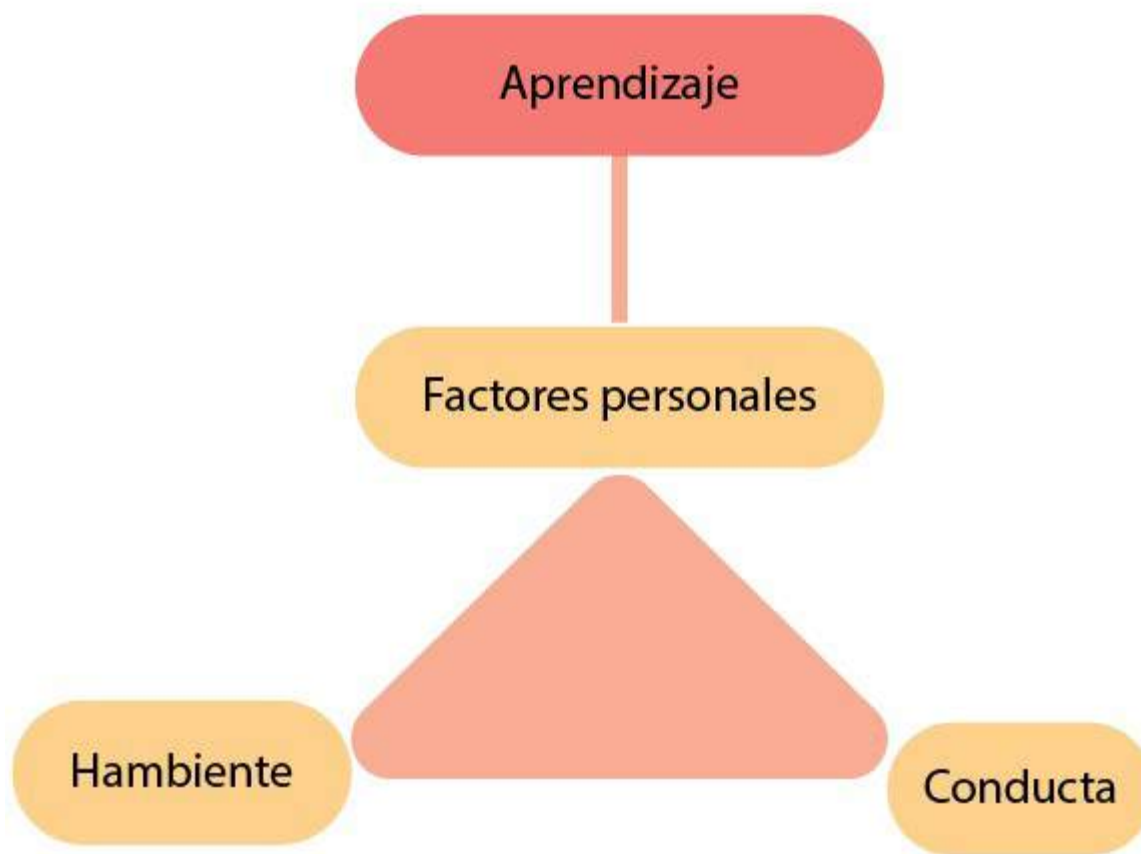


Ilustración 3 - Teoría Social Cognitiva

Fuente: Elaboración propia, basada en Bandura (1986).

TEORÍA SOCIAL COGNITIVA

Propone que la conducta, así como los hábitos y las tradiciones, están determinadas por 3 factores: la persona, el entorno y su comportamiento (Bandura, 1986). Dicha teoría expone que hay tres mecanismos para elegir y una trayectoria para resolver un problema.

LA AUTOEFICACIA

Se refieren a los juicios o creencias del individuo sobre su capacidad para resolver problemas, enfrentar retos u obtener diferentes resultados. Esta percepción determina la persistencia del individuo, patrones de pensamiento, así como sus respuestas emocionales frente a obstáculos. Responde a la pregunta: ¿Puedo hacer esto?

EXPECTATIVA DE RESULTADOS

Se refiere a la percepción que se tiene sobre la respuesta a una situación y la respuesta a una acción o comportamiento en particular. Existen tres tipos de expectativa de resultados: Tangible, Social y Autoevaluativa. Responde a la pregunta: ¿Qué pasará?

OBJETIVOS

Este mecanismo sirve de soporte para mantener la conducta durante un tiempo necesario. Y se refiere a la voluntad de participar en una actividad o lograr un resultado futuro.

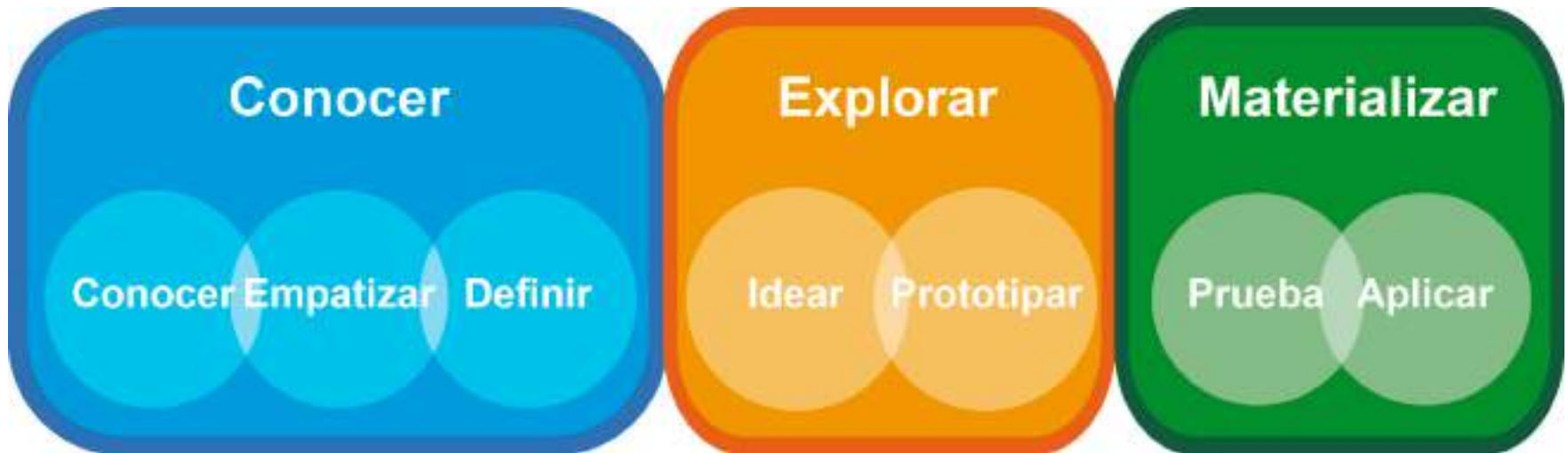


Ilustración 4 - Etapas del Design Thinking.

Fuente: Elaboración propia basada en Brown (2008).

DESIGN THINKING

Se trata de una herramienta especializada en el desarrollo de productos o servicios con un valor innovativo de manera eficaz y con alta probabilidad de éxito. Es una metodología que pone al usuario en el centro del proceso creativo para facilitar la observación de los retos para proyecto, la detección de las necesidades del usuario y la propuesta de soluciones. De esta manera, el Design Thinking sirve para la sensibilización del diseñador para lograr entender mejor al usuario, al problema y plantear una solución tecnológicamente viable y comercializable. Las etapas Design Thinking son las siguientes:

COMPRENDER

Conocer: Esta etapa busca adquirir un conocimiento básico sobre el usuario, la situación que causa el problema o la posible solución al problema; con el fin de comprender el problema de una manera significativa.

Empatizar: Se refiere a la observación del usuario para comprender mejor su situación.

Definir: Generar una escena donde se describe la interacción entre el usuario, la causa del problema y la posible solución.

EXPLORAR

Idear: Generar tantas ideas como sea posible.

Prototipar: Construir representaciones tangibles de las ideas más prometedoras.

MATERIALIZAR

Prueba: Someter a prueba los prototipos, descartar y corregir ideas, aprender de la interacción con el usuario.

Implementar: Poner en acción la solución.

Ilustración 5 - Etapas del
User Centered Design.

Fuente: *Elaboración propia
basada en D. A.(1986).*



USER CENTERED DESIGN (UCD)

Se trata de un conjunto de procesos, que no se restringen a interfaces o aplicaciones tecnológicas, en el que las metas de usabilidad, características para el usuario, entornos, tareas, flujo de trabajo de un producto o un proceso de servicio son tratadas con mucha atención en cada etapa del proceso de diseño (Norman, 2003). El UCD puede ser caracterizado como un proceso de solución de problemas en múltiples etapas que no solo requiere el análisis exhaustivo de la manera en que el usuario consumirá un producto, sino involucra una validación en el mundo real. La variación se ejecuta siempre teniendo al usuario al centro del proceso (D.A, 1986).

El UCD busca responder a las siguientes preguntas con el fin de encontrar una solución más adecuada a la problemática:

¿Quiénes son los usuarios?, ¿Cuáles son las metas o tareas del usuario?, ¿Cuál es la experiencia previa del usuario con proyectos similares?, ¿Qué funciones necesita el usuario del proyecto?, ¿Qué información necesitará el usuario?, ¿Cómo piensan los usuarios que funcionará el proyecto?, ¿El usuario requiere hacer múltiples tareas?, ¿La interfaz requiere diferentes modos de interacción? (Wiley & Sons, 2008).

El UCD busca el desarrollo de productos y procesos con una alta usabilidad, por lo que requiere de estas cuatro fases generales:

Especificación del contexto: Identificar a los usuarios principales del producto, requerimientos y motivaciones a usar el producto entorno.

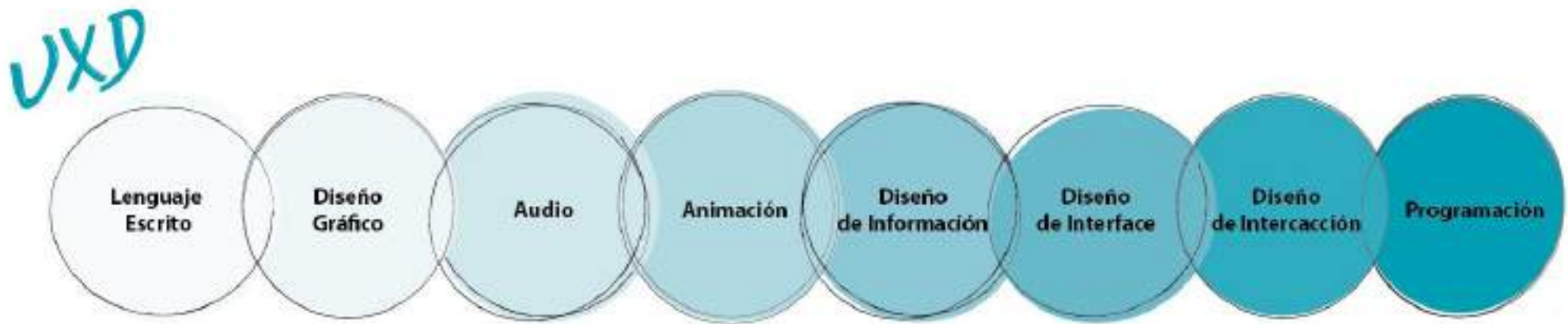
Especificar los requerimientos: Identificar los requerimientos principales del producto.

Creación y desarrollo de soluciones de diseño: Procesos iterativos basados en los requerimientos.

Evaluación del producto: Pruebas del producto para recibir retroalimentación por parte de los usuarios.

Ilustración 6- Etapas User
Experience Design.

*Fuente: Elaboración propia
basada en Norman (2003).*



USER EXPERIENCE DESIGN (UXD)

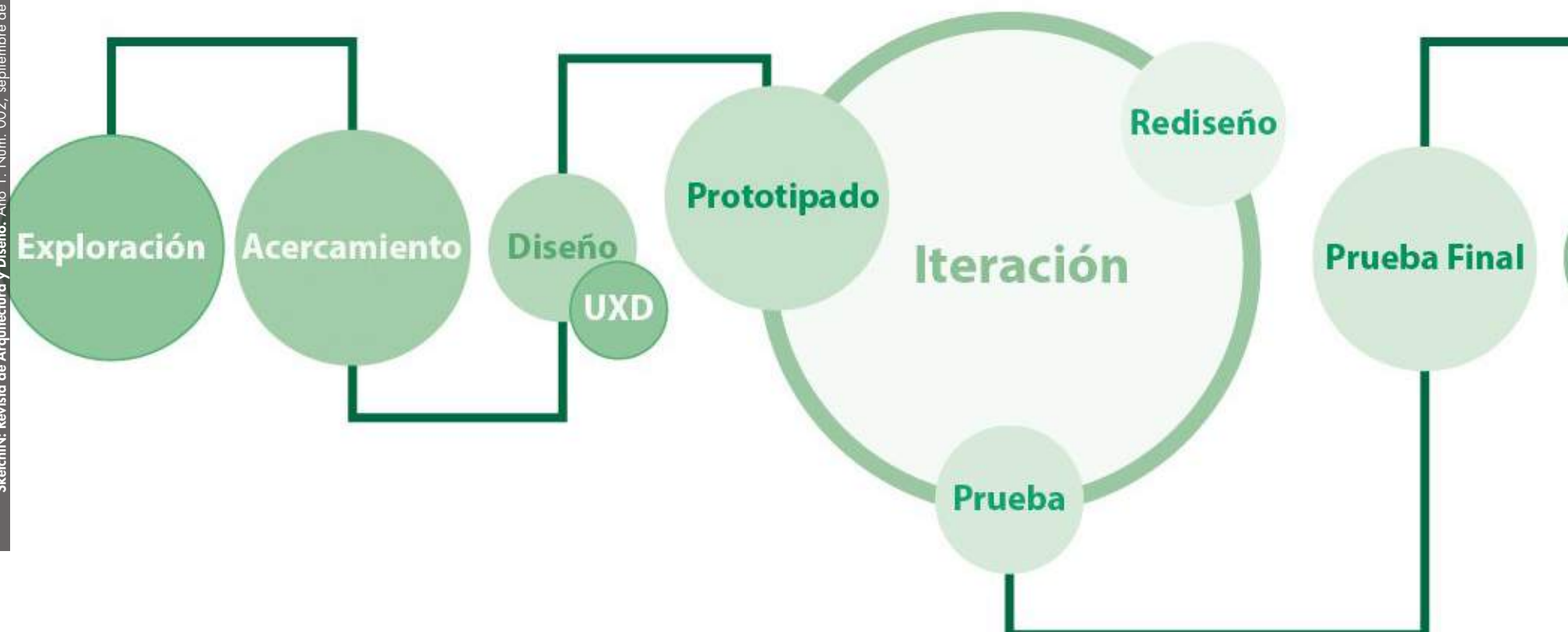
Se trata del proceso de aumentar la satisfacción del usuario con un producto o servicio, al aumentar la usabilidad, accesibilidad y placer provisto por la interacción con el producto o servicio. UXD alinea el diseño de interacción humano – computadora con todos los aspectos percibidos por los usuarios de productos o servicios (Norman, 2003).

METODOLOGÍA

El proceso por el cual se llevará a cabo todo el proyecto es el siguiente:

Ilustración 7- Diagrama de la metodología a utilizar.

Fuente: Elaboración propia.



Sin embargo, para fin de este artículo, se habrá llegado la obtención de requerimientos y a la propuesta de dinámica de la app, equivalente a la etapa de diseño.

EXPLORACIÓN

Se refiere a la búsqueda de literatura necesaria para el desarrollo de la investigación. Durante esta etapa, el objetivo principal será reunir información bibliográfica acerca de procesos cognitivos en niños (con el fin de poder seleccionar un grupo específico de niños), nutrición infantil, gamificación, metodologías para la creación de aplicaciones para dispositivos móviles y contenidos interactivos.

ACERCAMIENTO

Esta es una de las más importantes para el proyecto, pues tendrá consecuencias en el diseño de toda la app. Su objetivo es observar al usuario con el fin de recaudar información que sea útil en el diseño, como: Características del usuario, características de su aprendizaje y el entorno en el que aprende. En esta fase también se hará un análisis del contenido para determinar su pertinencia y un análisis de requerimientos técnicos.

Para la recaudación de información se usaron encuestas breves acerca los gustos en comida, juegos, apps y deportes. Dichas encuestas fueron hechas a niños y padres por separado, dándonos suficiente información para hacer una imagen del contexto en el

que viven los usuarios de dichas edades. Las encuestas también arrojaron información acerca de sus preferencias en cuanto a personajes, héroes, equipos electrónicos y contenido de las apps.

Las encuestas fueron aplicadas a un grupo de 25 niños de ambos sexos con edades entre 8 – 12 años y a 25 padres también de ambos sexos a manera de una entrevista, con el fin de dar más tiempo para que los sujetos platicaran mejor su situación y contexto. Las preguntas de dicha encuesta estaban divididas en tres niveles para diferenciar lo que el sujeto piensa de sí, lo que hace en el día a día y lo que desea. Al mismo tiempo, se observó la complexión del sujeto, así como su reacción a las preguntas.



RESULTADOS DE LAS ENTREVISTAS A NIÑOS

NIVEL 1 – LO QUE EL SUJETO PIENSA DE SÍ

El 92% de los entrevistados afirmó tener un gusto por los videojuegos.

El 60% de los entrevistados eligió que su comida favorita es la pizza en cualquiera de sus versiones.

El 96% de los entrevistados considera que sí come sano.

NIVEL 2 – LO QUE EL SUJETO HACE

El 40% de los entrevistados practica algún tipo de deporte o actividad física, sin embargo el 68% de los entrevistados presentó síntomas de sobrepeso a simple vista.

El 100% de los entrevistados usa en algún dispositivo móvil al menos una hora diaria para entretenimiento.

El 60% de los entrevistados juega Clash Royal, un videojuego para móviles basado en estrategia, mientras que el 40% utiliza diversos juegos o redes sociales como entretenimiento.

El 100% de los entrevistados afirmó que gusta de la convivencia con amigos en persona o de manera online diariamente.

El 80% de los entrevistados afirmó tener un acercamiento a las actividades diarias dentro de la cocina.

NIVEL 3 – LO QUE EL SUJETO DESEA

El 80% de los entrevistados afirmó tener una preferencia por los videojuegos de estrategia, así como la simulación de diversos temas.

RESULTADOS DE LAS ENTREVISTAS A PADRES

NIVEL 1 – LO QUE EL SUJETO PIENSA DE SÍ

El 92% de los entrevistados afirmó no tener una dieta sana.

El 88% de los entrevistados afirmó que sus hijos no comían sano, debido a diversos factores.

El 52% de los entrevistados considera que sí comparten suficiente tiempo con sus hijos.

NIVEL 2 – LO QUE EL SUJETO HACE

El 96% de los entrevistados tiene entre 2-3 horas libres entre el término de labores y la hora de dormir.

El 92% de los entrevistados no practica algún tipo de deporte o actividad física.

El 96% de los entrevistados no usa su dispositivo móvil para jugar. El 100% lo utiliza para comunicación por medio de redes sociales y ver videos a manera de entretenimiento.

El 100% de los entrevistados presta el celular a sus hijos para que jueguen.

El 52% de los entrevistados afirmó que tuvo algún acercamiento a los juegos en algún punto de su vida, siendo placentera la experiencia con los juegos de arcade o puzzles como sus preferidos.

NIVEL 3 – LO QUE EL SUJETO DESEA

El 100% de los entrevistados afirmó que les gustaría más participación de sus hijos en las labores domésticas, particularmente en la cocina.

El 100% de los entrevistados gustaría de tener más actividades con sus hijos.

El 80% de los entrevistados estaría abierto a convivir más con sus hijos por medio de un juego o una app.

Tabla 2 Principales
requerimiento para la app

Fuente: Elaboración propia

| | Tipo | Tiempo para jugar | Social |
|---------------|---|-------------------|---|
| Hijos | Estrategia Acción Aventura | 1 -2 horas | Gustan de las interacciones sociales |
| Padres | Arcade Puzzles Educativo | 1 hora | |

REQUERIMIENTOS

Los principales requerimientos obtenidos para la app de las entrevistas son los siguientes:

1. La app debe de propiciar la convivencia entre padres e hijos así como mantener un vínculo con el mundo real a fin de poder influenciar en el contexto del usuario.

2. En cuanto al género de juego, el preferido por los niños fue estrategia a base de turnos, mientras que por los padres, el género preferido fue arcade. En cuanto al tiempo estimado de juego, los niños afirmaron jugar entre 1- 2 horas al día, mientras que los padres afirmaron estar dispuestos a jugar solo una hora al día.

3. En cuanto a la interacción con otras personas, ambas partes se mostraron abiertas a la convivencia en persona y online con otros jugadores, en especial sus hijos o padres.

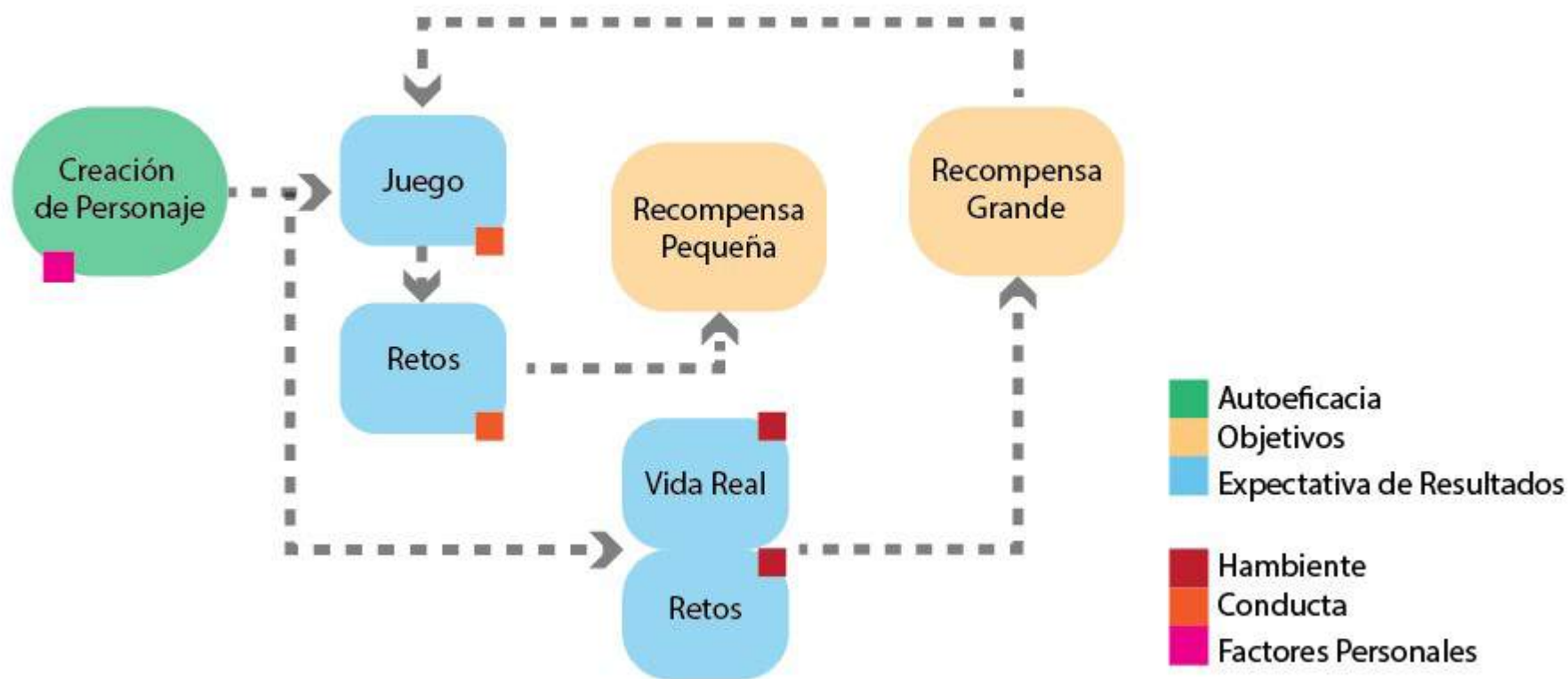


Ilustración 8- Diagrama funcional de la aplicación.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES Y DISEÑO

Debido a las diferencias generacionales entre padres e hijos, se optó por diseñar una dinámica que permita la interacción de sus usuarios con el mundo real y que al mismo tiempo motive la interacción padres-hijos creando vínculos con su contexto inmediato.

El diseño de la dinámica de la app tomó elementos de la teoría social cognitiva y la combinó con las técnicas de gamificación. El diseño de la app consiste en dos aplicaciones separadas que se comunican entre sí, de esta manera la app, que tiene por usuario a los niños, es un juego educativo con retos enfocados en el mundo real, mientras que la app que tiene como usuario a los padres, sirve como un monitor de actividad tanto digital como física.

De esta manera la primera dinámica del juego corresponde a la creación de un avatar, reforzando los factores personales del usuario y su capacidad de resolver retos (autoeficacia). En segunda instancia se encuentra una dinámica que combina juego y retos dentro de la aplicación, esto corresponde a la expectativa de resultados de la gamificación y el refuerzo de la conducta de la teoría social cognitiva para dar paso a los objetivos o recompensa del juego cuya función es un ligero refuerzo de la conducta.

Por otra parte, la app contiene retos hacia el mundo exterior que corresponde a la expectativa de resultados combinada con el ambiente del usuario, dando como resultado una posible oportunidad de cambiar hábitos a partir de la conexión con el contexto. La app correspondiente a los padres se encarga de calificar el desempeño en los retos del mundo exterior siendo un refuerzo positivo mayor si se completan exitosamente.

Al ser un esquema general de la función de la app, aún carece de diseño de interfaz, así como de elementos estéticos; sin embargo, la estrategia para llevar a cabo el fomento del consumo de alimentos saludables se encuentra presente.

Como siguiente paso en la investigación, se encuentra el añadir elementos estéticos y el perfeccionamiento de las dinámicas y retos tanto interiores como exteriores.

BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Calidad Sanitaria de Andalucía. (Octubre de 2012). Criterios básicos para el diseño, uso y evaluación de apps de salud. Obtenido de Listado completo de recomendaciones para el diseño, uso y evaluación de apps de salud: <http://www.calidadappsalud.com/infografia/>

American Dialect Society. (2011). "App" 2010 Word of the Year, as voted by American Dialect Society. American Dialect Society, English Department. Jacksonville, Illinois: MacMurray College. Obtenido de <http://www.americandialect.org/American-Dialect-Society-2010-Word-of-the-Year-PRESS-RELEASE.pdf>

Baillet Esquivel, L. E. (2008). Obesidad. Atención Familiar, 1(15), 20-22.

Barquera, S., Campos-Nonato, I., Rojas, R., & Rivera, J. (2010). Obesidad en México: epidemiología y políticas de salud para su control y prevención. Gaceta Médica de México., 397-407.

BBVA Centro de Innovación. (Septiembre de 2012). BBVA Centro de Innovación. Obtenido de Multimedia: https://www.centrodeinnovacionbbva.com/sites/default/files/content-legacy/documentos/pdfs/gamification_spanish.pdf

Castañeda, O. (Enero - Marzo de 2008). Evaluación de los hábitos alimenticios y estado nutricional en adolescentes de Sonora, México. Medicina Familiar, X(1), 7-9.

Centers for Disease Control and Prevention. (1997). Guidelines for school health programs to promote lifelong healthy eating. Journal of School Health, 9-26.

CHI Workshop. (7 de Mayo de 2011). Gamification: Using Game Design Elements in Non-Gaming Contexts. CHI, 2425-2428.

COFEMER. (2012). EL PROBLEMA DE LA OBESIDAD EN MÉXICO: diagnóstico y acciones regulatorias para enfrentarlo. México: SENTRY2 Multiservicios en Comunicación. Obtenido de www.cofemer.gob.mx

Committee on Nutrition. (Agosto de 2003). Prevention of Pediatric Overweight and Obesity. AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS, 112(2), 424-430.

Dávila-Batista, V., & Gómez-Ambrosi, J. (2016). Escala colorimétrica del porcentaje de grasa corporal según el estimador de adiposidad CUN-BAE . Atención Primaria.

Díaz, X. (2015). Efecto de un programa de actividad física y alimentación saludable aplicado a hijos y padres para la prevención de la obesidad infantil. *Nutrición Hospitalaria*(32), 110-117. doi:DOL10.3305/nh.2015.32.1.9122

ENSANUT. (29 de Febero de 2012). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos, México: Instituto Nacional de Salud Pública. Recuperado el 2016, de RESULTADOS NACIONALES: http://ensanut.insp.mx/doctos/FactSheet_ResultadosNacionales14Nov.pdf

ENSATU. (2006). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006. Instituto Nacional de Salud. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud. Obtenido de <http://ensanut.insp.mx/informes/ensanut2006.pdf>

Esquivel, F., & Alamilla, R. (2 de Mayo de 2016). Información de Mercado. (T. CIU. net, Editor) Recuperado el 22 de Agosto de 2016, de Mercado de Smartphones en México 1T16: http://the-ciu.net/nwsltr/515_1Distro.html

Eyal, N., & Hoover, R. (2014). HOOKED: HOW TO BUILD HABIT-FORMING PRODUCTS. En N. Eyal, & R. Hoover, HOOKED: HOW TO BUILD HABIT-FORMING PRODUCTS (págs. 2-9). Nir Eyal.

Gallego Cristina, D. P. (Agosto de 2013). La gamificación y el enriquecimiento de las prácticas de innovación en la empresa: Un análisis de experiencias. *Intangible Capita*, 800-823. doi:<http://dx.doi.org/10.3926/ic>

Guy, S., Ratzki-Leewing, A., & Gwadry-Sridhar, F. (1 de Febrero de 2011). Moving Beyond the Stigma: Systematic Review of Video Games and Their Potential to Combat Obesity. (KazukoMasuo, Ed.) *International Journal of Hypertension*, 2011, 1-13.

Henríquez, P., Organista, J., & Lavigne, G. (30 de Septiembre de 2013). NUEVOS PROCESOS DE INTERACTIVIDAD E INTERACCIÓN SOCIAL: USO DE SMARTPHONES POR ESTUDIANTES Y DOCENTES UNIVERSITARIOS. *Actualidades Investigativas en Educación*, 13(3), 1-21.

Hernaez, L. (2010). Estudio del consumo de fibra dietética en Adolescentes de. Buenos Aires : Universidad ISALUD.

Hogan, M. C. (2016). Reclassifying causes of obstetric death in Mexico: a repeated cross sectional study. *Bull World Health Organ*, 94-362. doi: <http://dx.doi.org/10.2471/BLT.15.163360>

- IMCO. (2015). Kilos de más, pesos de menos: Los costos de la obesidad en México. Instituto Mexicano para la Competitividad. Ciudad de México: IMCO. Obtenido de http://imco.org.mx/wp-content/uploads/2015/01/20150311_ObesidadEnMexico_DocumentoCompleto.pdf
- Juan P, A. (Junio de 2012). El reto de la obesidad infantil en México. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública. 24.
- Kelder, S., Perry, C., Klepp, K., & Lytle, L. (1994). Longitudinal tracking of adolescent smoking, physical activity, and food choice behaviors. *Am J Public Health*, 1121-1126.
- Ken, T. (18 de Septiembre de 2015). Medscape Medical News. Recuperado el 25 de Agosto de 2016, de Number of Health Apps Soars, but Use Does Not Always Follow: <http://www.medscape.com/viewarticle/851226>
- Lara-García, B. F.-P.-E.-B.-F. (Junio de 2011). Percepción materna de sobrepeso-obesidad infantil y riesgos de salud en Nuevo Laredo, Tamaulipas, México. *Salud pública Méx*, 258-263. Recuperado el 16 de Agosto de 2016, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342011000300010&lng=es
- M,T,A,M.,&D,G.(2012).ARiskAssessment Method for Smartphones. Springer. doi:10.1007/978-3-642-30436-1
- Mancipe, J. (2015). Efectividad de las intervenciones educativas realizadas en América Latina para la prevención del sobrepeso y obesidad infantil en niños escolares de 6 a 17 años: una revisión sistemática. *Nutrición Hospitalaria*, 102-114. doi:DOI:10.3305/nh.2015.31.1.8146
- Monguillot, H. M., Zurita Mon, C., Almirall Batet, L., & Guitert Catasús, M. (Enero-Marzo de 2015). Play the Game: gamification and healthy habits in physical education. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 1(119), 71-79. doi:10.5672/apunts.2014-0983.es.(2015/1).119.04
- Organización Mundial de la Salud. (15 de Marzo de 2013). PLAN DE ACCIÓN MUNDIAL PARA LA PREVENCIÓN Y EL CONTROL DE LAS ENFERMEDADES NO TRANSMISIBLES 2013 -2020. Obtenido de http://www.who.int/cardiovascular_diseases/15032013_updated_revised_draft_action_plan_spanish.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (11 de Agosto de 2016). Centro de Prensa. Obtenido de WHO Media centre : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>

Organización Mundial de la Salud. (22 de Agosto de 2016). Centro de Prensa. Obtenido de Salud y Derechos Humanos : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs323/es/>

Organización Mundial de la Salud. (08 de Julio de 2016). Programas y proyectos. Obtenido de Datos y cifras sobre la obesidad infantil: <http://www.who.int/end-childhood-obesity/facts/es/>

Organización Mundial de la Salud. (11 de Agosto de 2016). Programas y Proyectos. Obtenido de Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud : <http://www.who.int/dietphysicalactivity/childhood/es/>

Organización Mundial de la Salud. (16 de Agosto de 2016). Programas y Proyectos. Obtenido de Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud: http://www.who.int/dietphysicalactivity/childhood_what/es/

Ramírez, J. L. (2014). GAMIFICACIÓN. En J. L. Ramírez, GAMIFICACIÓN. Mecánicas de juegos en tu vida personal y profesional. Alfaomega, RC Libros .

Rodríguez, R. (31 de Julio de 2006). La obesidad infantil y los efectos de los medios electrónicos de comunicación. Medigraphic Artemisa en línea., VII(2), 95-98.

San Mauro, I., Gonzáles, M., & Collado, L. (2014). Mobile applications for nutrition, dietetics and healthy habits; analysis and consequences of an increasing trend. *Nutrición Hospitalaria*, 1(30), 15-24. doi:DOI:10.3305/nh.2014.30.1.7398

Sánchez-Castillo, C. P., Pichardo-Ontiveros, E., & López-R, P. (2004). Epidemiología de la obesidad. *Gaceta Médica de México*, 140(2), 3-20.

Santiago, R., Trbaldo, S., Kamijo, M., & Álvaro, F. (2015). *Mobile Learning: Nuevas realidades en el aula*. Barcelona, España: Editorial Océano. Obtenido de <http://www.digital-text.com/FTP/LibrosMetodologia/mlearning.pdf>

Secretaría de Educación Pública. (2010). *Acuerdo Nacional para la Salud Alimentaria* (Primera Edición ed.). Ciudad de México,

México: Secretaría de Educación Pública. Obtenido de http://www.sep.gob.mx/work/models/sep1/Resource/635/1/images/programadeaccion_sept.pdf

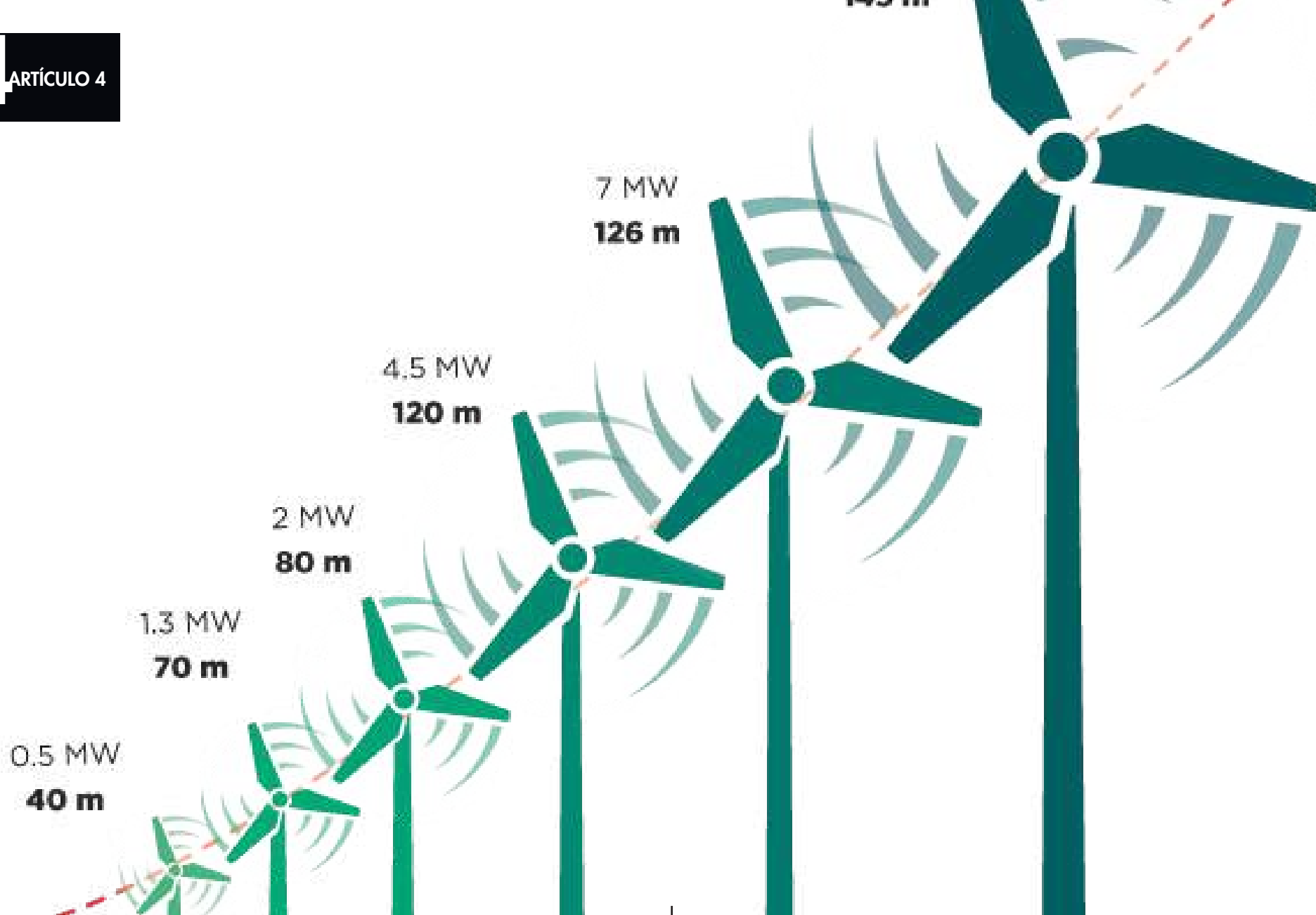
Secretaría de Salud. (2010). *Acuerdo Nacional para la Salud Alimentaria Estrategia contra el sobrepeso y la obesidad*. CENIA. Ciudad de México: Secretaría de Salud. Obtenido de http://www.censia.salud.gob.mx/descargas/infancia/2010/2.9._Estrategia_Salud_Alim.pdf

Secretaría de Salud. (2013). *Estrategia Nacional para la Prevención y el Control del Sobrepeso, la Obesidad y la Diabetes*. Ciudad de México: IEPS.

The Competitive Intelligence Unit. (29 de Enero de 2016). Boletín de Prensa. Obtenido de Evolución del Mercado de Smartphones en México en 2015: http://www.the-ciu.net/nwsltr/479_2Distro.html

UNICEF. (19 de Junio de 2016). Salud y nutrición. Obtenido de [unicef.org: http://www.unicef.org/mexico/spanish/17047.htm](http://www.unicef.org/mexico/spanish/17047.htm)

Williams, C., Bollella, M., & Wynder, E. (1995). A new recommendation for dietary fiber in childhood. *Pediatrics*, 985-988.



REVISIÓN DE TURBINAS DE VIENTO AUMENTADAS POR UN DIFUSOR PARA VIENTOS DE BAJA VELOCIDAD

REVIEW OF DIFFUSER AUGMENTED WIND TURBINES FOR LOW WIND SPEED

Juan Pedro Cruz Sánchez.
- jcruz42@alumnos.uaq.mx
- Maestría en Diseño e Innovación.
- Universidad Autónoma de Querétaro.

Cesar Oswaldo Mendoza Herbert.
- oswaldo.herbert@uaq.mx
- Maestría en Maestría en Control.
- Universidad Autónoma de Querétaro.

RESUMEN

Por su bajo costo e impacto ambiental, la energía eólica domina el mercado de las energías renovables y es la primera opción en los proyectos nuevos de generación eléctrica. Sin embargo, la eficiencia de las turbinas de viento disminuye al operar en condiciones de viento de baja velocidad, las cuales predominan alrededor del mundo, situación que limita su uso. Estudios recientes demuestran que al colocar un difusor alrededor de una turbina de viento es posible superar el límite de Betz y aumentar su potencia de salida hasta en cinco veces. Además, las turbinas de viento aumentadas por un difusor (diffuser augmented wind turbine, DAWT) son más silenciosas que las turbinas de viento libres y tienen un mejor desempeño en condiciones de viento turbulentas. Este trabajo presenta una revisión de la literatura de las DAWT y tiene como objetivo promover el desarrollo de esta tecnología al dar a conocer de manera general su desarrollo histórico, los tipos de difusores que existen, sus características y las metodologías de diseño y análisis. Adicionalmente se discuten las tendencias y se proponen nuevas líneas de investigación.

PALABRAS CLAVE

concentrador de viento, DAWT, energía eólica, turbina de viento aumentada, turbina de viento cubierta.

ABSTRACT

Due to its low cost and low environmental impact, wind energy dominates the renewable energy market and is the first option in new electric generation projects. Nevertheless, the efficiency of the wind turbines diminishes when they operate under low wind speed conditions, which prevail around the world, thus limiting its use. Recent studies demonstrate that it is possible to surpass the Betz limit and to increase a wind turbine power output up to 5 times by shrouding it with a diffuser. Moreover, diffuser augmented wind turbines (DAWT) are more silent than bare turbines and behave better under turbulent wind conditions. This work presents a literature review on DAWTs and its objective is to promote the development of this technology by providing its historical background, the types of diffusers that exists, its characteristics and the methodologies of design and analysis that have been developed. Additionally, the tendencies are discussed and new lines of investigation are proposed.

KEYWORDS

wind concentrator, DAWT, wind energy, augmented wind turbine, shrouded wind turbine.

INTRODUCCIÓN

La energía eólica es actualmente la fuente de energía que tiene el crecimiento más rápido (Shonhiwa & Makaka, 2016) y domina el mercado de las energías renovables. En el año 2015, dos tercios de la inversión en energía limpia a nivel mundial fueron destinados a proyectos de energía eólica (Global Wind Energy Council, 2015).

Su desarrollo ha sido impulsado por diferentes gobiernos y agrupaciones alrededor del mundo (Diario Oficial de la Federación de México, 2015; Ministry of Economic Development, 2007; NREL, 2012) como medida para combatir la contaminación ambiental, el cambio climático y hacer frente al agotamiento de los recursos energéticos fósiles, el cual se estima que ocurrirá alrededor del año 2040 (Shafiee & Topal, 2009).

Las ventajas principales de la energía eólica con respecto a otras fuentes son las siguientes: 1) es la tecnología de generación eléctrica con menor impacto ambiental; 2) no emite gases de efecto invernadero a la atmósfera; 3) el viento es una fuente de energía inagotable y 4) la energía producida es muy económica.

En el mercado predominan las turbinas de gran tamaño (Allaei, Tarnowski, & Andreopoulos, 2015), las cuales tienen rotores de más de 46 m de diámetro y producen más de 8 MW. Estas turbinas son instaladas en zonas con condiciones de viento ideales para su operación, las cuales son escasas y suelen estar muy retiradas de los puntos de consumo de la energía, por lo que es necesaria la instalación de infraestructura de transmisión, lo cual incrementa los costos de los proyectos.

Por otra parte, las turbinas de viento pequeñas con capacidades menores a 40kW, suelen instalarse en zonas rurales o urbanas, cerca del punto donde se va a utilizar la energía (Spera, 2009). En estas zonas, y en la mayor parte de la superficie terrestre, el viento es turbulento y de baja velocidad (Amer, Ali, Elmahgary, & Bady, 2012), situación que disminuye considerablemente la eficiencia de las turbinas.

Distintos estudios sugieren que colocar las turbinas de viento dentro de ductos o difusores (diffuser augmented wind turbine) es una manera efectiva y económica para aumentar su potencia (Al-Sulaiman & Yilbas, 2015), mejorar su desempeño en vientos de baja velocidad y disminuir la sensibilidad a la turbulencia (Kosasih & Saleh Hudin, 2016). No obstante, estos dispositivos son viables únicamente para turbinas pequeñas, ya que al aumentar su tamaño crecen los requerimientos materiales y estructurales de los sistemas y se complican todas las operaciones de diseño, manufactura, transporte y montaje, incrementando su costo.

Este artículo presenta una revisión de la literatura sobre las turbinas de viento cubiertas o shrouded wind turbines y resalta las investigaciones teóricas, computacionales y experimentales más relevantes así como sus resultados y las metodologías de diseño que se han desarrollado hasta la fecha con el propósito de impulsar el desarrollo de esta tecnología, la cual es indispensable para el aprovechamiento del viento de baja velocidad, recurso que abunda en la Tierra y que actualmente es desperdiciado.

TURBINAS DE VIENTO

HISTORIA

La producción de energía eléctrica a partir de la energía del viento tiene su origen en 1887 con James Blynt en Escocia y Charles Brush en Estados Unidos, quienes inventaron la primera turbina de viento de eje vertical y la primera de eje horizontal respectivamente. Aunque la tecnología tuvo un inicio temprano, el costo de la energía producida no era competitivo con el de los motores de combustión interna, razón por la cual no obtuvo mucha atención (Spera, 2009).

Debido al desabasto de combustibles fósiles que tuvo lugar durante las guerras mundiales, Dinamarca comenzó a utilizar las turbinas de viento para producir energía eléctrica. Sin embargo, al concluir las guerras, la tecnología volvió a quedar rezagada (Spera, 2009).

No fue hasta la crisis petrolera de 1973 que las turbinas de viento cobraron importancia como una alternativa confiable y económica para la generación energética. Desde entonces, con el incremento en la preocupación sobre el cambio climático y la contaminación ambiental, la energía eólica se ha desarrollado rápidamente hasta convertirse en la tecnología que domina el mercado de las energías renovables (Spera, 2009).

POTENCIA DE UNA TURBINA DE VIENTO

La potencia de una turbina de viento depende de la cantidad de aire que fluye a través de ella. La fórmula para calcular la potencia de una turbina es la siguiente:

$$P_w = \frac{1}{2} C_p \rho A v^3$$

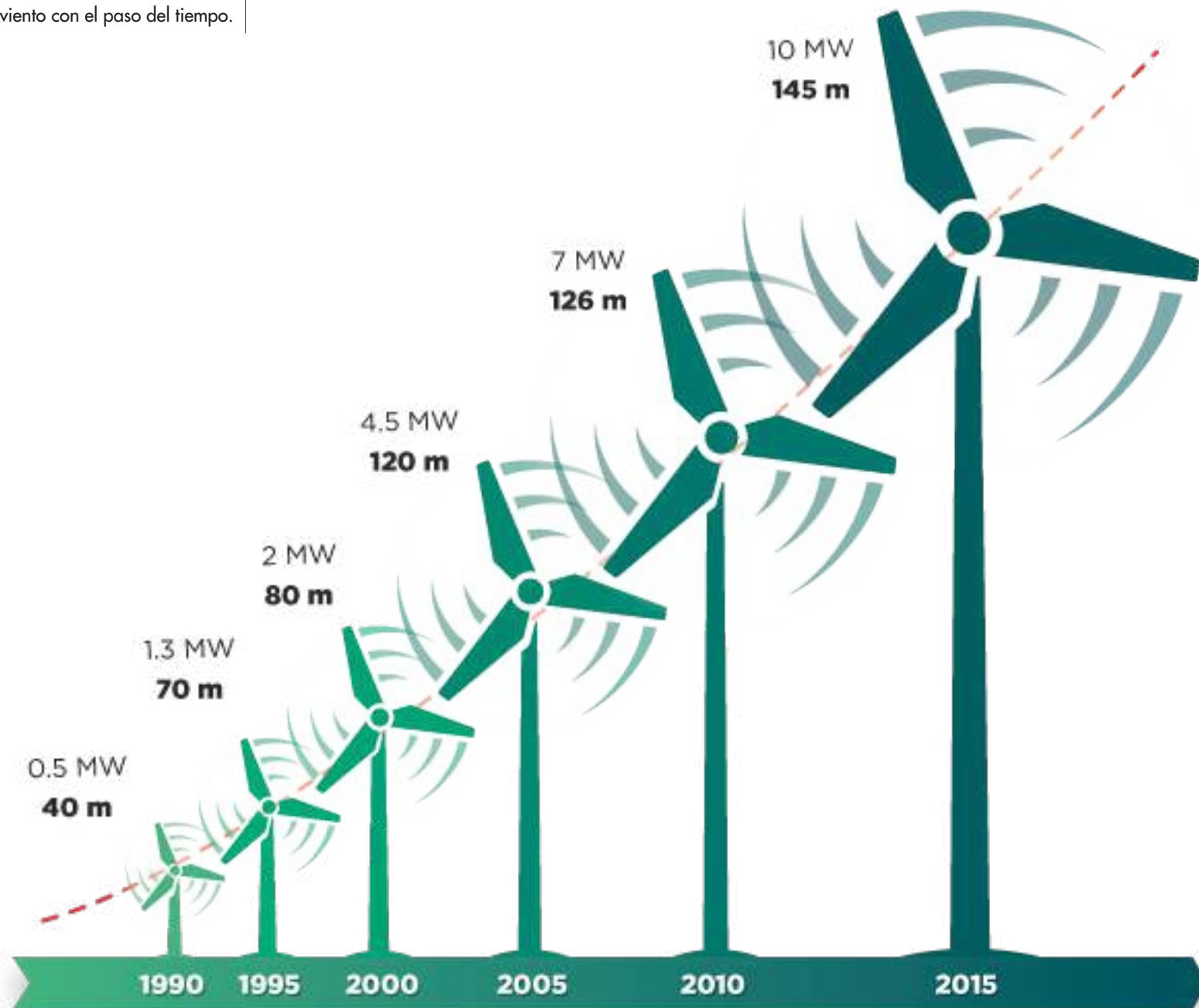
Donde P_w es la potencia de la turbina, ρ es la densidad del viento, A es el área circular que describe la turbina al rotar, v es la velocidad de viento y C_p es el coeficiente de potencia.

El coeficiente de potencia C_p , indica la capacidad que tiene una turbina eólica para convertir la energía del viento en movimiento rotacional. El límite teórico máximo de C_p es de $16/27$ o 59.3% y es conocido comúnmente como el límite de Betz. En la práctica, el valor de C_p de las turbinas varía alrededor de 0.35 y 0.45 dependiendo del diseño y del perfil de viento en el que opera.

En la ecuación 1 se puede observar que la variable que influye más en la potencia de una turbina es la velocidad del viento, ya que se encuentra elevada al cubo. Por esta razón, un pequeño aumento en la velocidad del viento puede incrementar drásticamente la potencia producida.

Figura 1. Tendencia de aumento de tamaño y la potencia de las turbinas de viento con el paso del tiempo.

Fuente: *Elaboración propia con base en Spera, 2009.*



TENDENCIA DE LAS TURBINAS DE VIENTO

Aunque existen turbinas de viento de todos los tamaños, ver tabla 1, en el mercado predominan las turbinas de viento de eje horizontal de gran tamaño. Como se puede observar en la figura 1, el tamaño de las turbinas de viento ha ido creciendo con el tiempo y la tendencia es que continúe en aumento. Actualmente la turbina de viento más grande tiene un rotor de 180 m de diámetro y tiene una potencia de más de 8 MW (WindPower Monthly, 2016).

| Tamaño | Diámetro del rotor | Potencia |
|----------------|---------------------------|-----------------------|
| Grande | Mayor a 46 m | Mayor a 1 MW |
| Mediana | 12 m a 45 m | 40 kW – 1 MW |
| Pequeña | Menor a 12 m | Menos de 40 kW |

Tabla 1. Clasificación de turbinas de viento por tamaño y potencia.

Fuente: Spera, 2009

LIMITACIONES DE LAS TURBINAS DE VIENTO

A pesar de ser la tecnología líder en el campo de las fuentes de energía renovables, el uso de la energía eólica está limitado por las siguientes situaciones:

1. Las turbinas de viento requieren de condiciones de viento ideales, con velocidades altas y un perfil de viento uniforme (Ayhan & Sa lam, 2012). La mayor parte de la Tierra cuenta con perfiles de viento con velocidades menores a 5 m/s, las cuales son bajas (Amer et al., 2012).
2. Las zonas que tienen buenas condiciones de viento suelen estar muy alejadas de las ciudades, las cuales son responsables de alrededor del 75% del consumo eléctrico (Ishugah, Li, Wang, & Kiplagat, 2014; ONU-Habitat, 2016). Por este motivo es necesario construir infraestructura de distribución eléctrica, la cual conlleva a costos adicionales y a pérdidas energéticas (Ishugah et al., 2014).
3. Las turbinas de viento operan mejor en un régimen de viento laminar y pierden eficiencia al trabajar en condiciones turbulentas (Lu & Ip, 2009).
4. Las turbinas de viento producen contaminación auditiva. Entre más rápido gire el rotor, más ruido producen (Olasek, Karczewski, Lipian, Wiklak, & Józwik, 2016).
5. La rotación de la turbina puede ocasionar interferencias electromagnéticas por lo que deben de colocarse en zonas alejadas de dispositivos de comunicación (Tabassum, Premalatha, Abbasi, & Abbasi, 2014).
6. La rotación de las palas produce un efecto visual molesto, por lo que se dice que producen contaminación visual (Hjort & Larsen, 2014).
7. El uso de generadores eólicos tiene un impacto negativo para las aves, ya que mueren al ser golpeadas por las palas de la turbina (Tabassum et al., 2014).

TURBINAS DE VIENTO AUMENTADAS POR UN DIFUSOR

HISTORIA DE LAS TURBINAS DE VIENTO AUMENTADAS POR UN DIFUSOR

La idea de utilizar dispositivos externos que alteren el tubo de corriente de viento que incide sobre una turbina eólica para aumentar su potencia no es nueva. Desde 1920, Albert Betz propuso varios mecanismos para lograr este objetivo, sin embargo, no fue hasta 1956 que Lilley y Rainbird realizaron la primera investigación teórica sobre el efecto de colocar un difusor alrededor de una turbina de viento (Lilley & Rainbird, 1956). En ella demostraron el potencial de los difusores para aumentar la salida energética de los aerogeneradores por lo menos en un 65%. Los mecanismos de aumento de potencia que los autores identificaron son una reducción de la pérdida de la punta de las palas y el aumento de la velocidad axial del viento.

En 1978, Foreman, Gilbert y Oman de Grumman Aerospace realizaron las primeras investigaciones experimentales en túnel de viento sobre el uso de difusores. En sus experimentos utilizaron difusores en los que colocaron pantallas porosas para simular la pérdida de presión a través del rotor y realizaron mediciones de presión, empuje y velocidad. Los resultados obtenidos fueron positivos, concluyendo que era posible aumentar la potencia de las turbinas hasta en un factor de dos (Foreman, Gilbert, & Oman, 1978). Poco tiempo después, Igra (1981) condujo una serie de experimentos similares en los que concluyó que era posible obtener aumentos de potencia de hasta cuatro veces.

Posteriormente, Fletcher (1981) utiliza el método BEM junto con datos experimentales para estudiar las DAWT y concluyó que el método experimental de las pantallas porosas sobreestima la potencia producida hasta en 8% al despreciar los efectos de arrastre del perfil de las palas y a su vez la subestima en un 30% al no considerar los efectos benéficos de la rotación inducida de la estela de viento detrás del difusor. Adicionalmente concluye que es posible obtener aumentos de potencia de hasta 4 veces.

Basándose en los experimentos de Foreman, Gilbert y Oman, la empresa neozelandesa Vortec desarrolla en 1997 el primer prototipo de tamaño completo de una DAWT. El prototipo tenía un diámetro de 7.3 metros y una estructura muy pesada. El aumento de potencia que se logró estuvo muy por debajo de las expectativas. Además, el alto costo de la estructura del difusor volvía muy cara la energía producida, por lo que esta tecnología se consideró como no viable (van Bussel, 2007).

Recientemente se ha renovado el interés de los investigadores por las turbinas de viento aumentadas por un difusor. El aumento en el poder computacional, así como el desarrollo de técnicas más avanzadas de visualización de fluidos como la PIV (velocimetría de imágenes de partículas) han permitido tener una mejor comprensión sobre los fenómenos detrás del incremento en la potencia de las DAWT.

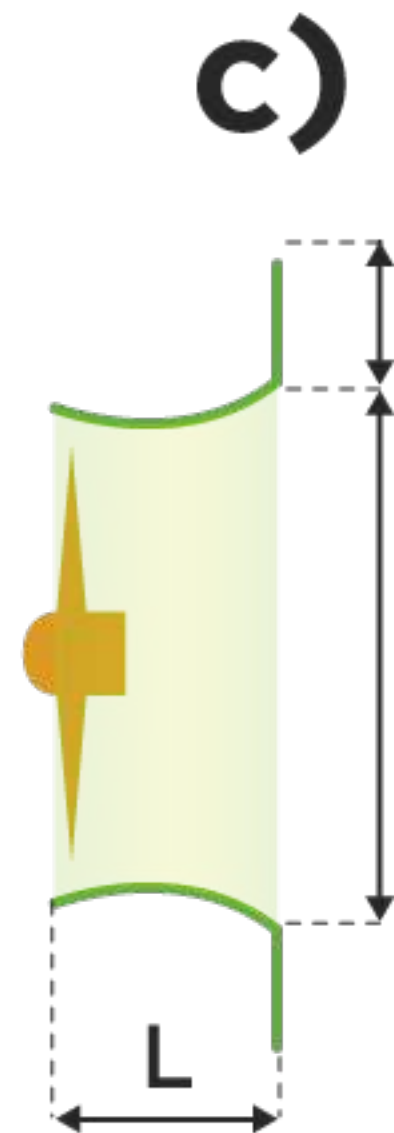
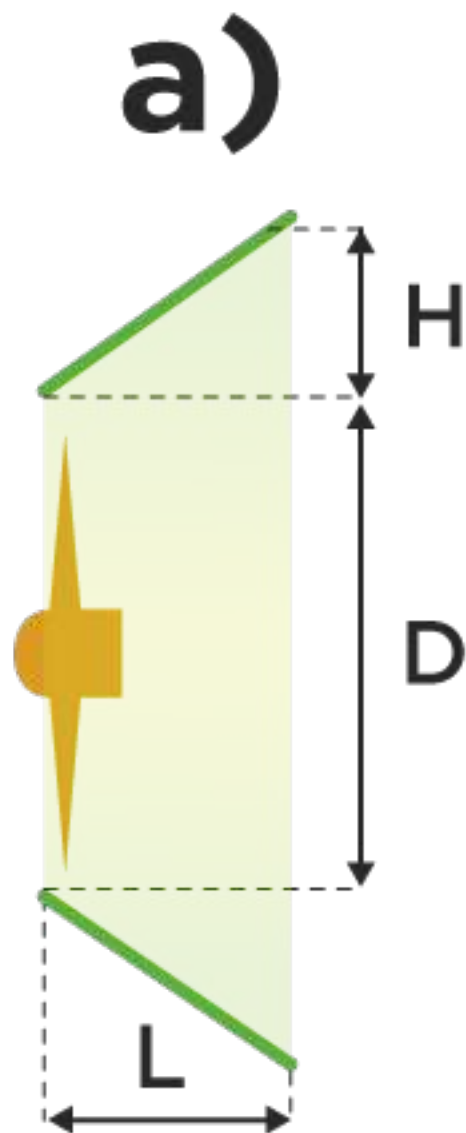


Figura 2. Tipos de difusores.
a) Difusor cónico,
b) difusor con perfil aerodinámico,
c) difusor con borde.

Fuente: Elaboración propia con base en
a) (Jafari & Kosasih, 2014),
b) (A. Aranake & Duraisamy, 2016),
y c) (Ohya & Karasudani, 2010).

TIPOS DE DAWT

Se han propuesto diferentes geometrías para los difusores, las cuales producen distintos efectos en el perfil de viento. A continuación se muestran las geometrías más relevantes en la literatura.

Difusor cónico. Es el tipo más simple de difusor, ver figura 2 (a). El mecanismo de aumento de potencia es la creación de una zona de baja presión detrás del difusor que provoca el aumento del flujo másico de viento a través del rotor (Jafari & Kosasih, 2014), además de que tienen una menor pérdida de las puntas de la pala por estar encasillado el rotor. Jafari y Kosasih (2014) realizaron una investigación en la cual estudiaron la variación de los parámetros que se pueden ver en la figura 2 (a). La conclusión fue que el aumento de potencia de este tipo de difusores es posible cuando H/D comprende entre 0.05 y 0.15. Los autores comentan que si existe separación de flujo es posible reducirla al aumentar la longitud L del difusor. En su estudio, valores de L/D de entre 0.3 y 0.4 dan los mejores resultados.

Difusor con perfil aerodinámico. El difusor se construye a partir de un perfil aerodinámico de alto coeficiente de levantamiento con el cual se construye un ala anular (Venters & Helenbrook, 2013), ver figura 2 (b). En este caso se invierte el

perfil aerodinámico para que el lado de succión quede hacia el centro del difusor. Al pasar el viento a través de ala anular, se crea una zona de baja presión al interior del difusor, aumentando la velocidad del viento que pasa a través del rotor de la turbina.

Aranake y Duraisamy (2016) desarrollaron un método de optimización simultánea de la turbina y del difusor. Con este método lograron obtener un diseño optimizado de un difusor con un perfil aerodinámico S1223 y una turbina con la pala NREL Phase VI. Con este diseño se logró, de forma numérica, exceder el límite de Betz en 2.645 veces, con base en el área del rotor, y en 1.43 veces con base en el área máxima del difusor de acuerdo a van Bussel (2007).

Estudios realizados por Venters y Helenbrook (2013) demuestran que para un difusor formado por un perfil aerodinámico, es posible aumentar el ángulo de ataque muy por arriba del ángulo de stall, ya que la rotación de la estela de viento contribuye a que el flujo permanezca adherido a la pared del difusor. El diseño resultante de sus estudios arroja que C_p es máximo cuando el ángulo del perfil está entre 40° y 45° , siendo el ángulo óptimo de 42.9° . Con respecto al viento relativo, este ángulo es de 25° , muy superior al ángulo de stall, alrededor de 15° .

Difusor con borde. Este tipo de difusor fue propuesto por Ohya, figura 2 (c). Cuando el viento que pasa por fuera del difusor se encuentra con el borde, se crean vórtices detrás del difusor. Los vórtices favorecen la mezcla entre el flujo externo y el flujo interno del difusor, lo cual reenergiza el flujo interior y genera una zona de baja presión detrás de la turbina. Esta zona de baja presión jala una mayor cantidad de aire a través del plano del rotor (Ohya & Karasudani, 2010).

Con el propósito de crear un difusor más corto, Ohya y Karasudani (2010) realizan una serie de estudios en túnel de viento en el que varían los parámetros H/D y L/D de distintos modelos de difusores. Los mayores aumentos de potencia se obtienen para $H/D = 0.123$ y $L/D = 0.37$.

Se han realizado investigaciones para determinar los efectos de la altura del borde en este tipo de difusores (Chaker, Kardous, Chouchen, Aloui, & Ben Nasrallah, 2016). Los resultados muestran que el aumento de velocidad y C_p son mayores cuando el valor de H/D , ver figuran 2 (c), se aproxima a 0.15, lo cual concuerda con los resultados de Ohya (2010). Adicionalmente, mediante un método de optimización con algoritmos genéticos, un grupo de investigadores japoneses lograron construir un prototipo que ha logrado superar el límite de Betz de forma experimental, obteniendo un C_p de 0.614 (Oka, Furukawa, Kawamitsu, & Yamada, 2016).

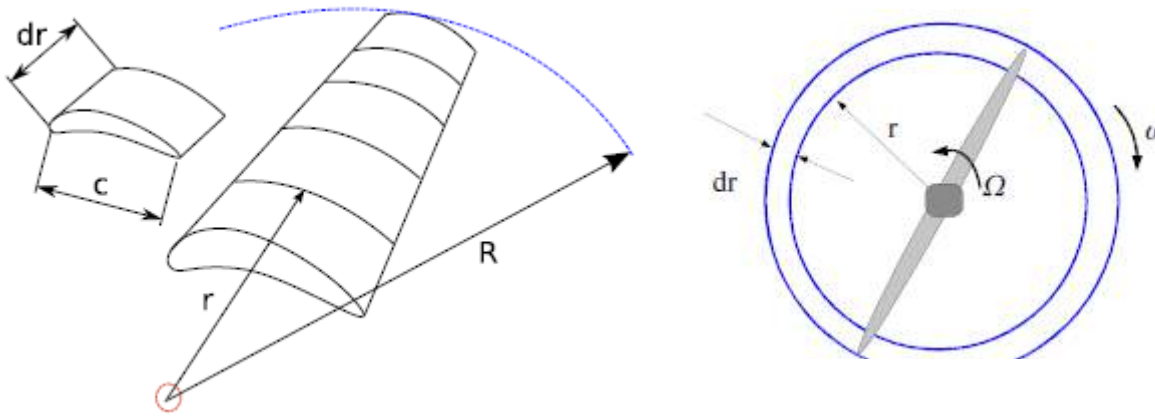


Figura 3.
Izquierda: Discretización de la pala
de la turbina en anillos.
Derecha: Tubo de corriente anular.

Fuente: Ingram, 2011

TIPOS DE DAWT

Metodologías de análisis y diseño

La herramienta de análisis y de diseño más utilizada en la industria de las turbinas de viento es la BEM (Blade element momentum theory) o la teoría de elemento de palas y conservación de cantidad de movimiento. Su importancia radica en que los resultados que entrega concuerdan muy bien con los datos experimentales, y en que es un método muy rápido y requiere de poco poder computacional. La teoría se basa en la discretización de la turbina en anillos, como se puede ver en la figura 3. Cada anillo es un tubo de corriente independiente, para el cual se cumplen condiciones de conservación de masa, conservación de cantidad de movimiento y conservación de momento angular. Para cada anillo se calculan las fuerzas aerodinámicas de levantamiento y arrastre de acuerdo a las tablas de desempeño de los perfiles aerodinámicos. Al final se integran las fuerzas que actúan sobre las palas de la turbina y se obtienen la potencia total, el coeficiente de potencia, el coeficiente de empuje sobre la turbina y el torque total.

Distintos autores han propuesto versiones de BEM para las turbinas de viento aumentadas por un difusor (A. Aranake & Duraisamy, 2016; Hjort & Larsen, 2015; Tavares Dias Do Rio Vaz, Amarante Mesquita, Pinheiro Vaz, Cavalcante Blanco, & Pinho, 2014; Vaz & Wood, 2016). El estudio de las DAWT es más complicado que el de las turbinas de viento libres, ya que el difusor altera la corriente de viento que incide sobre la turbina y a su vez, la turbina altera el perfil de viento que actúa sobre el difusor. En Tavares et al. (2014), se propone un único parámetro para tomar en cuenta el efecto de la geometría del difusor, el cual es la relación de aumento de velocidad o speed-up ratio $= V/V_{\infty}$. La cual es una relación entre la velocidad en el plano del rotor dentro del difusor y la velocidad de la corriente libre de viento. Para determinar este parámetro, es necesario hacer uso de la mecánica de fluidos computacional o CFD. De esta forma se puede realizar el análisis del perfil de viento tanto al interior como al exterior del difusor. Es importante considerar el problema como uno de flujo externo, ya que las características del aire que pasa por fuera del difusor influye en el perfil de viento que pasa a través del interior (Aniket Aranake, Lakshminarayan, & Duraisamy, 2013; Jamieson, 2009; Werle & Presz, 2008).

Para considerar el efecto que produce el rotor de la turbina en el perfil de viento sin necesidad de modelarlo se utiliza el método del disco actuador o AD (Dighe, Avallone, & van Bussel, 2016). Este método consiste en modelar un disco permeable en el cual se aplican las fuerzas axiales y tangenciales que ejerce el rotor sobre el viento.

Con el propósito de reducir el tiempo computacional de los análisis, numerosos autores han propuesto realizar corridas axisimétricas en lugar de corridas 3D (A. Aranake & Duraisamy, 2016; Vaz & Wood, 2016) (Vaz & Wood, 2016). Si bien, las corridas 3D revelan características importantes sobre el perfil de viento, los análisis 2D axisimétricos coinciden lo suficientemente bien y resultan más adecuados para situaciones de diseño en las que es necesario analizar cientos de propuestas (Aranake & Duraisamy, 2016). En la tabla 2 se muestran algunos de los parámetros que distintos investigadores han utilizado para las corridas en CFD.

| Investigador | Año | Software | Método | Modelo de turbulencia | Tamaño del dominio |
|--------------|------|---------------|----------------------|-----------------------|--|
| Venters | 2013 | FLUENT | RANS 2D | $k-\varepsilon$ | 20 cuerdas barlovento y 30 a sotavento |
| Jafari | 2014 | No disponible | RANS 3D | $v2-f$ model | Dimensiones del túnel de viento |
| Vaz | 2016 | FLUENT | RANS 2D axisimétrico | $k-\omega$ SST | 5 diámetros barlovento y 8.5 a sotavento |
| Chaker | 2016 | No disponible | RANS 2D axisimétrico | $k-\omega$ SST | No disponible |
| Kosasih | 2016 | CFX | RANS 3D | $k-\omega$ SST | Dimensiones del túnel de viento |

Tabla 2. Parámetros de estudios CFD utilizados por diferentes autores

Fuente: Elaboración propia con base en la información de los autores mencionados.

Una vez que se tiene el perfil de viento, debe ser introducido a la versión de BEM para DAWT, de forma que se calculen los parámetros de desempeño.

Para el diseño se utiliza este mismo procedimiento para analizar diferentes configuraciones y se elige la que de los mejores resultados. Con el propósito de automatizar este proceso, se han desarrollado algoritmos de optimización por computadora (A. C. Aranake & Lakshminarayan, 2014; Oka et al., 2016).

BENEFICIOS ADICIONALES DE LAS TURBINAS DE VIENTO CUBIERTAS

El colocar una cubierta o difusor alrededor de una turbina de viento tiene varios efectos benéficos además del aumento de la potencia del sistema. Estas ventajas convierten a esta tecnología en una alternativa muy atractiva para la explotación del viento de baja velocidad, incluyendo las zonas urbanas, donde algunos problemas como el ruido, la contaminación visual o la interferencia electromagnética limitan el uso de las turbinas de viento libres. En esta sección se mencionarán los beneficios más relevantes:

1. Debido al efecto de concentración, las turbinas cubiertas requieren de una velocidad de viento menor para comenzar a rotar que las turbinas libres. Esto le da un rango más amplio de operación y la posibilidad de producir más energía simplemente por tener un mayor tiempo de funcionamiento (A. Aranake & Duraisamy, 2016).
2. Las turbinas de viento cubiertas se ven beneficiadas por la rotación de la estela de viento, aumentando así su potencia. Se puede conseguir una mayor rotación de la estela si la turbina opera a TSR bajos (Hjort & Larsen, 2014).
3. El operar a TSR bajos hace que las turbinas produzcan menos ruido. Además, la presencia del difusor disipa el ruido que se pueda generar por lo que su operación es silenciosa (Hjort & Larsen, 2015).
4. Las turbinas cubiertas tienen un menor tamaño que las turbinas libres con la misma potencia nominal. Esto facilita las actividades de transporte e instalación.
5. El impacto visual de la turbina girando se elimina ya que el rotor queda oculto (Hjort & Larsen, 2014).
6. La presencia de la cubierta reduce la interferencia electromagnética (Allaei et al., 2015).
7. Las turbinas de viento con un difusor tienen un mejor desempeño que las turbinas libres bajo condiciones de viento de baja velocidad y en régimen turbulento (Kosasih & Saleh Hudin, 2016).

DISCUSIÓN

Las turbinas de viento aumentadas por un difusor han demostrado su capacidad para superar el límite de Betz de manera teórica (Jamieson, 2009; Werle & Presz, 2008), numérica (A. Aranake & Duraisamy, 2016) y experimental (Oka et al., 2016). Además las DAWT superan prácticamente todas las desventajas que tienen las turbinas de viento libres.

El estudio de las turbinas de viento aumentadas por un difusor se debe realizar como un problema de flujo externo, ya que la geometría exterior del difusor afecta las características aerodinámicas del interior como lo demuestran tanto los difusores con perfil aerodinámico como los difusores con borde.

Se puede observar una tendencia general en los parámetros de diseño de los difusores. Las relaciones de H/D se mantienen cercanas a 0.15 tanto para difusores cónicos como para difusores con borde. Adicionalmente se ha visto que se puede obtener un mayor aumento de potencia si la relación L/D se encuentra entre 0.3 y 0.4. Basándose en esta observación, el autor sugiere realizar un estudio para analizar el efecto de variar estos parámetros en un perfil aerodinámico de alto coeficiente de levantamiento. Debido a que la rotación de la estela detrás de la turbina favorece la adherencia de la capa límite de viento, será posible lograr estas relaciones de dimensiones.

De manera similar, el autor propone el estudio de difusores creados a partir de perfiles aerodinámicos de baja velocidad que incorporen un borde generador de vórtices.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

En este trabajo se ha presentado una revisión de la literatura en materia de las turbinas eólicas cubiertas como mecanismo para aumentar el desempeño de los aerogeneradores en condiciones de viento desfavorables.

Es importante notar que históricamente, la concepción de las turbinas aumentadas por difusores ha ido de la mano con el desarrollo de las turbinas de viento libres; sin embargo, la falta de conocimiento sobre sus mecanismos de funcionamiento limitaron su desarrollo. Con el avance tecnológico ha sido posible realizar análisis cada vez más precisos que revelan con detalle los fenómenos aerodinámicos que tienen lugar en las turbinas de viento cubiertas. De esta forma, se han podido crear métodos de análisis, diseño y optimización cada vez más complejos, los cuales han mostrado mejores resultados con el paso del tiempo.

Al tratarse de una tecnología en vías de maduración, existen muchas posibilidades para innovar, tanto en la tecnología de materiales, configuración de las palas, geometría del difusor y métodos de control.

Cabe mencionar que el impulso a la investigación y el desarrollo en las turbinas de viento aumentadas por un difusor no sólo dará una mayor economía de operación a las turbinas de viento, sino que permitirá un aprovechamiento global del recurso eólico.

REFERENCIAS

- Al-Sulaiman, F. A., & Yilbas, B. S. (2015). Thermoeconomic analysis of shrouded wind turbines. *Energy Conversion and Management*, 96, 599–604. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.02.034>
- Allaei, D., Tarnowski, D., & Andreopoulos, Y. (2015). INVELOX with multiple wind turbine generator systems. *Energy*, 93, 1030–1040. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.09.076>
- Amer, A., Ali, A. H. H., Elmahgary, Y., & Bady, M. (2012). Wind Energy Potential for Small-Scale Wind Concentrator Turbines. In *Advances in Civil, Environmental, and Materials Research* (pp. 3138–3156).
- Aranake, A. C., & Lakshminarayan, V. K. (2014). Assessment of low-order theories for analysis and design of shrouded wind turbines using CFD. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/524/1/012077>
- Aranake, A., & Duraisamy, K. (2016). Aerodynamic optimization of shrouded wind turbines. *Wind Energy*, 17(April 2013), 657–669. <https://doi.org/DOL: 10.1002/we.2068>
- Aranake, A., Lakshminarayan, V., & Duraisamy, K. (2013). Computational Analysis of Shrouded Wind Turbine Configurations. 51st AIAA Aerospace Sciences Meeting Including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition, (January), 1–17. <https://doi.org/10.2514/6.2013-1211>
- Ayhan, D., & Sa lam, A. (2012). A technical review of building-mounted wind power systems and a sample simulation model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 1040–1049. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.09.028>
- Chaker, R., Kardous, M., Chouchen, M., Aloui, F., & Ben Nasrallah, S. (2016). Vortices' Characteristics to Explain the Flange Height Effects on the Aerodynamic Performances of a Diffuser Augmented Wind Turbine. *Journal of Solar Energy Engineering*, 138(6), 61013. <https://doi.org/10.1115/1.4034906>
- Diario Oficial de la Federación de México. (2015). LEY DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA. Retrieved October 4, 2016, from http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5421295&fecha=24/12/2015&print=true

- Dighe, V., Avallone, F., & van Bussel, G. (2016). Computational study of diffuser augmented wind turbine using actuator disc force method, (November). <https://doi.org/10.2495/CMEM-V4-N4-522-531>
- Fletcher, C. A. J. (1981). Computational analysis of diffuser-augmented wind turbines. *Energy Conversion and Management*, 21(3), 175–183. [https://doi.org/10.1016/0196-8904\(81\)90012-1](https://doi.org/10.1016/0196-8904(81)90012-1)
- Foreman, K. M., Gilbert, B., & Oman, R. A. (1978). Diffuser augmentation of wind turbines. *Solar Energy*, 20(4), 305–311. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(78\)90122-6](https://doi.org/10.1016/0038-092X(78)90122-6)
- Global Wind Energy Council. (2015). Global Wind Report Annual Market Update 2015. Wind energy technology. Retrieved from http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC-Global-Wind-2015-Report_April-2016_22_04.pdf
- Hjort, S., & Larsen, H. (2014). A multi-element diffuser augmented wind turbine. *Energies*, 7(5), 3256–3281. <https://doi.org/10.3390/en7053256>
- Hjort, S., & Larsen, H. (2015). Rotor design for diffuser augmented wind turbines. *Energies*, 8(10), 10736–10774. <https://doi.org/10.3390/en81010736>
- Igra, O. (1981). Research and development for shrouded wind turbines. *Energy Conversion and Management*, 21(1), 13–48. [https://doi.org/10.1016/0196-8904\(81\)90005-4](https://doi.org/10.1016/0196-8904(81)90005-4)
- Ingram, G. (2011). Wind Turbine Blade Analysis using the Blade Element Momentum Method . Version 1 . 1 List of Figures, (c), 1–21.
- Ishugah, T. F., Li, Y., Wang, R. Z., & Kiplagat, J. K. (2014). Advances in wind energy resource exploitation in urban environment: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 613–626. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.053>
- Jafari, S. A. H., & Kosasih, B. (2014). Journal of Wind Engineering Flow analysis of shrouded small wind turbine with a simple frustum diffuser with computational fluid dynamics simulations. *Jnl. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 125, 102–110. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2013.12.001>
- Jamieson, P. (2009). Beating Betz: Energy Extraction Limits in a Constrained Flow Field. *Journal of Solar Energy Engineering*, 131(3), 31008. <https://doi.org/10.1115/1.3139143>
- Kosasih, B., & Saleh Hudin, H. (2016). Influence of inflow turbulence intensity on the performance of bare and diffuser-augmented micro wind turbine model. *Renewable Energy*, 87, 154–167. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.10.013>
- Lilley, G. M., & Rainbird, W. J. (1956). A Preliminary Report on the Design and Performance of a Ducted Windmill. Report No. 102, 73.
- Lu, L., & Ip, K. Y. (2009). Investigation on the feasibility and enhancement methods of wind power utilization in high-rise buildings of Hong Kong. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(2), 450–461. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.11.013>
- Ministry of Economic Development. (2007). New Zealand Energy Strategy to 2050: towards a sustainable low emissions energy system. Energy. Retrieved from http://www.otago.ac.nz/oerc/research_output/govt_documents/nz_energy_strategy_to_2050_2007.pdf
- NREL. (2012). Renewable Electricity Futures Study: Executive Summary. Renewable Electricity Futures Study: Executive Summary (Vol. 1). Golden, CO. <https://doi.org/NREL/TP-6A20-52409-ES>

- Ohya, Y., & Karasudani, T. (2010). A shrouded wind turbine generating high output power with wind-lens technology. *Energies*, 3(4), 634–649. <https://doi.org/10.3390/en3040634>
- Oka, N., Furukawa, M., Kawamitsu, K., & Yamada, K. (2016). Optimum aerodynamic design for wind-lens turbine. *Journal of Fluid Science and Technology*, 11(2), JFST0011-JFST0011. <https://doi.org/10.1299/jfst.2016jfst0011>
- Olasek, K., Karczewski, M., Lipian, M., Wiklak, P., & Józwik, K. (2016). Wind tunnel experimental investigations of a diffuser augmented wind turbine model. *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*, 26(7), 2033–2047. <https://doi.org/10.1108/HFF-06-2015-0246>
- ONU-Habitat. (2016). *Energía*. Retrieved October 4, 2016, from http://es.unhabitat.org/temas-urbanos/energia/?noredirect=es_ES
- Shafiee, S., & Topal, E. (2009). When will fossil fuel reserves be diminished? *Energy Policy*, 37(1), 181–189. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.08.016>
- Shonhiwa, C., & Makaka, G. (2016). Concentrator Augmented Wind Turbines: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1415–1418. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.067>
- Spera, D. A. (2009). *Wind turbine technology. Fundamental concepts of wind turbine engineering*. (D. A. Spera, Ed.) (2nd ed.). New York: ASME PRESS.
- Tabassum, A., Premalatha, M., Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2014). Wind energy: Increasing deployment, rising environmental concerns. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 270–288. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.11.019>
- Tavares Dias Do Rio Vaz, D. A., Amarante Mesquita, A. L., Pinheiro Vaz, J. R., Cavalcante Blanco, C. J., & Pinho, J. T. (2014). An extension of the Blade Element Momentum method applied to Diffuser Augmented Wind Turbines. *Energy Conversion and Management*, 87, 1116–1123. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.03.064>
- van Bussel, G. J. W. (2007). The science of making more torque from wind: Diffuser experiments and theory revisited. *Journal of Physics: Conference Series*, 75(12010), 12010. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/75/1/012010>
- Vaz, J. R. P., & Wood, D. H. (2016). Aerodynamic optimization of the blades of diffuser-augmented wind turbines. *Energy Conversion and Management*, 123, 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.06.015>
- Venters, R., & Helenbrook, B. (2013). A NUMERICAL INVESTIGATION OF HIGH LIFT COEFFICIENT AIRFOILS NEAR REGIONS OF STALL. In *Proceedings of the ASME 2013 Fluids Engineering Division Summer Meeting* (pp. 1–9). Nevada: ASME.
- Werle, M. J., & Presz, W. M. (2008). Ducted Wind/Water Turbines and Propellers Revisited. *Journal of Propulsion and Power*, 24(5), 1146–1150. <https://doi.org/10.2514/1.37134>
- WindPower Monthly. (2016). 10 OF THE BIGGEST TURBINES. Retrieved December 7, 2016, from 10 OF THE BIGGEST TURBINES



MÉTODO DE INVESTIGACIÓN MIXTA PARA IDENTIFICAR FACTORES DE CALIDAD EN EL SERVICIO EN LAS CAFETERÍAS DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

MIXED INVESTIGATION METHOD TO IDENTIFY QUALITY FACTORS IN THE SERVICE IN THE CAFETERIAS AT THE UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

Yessica Guzmán de la Paz
- Maestría en Diseño e Innovación
- Universidad Autónoma de Querétaro.

Alejandra Nivón Pellón
- Maestra en Investigación Enológica
- Universidad Autónoma de Querétaro.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es identificar los factores que, a consideración de los usuarios, determinan la calidad de servicio de las cafeterías de la Universidad Autónoma de Querétaro. Para lograr lo anterior se evaluó la satisfacción de los clientes de dichos establecimientos mediante dos métodos de investigación. El primero de ellos, consistió en la implementación y análisis de datos con el método SERVQUAL a través de una encuesta cuyo propósito era medir el grado de satisfacción de los usuarios de las cafeterías. A manera de complemento, se utilizó la metodología "Blue Print" para recopilar datos cualitativos con respecto a esta misma temática. Con base en los resultados obtenidos, se llegó a la conclusión de que los factores que más influyen en la percepción de la calidad del servicio son: la variedad de formas de pago disponibles, la comunicación vía medios digitales que existe entre los establecimientos y los clientes, la interacción directa con el personal y finalmente, el tiempo de entrega de los alimentos.

PALABRAS CLAVE

Servicio, Calidad, Cafeterías, Universidad, Satisfacción del cliente.

ABSTRACT

The objective of the present work is to identify the factors that, according to the users, determine the quality of service of the cafeterias of the Universidad Autónoma de Querétaro. To achieve this, we evaluated the satisfaction of customers of these establishments through two research methods. The first one consisted in the implementation and analysis of data using the SERVQUAL method through a survey whose purpose was to measure the degree of satisfaction of cafeteria users. As a complement, the "Blue Print" methodology was used to collect qualitative data regarding this same theme. Based on the results obtained, it was concluded that the factors that most influence the perception of service quality are: the variety of forms of payment available, communication via digital media that exists between establishments and customers, The direct interaction with the staff and, finally, the delivery time of the food.

KEYWORDS

Service, Quality, Coffee Shops, University, Customer satisfaction.

INTRODUCCIÓN

Los usuarios de los servicios de alimentación exigen cada vez más una buena calidad en la atención que reciben y en los productos que consumen. Begazo (2006) plantea que una buena calidad en el servicio surge de procesos simultáneos de producción, entrega y consumo del servicio; teniendo como objetivo final la satisfacción del cliente, provocando beneficios tangibles y cuantificables dentro la propia empresa.

Es importante medir la satisfacción del cliente para poder crear una estrategia de servicio acertada y así cubrir necesidades y expectativas directas del usuario. En la revisión de la literatura se reportan diversos métodos para la evaluación de la calidad en un servicio, destacando el instrumento SERVQUAL (1985), modelo más conocido y sobresaliente en el ámbito de la medición del concepto de la calidad de servicio mediante la descripción de determinantes de calidad del servicio, midiéndose en una escala que comprende la afirmación muy de acuerdo hasta muy desacuerdo, teniendo una importante modificación por parte de Parasuraman, Zeitham y Berry (1988) que consistió en poner una zona de tolerancia entre los niveles de expectativa y percepción creando dentro de esa zona ventajas competitivas, el cual se posiciona como el más usado para efectuar las mediciones de satisfacción y lealtad del cliente (Maldonado Radillo, Guillen Jimenez, & Carranza Prieto, 2013).

Sin embargo, la evaluación de la calidad de un servicio es un proceso complicado por los esquemas y contextos particulares de cada caso de estudio. Es necesaria la elaboración de un diseño de herramienta que se adecúe al entorno en el que irá dirigida la investigación; considerando características demográficas y de procesos, es por ello que los diagramas de servicio o “Blue Print” permiten evidenciar de manera directa los procesos y especificaciones que implica la prestación de ciertos servicios, ya que gracias a ellos lograremos establecer “[...] cómo deben realizarse las interacciones entre clientes y empleados, y la manera en que los sistemas y las actividades que se realizan tras bambalinas apoyan estas interacciones” (Lovelock, 2008, p. 234).



Figura 1. Diagrama de evaluación del cliente sobre la calidad del servicio.

Fuente: Elaboración propia a partir de Parasuraman, Zeitham & Berry (1991).

En vista de la situación tan particular de la calidad de servicio y lealtad del cliente de las cafeterías de la Universidad Autónoma de Querétaro, es necesario hacer un diseño de estudio que complemente el modelo SERVQUAL y la herramienta de diseño para hacer diagramas de servicio "Blue Print" y así tener un acercamiento preciso y certero respecto a la percepción del cliente sobre la calidad del servicio en las cafeterías al interior de la Universidad. Las modificaciones que se hicieron para lograr el diseño de la herramienta adecuada para la investigación fueron:

la reducción de variables determinantes de la calidad de servicio en el diseño de la encuesta del SERVQUAL a 6 factores con sus respectivas variables tangibles e intangibles a encuestar, y en el caso del diagrama de servicio o "Blue Print", el aspecto central consistió principalmente en distinguir lo que los clientes reciben, las actividades de los empleados y procesos de apoyo que el cliente no ve en primer plano, basado en los factores determinantes de calidad de servicio del SERVQUAL como base de observación directa.

ANTECEDENTES

Según Loverlock, (2004), “un servicio es un acto o desempeño que ofrece una parte a otra, aunque el proceso puede estar vinculado a un producto físico, el desempeño en esencia intangible, por lo general, no da como resultado la propiedad de ninguno de los factores de producción, los servicios son actividades económicas que crean valor y proporcionan beneficios como resultado de producir un cambio deseado en -o a favor de- el receptor de servicio”.

Beganzo Villanueva, (2006) puntualiza que “el servicio es un proceso que implica secuencias que se desarrollan previamente en el ámbito interno para luego trasladarlo al exterior de la empresa. Todo proceso de producción o prestación de servicio tiene como objetivo final la satisfacción del cliente”.

La calidad en el servicio es un tema que se ha abordado por diversos autores y a lo largo del tiempo ha ido modificándose de acuerdo a estudios e investigaciones; sin embargo, es importante recalcar que la calidad del servicio coincide con el concepto de calidad percibida (Duque & Edison, 2005) y que para Parasuraman et al., (1988) tiende a ser la más dominante en la literatura en el que se identifican cinco dimensiones de calidad del servicio que son: los aspectos tangibles, la confiabilidad, la velocidad de respuesta, aseguramiento de lo ofrecido y la empatía con el cliente.

Así mismo, Vera y Trujillo (2009) sintetizan que la definición de calidad del servicio depende esencialmente de dos matices: el industrial y el cultural. El primer matiz es a lo que refiere el tipo de industria y hace referencia a que “los aspectos particulares cambian de un servicio a otro, así como también cambian las expectativas del cliente” Heung et al. (2000). El segundo matiz es el contexto cultural, (Raaipoot, 2004) puntualiza que las “expectativas del cliente hacia la calidad de servicio, varían de forma importante dependiendo la formación cultural, aunque exista un mismo tipo de industria, la percepción de tener una satisfacción total responde en muchos casos a elementos regionales y culturales específicos”, a lo que corresponden concepciones propias de lo que se entiende por calidad de servicio.

Así pues, tener una definición exclusiva de calidad en servicio resulta ser un reto, ya que los servicios se presentan en contextos muy peculiares.

La percepción de calidad de un servicio que tengan los clientes es de suma importancia debido a que provoca beneficios tangibles y cuantificables en un negocio de esta índole; además, las variables de la calidad del servicio tienen un mayor impacto en la intención o deseo de los consumidores a ser leales (Vera y Trujillo, 2009).

El SERVQUAL fue desarrollado por Parasuraman, Zeithaml, & Berry, (1985-1988), es un instrumento que ayuda al acercamiento, evaluación y conciliación de las expectativas y percepciones del cliente, basándose en cinco variables principales:

Tangibilidad: apariencia de las instalaciones físicas material de comunicación, personal y equipos.

Fiabilidad: habilidad para ejecutar el servicio ideal de forma viable y cuidada.

Capacidad de respuesta: habilidad para ayudar a los clientes y proveer un servicio rápido.

Responsabilidad: conocimiento y atención de los empleados, credibilidad y confianza

Confianza o empatía: muestra de interés, entran criterios como la accesibilidad, comunicación y comprensión del usuario.

Trujillo y Vera (2009) toman el modelo SERVQUAL y lo organizan en variables tangibles e intangibles para la correlación y medición de la lealtad, definiéndose de la siguiente manera:

-Variables tangibles: Instalaciones, accesibilidad y comida/bebidas.

-Variables intangibles: Personal, ambiente, consistencia y honestidad.

El diseño de nuevos servicios es un desafío considerable pues requiere pensar en procesos, gente y experiencias, así como en resultados y beneficios. Las empresas tienen que pensar en términos para llevar a cabo un buen desempeño en todas las acciones y reacciones que los clientes perciben, cualquiera que sea el negocio. (Lovelock, 2008, 242-155).

Además de tener una medición cuantitativa de la calidad de los servicios (SERVQUAL), es importante tener perspectivas cualitativas de los servicios y pensar en un rediseño de los mismos -en caso de ser necesario-, en la literatura existente se sugiere contar con un diagrama de servicio o "Blue Print", en este sentido Lynn Shostack (1992), señala que estos diagramas centrados en servicios permiten describir procesos que incluyen flujos, secuencias, relaciones y dependencias.

Los procesos de servicios tienen una estructura básicamente intangible y de alto nivel de contacto, por esta razón puntualiza Loverlock (2008) resultan más difíciles de visualizar.

El diagrama de servicio o “Blue Print” es una metodología que permite aclarar las interacciones entre los principales actores (clientes y empleados). Además, provee el soporte necesario que aportan las actividades adicionales y los sistemas que están detrás de cada acto como: los roles de los empleados, procesos operativos, tecnología e interacciones con los clientes y la identificación de puntos de falla.

Kumar, Stranlund y Thomas (2008) participaron en un caso de estudio de servicio de la compañía Best Buy en el que combinaron el uso del cuestionario -con el método SERVQUAL- y un diseño de diagrama de servicio “Blue Print” para determinar las expectativas de los usuarios de manera eficiente. El uso de ambos métodos permitió realizar el diseño de un diagrama que mejora la calidad de servicio provisto por Best Buy (Pérez Savelli & Quiñones, 2015). Esto prueba que el uso de metodologías mixtas es viable para la mejora de procesos de prestación de servicios.

Loverlock, (2004) puntualiza que es necesario un preciso análisis y monitoreo de la satisfacción del cliente para una correcta elaboración de estrategias comerciales y de negocios que alienten a la lealtad del cliente.

| | | | |
|--|---|--|--|
| Autores | Vera y Trujillo | Maldonado-Radillo <i>et al.</i> | Sanmiguel-Edis <i>et al.</i> |
| Año | 2009 | 2013 | 2015 |
| Tamaño de la muestra | 111 | 297 | 96 |
| Contexto | Mexicano | Mexicano | Colombiano |
| ¿A qué sector estuvo dirigida la investigación? | Restaurante | Cafetería | Cafetería |
| Herramienta de medición aplicada | Behavioral Intentions Battery y propio | Cuestionario autoadministrado basado en SERVQUAL y estudios de Varela <i>et al.</i> (2006) | SERVQUAL |
| Técnica de validez y/o confiabilidad | Sin especificar | Alfa de Cronbach y KMO (Kaiser Mayer-Olkin) | Alfa de Cronbach |
| Variables estudiadas | Instalaciones Comida Personal Consistencia/ Honestidad Accesibilidad Ambiente | Personal Instalaciones físicas Producto | Tangibilidad Fiabilidad Capacidad de respuesta Responsabilidad Confianza y empatía |

Tabla 1. Análisis de la literatura sobre medición de la calidad de servicios.

Fuente: Elaboración propia.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

A lo que se refiere al estudio de la calidad de servicios en el ramo de cafeterías y restaurantes, la literatura académica es limitada; en la tabla 1 se presentan

algunas investigaciones reportadas para el caso de restaurantes y cafeterías, donde se describe el instrumento usado y las variables implementadas, así como las técnicas para determinar la confiabilidad y validez del estudio.

Vera y Trujillo en su artículo “El papel de la calidad del servicio del Restaurante como antecedente de la Lealtad del cliente” (2009) buscaron correlaciones aceptables entre la gama de variables intangibles y la gama de variables tangibles; usando la relación de las variables de la calidad de servicio como antecedente en la lealtad del cliente. Aplicaron cuestionarios hacia los comensales de un restaurante y posteriormente se analizaron.

Por medio del desarrollo de una metodología propia usaron como base el SERVQUAL y reactivos en específico de la Behavioral-Intentions de Parasuraman et al. (1994). Como resultado se obtuvo que los determinantes de la calidad de los servicios, la calidad de la comida y las instalaciones fueron las más favorables. Las áreas de servicio donde se tiene que presentar mayor atención, principalmente, fueron la preparación adecuada del personal y la homogeneidad en la prestación del servicio.

La evidencia de su trabajo indicó que los clientes del restaurante tienden a formar su opinión general sobre la percepción según las necesidades específicas dentro de un lugar y ambiente determinado, lo cual tuvo una contribución muy importante en este trabajo para el diseño del cuestionario a aplicar.

Por su parte Maldonado-Radillo en su artículo “Factores determinantes de la calidad del servicio de una cafetería en el campus de una universidad pública” (2013), definieron los factores específicos para determinar la calidad de servicio percibido por los usuarios de una cafetería al interior de una universidad pública apoyándose con encuestas y validando los resultados con la herramienta Alfa de Cronbach; tomando como guía la herramienta de medición SERVQUAL y SERVPERF dando como resultado tres variables que determinan la calidad del servicio en esa cafetería en específico, siendo el personal, las instalaciones y el producto con un total del 63% de la varianza total. Este estudio se tomó como base para el diseño de las encuestas aplicadas en nuestro estudio por la similitud de las condiciones y especificaciones propias del objeto de estudio.

Finalmente, Sanmiguel-Edis et al. (2015) con su investigación en la Medición de la calidad percibida el servicio mediante la herramienta SERVQUAL en tiendas de café en Santander, Colombia, obtuvieron como resultado que los factores asociados con la atención y orientación hacia el cliente son definitivos en el momento de tomar la decisión de adquirir el producto en la tienda. Estas variables las hemos tomado en cuenta como parte del diseño de la investigación y así poder reiterar con base en los resultados del presente trabajo dicha afirmación.

METODOLOGÍA

DISEÑO DEL ESTUDIO

El diseño del presente trabajo es de tipo no experimental, transversal, (Sampieri, R. H., et al. 2010) basado en investigaciones y validaciones anteriores como las de Maldonado-Radillo et al., (2013), Trujillo y Vera, (2009) y Pérez Savelli, MBA y Quiñones V.(2009), fundamentados en el método SERVQUAL (Parasuraman, Zeithaml, & Berry, 1986) para poder definir y medir de manera cuantitativa y cualitativa la calidad en el servicio como la diferencia entre las percepciones por parte de los clientes en un diagrama de servicio final "Blue Print" y así obtener información precisa en futuras investigaciones sobre el tema de la calidad de servicio dentro de las cafeterías de la Universidad Autónoma de Querétaro.

El trabajo de recolección de datos se llevó a cabo durante el mes de abril y mayo del 2017, mediante un cuestionario basado en el método SERVQUAL dirigido a usuarios activos de las diversas cafeterías al interior de la Universidad Autónoma de Querétaro que quisieran opinar sobre la calidad del servicio de las mismas y aceptaran voluntariamente responder dicho cuestionario de manera virtual, teniendo como base los indicadores poblacionales de la página oficial de la Universidad Autónoma de Querétaro (www.uaq.mx/estadistica/indi.html). Sin embargo, si esta muestra fuese probabilística (considerando que no se conoce el marco muestral preciso, ya que los indicadores exponen solamente la comunidad estudiantil, administrativa y de docencia, no incluye personas de visita o que tengan alguna relación ajena a estas tres categorías y que también son usuarios activos de dichas cafeterías, convirtiéndose así un muestreo por conveniencia) se usaría la siguiente fórmula (figura 2) para detectar porciones poblacionales dando como resultado, con un marco de error del 5% y un nivel de confianza del 95% de una población aproximado de 25049, una muestra de 379. Se contestaron un total de 600 encuestas.

$$n = \frac{z^2(p \cdot q)}{e^2 + \frac{z^2(p \cdot q)}{N}}$$

n= Tamaño de la muestra

z= Nivel de confianza deseado

p= Proporción de la población con la característica deseada (éxito)

q= Proporción de la población sin la característica deseada (fracaso)

e= Nivel de error dispuesto a cometer

N= Tamaño de la población

Figura 2. Fórmula para detectar porciones poblacionales.

Fuente: Asesoría Económica & Marketing (2009).

<http://www.corporacionaem.com/>

Los procesos de servicios tienen una estructura básicamente intangible y de alto nivel de contacto, por esta razón puntualiza Loverlock (2008) resultan más difíciles de visualizar.

El diagrama de servicio o “Blue Print” es una metodología que permite aclarar las interacciones entre los principales actores (clientes y empleados). Además, provee el soporte necesario que aportan las actividades adicionales y los sistemas que están detrás de cada acto como: los roles de los empleados, procesos operativos, tecnología e interacciones con los clientes y la identificación de puntos de falla.

| | |
|---------------------------------------|--|
| Universo | Universidad Autónoma de Querétaro |
| Tipo de investigación | Exploratorio, transversal y mixta |
| Tipo de muestreo | No probabilística |
| Muestra | Comunidad universitaria usuaria de cafeterías internas |
| Herramienta aplicada | Cuestionario auto administrado / base en SERVQUAL |
| Cuestionarios aplicados | 600 |
| Periodo de recolección de información | Abril - mayo 2017 |
| Análisis estadístico y de validación | Análisis descriptivo / Alfa de Cronbach |

Tabla 2. Ficha Técnica de
la Investigación.

Fuente: Elaboración propia.

Complementariamente se elaboró un diagrama de servicio "Blue Print" que permitió visualizar y detectar flujos, secuencias, relaciones, dependencias más directas usuario-servicio y puntos de falla.

DISEÑO DEL CUESTIONARIO

El diseño del cuestionario estuvo basado en un conjunto de ítems que ratifican la calidad de servicio del sector cafeterías dentro de una universidad pública, en este caso la Universidad Autónoma de Querétaro, tomando en cuenta el estudio hecho por Maldonado-Radillo (2009), cuya gama de ítems fue adaptada según los requerimientos de su investigación.

El resultado del instrumento (anexo) estuvo conformado por 18 ítems agrupados en seis variables/factores: Accesibilidad, Instalaciones, Comida y bebidas, Personal, Ambiente, Consistencia y honestidad, variables basadas en estudios de Trujillo y Vera (2009) y el modelo SERVQUAL; con algunas variaciones propias de la investigación (variables que se describen en la tabla 3) cuya técnica de escalamiento es modelo Likert de cinco escalas de respuesta, las cuales fueron ancladas de la siguiente manera: 1= Totalmente en desacuerdo y 5= Totalmente de acuerdo.

| Factor | Definición de la variable/factor |
|---|--|
| <p><u>Accesibilidad</u></p> <p><i>ítem 1</i> Las cafeterías ofrecen facilidades y alternativas de pago (efectivo, tarjeta, cupones, vales, descuentos).</p> <p><i>ítem 2</i> Las cafeterías ofrecen alternativas de comunicación real con sus clientes para dar a conocer sus productos o promociones como apps, redes sociales, mails, entre otros.</p> <p><i>ítem 3</i> El personal tiene total conocimiento sobre las bebidas y alimentos que ofrecen las cafeterías.</p> <p><i>ítem 4</i> El personal recibe de manera cordial a los clientes.</p> | Facilidades y alternativas de pago, trato de bienvenida del cliente y grado de conocimiento del personal sobre las actividades, menú y concepto. |
| <p><u>Instalaciones</u></p> <p><i>ítem 5</i> Las cafeterías cuentan con diseño de marca, decoración atractiva e instalaciones agradables para el cliente.</p> <p><i>ítem 6</i> Las cafeterías cuentan con mobiliario y espacios confortables.</p> <p><i>ítem 7</i> La higiene de las cafeterías es adecuada.</p> | Limpieza de las instalaciones, características físicas de las mismas, mobiliario, decoración. |
| <p><u>Comida y bebidas</u></p> <p><i>ítem 8</i> Los alimentos y bebidas son visualmente atractivos.</p> <p><i>ítem 9</i> Los alimentos y bebidas se perciben limpios y en buen estado, tienen un olor y sabor agradable.</p> <p><i>ítem 10</i> Los clientes reciben la misma calidad de servicio bajo cualquier circunstancia.</p> <p><i>ítem 11</i> Las cafeterías ofrecen alimentos nutritivos.</p> | Presentación, higiene, temperatura, frescura, servicio estandarizado. |
| <p><u>Personal</u></p> <p><i>ítem 12</i> El personal de las cafeterías trata de manera familiar a los clientes, entiende las necesidades de los clientes, dan confianza y tienen buena actitud.</p> <p><i>ítem 13</i> El personal de las cafeterías es eficiente a las demandas de los clientes incluso en horas pico.</p> <p><i>ítem 14</i> El personal de las cafeterías tiene buen aspecto físico y de limpieza.</p> | Presentación, rapidez, trato empático. |
| <p><u>Ambiente</u></p> <p><i>ítem 15</i> La cafetería ofrece variedad en alimentos y bebidas, los menús son fáciles de localizar.</p> <p><i>ítem 16</i> La música, iluminación y los olores son agradables para el cliente.</p> | Sabor, olor, variedad, auto identificación con tipo de usuarios. |

Tabla 3. Definición de las variables/
factores y los ítems de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el paquete Statistical Package for Social Science (SPSS)® para obtener las estadísticas descriptivas como media, varianza y desviación estándar. Para método de extracción de factores empleamos el análisis de componentes principales con el método de rotación Varimax con normalización Kaiser. El análisis factorial se comprobó mediante KMO (Kaiser-Mayer-Olkin) y la prueba de esfericidad de Barlett. Para determinar la fiabilidad del instrumento usado evaluamos la consistencia interna mediante el cálculo del Alfa de Cronbach, el cual se utiliza para evaluar la uniformidad de los diferentes ítems de una misma variable o factor y del cuestionario final.

Desarrollo de Diagrama de Servicio o “Blue Print”

Shostack, (1992) puntualiza que un diagrama de servicio o “Blue Print” debe incluir ciertos elementos que son indispensables para su desarrollo como son el listado de tareas llevado a cabo por los prestadores de servicios, identificar momentos y sectores en donde pueden cometerse errores, pasos repetidos, posibilidad de cuellos de botellas que puedan bloquear o dilatar la prestación de servicio.

Se desarrolló el diagrama de servicio o “Blue Print” mediante los componentes básicos propuestos por Bitner, Ostrom y Morgan, (2008) y una combinación de variables propuesta por Trujillo y Vera (2009) para tener un punto de comparación de resultados de los dos métodos usados para la determinación de los factores de la calidad. Dichas variables se describirán posteriormente.

Tabla 4. Características Demográficas.

Fuente: Elaboración propia.

| Características | Cantidad | Porcentaje % |
|--------------------------------------|----------|--------------|
| Género | | |
| Femenino | 391 | 61.3 |
| Masculino | 244 | 38.2 |
| Otro | 3 | .5 |
| Edad | | |
| Menos de 20 años | 175 | 27.4 |
| Entre 21 y 30 años | 357 | 56 |
| Entre 31 y 40 años | 61 | 9.6 |
| Entre 41 y 50 años | 33 | 5.2 |
| Más de 50 años | 12 | 1.9 |
| Tipo de Usuario | | |
| Estudiante | 527 | 82.6 |
| Docente | 61 | 9.6 |
| Administrativo | 35 | 5.5 |
| Otro | 15 | 2.4 |
| Turno | | |
| Matutino | 291 | 45.6 |
| Vespertino | 183 | 28.7 |
| Otro | 164 | 25.7 |
| Frecuencia visitas por semana | | |
| 1 a 2 veces | 153 | 24 |
| 3 a 4 veces | 228 | 37.5 |
| 5 a 6 veces | 142 | 22.3 |
| Otro | 9 | 1.4 |

RESULTADOS

ANÁLISIS DE DATOS

El cuestionario fue contestado por un total de 600 usuarios. Sus características demográficas son descritas en la siguiente tabla.

| | Media | Desviación Estándar | Varianza |
|---|-------|---------------------|----------|
| Factor/variable Accesibilidad | 2.651 | 1.200 | 1.372 |
| ítem 1 | 1.823 | 1.079 | 1.164 |
| ítem 2 | 2.047 | 1.242 | 1.544 |
| ítem 3 | 3.492 | 1.208 | 1.159 |
| ítem 4 | 3.245 | 1.273 | 1.621 |
| Factor/variable instalaciones | 2.973 | 1.231 | 1.518 |
| ítem 5 | 2.933 | 1.297 | 1.682 |
| ítem 6 | 2.910 | 1.221 | 1.491 |
| ítem 7 | 3.078 | 1.175 | 1.381 |
| Factor/variable comidas y bebidas | 3.288 | 1.134 | 1.293 |
| ítem 8 | 3.21 | 1.070 | 1.145 |
| ítem 9 | 3.49 | 1.069 | 1.142 |
| ítem 10 | 3.26 | 1.266 | 1.603 |
| ítem 11 | 3.19 | 1.133 | 1.282 |
| Factor/variable personal | 3.133 | 1.218 | 1.486 |
| ítem 12 | 3.128 | 1.261 | 1.591 |
| ítem 13 | 2.850 | 1.245 | 1.550 |
| ítem 14 | 3.422 | 1.149 | 1.319 |
| Factor/variable ambiente | 3.221 | 1.1795 | 1.391 |
| ítem 15 | 3.385 | 1.169 | 1.366 |
| ítem 16 | 3.050 | 1.190 | 1.417 |
| Factor/variable consistencia y honestidad | 3.277 | 1.176 | 1.611 |
| ítem 17 | 3.612 | 1.083 | 1.173 |
| ítem 18 | 2.942 | 1.269 | 1.611 |

Tabla 5. Estadísticas Descriptivas de los Factores/variables e ítems.

Fuente: elaboración propia.

Esta tabla describe las medias, desviación estándar y varianza para puntuación global de las variables y los ítems.

Posteriormente obtuvimos las estadísticas descriptivas que constan de las medias, desviaciones estándar y varianza de cada uno de los ítems de los factores (variables) de estudio para obtener la puntuación global. La escala de valores se estableció entre 1 (totalmente en desacuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo). Como se puede observar, la media más elevada pertenece al factor comidas y bebidas y la más baja al factor de accesibilidad; esto indica que

los usuarios dan mayor valor a las comidas y bebidas, y por otro lado, un área de oportunidad bastante importante se la dan al factor accesibilidad, especialmente en el ítem 1 correspondiente a que no hay facilidades o alternativas de pago.

Con respecto a las desviaciones se mantienen un poco más estables en cuanto a la variabilidad, y presentan menos varianza en cada uno de los ítems.

Tabla 6. Consistencia interna
de la escala con herramienta
Alfa De Cronbach.

Fuente: Elaboración propia.

| Factor /variable de la calidad del servicio | Alfa De Cronbach Unidad de análisis N=600 | Número de ítems |
|---|--|-----------------|
| Accesibilidad | 0.606 | 4 |
| Instalaciones | 0.831 | 3 |
| Comida y bebida | 0.824 | 4 |
| Personal | 0.827 | 3 |
| Ambiente | 0.763 | 2 |
| TOTAL | .932 | 18 |

Para determinar la fiabilidad manejamos la herramienta alfa de Cronbach para medir la consistencia interna de la escala. En la tabla 6 mostramos la escala, considerando que el valor permuta entre 0 y 1, la escala que se acerque a 1 indica mayor fiabilidad; esto quiere decir que la escala general de los 18 ítems es muy adecuada (= .932).

| | | |
|------------------------|---------------------|----------|
| KMO | | 0.946 |
| Esfericidad de Barlett | Aprax. Chi-cuadrado | 6297.869 |
| | gl | 153 |
| | Sig. | 0.000 |

Tabla 7. Grado de asociación de las variables prueba Kaiser-Meyer-Olkin (KMO).

Fuente: Elaboración propia.

La identificación de los factores que decretan la calidad del servicio de las cafeterías de la Universidad Autónoma de Querétaro y su validez se realizó con dos indicadores de grado de asociación de variables: la prueba Keiser Meyer Olkin (KMO) y de esfericidad de Barlett. El resultado fue de .946 (KMO) y la prueba de Barlett fue de $C^2 = 6297.8$, lo cual indica que los datos son aceptables para el uso de un análisis factorial según la escala Lévy y Varela (Maldonado-Radillo et al. 2013).

| Variables | Ítems | Carga Factorial (existencia de 8 factores) | | | | | | | |
|---------------------------|-------|--|--------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|
| Accesibilidad | 1 | 0.090 | 0.065 | 0.054 | 0.027 | 0.945 | 0.208 | 0.063 | -0.016 |
| | 2 | 0.143 | 0.229 | 0.114 | 0.043 | 0.265 | 0.869 | 0.024 | 0.086 |
| | 3 | 0.334 | 0.202 | 0.188 | 0.172 | -0.027 | 0.104 | 0.100 | 0.841 |
| | 4 | 0.790 | 0.065 | 0.216 | 0.037 | 0.066 | 0.027 | 0.010 | 0.337 |
| Instalaciones | 5 | 0.128 | 0.827 | 0.184 | 0.163 | 0.016 | 0.193 | 0.148 | 0.102 |
| | 6 | 0.182 | 0.846 | 0.214 | 0.154 | 0.064 | 0.079 | 0.095 | 0.132 |
| | 7 | 0.428 | 0.465 | 0.611 | 0.027 | 0.133 | -0.011 | 0.052 | 0.038 |
| Comida y bebida | 8 | 0.181 | 0.351 | 0.681 | 0.219 | 0.087 | 0.167 | 0.203 | 0.157 |
| | 9 | 0.329 | 0.162 | 0.765 | 0.210 | 0.017 | 0.045 | 0.184 | 0.175 |
| | 10 | 0.574 | -0.051 | 0.344 | 0.349 | -0.025 | 0.087 | 0.325 | 0.142 |
| | 11 | 0.267 | 0.282 | 0.265 | 0.149 | 0.096 | 0.028 | 0.829 | 0.091 |
| Personal | 12 | 0.858 | 0.134 | 0.171 | 0.085 | 0.020 | 0.075 | 0.117 | 0.076 |
| | 13 | 0.768 | 0.198 | 0.123 | 0.181 | 0.052 | 0.112 | 0.181 | 0.065 |
| | 14 | 0.576 | 0.223 | 0.484 | 0.198 | -0.103 | 0.125 | 0.053 | 0.026 |
| Ambiente | 15 | 0.229 | 0.306 | 0.295 | 0.614 | -0.049 | 0.307 | 0.215 | 0.081 |
| | 16 | 0.214 | 0.524 | 0.438 | 0.416 | 0.070 | 0.140 | 0.141 | -0.005 |
| Consistencia y honestidad | 17 | 0.388 | 0.273 | 0.190 | 0.700 | 0.078 | -0.135 | 0.053 | 0.204 |
| | 18 | 0.672 | 0.223 | 0.169 | 0.311 | 0.171 | 0.038 | 0.067 | 0.074 |

Resultado de análisis de factores, en la tercera columna se presentan cargas factoriales de cada ítem a través de la matriz de componentes rotados. Método de extracción: análisis de componentes principales. Método de Rotación Varimax con normalización Kaiser.

Tabla 8. Carga factorial de las variables y los ítems de la calidad de servicio de las cafeterías de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Fuente: Elaboración propia.

Ya comprobada la adecuación de la muestra, continuamos con la identificación de los factores determinantes de la calidad de servicio de las cafeterías de la Universidad Autónoma de Querétaro.

El resultado del análisis muestra la existencia de ocho factores determinantes de la calidad de servicio.

Obtuvimos como resultado mayor carga factorial (47.94%) los ítems 1,2,3,4,5,6,7,8; los cuales corresponden a las variables de accesibilidad (ítems 1,2,3,4), instalaciones (ítem 5,6,7) y comidas y bebidas (ítem 8), cargas factoriales mayores de 0.5, por lo tanto, están asociados con las variables tangibles de la calidad de servicio según Vera y Trujillo, (2009).

DIAGRAMA DE SERVICIO O "BLUE PRINT"

A continuación, se presenta un diagrama de servicio de las cafeterías que actualmente existen en el interior de la Universidad Autónoma de Querétaro, así como la identificación de ciertas problemáticas al prestar el servicio y sus líneas de interacciones directas.

Loverlock, (2004) puntualiza que no existe una única manera y obligatoria de preparar un diagrama de servicio, sin embargo, se recomienda utilizar un enfoque sólido en la organización.

Este diagrama nos ayudará a reforzar los factores determinantes de la calidad de servicio en las cafeterías de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Loverlock, (2004) en su libro Administración de servicios, describe las principales claves para llevar a cabo un diagrama de servicio Blue Print de alto contacto, como son las cafeterías investigadas, basándonos en los componentes expuestos en la p.242 se modificaron variables de las secuencias de las acciones y se tomaron en cuenta los factores determinantes de Trujillo y Vera (2009) para tener una pauta de las secuencias de acciones que se están investigando y así obtener un punto de comparación de resultados tanto de los métodos cuantitativos -en este caso las estadísticas descriptivas- y el método cualitativo de diagrama de servicios "Blue Print", quedando de la siguiente manera:

Componentes clave de arriba hacia abajo (figura 3):

1. Definición de normas para las actividades del escenario frontal (contacto directo con el cliente).
2. Evidencia Física y de otro tipo de actividad del escenario frontal.
3. Principales acciones de los clientes.
4. Línea de interacción.
5. Acciones visibles del empleado.
6. Línea de visibilidad.
7. Acciones tras bambalinas.
8. Proceso de soporte (participación de otros miembros del personal, personas externas y de tecnología informática).

Factores determinantes de la calidad de servicio de izquierda a derecha (figura 3):

1. Accesibilidad.
2. Instalaciones.
3. Comida y bebidas.
4. Personal.
5. Ambiente.
6. Consistencia y honestidad.

Con base a la observación y desglose del diagrama de servicio existente, se detectó que hay focos rojos en la parte de accesibilidad (forma de pago muy limitada), instalaciones de comida y bebida, así como una parte del personal; además de no contar con soportes tecnológicos e informáticos que apoyen el servicio como medida de comunicación directa con los clientes, esto en conjunto con el análisis estadístico estudiado con anterioridad, concuerdan completamente con los resultados arrojados.

| | Accesibilidad | Comida y bebida | Personal | Ambiente | Consistencia y honestidad |
|---|---|--|--|---|--|
| Contato directo con el cliente | -Cliente va directo a la barra principal no hay saludo ni orientación F | -Se entrega el producto de manera tardía | -Espera a que el cliente se acerque | -El cliente se limita a ir directo a la barra o buscar un lugar libre para sentarse | -Aunque el trato es directo hay poca conversación |
| Evidencia Física | -Producto a la mano -Menús hechos a mano o impresión en lona todo de manera presencial | -Se entrega lo que se pide -Buena porción | -Poco personal F | -Mobiliario básico sillas y mesas de plástico algo sucias | -Se entrega lo que se ordena y cuando hay una equivocación se cambia |
| Principales acciones con el cliente | -Se limitan a tomar la orden y cobrar | -Toma el pedido y se va | -Una sola persona: Toma órdenes Entrega órdenes Cobra Aglomeración de gente y de pedidos F | -El cliente no se queda mucho tiempo, sólo para comer o hacer alguna tarea un par de horas máximo | -Se toma la orden si hay algún descontento no hay manera de quejarse con el responsable o dueño F |
| Línea de interacción | | | | | |
| Acciones visibles del empleado (puntos de contacto visibles) | -Toma de orden personalmente con cliente -Cobro solo efectivo F | -Entrega el pedido | -Toma la orden -Cobra -Trato con proveedores -Trato hostil -Entrega tardía de órdenes | -El empleado limpia las mesas muy esporádicamente -El ambiente es hostil por parte de los empleados | -Cuando hay algún problema se deslinda de responsabilidades -Trato hostil F |
| Línea de visibilidad | | | | | |
| Acciones tras bambalinas (acciones invisibles del empleado) | -Preparación de comida -Acomodo de productos -Trato con proveedores -Poco personal -Rush | -Prepara los alimentos o espera que los preparen y voca el pedido con voz fuerte | -Hace muchas cosas una sola persona -Está descontento F | -El ambiente, entre el poco personal es de estrés y mala cara | -Si hay alguna queja se queda sólo en queja no avanza ni hay un seguimiento F |
| Procesos de soporte participación de otros miembros del personal, personas externas y de tecnología informática | -Toma de pedidos personalmente con el proveedor en horas pico -Pago solamente en efectivo F | -Ayudan a preparar los alimentos (poco personal) -No cuenta con herramientas para registrar pedido -No hay herramientas de apoyo para mostrar promos ni menús de manera tecnológica F -Se tarda mucho la entrega por pérdidas de comandos F | -No hay apoyo de herramientas que ayuden a tomar pedidos ni cobrar F -No hay apoyo de herramientas que ayuden a tomar pedidos ni cobrar F | -El ambiente entre el poco personal es hostil F -No existe manera de externar opiniones de una forma más directa con los responsables de la cafetería | -No hay herramientas que soporte y seguimiento a quejas F |

F Principales punto de falla

Figura 3. Desglose de diagrama de servicio o Blue Print de las cafeterías de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de servicio o Blue Print de observación directa en tiempo real de una cafetería de la Universidad Autónoma de Querétaro.

empleados, lo que hace tardada la toma de órdenes, la demora de la entrega de las mismas, y mal trato hacia los clientes (homogeneidad en prestación del servicio); en el factor instalaciones se detectaron fallas en la infraestructura como algunas fugas de gas, falta de limpieza en las instalaciones, asemejándose los resultados en los estudios de Vera y Trujillo, (2009).

CONCLUSIONES

La finalidad de la validación de la calidad de servicio de las cafeterías de la Universidad Autónoma de Querétaro fue medir la percepción que tienen los usuarios a cerca de las mismas.

Dentro de la percepción del servicio que tuvieron los usuarios utilizando el método cualitativo con la herramienta "Blue Print" como factor determinante de la calidad aventajan las variables de: comida, bebida y consistencia; mismos factores que evidencian un servicio propicio en los estudios por Varela et al. (2009) e identificamos puntos de falla como lo es la accesibilidad debido a las formas de pago limitadas, poca información sobre el menú y productos ofrecidos, y falta de medios tecnológicos y electrónicos para hacer más eficiente la comunicación de los clientes con el lugar; en el factor personal pocos

Con el método cuantitativo mediante el análisis estadístico, las áreas de oportunidad se presentan en el factor de accesibilidad, los usuarios requieren mayor facilidades y alternativas de pago (efectivo, tarjeta, cupones, vales, etc.). Esto arroja una media de menor puntuación con respecto a las demás variables -recordemos que el puntaje oscila entre 1 muy mala y 5 muy buena-, obteniendo el puntaje de 2.65. Lo anterior puede afectar en una actitud no favorable por parte del cliente, lo que disminuye ligeramente su intención de regresar a consumir (lealtad intención) como lo indica Vera y Trujillo, (2009) como factor determinante de lealtad.

Dentro de la alta consistencia interna detectada mediante el alfa de Cronbach destaca la variable instalaciones, esto quiere decir que para los usuarios es importante la detección de un buen diseño de marca, decoración atractiva e instalaciones y mobiliario confortables.

Así mismo el alfa de Cronbach global para este análisis dio como resultado 0.932, muy adyacente a lo contenido en estudios como el Maldonado-Radillo, (2009) y por Varela et al. (2006), usando el mismo instrumento para la fiabilidad de sus estudios.

Los resultados obtenidos pueden ser convenientes a los administradores de las cafeterías o próximas investigaciones que darán pie a nuevos conceptos de cafeterías o rediseño de servicios para las mismas, e identificar sectores donde se podría poner mayor atención, de igual forma, al diseñar estrategias para mejorar la calidad en el servicio en cafeterías universitarias y obtener la lealtad genuina de los clientes. Vera y Trujillo (2009) explican que el comportamiento observable en este tipo de investigaciones no necesariamente reflejan lealtad, sino que puede ser el resultado de factores de condiciones tales como la disponibilidad, precio, cercanía, y esto impacta directamente en la decisión de la elección de compra.

Sin embargo, es fundamental incluir más variables tecnológicas y de comunicación a los análisis de medición de calidad de servicio; variables que fueron insuficientes en los trabajos estudiados y analizados, ya que como indica Loverlock (2004), la percepción de la calidad de servicios irá cambiando a medida que el internet gane terreno y se tendrán que producir cambios de estrategia de comunicación de forma inmediata en el entorno de servicios debido a que las herramientas de tecnología y comunicación cobran especial importancia, por lo que ayudan a crear una imagen poderosa, a generar sensación de credibilidad y seguridad en las personas con variables intangibles de los servicios, además de variables que tuvieron mayor peso en el presente estudio.

Para concluir se debe de tomar en cuenta que la muestra estudiada es no probabilística, por lo que se sugiere para próximas investigaciones profundizar en el criterio de selección de la muestra.

14

BIBLIOGRAFÍA

Loverlock, C. (2004). Administración de Servicios. Estrategias de Marketing, Operaciones y Recursos Humanos (Vol. 1ra Edición). México: Pearson, Educación.

Arash, S. (2016). SERVQUAL and Model of Service Quality Gaps: A Framework for Determining and Prioritizing Critical Factors in Delivering Quality Services. Department of Management, University of Isfahan, Iran, 1-10.

Baum, S. (1990). Making your service blueprint pay off! The journal of services Marketing, 4(3).

Beganzo Villanueva, J. D. (2006). ¿Cómo Medimos el Servicio? Gestión en el tercer Milenio, Rev. de Investigación de la Fac. de Ciencias Administrativas, 9.

Bitner, M. J., & Brown, S. W. (2006). The Evolution and Discovery of Services Science in Business Schools. Communications of the ACM, 49(7), 73-78.

Dick, A., & Basu, K. (1994). Customer Loyalty: Toward an integrated conceptual framework. Journal of the Academy of Marketing Science, 22(2), 99-113.

Duque, O., & Edison, J. (2005). Revisión del concepto de calidad del servicio y sus modelos de medición. Innovar(15(25)), 64-80.

Hernández Sampieri, D., & Fernández Collado, D. (2014). Metodología de la Investigación (6ta Edición ed.). México D.F., México: Mc. Graw Hill .

Heung V., W. M. (s.f.). Airport-restaurant service quality in Hong Kong: an application of SERVQUAL. Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly, 41(3).

Kumar, V. (2013). 101 Design Methods (Vol. 1 ra Edición). Hoboken, New Jersey , United States of America: Wiley.

Maldonado Radillo, S., Guillen Jimenez, A., & Carranza Prieto, R. (2013). Factores Determinantes de la Calidad de Servicio de una Cafetería en el Campus de una Universidad Pública. Revista Internacional Administración y Finanzas, 6(1), 109-118.

Oliver, R. (1999). Whence customer loyalty? Journal of Marketing, 12-33.

Parasuraman, Berry, & Zeithaml. (1988). "SERVQUAL: A multiple-It Scale for Measuring Costumer Perceptions of Service Quality. Journal of Retailing.

Parasuraman, Berry, & Zeithaml. (1991). "Perceived Service Qualtiy as a Customer-Based Performance Measure: An Empirical Examination of Organizational Barriers Using an Extended Service Quality Model,". Human Resource Management,, 335- 64.

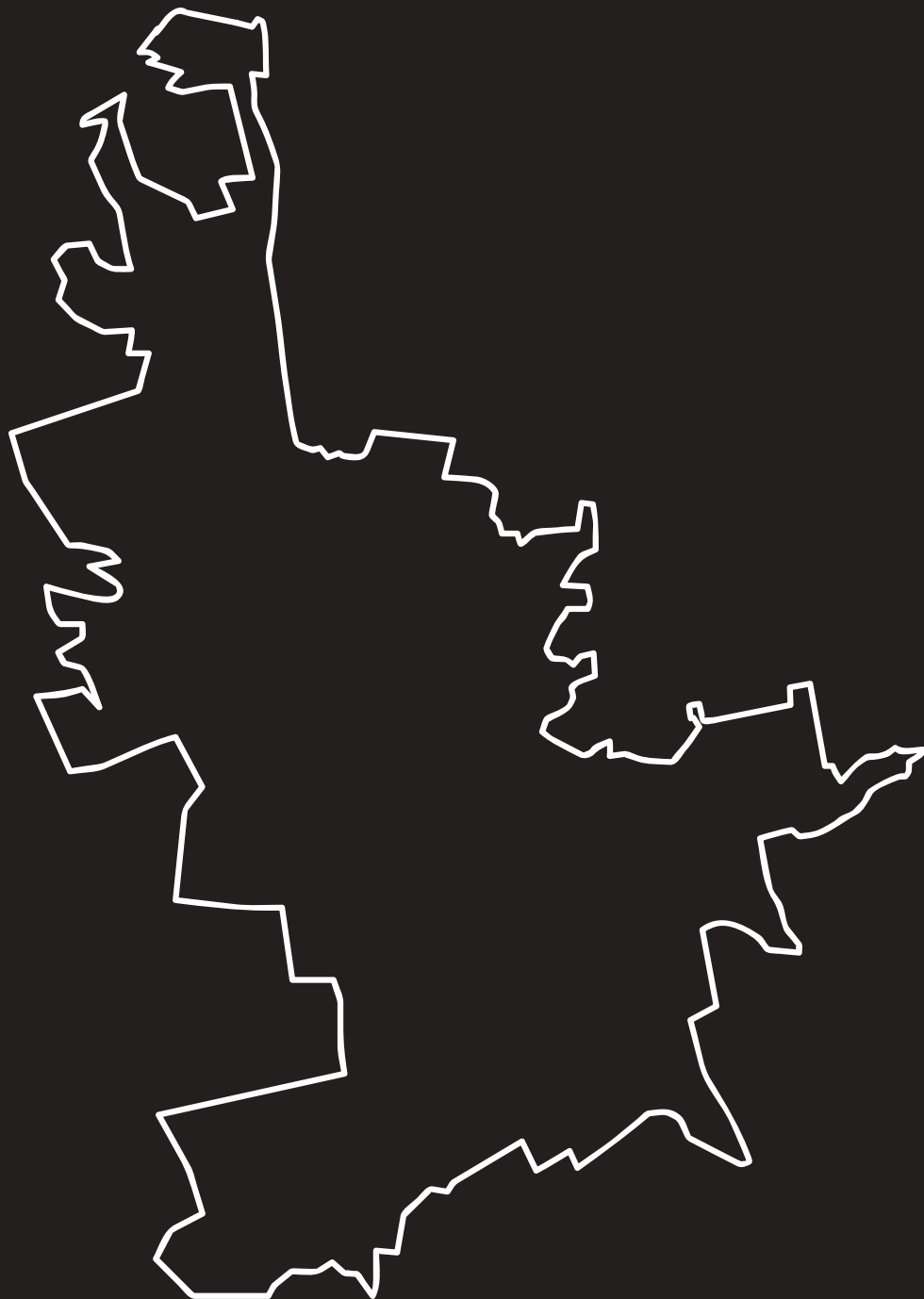
Pérez Savelli, M., & Quiñones, V. (2015). El diagrama o blueprint del servicio; herramienta de diseño y control de la prestación de los intangibles. Horizontes Empresariales.

Raajpoot, N. A. (2004). Reconceptualizing Service Encounter Quality in a Non-Western Context. Journal of Service Research, 2(2), 181-201.

Shostack, G. (1982). How to design a Service. Eiropean Journal of Marketing, 16(1), 49-63.

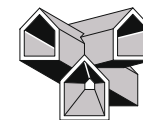
Shostack, G. (1992). Understanding Services Through Blueprinting . Advances in services Marketing and Management , 75-90.

Vera M., J., & Trujillo L., A. (2009). El Papel de la Calidad del Servicio del Restaurante como Antecedente de la Lealtad del CLiente. Panorama Socio Económico, 16-30.



CUS

Células de Unidad Social.

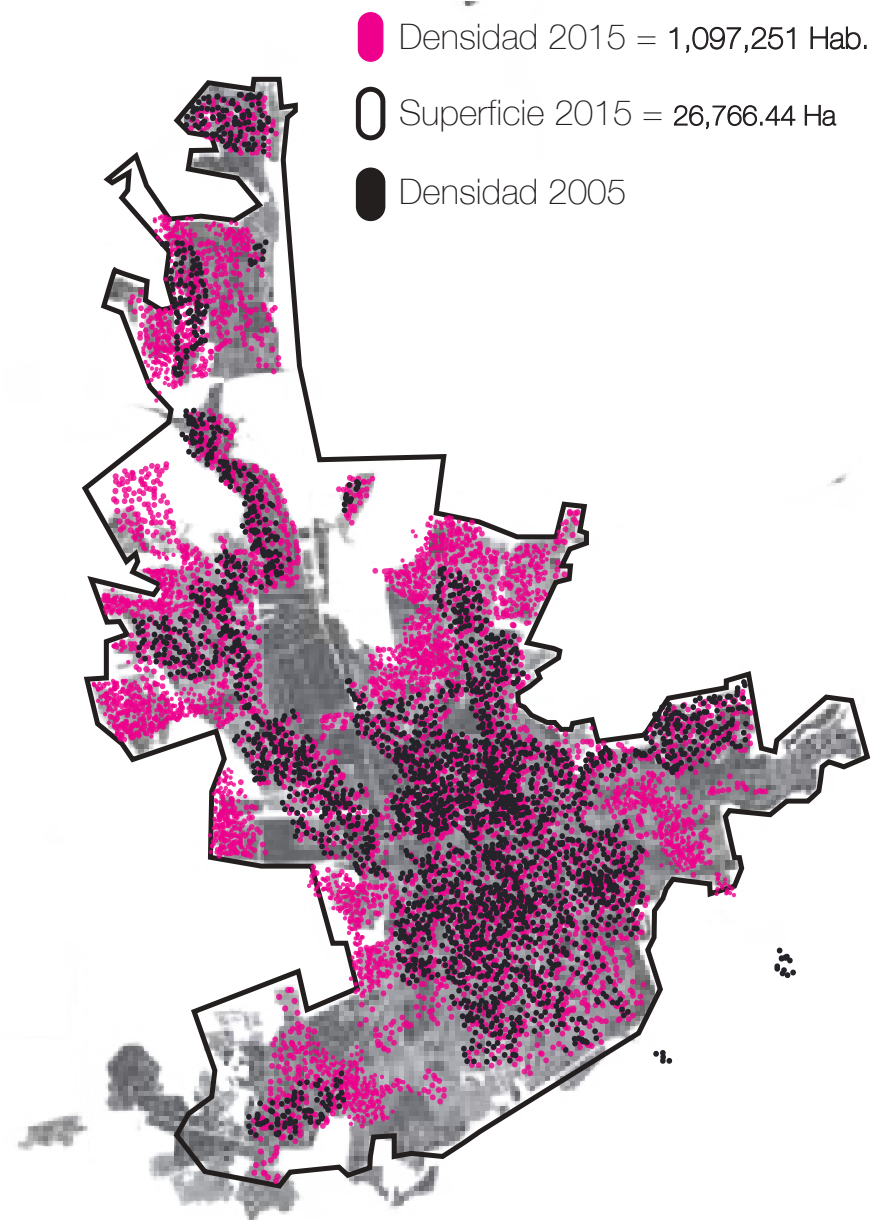


ZONA METROPOLITANA DE QUERÉTARO

La Ciudad en partes.

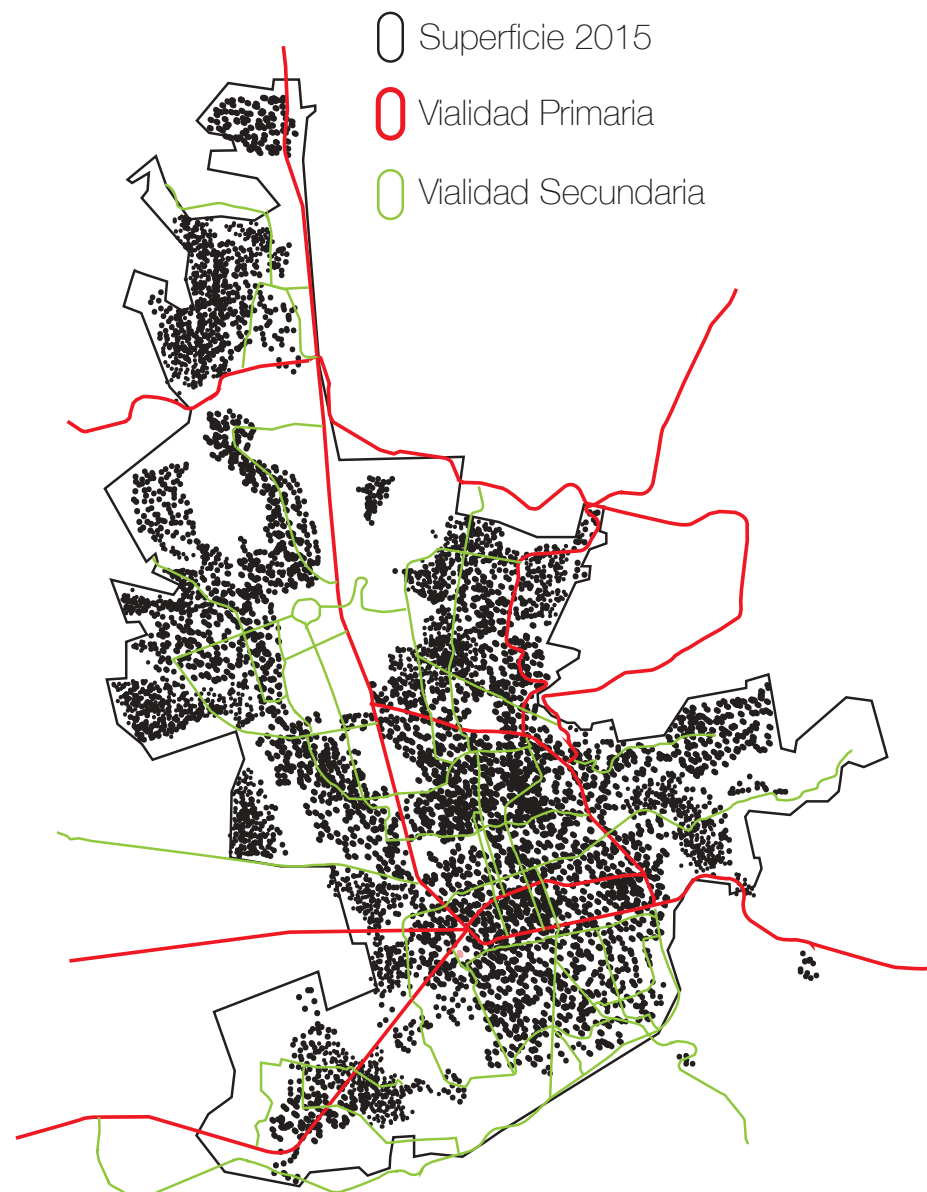
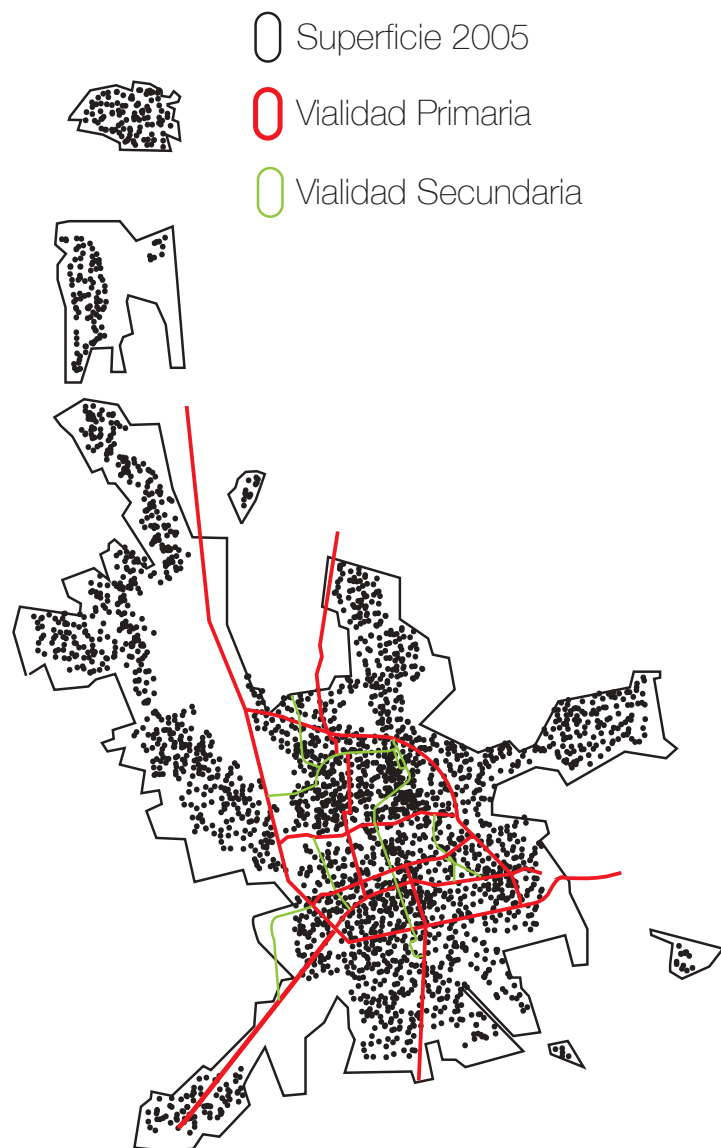
Las **CUS** (Células de Unidad Social) analizadas en el estudio de la Zona Metropolitana de Querétaro, atacan zonas marginadas y vulnerables encontradas mayormente en la periferia de la mancha urbana, resolviendo problemas específicos para cada una, además de evitar el crecimiento disperso, revitalizando y potencializando éstas zonas para producir una ciudad madura y un Querétaro, ciudad cerca de todos.

Análisis de las Capas de interés.



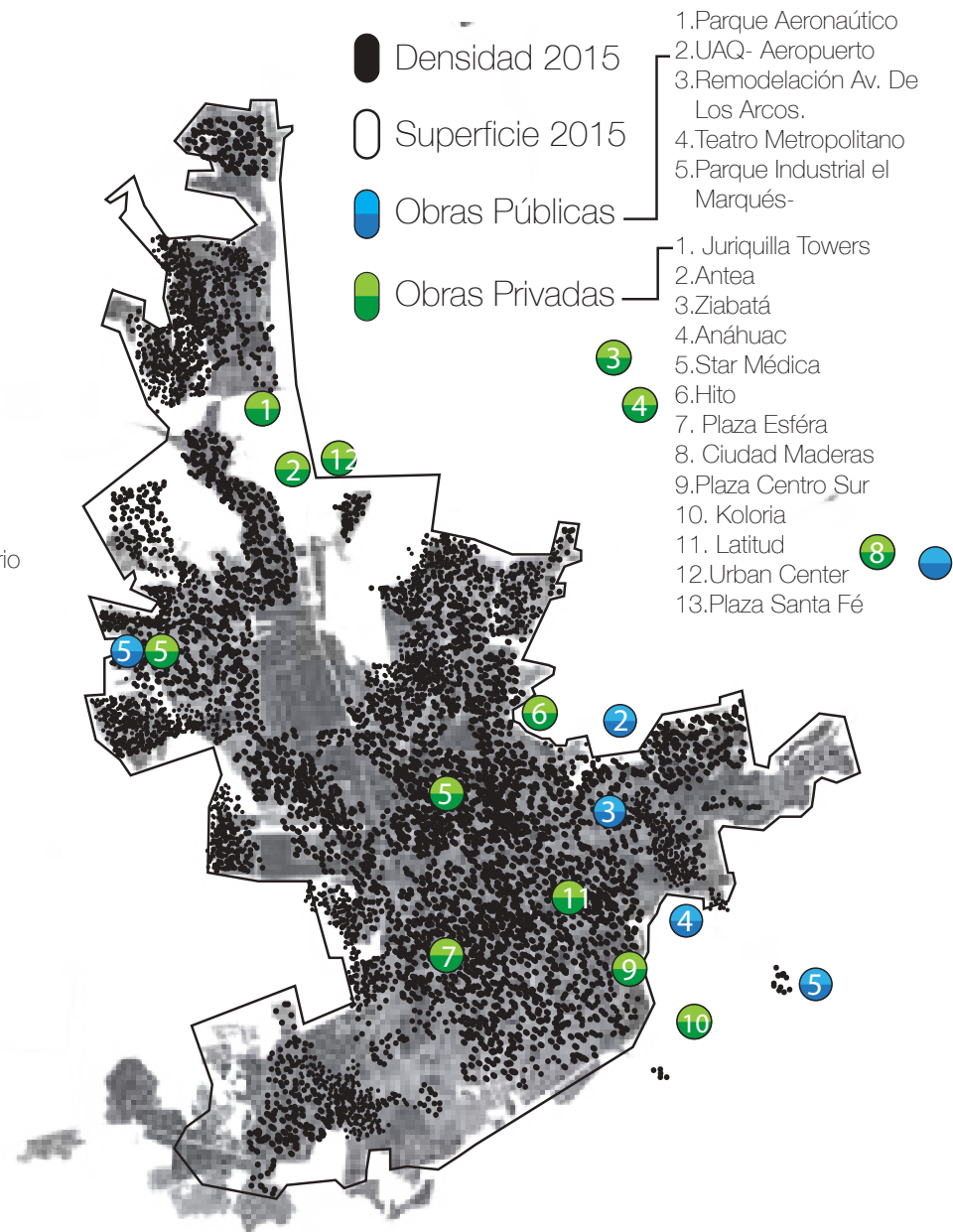
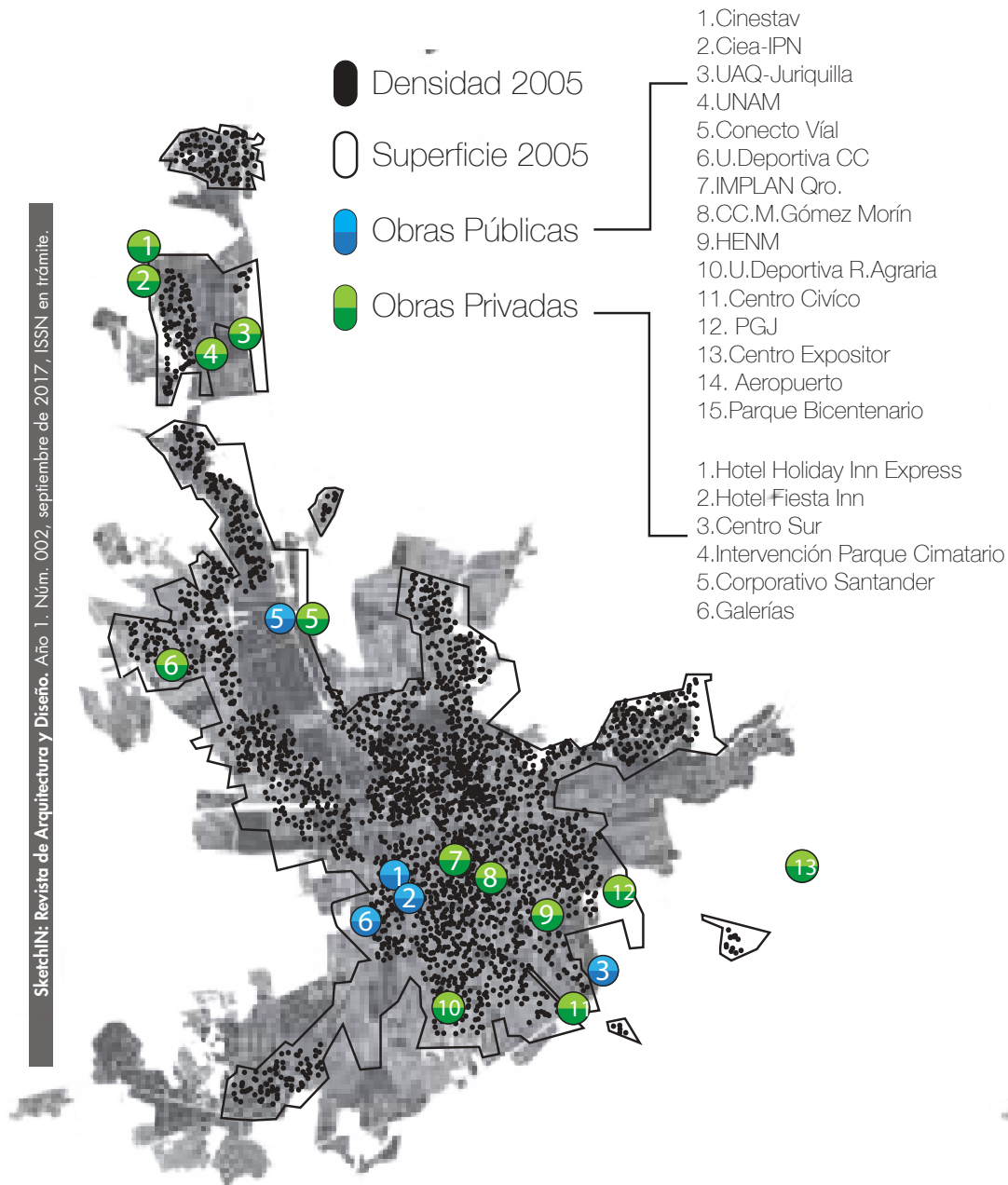
Crecimiento urbano mostrado en 10 años.





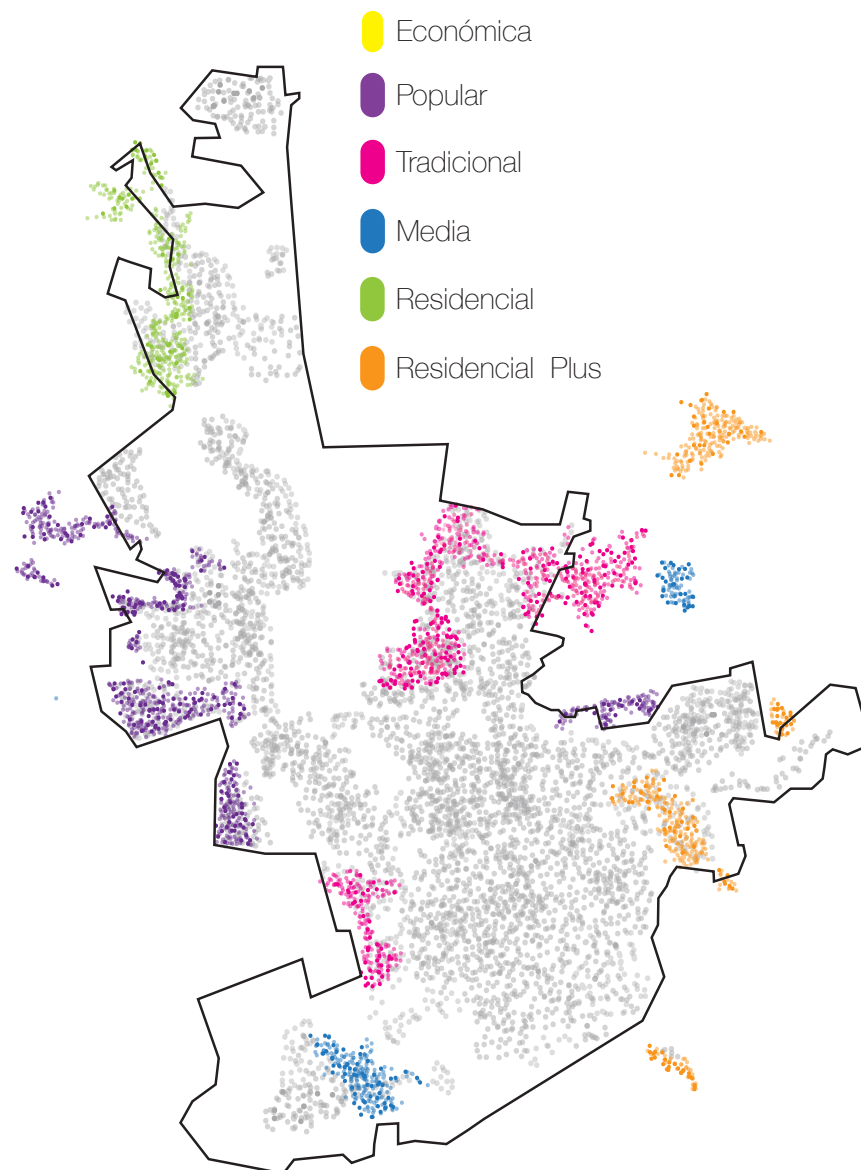
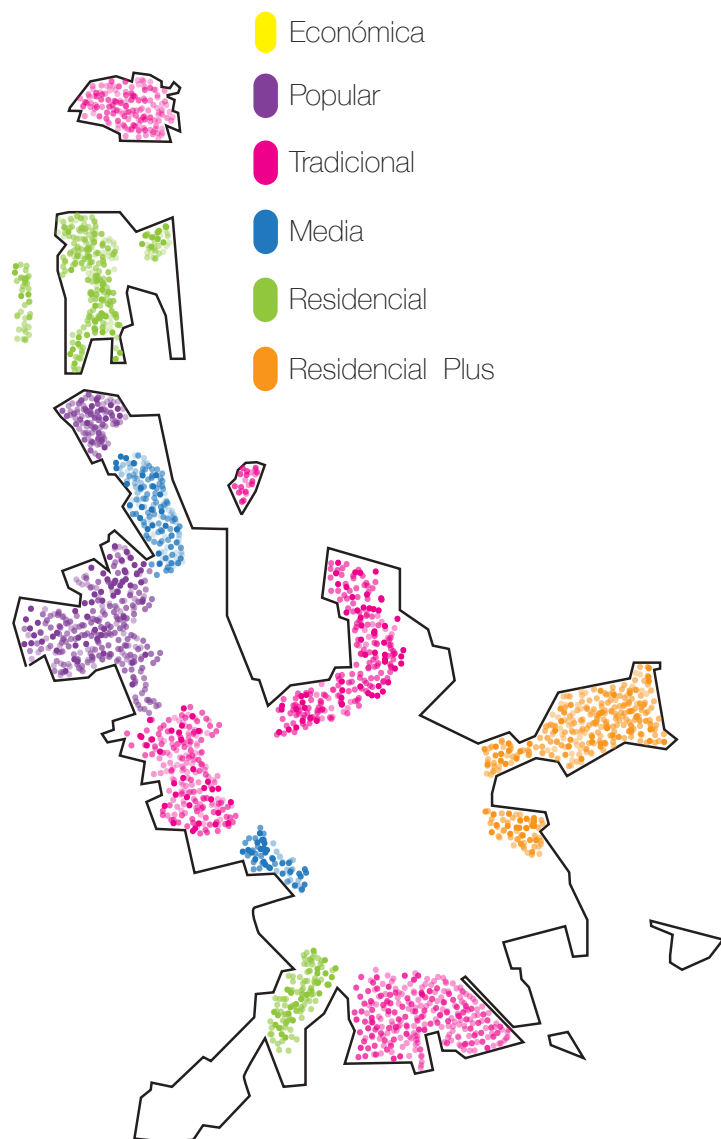
Crecimiento de infraestructura vial.





Construcción de obra pública y privada.

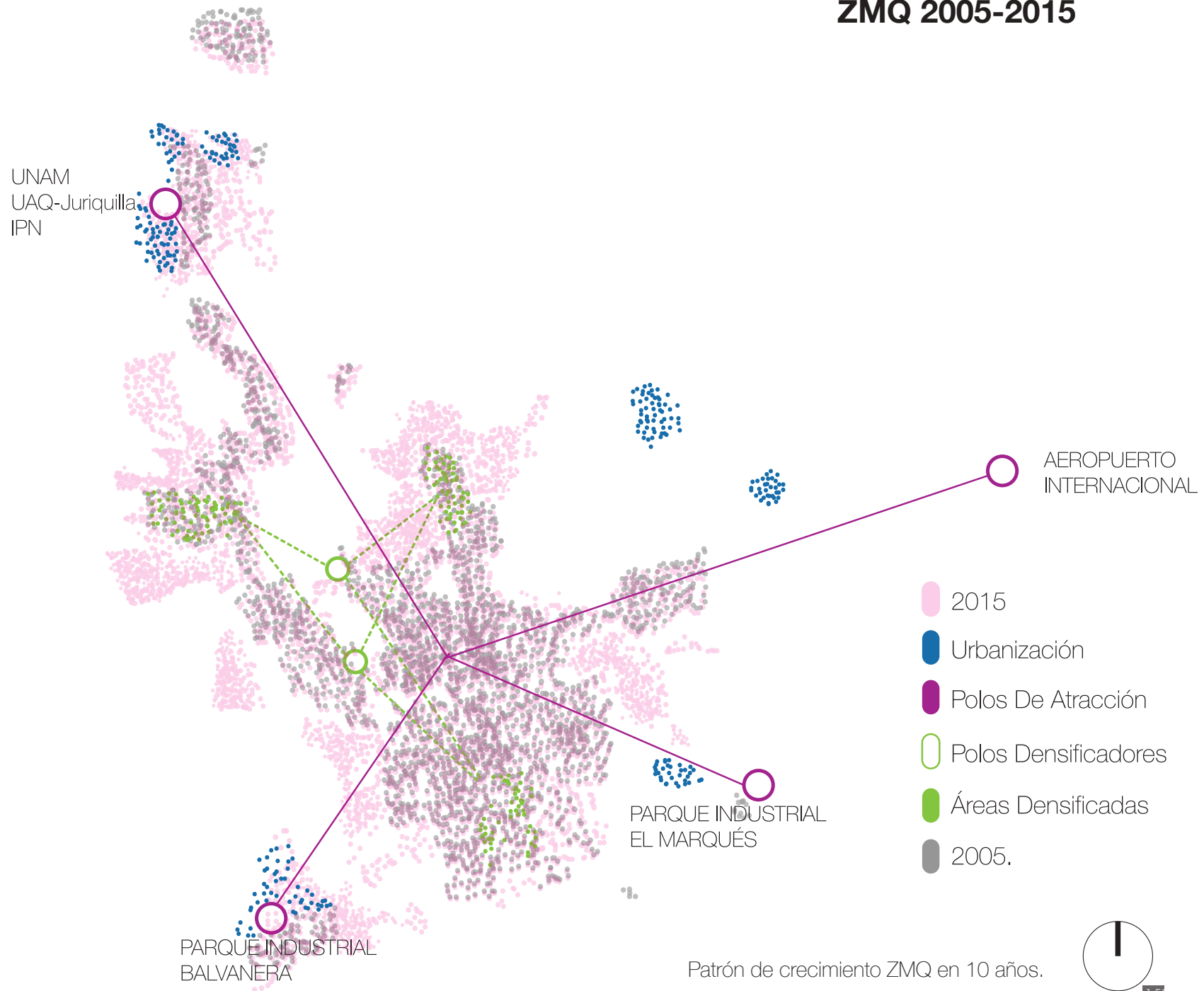




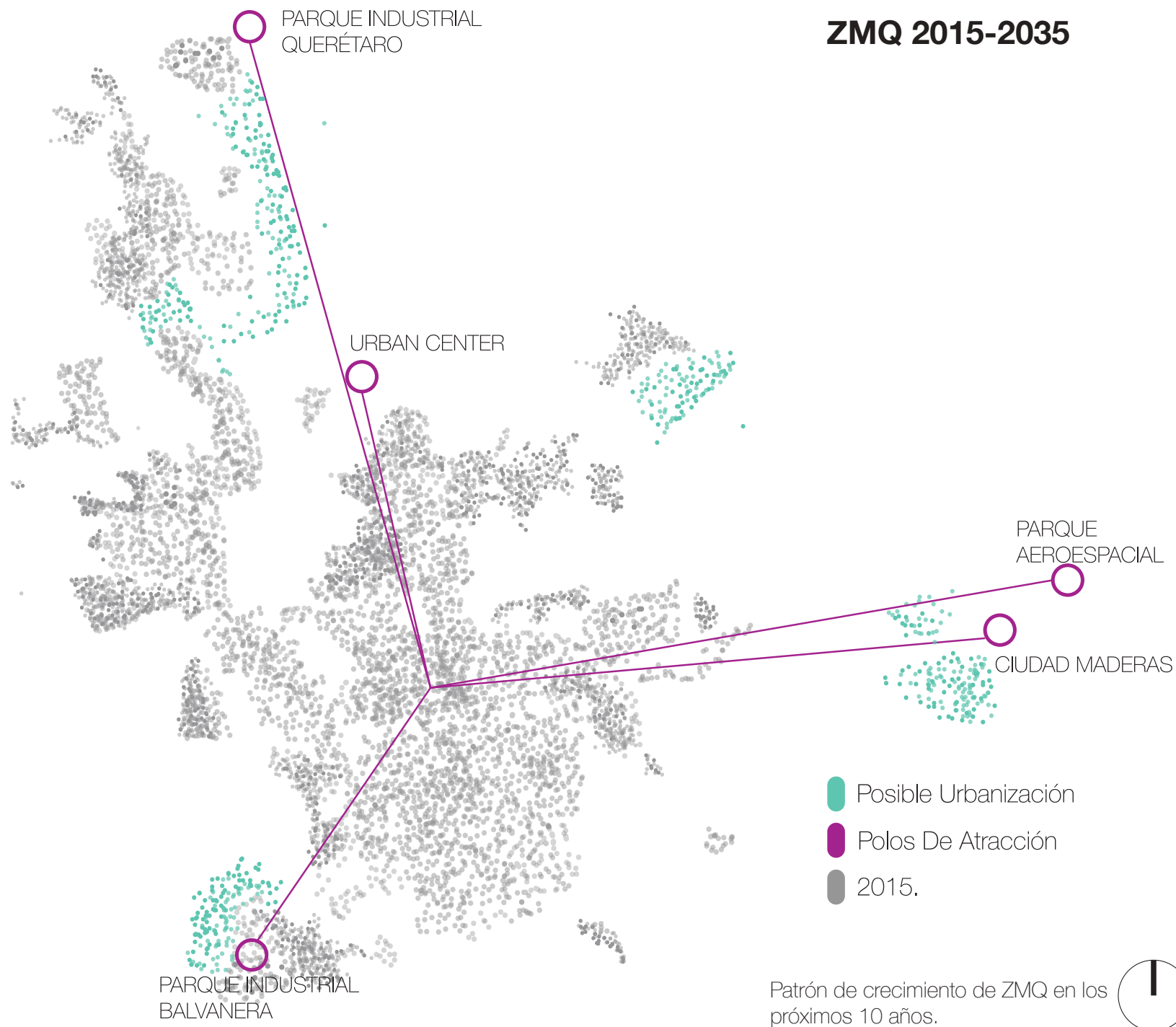
CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS XL

La Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ) durante 10 años mostró un patrón de crecimiento **‘monofuncional’**, donde se tenían polos de desarrollo y atracción que servían como elementos conductores del crecimiento metropolitano, que se caracterizaban por estar destinados a una sola actividad (industria, vivienda, comercial y educativa), las cuales atraían más actividades del mismo giro, por lo que provocaba que se fragmentara la continuidad y mixtura de usos, aumentando cada vez más como una ciudad dispersa y generando espacios sin uso, sin actividad, produciendo los llamados **‘vacíos urbanos’**.

ZMQ 2005-2015



ZMQ 2015-2035



La evolución de la estructura vial en la Zona Metropolitana de Querétaro mostró una amplia extensión, pues el aumento de la superficie de la ciudad necesitaba ser conectada y distribuida.

El desarrollo del sistema vial de la ciudad, pretendía que fueran puertas de acción y atracción para inversiones de diversos giros, como podía ser vivienda, comercio, industria etc...

En 10 años, los resultados de la estructura vial fue un aumento del **72 %** aproximadamente.

Estudio de la Zona Metropolitana de Querétaro por capas.

Durante aproximadamente 10 años la Zona Metropolitana de Querétaro se expandió en un **65 %** en superficie, ubicándose principalmente hacia las periferias, creciendo de una manera dispersa. De igual forma el crecimiento poblacional aumentó en un **16.5 %**, teniendo en el 2016 una población de **1,097,251 HAB.**

Querétaro como una ciudad creciente necesitaba ser dotada de servicios e infraestructura, en el 2005 se contaba con un incremento de 15 obras públicas, las cuales se caracterizaban por estar ubicadas dentro de la mancha urbana para evitar el crecimiento y expansión desmedida, en cambio, las 6 obras privadas del mismo año en su mayoría se ubicaban en vialidades principales de la Ciudad.

La necesidad de una evolución urbana, llevo a que en el 2015, el aumento en obras privadas fuera mayor y con una característica principal, ser polos de desarrollo urbano que funcionarían como sub centros de influencia y de atracción para diversas inversiones, las que permitirían a Querétaro tomar relevancia en aspectos de desarrollo industrial.

La distribución de la vivienda en la periferia en el 2005, comprendía en su mayoría vivienda tradicional seguida por vivienda popular, lo cual marcaba el rumbo del crecimiento y construcción de los nuevos conjuntos habitacionales.

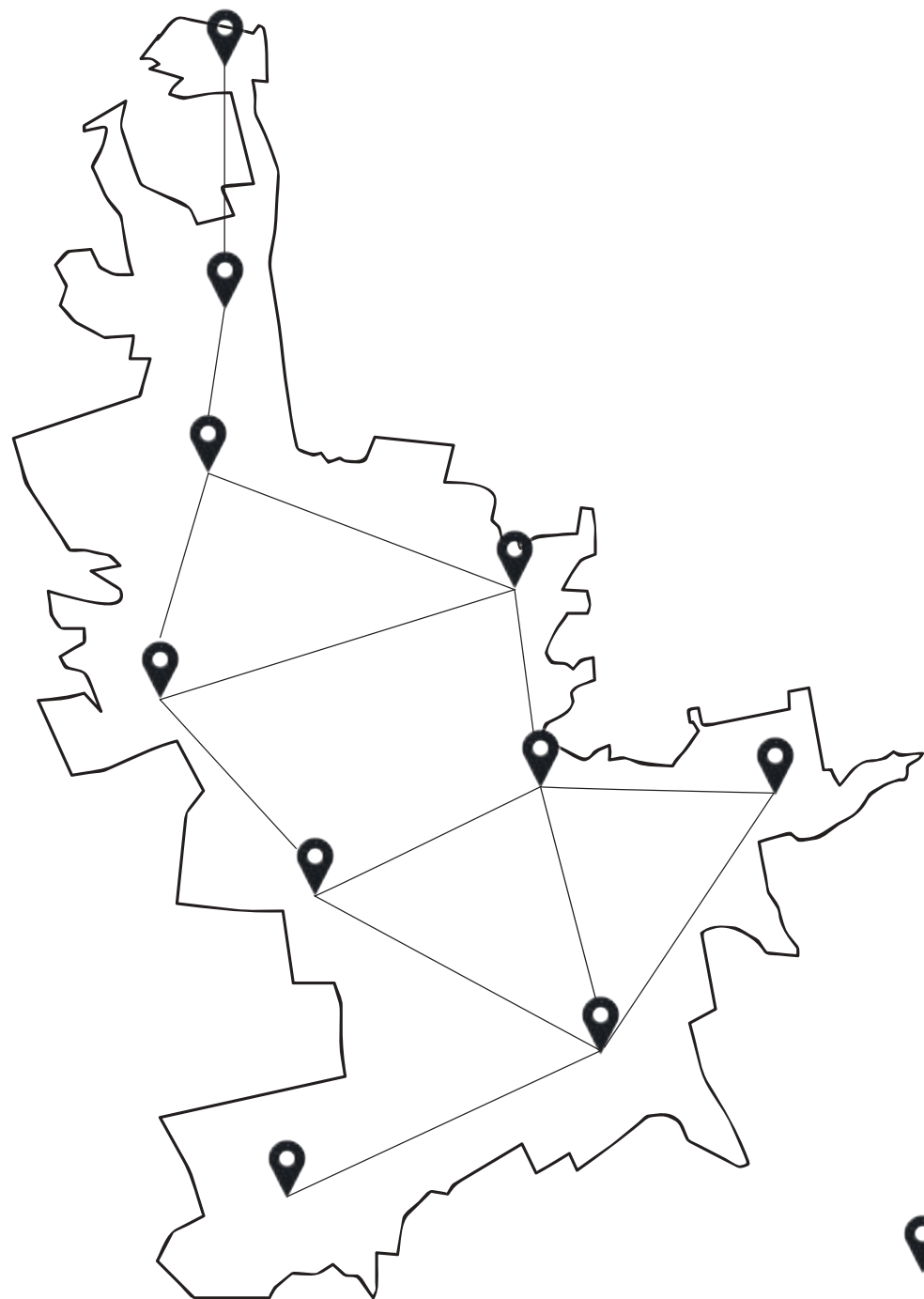
Mientras que en el 2015 el mayor crecimiento se dio en la vivienda popular, además de que la vivienda residencial y residencial plus se desarrollaba cerca de los grandes polos de atracción, como es el caso de Zibatá y la construcción de la Universidad Anáhuac campus Querétaro teniendo como conclusión que la población que vivía a las afueras de la Ciudad, tenía la posibilidad de moverse hacia el centro metropolitano.

Con la finalidad de generar un mejoramiento urbano basado en el análisis anterior, se pretende moderar el crecimiento disperso de la ciudad, mediante la ocupación de los 'vacíos urbanos' produciendo espacios heterogéneos, reconstruyendo la comunicación y el encuentro entre los habitantes, por medio del sentido de pertenencia al espacio y a la ciudad.

Para el año 2035 la Zona Metropolitana de Querétaro contará con una Red de Identificación Ciudadana por medio de espacios cívicos enfocados a realizar actividades culturales, deportivas y educativas.

Esta Red de Identificación cuya ubicación estará en zonas vulnerables caracterizadas por diferentes problemáticas, como nula integración entre dos áreas, falta de cohesión social, alta densidad y mantenimiento de zonas potenciales.

Mediante el diseño de estos espacios se generan lugares de encuentro, descubrimiento, convivencia y aprendizaje ciudadano para producir un Querétaro, ciudad cerca de todos.

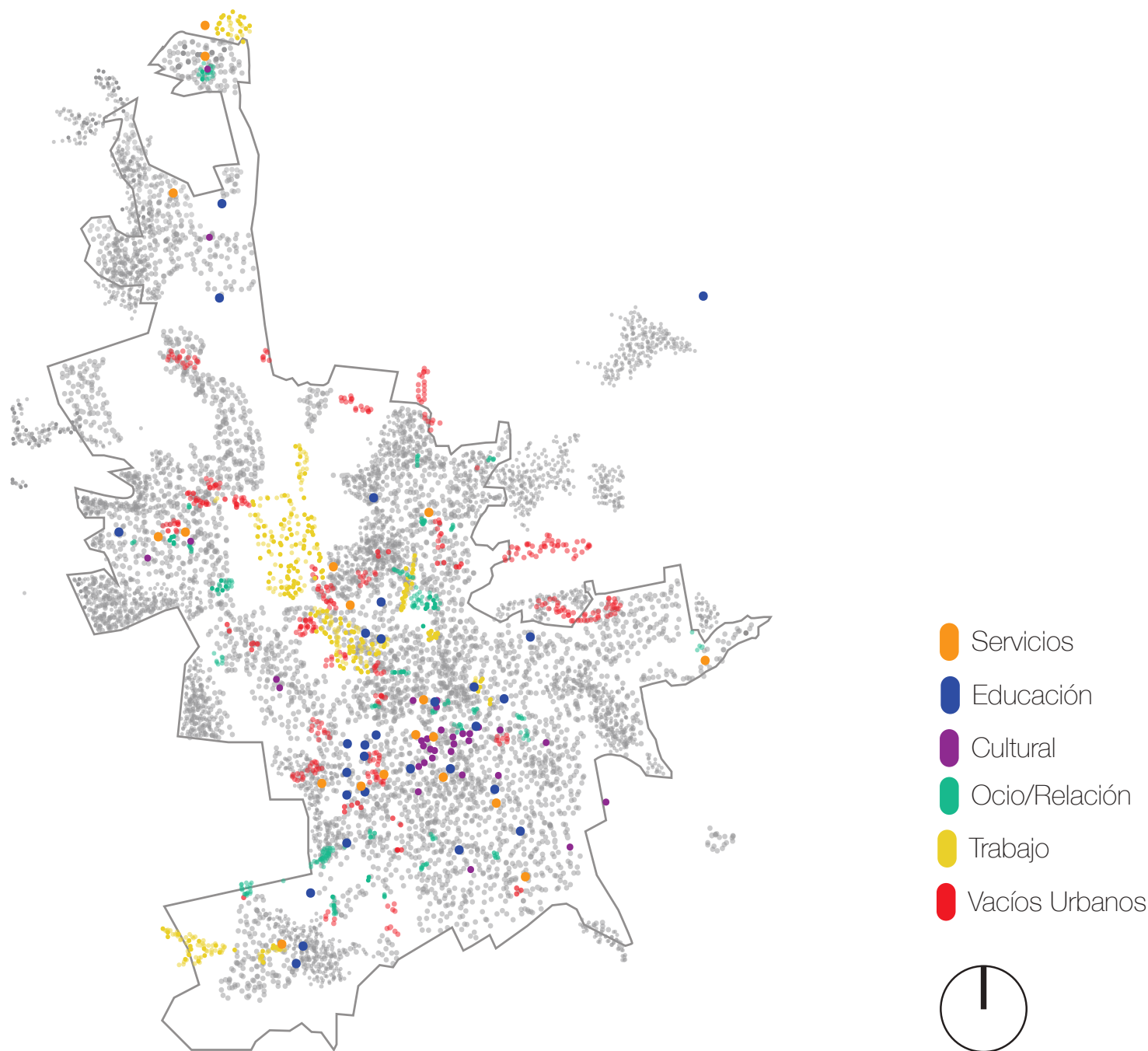


 Proyectos Cívicos

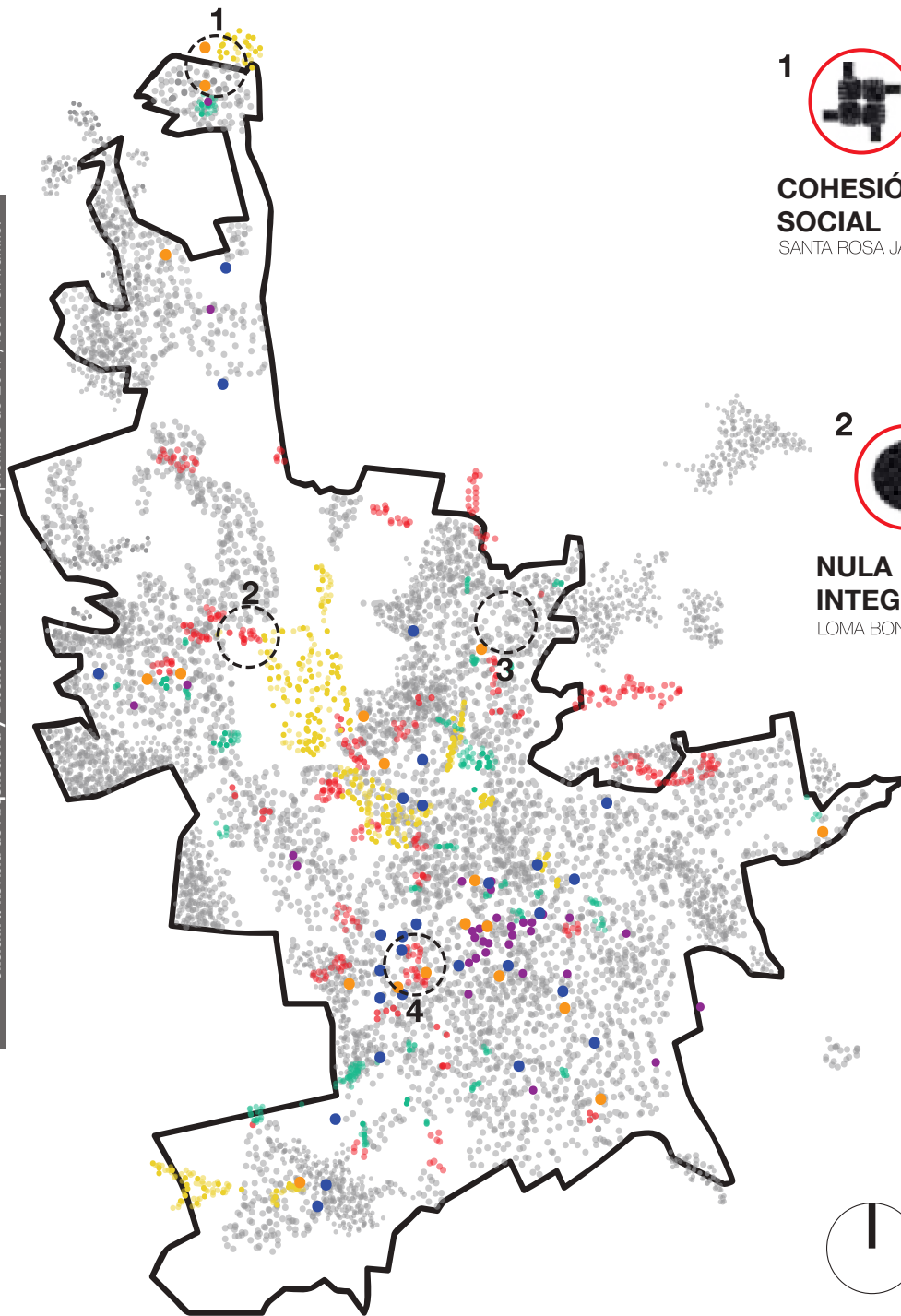
Mediante una estrategia representativa se busca intervenir las zonas más vulnerables y marginadas al acceso de servicios y equipamientos que permiten el desarrollo e interacción de los habitantes.

Cada proyecto es único y específico de la zona a intervenir, pues reconoce la riqueza de sus propiedades y satisface la carencia de sus necesidades particulares.

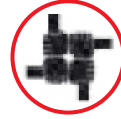
DISTRIBUCIÓN Y UBICACIÓN DE ACTIVIDADES CON LOS VACÍOS URBANOS.



La zona de estudio para el proyecto piloto parte de identificar a través del mapeo de distintas actividades, como la educación, servicios, cultura, etc., esas actividades que permiten que las personas se relacionen, conozcan e interactúen. La distribución de estas actividades se localiza de manera aglomerada con una línea de norte a sur, dejando ciertas zonas limitadas de acceso a servicios o algunas de ellas sin acceso a equipamientos y servicios.



1
COHESIÓN SOCIAL
SANTA ROSA JAUREGUI



2
NULA INTEGRACIÓN
LOMA BONITA-JURICA



3
DENSIDAD
MENCHACA



4
MANTENIMIENTO
LAS TERESAS
SAN DIEGO



- Servicios
Hospitales
Clínicas
- Educación
- Cultural
- Ocio/Relación
- Trabajo
- Vacíos Urbanos



De las 4 zonas anteriormente señaladas la número 3, ubicada al Noroeste de la Zona Metropolitana, donde aparecen 2 anclas importantes a nivel metropolitano, son presentadas como puntos de desarrollo para el futuro de la ciudad. Esta zona, que con base en el análisis muestra poca diversidad de equipamientos, servicios e infraestructuras, queda como una de las más marginadas y con mayores carencias.

 **VIALIDADES**

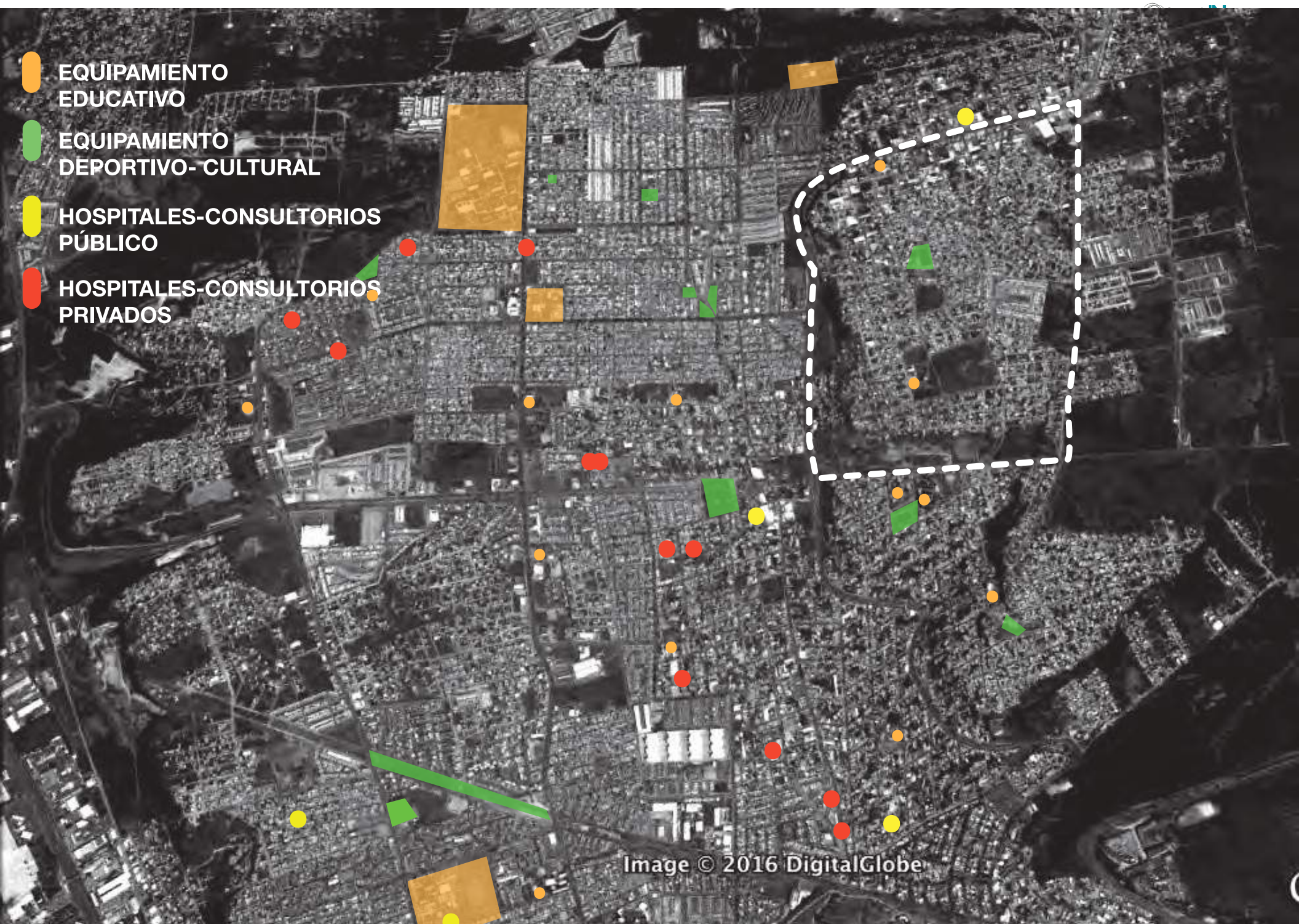
 **VIALIDADES
ECUNDARIAS**

 **COLONIAS**

SketchIN: Revista de Arquitectura y Diseño, Año 1, Núm. 002, septiembre de 2017, ISSN en trámite.



Image © 2016 DigitalGlobe



-  EQUIPAMIENTO EDUCATIVO
-  EQUIPAMIENTO DEPORTIVO- CULTURAL
-  HOSPITALES-CONSULTORIOS PÚBLICO
-  HOSPITALES-CONSULTORIOS PRIVADOS

Image © 2016 DigitalGlobe

CONCLUSIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Mediante el análisis de capas a escala L, se muestra la conectividad de esta zona por medio de vialidades relevantes a nivel metropolitano, distribuidas alrededor de 43 colonias; cuenta con equipamientos educativos con niveles de preescolar a universidad, espacios culturales, áreas deportivas y servicios médicos, como consultorios y clínicas que se encuentran en su gran mayoría en el sector privado. Por medio de la combinación de capas, se muestra que la zona para el proyecto piloto se encuentra marginada debido a la falta de acceso a equipamientos y servicios de calidad.

El proyecto piloto ubicado dentro de Menchaca, atiende las necesidades urgentes, además de potencializar la zona por medio de las herramientas existentes como actividades, eventos, anclas, etc...
Permitiendo que los habitantes sientan una identificación con la zona y el proyecto.

DENSIDAD

Proyecto Piloto.



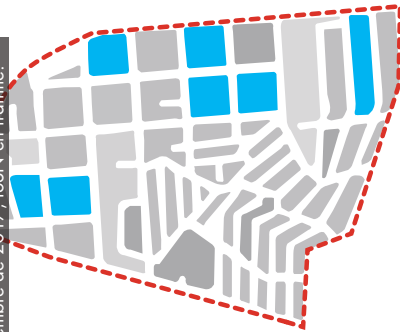
3 hab por cuarto.

Menchaca en Pedazos



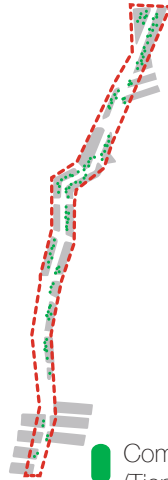
-   Pedazos
-   Anclas
Deportivas/Culturales
-   Anclas
Educativas

1 Pedazo “Bodega”



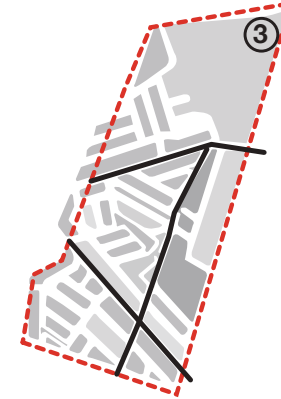
Bodegas Industriales.

2 Pedazo “Comecial”



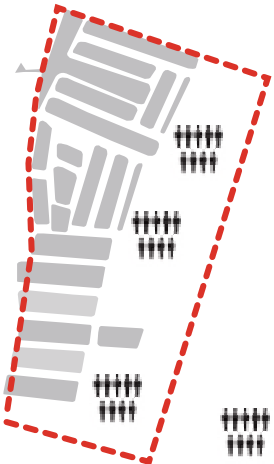
Comercio a baja escala.
(Tiendas, papelería, frutería, etc...)

3 Pedazo “en Desorden”



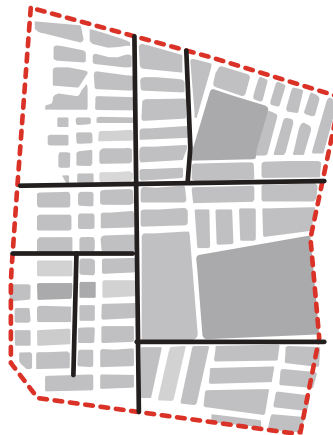
Conector Vecino

4 Pedazo “Creciente”



Oportunidad De
Crecimiento

5 Pedazo “en Red”

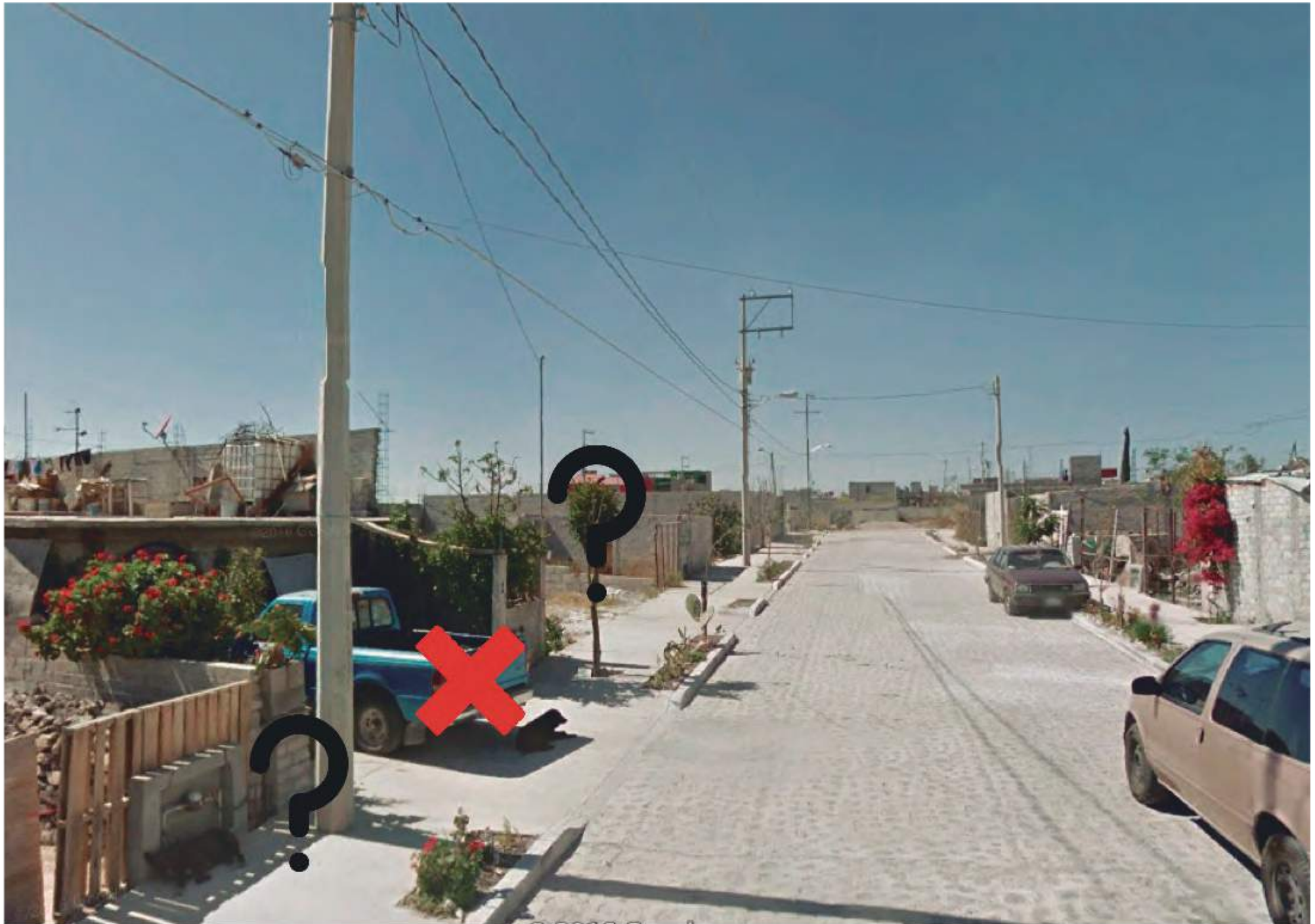


Conector Local

Cada pedazo con características muy particulares integran la zona de intervención, la colonia se mueve a través de sus anclas. Cinco pedazos divididos por su tipología de vivienda, la traza de sus calles y actividades que los componen.

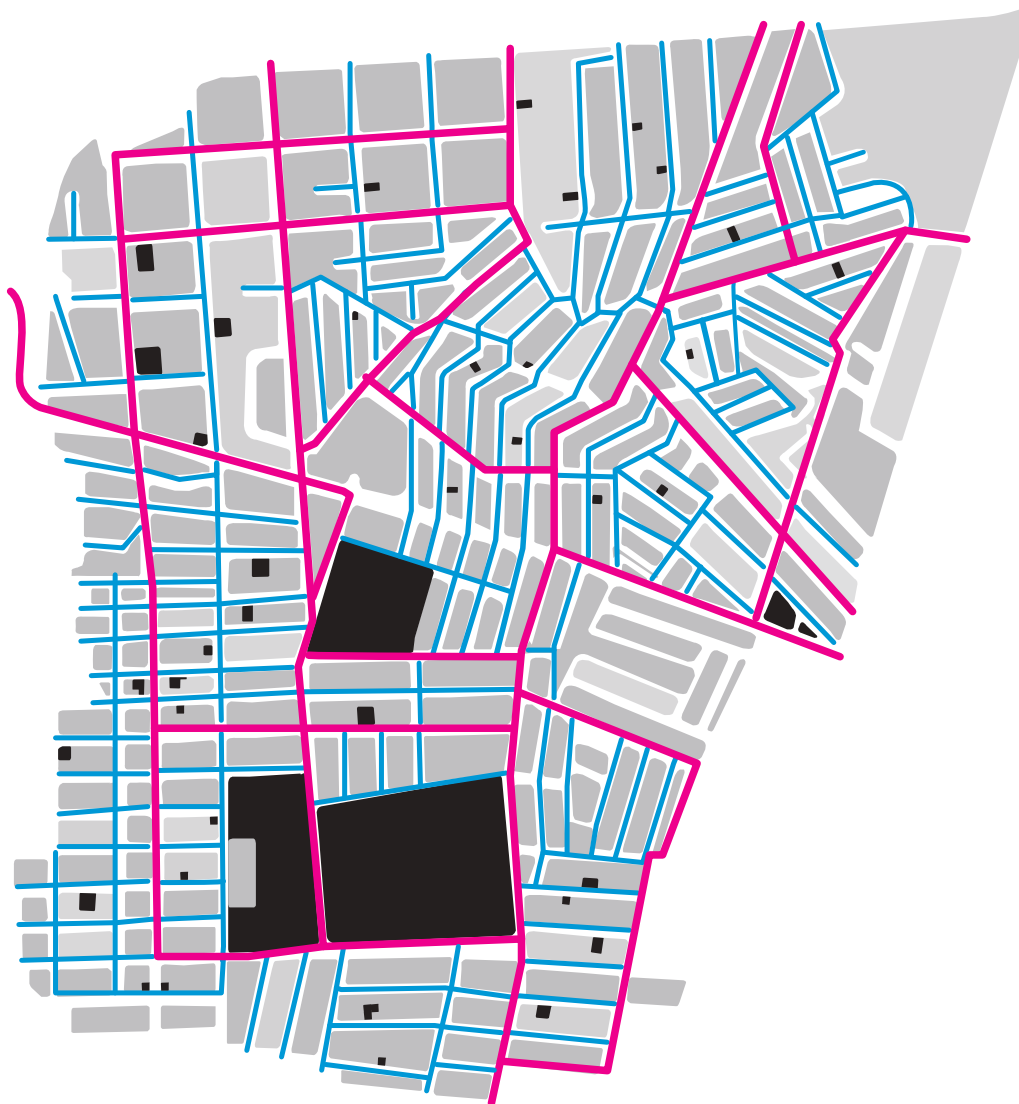








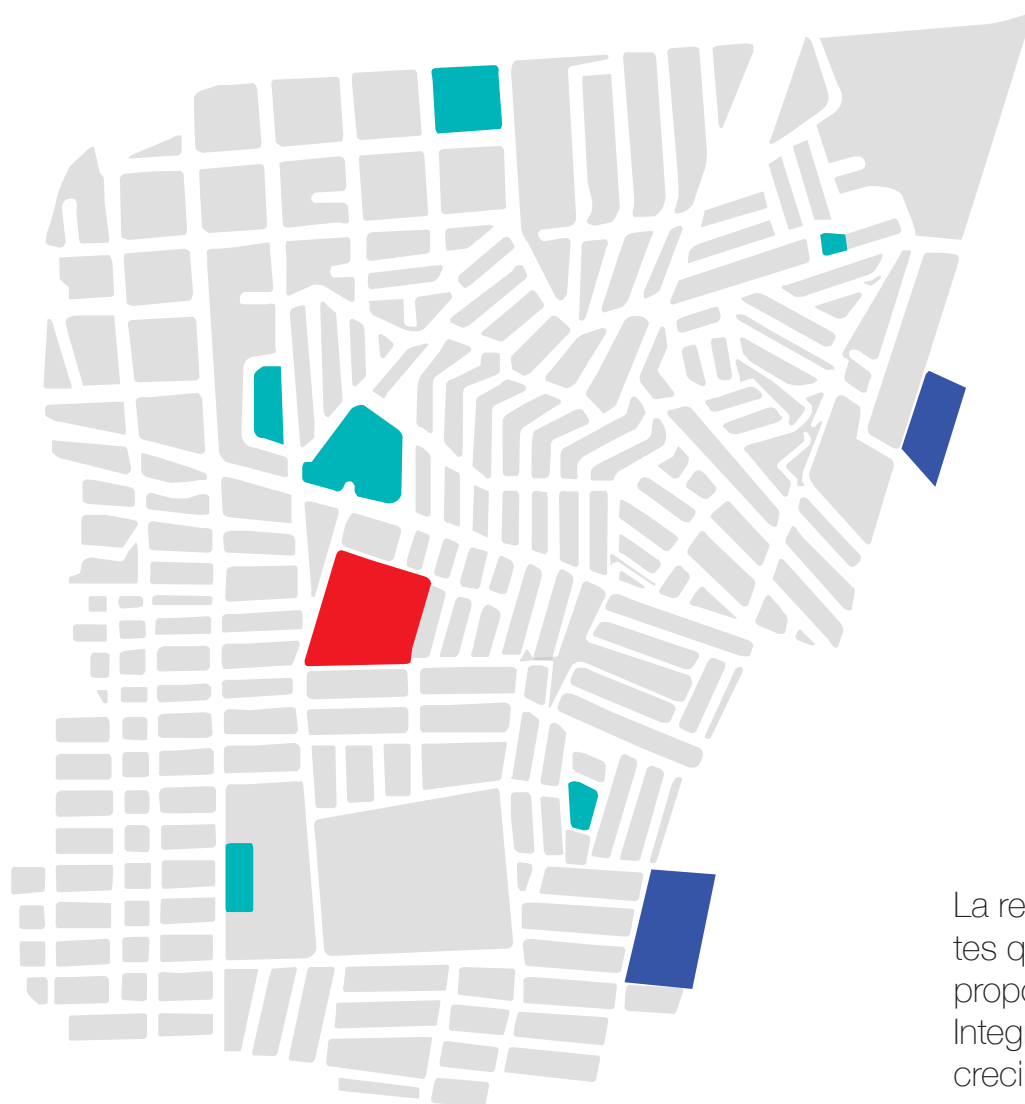
Menchaca, calles y vacíos urbanos.



- Vacíos
- Secundarias
Z30
- Primarias.
Z40

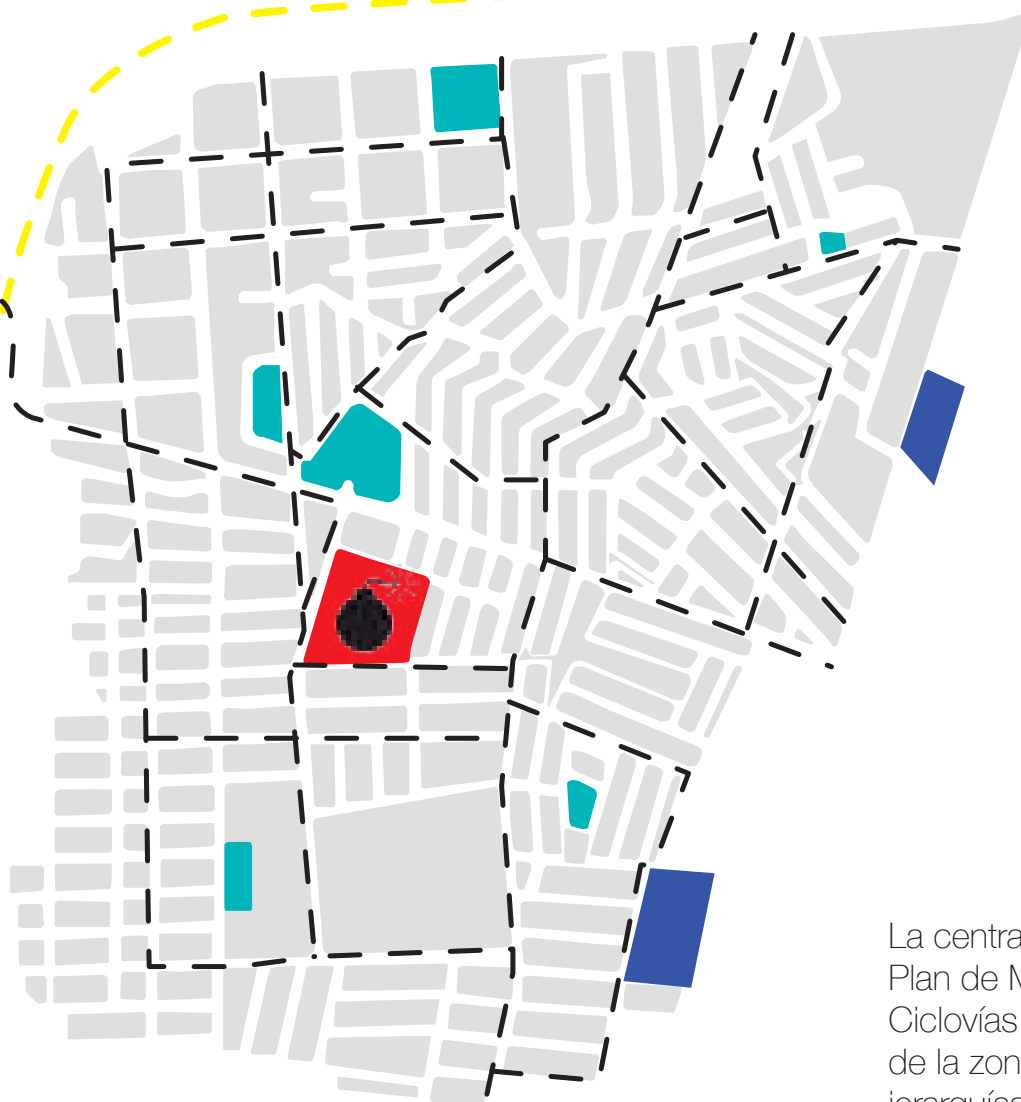
Los vacíos son espacios que fragmentan la continuidad, que generan un sentimiento de inseguridad al transitar por calles discontinuas, espacios incompletos que pueden ser potencializados y revitalizados con actividades complementarias para los habitantes.

CUS MENCHACA



- Nuevas
Anclas**
- Anclas
Actuales**
- Detonador**

La recuperación y potencialización de las anclas existentes que permita establecer una red que las conecte y proporcione un circuito interior. Integrar anclas nuevas que posibiliten el desarrollo y crecimiento de una manera más atractiva.



-  Distribuidor Metropolitano
-  Detonador-Ancra
-  Red de Ciclovías
-  Nuevas Anclas
-  Anclas Actuales

La centralidad del detonador permite proponer un Máster Plan de Movilidad por medio de una Red Conectora de Ciclovías las cuales integran las diversas y nuevas anclas de la zona, con finalidad de tener un reordenamiento de jerarquías entre el peatón, vehículos motorizados y no motorizados.

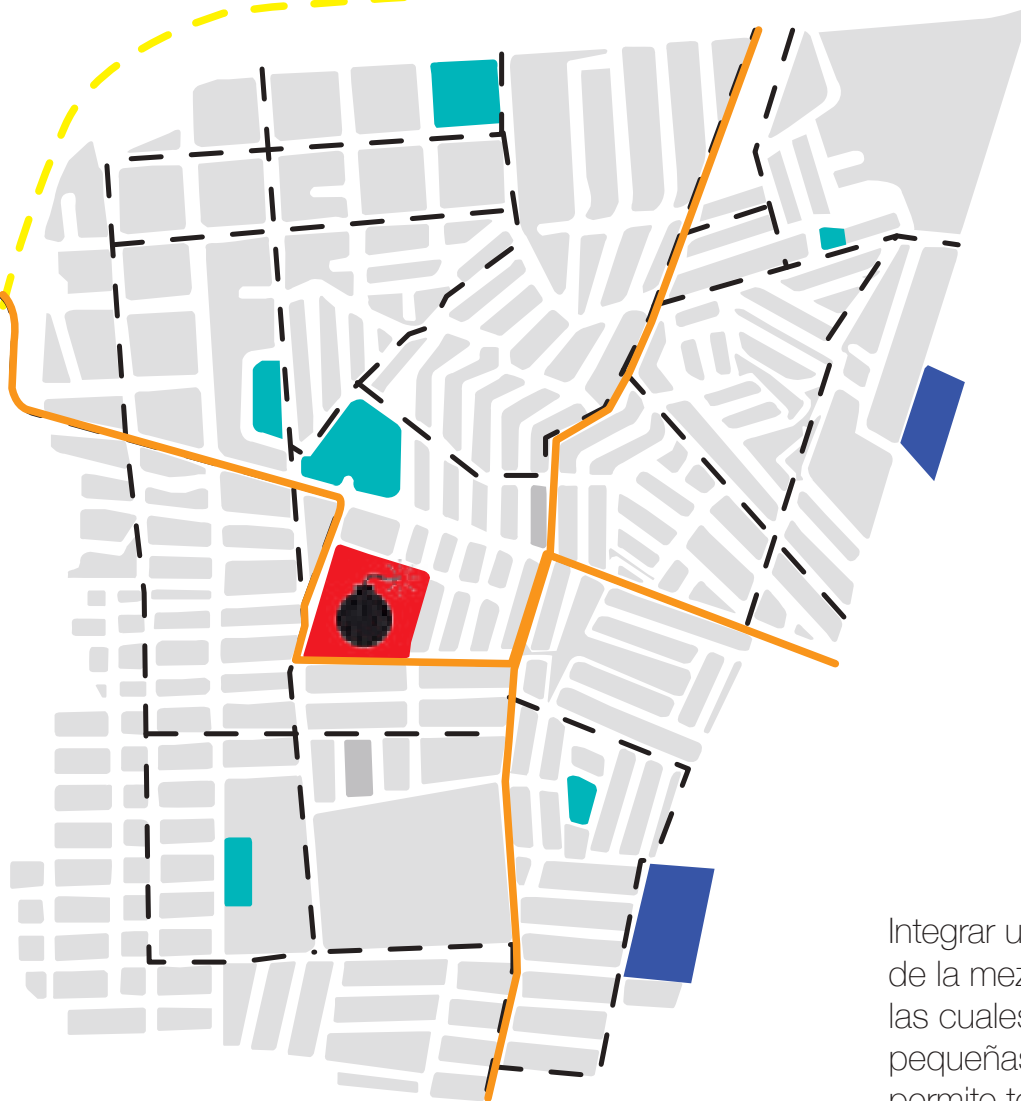
Technical drawing of a road layout for a 40 km/h zone. The drawing shows a cross-section of a road with a central median, sidewalks, and various traffic elements. Dimensions are provided for different sections: 20.00m for the left sidewalk, 10.00m for the left lane, 3.50m for the median, 1.50m for the right lane, 6.00m for the right sidewalk, and 1.50m for the right lane. The road is labeled "ZONAS 40 Km/Hr".

Diagrama de un carril de tránsito urbano con carriles para bicicletas y áreas de estacionamiento. El diagrama muestra una sección transversal de la vía con las siguientes dimensiones y componentes:

- 1.35 BANQUETA:** Área de acera a la izquierda.
- 0.50:** Ancho del carril de estacionamiento para bicicletas.
- 1.50 CICLOCARRIL:** Carril dedicado para bicicletas.
- 3.00 ARROYO VEHICULAR:** Carril de tránsito para vehículos.
- 3.00 ARROYO VEHICULAR:** Segundo carril de tránsito para vehículos.
- 1.50 CICLOCARRIL:** Segundo carril dedicado para bicicletas.
- 0.50:** Ancho del carril de estacionamiento para bicicletas.
- 1.35 BANQUETA:** Área de acera a la derecha.

Se incluyen siluetas de un peatón, un ciclista y un automóvil para representar el uso de la vía. Hay árboles y un poste de alumbrado en cada lado de la vía.

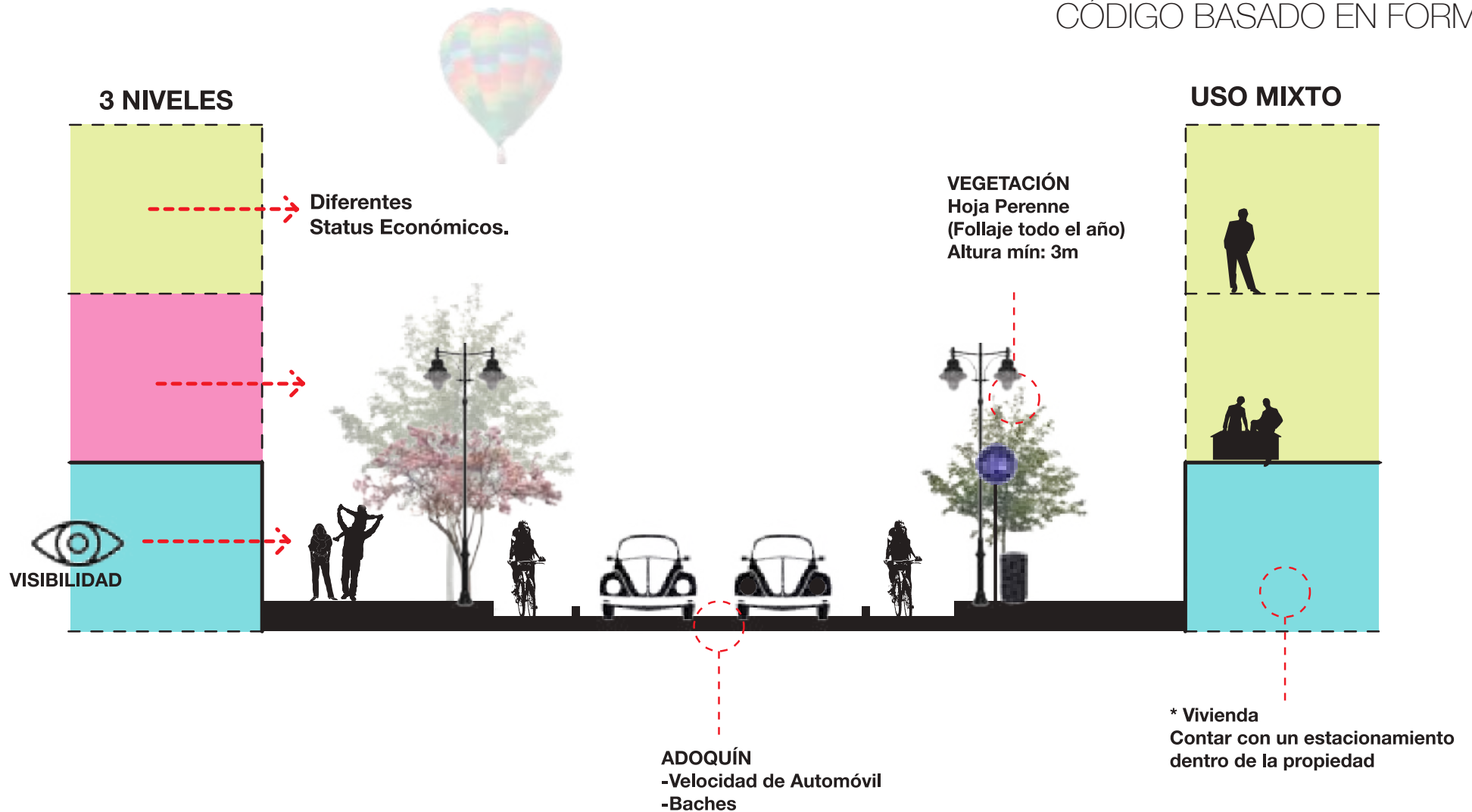
Esc 1:75



-  **Distribuidor Local**
-  **Distribuidor Metropolitano**
-  **Detonador-Ancla**
-  **Red de Ciclovías**
-  **Nuevas Anclas**
-  **Anclas Actuales**

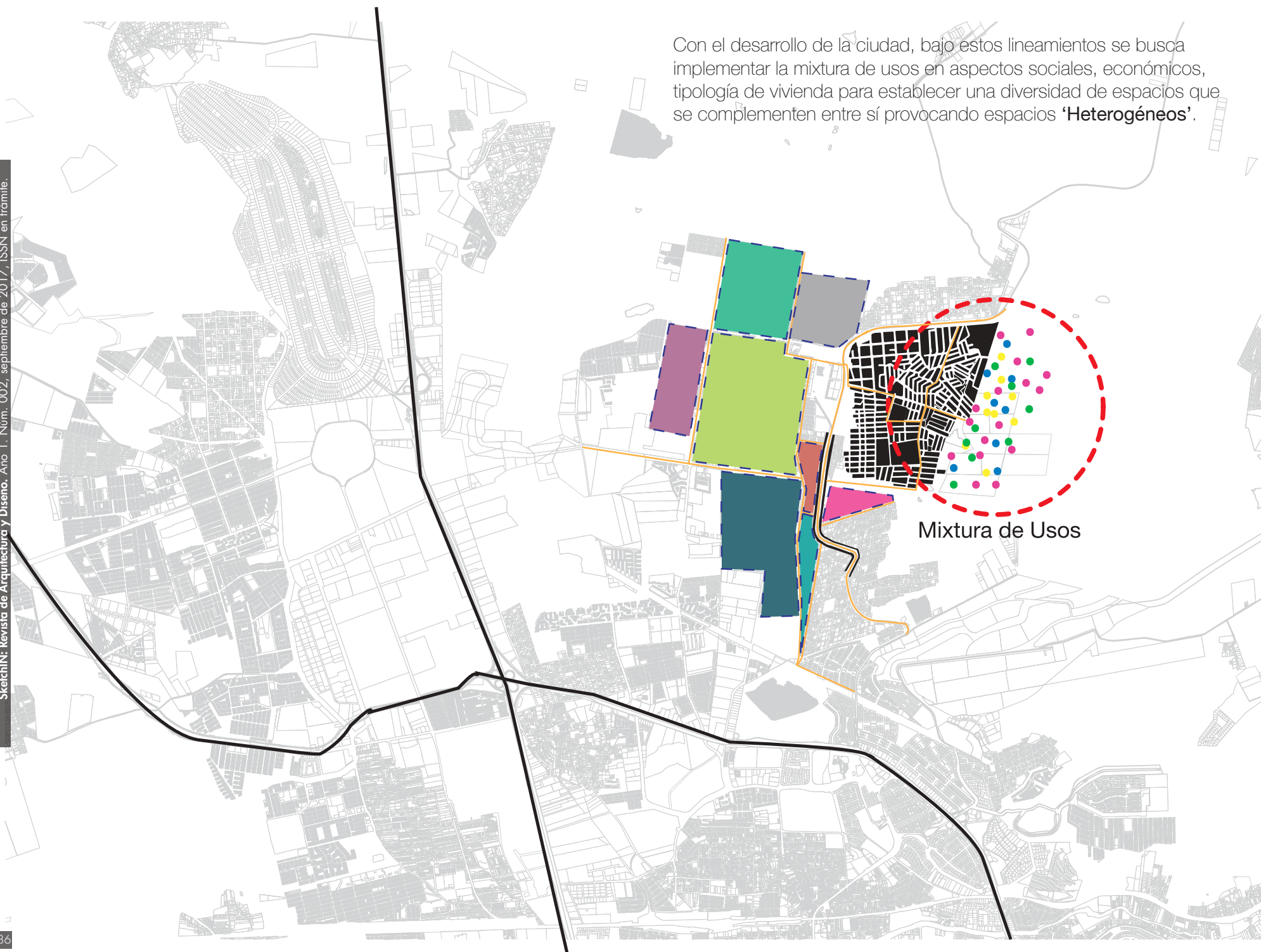
Integrar un distribuidor interno que sea activo, por medio de la mezcla de actividades comerciales y/o servicios en las cuales se puedan obtener beneficios, así como pequeñas iniciativas de integración entre los habitantes permite tener un proyecto más completo para que desde cualquier punto puedas ser atraído.

CÓDIGO BASADO EN FORMA



Proponer el uso mixto en las vialidades 40 permite tener zonas activas durante la mayor parte del día, provocando sentir espacios seguros por medio de los vigilantes naturales y los componentes de mobiliario urbano. Utilizar características comunes para el desarrollo del espacio posibilita una mejor manera de diseñar, sentir y percibir el espacio.

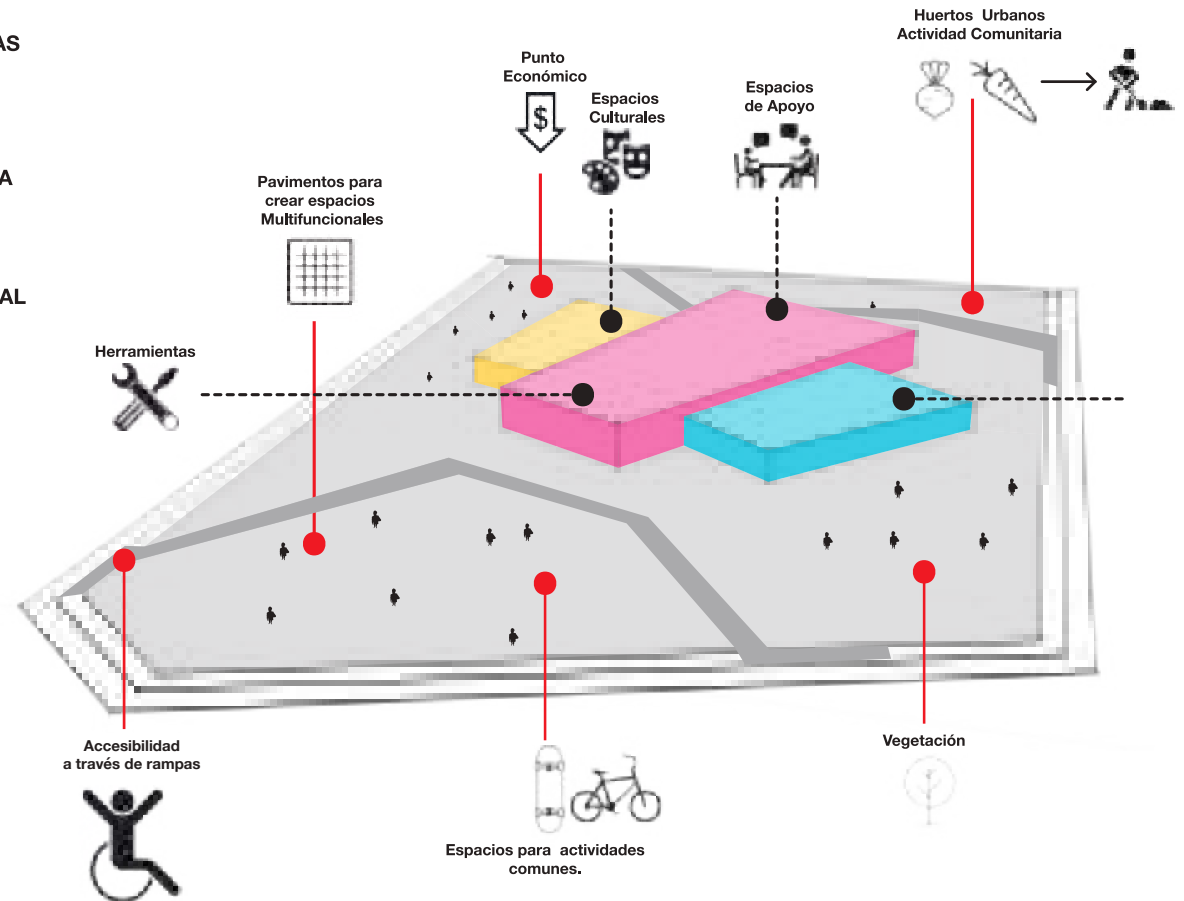
Con el desarrollo de la ciudad, bajo estos lineamientos se busca implementar la mixtura de usos en aspectos sociales, económicos, tipología de vivienda para establecer una diversidad de espacios que se complementen entre sí provocando espacios 'Heterogéneos'.



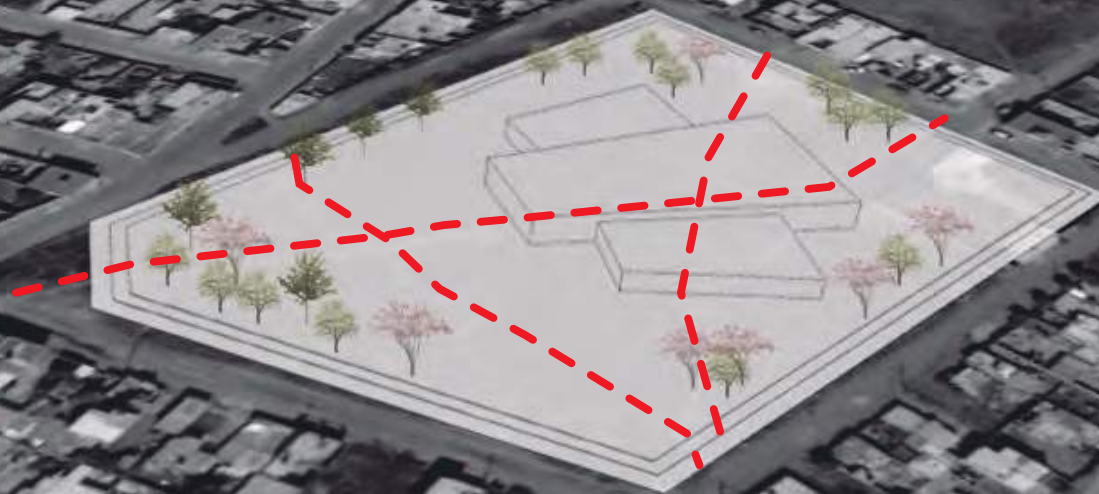


VOCACIÓN DEL ESPACIO

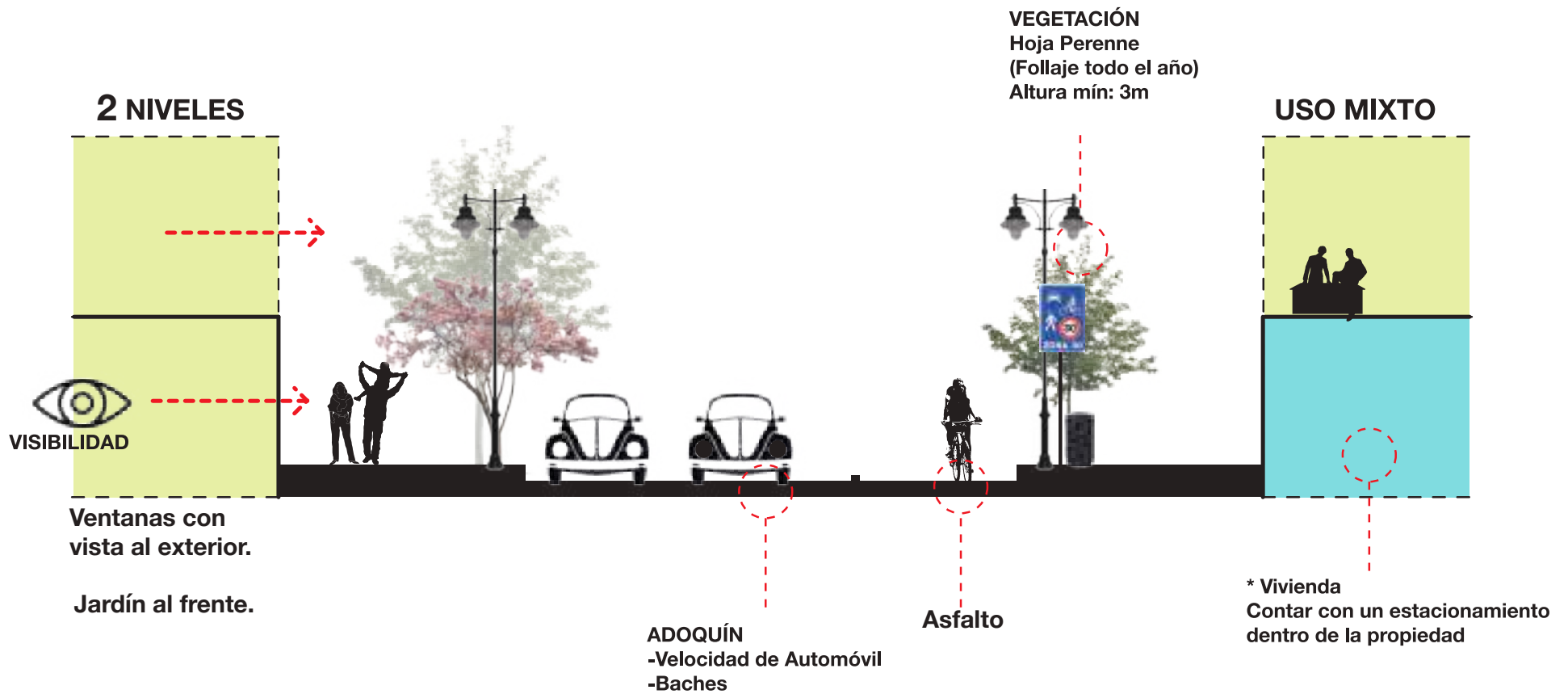
La configuración del espacio cívico contiene la superposición de todas las actividades de interés de los habitantes, para atraerlos a poseer un espacio contenedor y experimental.



Basar el proyecto en un espacio que por su naturalidad conecta, acorta recorridos, es transitable y existe para los habitantes adquiere como objetivo ser un espacio incluyente y representativo de Menchaca.



CÓDIGO BASADO EN FORMA



Planta Activa
Vivienda

Para el caso de las vialidades de zona 30, se propone un ciclovía bidireccional, el uso mixto de estos corredores secundarios será de vivienda y comercio con 2 niveles como máximo.

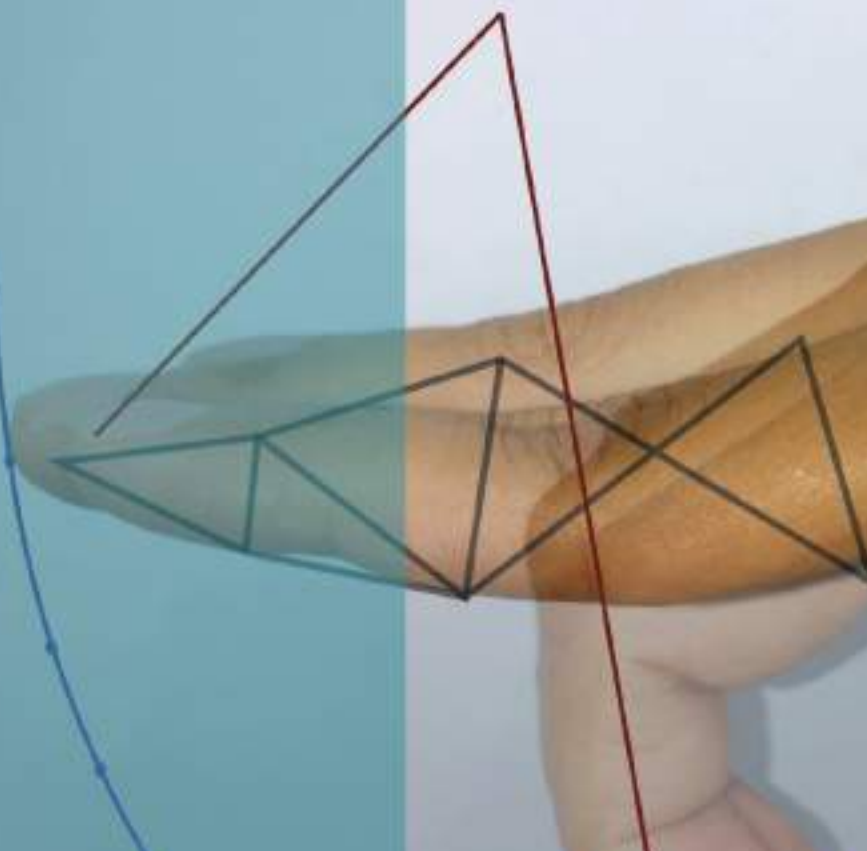
CUS MENCHACA

SketchIN: Revista de Arquitectura y Diseño, Año 1, Núm. 002, septiembre de 2017, ISSN en trámite.



SketchIN: Revista de Arquitectura y Diseño.

Año 1. Núm. 002, septiembre de 2017, es una publicación semestral editada y publicada por la **Universidad Autónoma de Querétaro, División de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ingeniería.**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
División de Posgrado e Ingeniería
Facultad de Ingeniería, UAQ
Tel. 442-192.2200 ext. 6023