



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en diseño e innovación

Conceptualización y desarrollo de producto para disminuir los niveles de ruido durante el sueño de las personas

Opción de Titulación
Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de (o la)

Maestría

Presenta:

Ivan Peñaloza Pineda

Dirigido por:

MDI Avatar Flores Gutiérrez

SINODALES

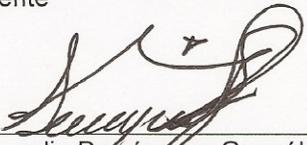
MDI Avatar Flores Gutiérrez
Presidente

Dra. Norma Maricela Ramosa Salinas
Secretario

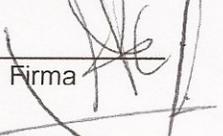
MD Cecilia Arredondo Piña
Vocal

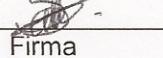
MDI José Aldo Valencia Hernández
Suplente

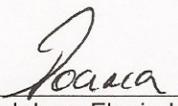
MDI Margarita Josefina Hernández Alvarado
Suplente


Dr. Aurelio Domínguez González
Director de la Facultad


Firma

Firma

Firma

Firma

Firma


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

RESUMEN

La contaminación acústica es un problema a nivel mundial que afecta a gran parte de su población, está directamente relacionado con la expansión de las zonas urbanas donde el aumento de la densidad poblacional, la diversificación de los medios de transporte, así como el crecimiento de los sectores industrial y comercial son las principales fuentes contaminantes sonoras, siendo el sueño una de las actividades que mayormente se ven interferidas por este fenómeno, afectando el proceso en sus diferentes etapas. Se seleccionó la zona noroeste de la ciudad de Querétaro por ser la cual concentra el mayor número de habitantes, encontrando niveles de ruido superiores a los recomendables por la Organización Mundial de la Salud (65 dB) y se desarrolló un estudio exploratorio para conocer la percepción de los habitantes de esta zona. Basado en la metodología del Design Thinking (pensamiento de diseño) y apoyándose en el uso y aplicación de diferentes herramientas etnográficas y de ingeniería, se conceptualizó y desarrolló un producto no invasivo para disminuir los niveles de ruido durante el sueño sin afectar el proceso natural del mismo. El producto fue construido con materiales existentes y probados en el mercado logrando una disminución de ruido de 7 dB.

Palabras clave: Contaminación acústica, ruido, salud, pensamiento de diseño.

SUMMARY

Noise pollution is a global problem that affects everyone equally, which is directly related to the expansion of urban areas; the increasing population density, diversification of means of transport and the growth of industrial and commercial sectors are the main noise pollution sources, being the sleep one of the activities that are mostly interfered by this phenomenon, affecting the process at his different stages. The northwest of the city of Queretaro was selected for being which has the largest number of inhabitants, finding levels above those recommended by the World Health Organization (65 dB) noise and an exploratory study was conducted to understand the perception of the inhabitants of this area. Based on the methodology of design thinking and supported on the use and application of different ethnographic and engineering tools, was conceptualized and developed a non-invasive product to reduce noise levels in sleep without affecting the natural process of it. The product was built with existing materials and tested in the market achieving a noise reduction of 7 dB.

Key words: Noise pollution, noise, health, design thinking

A Dios, mi vida no existiría sin él.

A mis padres, este logro es el resultado de todo su esfuerzo, sus sacrificios y sobre todo su amor y apoyo incondicional, no hay forma de pagar en vida el haber antepuesto nuestros estudios a sus propias satisfacciones, cuando escucho amor incondicional lo único que imagino es el que ustedes nos han enseñado con el ejemplo, la mejor forma de enseñar.

A mis hermanos David, Liz y Aldo, todo lo que soy se los debo a ustedes que siempre me han ayudado e impulsado a ser una mejor persona y estar bien conmigo mismo, nada de las cosas buenas que tengo hoy en día hubieran sido posible sin ustedes ya que son el reflejo de sus acciones y valores, mis papás hicieron un buen trabajo, los amo.

A mi sobrino André que con su sonrisa nos ilumina y recuerda lo que realmente importa en esta vida y a ti Liz, que nos has mantenido cerca aún en la distancia, debo decirte que cuando las cosas no van bien solo necesito ver alguna foto o video que nos mandas para encontrar las ganas de seguir (justo ahora acaba de llegar uno) y querer mejorar aunque sea un poco el mundo que nos tocó.

A mis ángeles que me cuidan desde arriba, abue la promesa está cumplida.

AGRADECIMIENTOS

A CONACYT por el apoyo económico brindado durante los dos años de la maestría y permitirme lograr esta meta.

A la Universidad Autónoma de Querétaro y al posgrado de la Facultad de Ingeniería por permitirme desarrollar este proyecto y contribuir a mi formación y desarrollo profesional.

A mi Director Avatar Flores Gutiérrez por su apoyo y confianza brindada desde el principio de éste viaje, que fue cuando más lo necesitaba, por respaldar y defender la misma visión de la innovación y del proceso de diseño.

A la Dra. Norma Ramos Salinas por ayudarme a estructurar y darle orden a todo este proyecto, por presionarme y exigirme lo suficiente para no dejarlo y poder terminarlo.

A la MD Cecilia Arredondo Piña por el conocimiento compartido, el tiempo dedicado, la confianza brindada y por tener siempre esa disposición para escucharme, ayudarme y enseñar desde el principio, la vocación que tienes es lo que te hace una gran maestra, muchas gracias.

Al MDI Aldo Valencia Hernández, gracias por tener esa visión abierta de la innovación, por aceptarme en la maestría y ayudarme a conseguir este logro, nada de esto hubiera sido posible sin tu apoyo.

A la MDI Margarita Hernández Alvarado por los cafés, las conversaciones, las asesorías, las comidas, las horas invertidas, las clases compartidas, no solo por el apoyo en este proyecto sino a lo largo de toda la maestría, ha sido un aprendizaje constante y creo que hasta divertido.

A Lupita y Normita por esa disposición para ayudarnos y tener las respuestas a todas nuestras dudas, el posgrado no funcionaría sin gente valiosa como ustedes.

A mis profesores de la maestría, gracias por las experiencias y el conocimiento compartido, de todos he aprendido.

A mis amigos Misael y Halina, Omar y Cinthya, por mantenerse cerca aunque los tiempos y momentos no siempre hayan sido suficientes para estar con ustedes, esos momentos han sido un oasis en estos dos años de maestría y me han recordado lo valioso e importante que es tenerlos en mi vida, los amigos son los hermanos que uno escoge, gracias por su amistad incondicional y a prueba de todo.

A todas las personas que me acompañaron y transitron conmigo este camino lleno de subidas y bajadas porque ustedes saben bien lo que esta maestría significa, encontré grandes seres humanos que me hicieron más llevaderos los días difíciles. Maggie, sin tu ayuda desde el principio de la maestría seguro hubiera sido mucho más difícil, eres una persona muy compleja, un poco (bastante) obsesiva pero un excelente ser humano, sin duda Dios pone en tu camino a las personas indicadas,

muchas gracias por tu amistad y ayuda incondicional. Daniel y Kikis le agradezco a la maestría haberlos conocido, me brindaron su amistad siempre y me prestaron sus oídos para escucharme en los momentos difíciles que pase (seguro los harte más de una vez, pero nunca lo demostraron y eso lo valoro mucho, siempre estuvieron ahí). Mel y Diana muchas gracias por compartir el corralito, los cafés de Química, la comida y por esa buena onda para escucharme y ayudarme, gracias por sus palabras de apoyo y adoptarme en su generación un tiempo, está bueno encontrarse con personas que piensen y tengan una actitud como la suya, espero haberles ayudado un poco como mis compañeros de las otras generaciones lo hicieron conmigo, y que ustedes lo hagan con las siguientes. Alma, Tere, Rogelio y Christian recuerden que si sale uno salimos todos, todos juntos como hermanos (no lo olviden) les agradezco mucho a las personas como ustedes que me encontré en la maestría porque me hicieron crecer como ser humano.

A Nadia, Alfonso, Izmir, Violeta, Carlita, Toño, Pedro, Jessy, Mayra, Yessi, Andrés por escucharme y darme consejos, sugerencias y compartir experiencias de la maestría para así hacer mejor las cosas, siempre recibí buena onda y buena vibra, muchas gracias.

INDICE

ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS	11
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 <i>Relevancia de la investigación</i>	15
1.2 <i>Justificación</i>	16
1.3 <i>Objetivos de la Investigación</i>	17
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	17
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	17
1.4 <i>Hipótesis de Investigación</i>	18
1.5 <i>Estructura de la tesis</i>	18
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	19
2.1 <i>Sonido</i>	19
2.1 <i>Elementos del sonido</i>	20
2.2 <i>Ruido</i>	22
2.2.1 <i>Tipos de ruido</i>	22
2.1 <i>Contaminación Acústica</i>	23
a. <i>Contaminación acústica en Querétaro</i>	28
2.2 <i>Ruido en el sueño</i>	29
2.2.1 <i>Control de ruido</i>	33
a. <i>Material y control de ruido</i>	34
b. <i>Soluciones para el ruido</i>	36
III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	41

3.1	<i>Design Thinking</i>	43
3.1.1	Tipos de pensamiento creativo	43
3.1.2	Conocimiento	44
3.2	<i>Etapas del Design Thinking</i>	45
3.2.1	Empatizar (Comprender-Observar).....	46
3.2.2	Definir	46
a.	Marco Lógico	47
3.2.3	Idear.....	49
a.	QFD	50
b.	Matriz de Decisión	51
c.	Matriz de Pugh.....	52
3.2.4	Prototipar	52
3.2.5	Evaluar.....	53
IV.	RESULTADOS	54
4.1	<i>Empatizar</i>	54
a.	Diseño de la encuesta	56
a.	Mediciones in situ	66
4.2	<i>Definir</i>	67
4.3	<i>Idear</i>	70
4.1	<i>Prototipar</i>	79
4.1.1	Viabilidad del concepto	80
4.2	<i>Propuestas de producto final</i>	90
4.2.1	Igloo	90
4.2.2	: Origami	90

4.2.3 Carriola	91
4.2.4 Shelter (refugio)	92
V. CONCLUSIONES	95
VI. REFERENCIAS	100
VII. ANEXOS	108
<i>ANEXO I. Cuestionario sobre vivienda y contaminación acústica.....</i>	<i>108</i>
<i>ANEXO II. Consentimiento informado.....</i>	<i>113</i>

Índice de tablas

Tabla 1. Valores guía para el ruido urbano en ambientes específicos	24
Tabla 2. Niveles equivalentes dB (A) obtenidos por punto y por medición.....	28
Tabla 3. Patentes de productos de ruido en el sueño	38
Tabla 4. Satisfacción general de la vivienda	57
Tabla 5. Satisfacción del ruido en la vivienda.....	58
Tabla 6. Ruido ambiental	58
Tabla 7. Fuentes fijas	59
Tabla 8. Fuentes móviles	60
Tabla 9. Actividades interferidas	61
Tabla 10. Horario de ruido.....	63
Tabla 11. Molestia generada	63
Tabla 12. Lugar de vivienda a modificar.....	65
Tabla 13. Niveles de ruido en la zona 3	67
Tabla 14. Matriz de decisión.....	74
Tabla 15. Matriz de Pugh Tapones de oídos.....	75
Tabla 16. Matriz de Pugh Ventanas de doble vidrio	76
Tabla 17. Matriz de Pugh Paneles acústicos.....	76
Tabla 18. Matriz de Pugh SleepPhones	77
Tabla 19. Matriz de Pugh Sumas totales.....	77

Índice de figuras

Figura 1. Elementos para que exista el sonido.....	20
Figura 2. Niveles de presión de sonidos habituales a 1 m. de distancia	21
Figura 3. Etapas del sueño.....	31
Figura 4. Reflexión del sonido	34
Figura 5. Comportamiento de las ondas sonoras sobre un objeto	35
Figura 6. Etapas del Design Thinking.....	46
Figura 7. Estructura Metodológica del Marco lógico.....	48
Figura 8. Ejemplo de QFD.....	51
Figura 9. Ejemplo de Matriz de Decisión	51
Figura 10. Ejemplo de Matriz de Pugh	52
Figura 11. Metodología y herramientas utilizadas.....	54
Figura 13. Alfa de Cronbach.....	57
Figura 14. Fuentes fijas de ruido	60
Figura 15. Fuentes móviles de ruido	61
Figura 16. Actividades interferidas por el ruido	62
Figura 17. Molestia generada.....	64
Figura 18. Disposición de pago.....	66
Figura 19. Requerimientos del usuario.....	67
Figura 20. Árbol de problemas	68
Figura 21. Árbol de objetivos.....	69
Figura 22. Árbol de soluciones.....	70
Figura 23. QFD.....	71

Figura 24. Cerramiento para cama.....	72
Figura 25. Protector para almohada.....	72
Figura 26. Orejeras material aislante	73
Figura 27. Persianas	73
Figura 28. Puerta difusora.....	74
Figura 29. Posición de personas mientras duermen	78
Figura 30. Consideraciones del diseño conceptual	78
Figura 31. Propuestas conceptuales.....	79
Figura 32. Maqueta conceptual.....	79
Figura 33. Pruebas de viabilidad de concepto (mediciones sin caja con fuente en cara posterior)	80
Figura 34. Pruebas de viabilidad de concepto (mediciones con caja con fuente en cara posterior)	81
Figura 35. Pruebas de viabilidad de concepto (mediciones sin caja con fuente en cara lateral)	82
Figura 36. Pruebas de viabilidad de concepto (mediciones con caja con fuente en cara lateral)	82
Figura 37. Pruebas de viabilidad de concepto (mediciones con caja con fuente en cara lateral)	83
Figura 38. Pruebas de viabilidad de concepto (mediciones con caja con fuente en cara lateral)	83
Figura 39. Pruebas espaciales del concepto.....	84
Figura 40. Maquetas.....	84
Figura 41. Pruebas con usuarios.....	85

Figura 42. Materiales del prototipo.	86
Figura 43. Construcción de prototipo.	88
Figura 44. Prototipo final.	88
Figura 45. Pruebas de prototipo final	89
Figura 46. Propuesta igloo.	90
Figura 47. Propuesta origami.	91
Figura 48. Propuesta carriola.	92
Figura 49. Propuesta shelter.	93
Figura 50. Marca	94

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación de diseño presenta el desarrollo realizado para la creación de un producto estratégicamente diseñado, la cual comenzó con una investigación documental y entrevistas a profundidad para identificar el problema a solucionar, generar conocimiento teórico del fenómeno, así como conocer la opinión de expertos en las áreas involucradas, posteriormente se utilizaron diferentes herramientas etnográficas y de ingeniería que permitieron argumentar, fundamentar y definir el rumbo de esta investigación para finalmente generar diferentes propuestas comerciales de un producto. En el presente capítulo se describe y contextualiza el problema que dio origen a esta investigación, así como su importancia y relevancia.

El sueño es una actividad que ocupa un tercio de nuestras vidas y nos permite descansar, ordenar y proyectar nuestro consciente. El sueño está constituido por dos tipos: el sueño clásico profundo No REM (etapa de sueño profundo), que se subdivide en 4 fases, y el sueño paradójico (REM) (Sagan, 1983).

El ruido y la exposición a niveles elevados del mismo, afecta de manera directa la salud de las personas, siendo particularmente vulnerables a éste cuando dormimos; por lo que, es de suma importancia la protección y prevención durante el proceso del sueño. Por consiguiente, la relevancia de esta investigación se centra en la oportunidad de diseñar y desarrollar un producto de uso común que logre disminuir los niveles de ruido existente mientras se duerme. Esto se puede lograr por medio del control pasivo del ruido utilizando materiales con propiedades acústicas de absorción y aislamiento, seleccionados de manera estratégica para lograr la mayor

atenuación posible, mediante métodos no invasivos para la persona, contribuyendo a mitigar las alteraciones del sueño y mejorar la calidad del mismo.

1.1 Relevancia de la investigación

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), 130 000 000 millones de habitantes de sus países miembros se encuentran en un entorno con un nivel sonoro superior al recomendado por la OMS, 65 decibeles, mientras que otros 300 millones viven en zonas de entre 55 y 65 decibeles (WHO, 2011).

La Organización Mundial de la Salud (WHO por sus siglas en inglés) en el 2011 estimó que una tercera parte de la población mundial y tres cuartas partes de los habitantes de las ciudades industrializadas padecen algún grado de sordera por efecto del ruido. Anualmente 7 millones de personas mueren a causa de males cardiacos en el mundo, 210 mil de ellos, se atribuyen al ruido excesivo.

En Europa, alrededor de 35 millones de personas están expuestas a niveles perjudiciales de ruido. Alrededor del 40% de la población está expuesta al ruido del tránsito con un nivel de presión sonora que excede 55 dB(A) en el día y 20% excede 65 dB(A). Por lo que, aproximadamente la mitad de los europeos vive en zonas de gran contaminación sonora.

El problema también es grave en ciudades de países en desarrollo y se debe principalmente al tránsito. Las carreteras más transitadas registran niveles de presión sonora de 75 a 80 dB(A) durante las 24 horas (Berglund, 1999). Según la

Organización Panamericana de la Salud, en América Latina poco más de 17% de los trabajadores con jornadas de ocho horas diarias durante cinco días a la semana, de 10 a 15 años padece de hipoacusia (Ballesteros y Daponte, 2011).

Finalmente, a nivel mundial el 30% de la población está expuesta durante la noche a niveles de presión sonora que exceden 55 dB(A) y les trastornan el sueño.

1.2 Justificación

La contaminación acústica está directamente relacionada con la expansión de las zonas urbanas donde el incremento de la densidad poblacional, aumento de medios de transporte, crecimiento del sector industrial y comercial son algunas de las principales fuentes contaminantes del ruido urbano. En las ciudades modernas, la contaminación acústica se eleva alrededor de un decibel por año; este incremento va modificando el espectro auditivo de las personas, aumentándolo (Domínguez, 2014).

La alta densidad poblacional es un problema grave en la ciudad de Querétaro y su zona metropolitana, agravado por el aumento de la tasa de crecimiento poblacional, lo que sugiere un incremento en el parque vehicular.

De 1990 al 2009; la tasa de crecimiento fue de 2.6% (0.9% por encima de la media nacional), lo que resultó en el censo del 2010, una población de 1 827 937 habitantes (1.6% del total del país). De los cuales, el 70% reside en zonas urbanas y el 60% vive en la Zona Metropolitana de Querétaro (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010).

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo general

Disminuir en 10 dB los niveles de ruido durante el sueño para mitigar las alteraciones provocadas por la contaminación acústica mediante el diseño y desarrollo de un producto.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar los niveles de intensidad de ruido (contaminación acústica) mediante mediciones *in situ* para determinar el posible riesgo auditivo en zonas de mayor población de Querétaro.
- Analizar las propiedades acústicas (coeficiente de absorción, aislamiento acústico, pérdida de transmisión de sonido) de materiales de uso común mediante una tabla comparativa para seleccionar los materiales posibles para la construcción del producto; por medio del software AlphaDoc v.1.1 y Freeacoustics.
- Diseñar e implementar un producto funcional para uso durante el descanso mediante el control pasivo de ruido (combinación de materiales).
- Evaluar el producto con mediciones con sonómetro para determinar su efectividad.

1.4 Hipótesis de Investigación

El control pasivo de ruido con la combinación de diferentes materiales, permite desarrollar un producto no invasivo, sin modificar el proceso natural del sueño del usuario; que mitigue 10 dB los niveles de ruido.

1.5 Estructura de la tesis

Esta tesis se compone de cuatro capítulos adicionales a este introductorio, donde se presentó y contextualizó el problema que dio pie a esta investigación. El segundo capítulo describe el marco conceptual necesario para entender el sonido y la fundamentación teórica de donde surge la propuesta de solución, así como las repercusiones que tiene el ruido en la salud y en el sueño de las personas. En el capítulo tres se describe la metodología que se siguió para esta investigación, así como las herramientas que fueron utilizadas en cada etapa de la misma. El cuarto capítulo presenta los resultados que se fueron encontrando en las diferentes etapas de la metodología y de la aplicación de las herramientas usadas, así mismo se presentan las modificaciones hechas durante el proceso. En el capítulo cinco se muestran las conclusiones de esta investigación y las áreas de oportunidad encontradas para futuras investigaciones referentes a este tema.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Sonido

En física, el sonido es todo suceso que involucre la propagación de ondas elásticas a través de un medio generadas por la vibración de un cuerpo. Estas ondas se ven afectadas por sus fenómenos físicos inherentes:

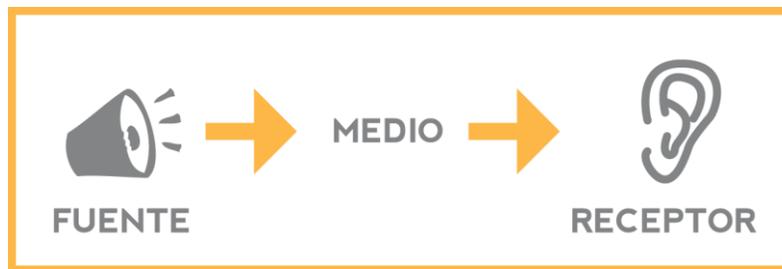
- a) *Reflexión*: Cuando existe una discontinuidad o cambio de medio en el flujo del sonido, la onda es reflejada.
- b) *Refracción*: Existe una discontinuidad o límite pero una parte de la onda es reflejada y otra cruza el límite. Cuando el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo crítico todas las ondas se reflejan.
- c) *Difracción*: Cuando hay un obstáculo, las ondas se difunden alrededor del objeto, se difractan cuando la longitud de onda es compatible con las dimensiones de los objetos reflectantes.
- d) *Dispersión*: Las ondas serán dispersadas en todas direcciones cuando chocan con obstáculos pequeños comparados con la longitud de onda.
- e) *Interferencia*: Ondas sonoras de igual frecuencia y amplitud. Hay interferencia destructiva en los puntos donde las ondas se encuentran en oposición de fase, y constructiva donde las ondas se encuentran en fase (Vidal, 2012).

Las ondas sonoras se producen debido a pequeñas variaciones de presión en un medio, generalmente el aire. Estas variaciones son ocasionadas por la vibración de un objeto o una estructura; por ejemplo, al hablar provocamos un movimiento de las partículas de aire alrededor de nuestra boca. El movimiento de estas partículas

causa pequeñas variaciones sobre el valor de la presión atmosférica, que son detectadas por nuestro oído.

Para que este fenómeno ocurra debe cumplirse la condición de que exista: una *fuentes* que emite, un *medio* que transmite y un *receptor* que detecta el sonido (Figura 1), o bien, es en general afectado por él mismo de alguna manera determinada (de la Fuente, 2006).

Figura 1. Elementos para que exista el sonido



Elaboración propia.

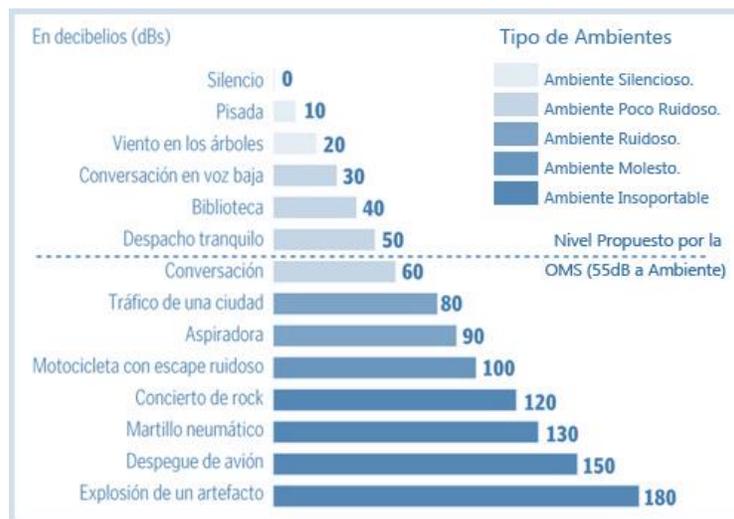
2.1 Elementos del sonido

Por otro lado, un sonido se caracteriza por dos elementos principales. El primero, la *amplitud* indica la magnitud de las variaciones de presión; cuanto mayor sea está, más fuerte será la sensación de intensidad del sonido que percibimos; dado que el rango de amplitudes que el oído puede detectar es muy amplio.

Para poder valorarlo y cuantificarlo se utiliza una escala logarítmica, para familiarizar su valoración, cuya unidad es el decibelio (dB); en la que un aumento de 10 dB en el nivel de un sonido, equivale a percibir este sonido el doble de intenso (Stipcich y Lanzini, 2012).

Además, la amplitud de los sonidos no se suma de forma aritmética, sino de forma logarítmica; lo que significa que dos personas hablando cada una de ellas con una amplitud de 60 dB, la suma será de 63 dB en lugar de 120 dB que equivaldría al despegue de un avión. La figura 2 muestra diferentes niveles de presión acústica con mediciones tomadas a 1 m. de distancia de la fuente.

Figura 2. Niveles de presión de sonidos habituales a 1 m. de distancia



Elaboración propia.

El segundo, la frecuencia indica la velocidad de las vibraciones por segundo y se mide en hercios (Hz), que es el número de vibraciones por segundo. El oído humano es capaz de percibir las frecuencias que se encuentran en un rango entre los 20 Hz (20 variaciones por segundo) y los 20,000 Hz (20,000 variaciones por segundo).

La frecuencia de un sonido está asociada al tono, que es la percepción subjetiva de la frecuencia.

Cuando la frecuencia de un sonido es baja (inferior a 400 Hz) percibimos un tono grave. Si se encuentra entre 400 Hz y 1600 Hz es un sonido de tono medio y si es superior a 1600 Hz percibimos un tono agudo; normalmente los sonidos que

percibimos están formados por diferentes frecuencias. Si representamos en una misma gráfica amplitud y frecuencia obtenemos lo que se denomina espectro sonoro. El espectro sonoro es único y característico de cada sonido y permite distinguir, por ejemplo, la voz de dos personas (Stipcich y Lanzini, 2012).

2.2 Ruido

El ruido es un sonido molesto, que nos produce una sensación de incomodidad y puede producir efectos fisiológicos, psicológicos y sociales no deseados, sufridos generalmente en el lugar de residencia o en nuestro trabajo (García Sáenz y Garrido, 2003). La exposición prolongada a fuentes de ruido puede provocar fatiga, daños auditivos irreversibles, alteraciones del sueño, estrés o disminución del rendimiento en el trabajo.

2.2.1 Tipos de ruido

Todos los ruidos que percibimos se pueden clasificar según su origen y forma de propagación en tres grandes grupos:

- a) *Ruido aéreo*: Es todo ruido que tiene origen en el aire y se propaga a través del mismo; por ejemplo: tráfico, obras, conversaciones, radio, televisión.
- b) *Ruido de impacto*: Este ruido es causado por un golpe en un medio sólido, habitualmente el suelo, que se propaga a través de la estructura. Ejemplos de este ruido son caída de objetos, pisadas, arrastre de muebles.
- c) *Ruido de vibraciones*: Es un ruido producido por el movimiento de algún objeto unido directamente a un medio sólido y que se propaga a través de la

estructura. Ejemplos de este ruido son los procedentes de motores y máquinas como grupos de presión, ascensores.

Otras clasificaciones pueden establecerse según la duración: Constante (ventilador), Intermitente (alarma) e Impulsivo (impacto) y el contenido en frecuencias: Graves, Medio y Agudo (Rubio, 2012).

Este trabajo de investigación se enfoca en disminuir el ruido aéreo ya que los otros tipos de ruido al ser propagados por medio de la estructura es más complicado su control y por lo tanto su atenuación.

2.1 Contaminación Acústica

La contaminación Acústica se define como la presencia de ruidos o vibraciones en el ambiente que producen molestia, riesgo o daño para las personas y el desarrollo de sus actividades; o bien, aquellos que causen efectos significativos sobre el medio ambiente, en otras palabras es el incremento significativo de los niveles acústicos del medio (Llorente y Peters, 2013). Ésta contaminación es el resultado de las actividades propias del ser humano en las ciudades, que conllevan un nivel sonoro más o menos elevado y son una consecuencia directa no deseada de nuestras acciones: transporte, construcciones, industria, comercio y obras públicas. (García, 1988).

El ruido ambiental es uno de los principales aspectos ambientales que afectan a la población; y al ser originado por diferentes fuentes e intensidades es complicado su control (Muñoz, 2006). Estudios de ruido ambiental demuestran que el mayor

número de decibeles se encuentra en zonas con mayor densidad poblacional (Medina, 2008; Ruiz, 2011). En las ciudades modernas con aumento de densidad demográfica, la contaminación acústica se eleva un decibel por año, incremento que modifica el espectro auditivo de las personas aumentándolo (Domínguez, 2014).

Las personas expuestas durante largos periodos de tiempo a altos niveles de ruido corren el riesgo de padecer patologías físicas y psíquicas. De acuerdo con las Guías para el Ruido Urbano de la OMS, las repercusiones de la contaminación acústica en la salud de los individuos tienen varios efectos específicos (Tabla 1); tales como deficiencia auditiva, interferencia en la comunicación oral, trastorno del sueño y reposo, efectos psicofisiológicos sobre la salud mental y el rendimiento, efectos sobre el comportamiento, así como interferencia en actividades (Berglund, 1999).

Tabla 1. Valores guía para el ruido urbano en ambientes específicos

Ambiente específico	Efecto (s) crítico (s) sobre la salud	L _{Aeq} (dBA)	Base tiempo (h)	L _{AFmáx.} (dBA)
<i>Exteriores de zonas de viviendas</i>	• Seria molestia, de día y al atardecer	55	16	-
	• Molestia moderada, de día y al atardecer	50	16	-
<i>Interior de vivienda interior dormitorios</i>	• Inteligibilidad de la palabra y molestia moderada (día/ atardecer)	35	16	-
	• Perturbación del sueño, de noche	30	8	45
<i>Exterior dormitorios</i>	• Perturbación del sueño, ventana abierta (valores exteriores)	45	8	60
<i>Aulas escolares y preescolares, interior</i>	• Inteligibilidad de la palabra, perturbación de la extracción de información, y la comunicación de mensajes	35	Durante clases	-

Tabla 1. Valores guía para el ruido urbano en ambientes específicos (continuación)

Ambiente específico	• Efecto (s) crítico (s) sobre la salud	L _{Aeq} (dBA)	Base de tiempo (h)	L _{AF} máx. (dBA)
<i>Dormitorios preescolares, interior</i>	• Perturbación del sueño	30	En horas de sueño	45
<i>Patio de recreo escolar, exterior</i>	• Molestias (fuentes externas)	55	Durante los juegos	-
<i>Hospital, dormitorios de guardia, interior</i>	• Perturbación del sueño, de noche	30	8	40
	• Perturbación del sueño, día y atardecer	30	16	-
<i>Hospitales, habitaciones, interior</i>	• Interferencia descanso y recuperación	Menor posible		
<i>Áreas industriales, comerciales y de tránsito, interior y exterior</i>	• Daño auditivo	70	24	110
<i>Ceremonias, festivales y actos de entretenimiento</i>	• Daño auditivo (concurrentes: < 5 veces por año)	100	4	110
<i>Sistemas públicos de refuerzo sonoro, exteriores e interiores</i>	• Daño auditivo	85	1	110
<i>Música y otros sonidos a través de auriculares</i>	• Daño auditivo (valor de campo libre)	85 (**)	1	110
<i>Sonidos impulsivos de juguetes, pirotecnia y armas de fuego</i>	• Daño auditivo (adultos)	-	-	140 (*)
	• Daño auditivo (niños)	-	-	120 (*)
<i>Exteriores en parques y reservas naturales</i>	• Perturbación de la tranquilidad	(***)		

Nota. (*) Nivel de pico L_{peak} , no $L_{máx}$, medido a 100 mm del oído. (**) Utilizando auriculares, valores adaptados a campo libre, (***) Deben preservarse las áreas exteriores existentes, y mantener una baja relación entre ruidos intrusivos y ruido de fondo natural.

Fuente: Birgitta Berglund, Thomas Lindvall y Dietrich Schwela. "Guidelines for Community noise". Publicado por la Organización Mundial de la Salud (1999).

Sin embargo, una persona se puede ver afectada por el ruido, sin necesidad de estar expuesto a niveles extremos, como el generado por el tráfico, reuniones sociales u otros que pueden interferir en una comunicación oral, alterar el sueño, producir estrés o irritabilidad. No obstante, la exposición al mismo, ya sea habitual o crónico, tiene diversas implicaciones en la salud como ejecución cognoscitiva deficiente, reacciones de estrés, alteraciones del sueño, desordenes cardiovasculares como hipertensión, enfermedad isquémica, angina de pecho, arterosclerosis coronaria e infarto al miocardio (Babisch, 2011; Seidman y Stranding, 2010). Otros efectos nocivos del ruido se ven reflejados en la atención y aprendizaje; actividades como la concentración, lectura o memorización se ven disminuidas (Robinowitz, 2005). Un estudio realizado por Estrada (2010) en escuelas primarias en el Distrito Federal encontró que tanto el diseño arquitectónico como el ruido en el entorno inmediato del salón y externo, generaba molestia afectando la comprensión lectora y la inteligibilidad de la palabra; en este mismo sentido Evans *et al.* (1995), demostraron deterioro en la memoria a largo plazo y complicaciones en lectura en niños de escuelas cercanas a aeropuertos.

Trabajos como el de Dang-Vu *et al.* (2010) exponen que el cerebro percibe, evalúa y reacciona al sonido ambiental incluso cuando la persona está dormida; por lo que dormir bajo estimulaciones sonoras continuas puede generar cambios en el ritmo cardiaco debido a que el sueño funciona como regulador (Babisch, 2011). Otras investigaciones muestran el riesgo de enfermedades cardiovasculares asociadas a niveles de ruido alrededor de 50 dB durante la noche en poblaciones cercanas al aeropuerto (Greiser *et al.*, 2011).

En este mismo sentido, Quiroz-Arcentales *et al.* (2013) realizaron un estudio en niños y adolescentes de dos instituciones educativas observando una diferencia significativa entre los umbrales auditivos de los estudiantes respecto a la condición de exposición y encontraron que 14.8% de la muestra presentaba un grado de hipoacusia; identificando niveles de exposición de ruido entre 66.4 dB y hasta 82.7 dB en horarios de clases.

Finalmente, la interferencia en algunas actividades requiere un menor nivel de intensidad, dependiendo del sujeto, por lo que el parámetro de decibeles no siempre es suficiente para darnos cuenta del daño potencial; prueba de ello es el trabajo de Waye *et al.* (2002) que demostró efectos en la elevación de cortisol en individuos sensibles al ruido y expuestos a baja frecuencia (40 dB) mientras trabajaban.

Los efectos del ruido que se llegan a generar en las viviendas se exteriorizan en el trastorno del sueño y molestias e interferencia en la conversación. Las Guías para el ruido urbano de la OMS establecen los niveles sonoros adecuados para dormitorios en 30 dB para el ruido continuo y 45 dB para sucesos de ruido únicos. Por lo que, para poder conversar sin interferencia en interiores de la vivienda durante el día, el nivel del ruido no debe sobrepasar los 35 dB. Mientras que, durante la noche, los niveles de sonido en exteriores a un metro de las fachadas de las casas no deben exceder 45 dB, para que las personas puedan dormir con las ventanas abiertas. Ese valor fue estimado al suponer que la reducción del ruido exterior al pasar al interior de la vivienda, por una ventana abierta es de 15 dB (Berglund, 1999).

a. Contaminación acústica en Querétaro

El último estudio de contaminación acústica en la ciudad de Querétaro fue realizado en 1999 por el CENAM, en 13 zonas de la ciudad en tres horarios diferentes (8 a 10 horas, 13 a 15 horas. y 17 a 19 horas.), encontrado niveles superiores a los establecidos por la norma (68 dB) (tabla 2).

Tabla 2. Niveles equivalentes dB (A) obtenidos por punto y por medición.

Punto	1° medición (dB)	2° medición (dB)	3° medición (dB)
Plaza Jardín Guerrero	70.16	64.27	68.18
Zaragoza y Ezequiel Montes	77.59	77.3	77.99
Zaragoza esq. Pasteur	74.81	72.59	72.54
Av. Universidad y Prol. Corregidora	76.46	77.3	74.87
Laborcilla - Corregidora Norte	73.36	73.59	72.27
Av. 5 de Febrero y Universidad	75.93	76.28	76.78
Av. 5 de Febrero y Col. Obrera	78.32	76.3	77.41
Av. 5 de Febrero y Zaragoza	78.26	77.52	78.72
Crucero B. Quintana y Constituyentes	73.05	72.74	71.91
Autopista México-Querétaro y Pasteur	75.34	73.37	74.22
Central de Abastos	69.77	67.97	*
Aduana TFM	65.95	59.67	70.93
Av. Revolución y Acceso 3	75.12	76.69	74.88

. Fuente: Centro Nacional de Metrología (1999).

2.2 Ruido en el sueño

El ruido tiene importantes repercusiones tanto en la arquitectura y microestructura del sueño, así como sobre las funciones autonómicas y a largo plazo, sobre la salud y la calidad de vida.

Los efectos primarios, las respuestas que ocurren simultánea o inmediatamente después de que ocurra el ruido, son el aumento de la actividad cerebral, de los movimientos del cuerpo y de las respuestas autónomas. Estos efectos ocasionan numerosos despertares y cambios a fases de sueño más superficiales, además de una percepción subjetiva de mala calidad del descanso. Los parámetros de sueño provenientes de polisomnografía (PSG) como la latencia de sueño (el tiempo que tarda la persona en quedarse dormida), los porcentajes de sueño profundo (sueño REM, fases 3 y 4 del sueño NO-REM), la frecuencia de los despertares y el tiempo de vigilia durante la noche empeoran al aumentar los decibelios. En resumen, se puede decir que la capacidad de alcanzar las fases más profundas del sueño es la que resulta más perjudicada por la exposición al ruido (Basner *et al.*, 2008).

Los efectos en el sueño se pueden presentar de forma inmediata o posterior a la exposición (Pirrerá, *et al.*, 2010):

- *Efectos inmediatos:* ocurren de manera simultánea con el ruido o inmediatamente después de la emisión; se pueden cuantificar por el número y duración de veces que puede estar despierta la persona durante el periodo de sueño, etapas del sueño y ritmo
- *Efectos posteriores* se presentan un día después a la exposición al ruido o después de algunos días.

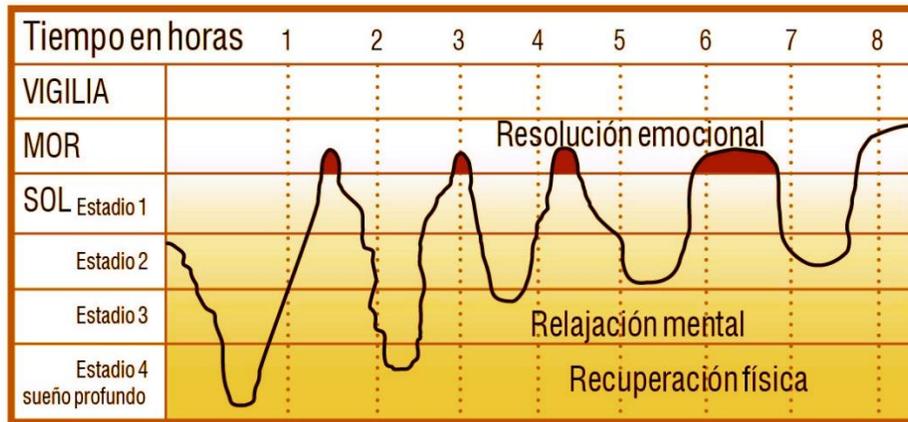
La posibilidad de despertarse por el ruido está directamente relacionada con la etapa del sueño en la que se encuentre, así como los sonidos de fondo, ya que el umbral de audición del durmiente es particularmente alto en el sueño profundamente lento.

El sueño está compuesto por 2 estados (Figura 3): el NMOR o NoREM la cual está conformada por 4 etapas:

1. Sueño liviano (fase de transición entre la vigilia y el sueño, donde cualquier estímulo externo produce problemas para dormir y dura aproximadamente entre 10 y 15 minutos).
2. Sueño parcialmente reparador (en esta etapa se suele tener ensoñaciones y también se puede regresar al estado de vigilia con facilidad, dura entre 20 y 25 minutos)
3. Sueño ligeramente profundo (dura aproximadamente 5 minutos, es una etapa transitoria)
4. Sueño profundo (dura sobre una hora y los agentes externos no hacen despertarnos, pero si regresar a las etapas anteriores).

El MOR o REM en inglés (sueño de movimientos oculares rápidos, en esta etapa se producen los sueños y el tiempo de esta etapa depende del número de ciclo del sueño en el que nos encontremos). Todas estas etapas forman un ciclo progresivo desde la etapa 1 hasta la etapa 5, el cual toma un promedio de 90 a 110 minutos mínimo, por lo que durante una noche se pueden completar varios ciclos, siendo los sueños MOR más cortos al inicio y al término de la noche que durante media noche (Arboledas, 2010).

Figura 3. Etapas del sueño



Elaboración propia

Por otra parte, los efectos secundarios se pueden llevar a cabo mediante informes de perturbaciones subjetivas del sueño y objetivas; y dependen de la persona. Las personas mayores presentan mayores quejas y molestias sobre el ruido nocturno que los jóvenes y puede ser a que duran más horas despiertas y son más sensibles a dichos ruidos (Muzet, 2007). Lo que se ve reafirmado por el trabajo de Dang-Vu *et al.* (2010) en el que exponen que el cerebro percibe, evalúa y reacciona al sonido ambiental incluso cuando la persona está dormida.

Basner *et al.* (2014) define que los despertares producidos por el ruido dependen no solo del número de eventos del ruido y de sus características acústicas, sino también de la etapa del sueño en la que se encuentren y de la susceptibilidad propia de la persona y se pueden presentar alteraciones del sueño como taquicardia, movimientos corporales o despertares desde los 33 dB.

Pyong, *et al.*, (2010) observaron tendencias similares en la calidad, molestias y alteraciones del sueño sobre una fuente y sobre varias fuentes de ruido; mientras que los ruidos combinados producían un despertar más temprano que los de un

único tipo de ruido. En otro estudio, Basner *et al.* (2011) analizaron los efectos del ruido aéreo, ferroviario y de tráfico rodado de manera individual y combinada sobre el sueño; encontrando que el tráfico rodado era el que presentaba cambios más fuertes en la estructura y la continuidad del sueño.

Aunque los tres afectan de forma diferencial debido a la composición espectral y temporal de los eventos de ruido, estas alteraciones se presentaban mayormente por encima de los 55 dB.

Otros estudios, como el de Guillén *et al.*, (2013) enfocados en la relación entre factores ambientales y la calidad de sueño de pacientes en unidades de cuidados intensivos destacan que el ruido procedente de diferentes fuentes (máquinas, alarmas, conversaciones, entre otros) como el principal estresor y factor que afecta negativamente a la calidad de sueño.

Plante *et al.* (2012) realizan una revisión de estudios relativos al ruido de aeronaves y su alteración en el sueño, analizando nueve estudios que cumplieron con los criterios de selección, 8 eran experimentales; por lo que las probabilidades de despertar se incrementan con el aumento del ruido, así como tener periodos más cortos de sueño profundo. Con respecto al área de salud, Greiser *et al.* (2011) muestran el riesgo de enfermedades cardiovasculares asociadas a niveles de ruido alrededor de 50 dB durante la noche en poblaciones cercanas al aeropuerto de Colonia-Bonn en Alemania. Mientras que Elliot, *et al.* (2011) demostraron que el tiempo de sueño, en pacientes de cuidado intensivo, está reducido y fragmentado debido a los niveles de ruido en la unidades que oscilan entre 49 y 89 dB.

Nicolás *et al.*, (2008) en un estudio realizado a 104 pacientes demostró que el ruido fue identificado, solamente después del dolor; como el segundo factor que causaba perturbación en el sueño en los pacientes. Lo que resulta en un elemento de suma importancia para el descanso de las personas, por lo que acciones para su control y disminución repercuten en un mejor descanso; tal como lo comprueba el estudio realizado por Li *et al.*, (2011), quienes en una muestra de 60 pacientes demostraron que el grupo de pacientes en el que se habían aplicado acciones para disminuir el ruido mejoraron tanto en la cantidad como en la calidad de sueño.

2.2.1 Control de ruido

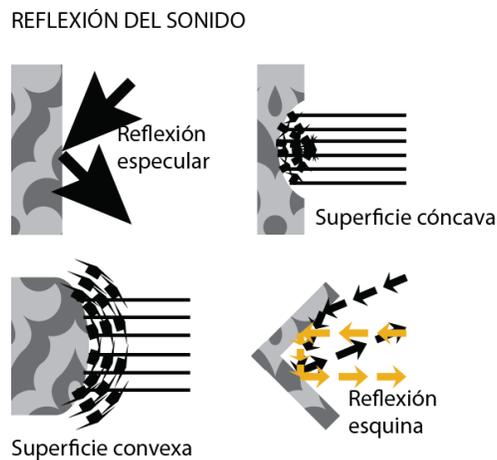
El control de ruido es una serie de medidas, acciones y técnicas utilizadas para obtener o mantener un ruido ambiental aceptable requerido para no poner en riesgo la salud auditiva u obtener un mayor bienestar, este se puede dar a través de la reducción del ruido en la fuente, control de ruido en el medio por el que se propaga o mediante el uso de medidas protectoras en el receptor (Miyara, 2000). Este control puede ser pasivo o activo (Bies y Hansen, 2009; Tippens y Hernández, 2007; Harris, 1995; Beranek y Vér, 1992; Blatt y Pozo, 1991):

1. El *control activo* de ruido es la transformación favorable del campo sonoro empleando medios electroacústicos y está basado en el principio de interferencia destructiva de onda, en los puntos donde las ondas sonoras de igual frecuencia y amplitud se encuentran en oposición de fase.

2. El *control pasivo* son todas aquellas acciones que se orientan a la disminución de la contaminación acústica sin realizar modificaciones esenciales en las fuentes del ruido.

El comportamiento de las ondas sonoras y su reflexión (Figura 4) está relacionado con los objetos que se encuentre en su propagación, por lo que dependerá de la figura y la forma geométrica de este (Arau, 2015; Arau, 1999).

Figura 4. Reflexión del sonido



Elaboración propia

a. Material y control de ruido

Las principales soluciones para el problema de la contaminación acústica están enfocadas primordialmente en el desarrollo de materiales con características absorbentes y aislantes acústicos.

Materiales absorbentes en forma de membrana para bajas frecuencias, resonantes para máxima absorción a frecuencias determinadas, materiales porosos como lana de roca y fibra de vidrio, o flexibles compuestos por una capa porosa y una no

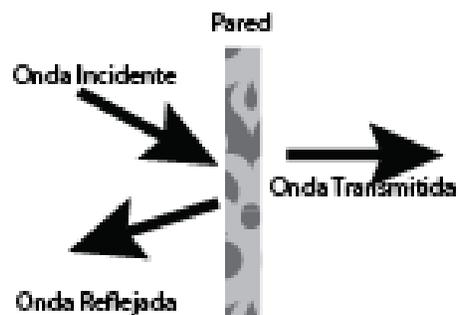
porosa. Otras técnicas de disminución de ruido son los resonadores para frecuencias inferiores a 500 Hz; y existen de membrana, simple de cavidad o de Helmholtz y múltiple de cavidad. Los cuales actúan de manera eficaz solamente sobre una frecuencia determinada.

Por otra parte, en las construcciones algunas reducciones de decibeles se dan con ventanas de doble acristalamiento, puertas con aislamiento acústico, revestimientos de pared amortiguador de sonidos, techos acústicos, paredes divisorias acústicas (Redonda, 2013; Rial, 2013; Nutsch, 2006).

Los materiales fibrosos de origen natural como balas de paja, madera, corcho o incluso el papel, también son utilizados en tratamientos de aislamientos acústicos, así como materiales obtenidos de restos de botellas de plástico (Del Rey, *et al.*, 2011).

En todos los materiales una parte de energía acústica que incide sobre su superficie es absorbida, otra reflejada y otra es transmitida hacia el otro extremo del material (Figura 5). La absorción es la parte de la energía acústica que es transformada en calor, disipación por medio de la superficie (Harris, 1993; Chova).

Figura 5. Comportamiento de las ondas sonoras sobre un objeto



Elaboración propia.

b. Soluciones para el ruido

En México algunas soluciones comerciales para el problema de ruido para puertas y ventanas se han realizado por medio de cerramientos herméticos con perfiles de PVC rígido de la marca Kömmerling o con paneles acústicos colocados en muros.

Otros estudios abordan el problema del ruido externo desde la gestión de la información hacia las personas con el fin de disminuirlo y proponer controles de monitoreo de ruido y mapas de ruido para la disminución del ruido en zonas urbanas (Maya, *et al.*, 2010).

Una de las medidas estudiada por Scotto *et al.*, (2009) ha sido el uso de tapones para los oídos, indicando que la satisfacción del sueño mejoró con esta medida en el grupo de control. Esta técnica es una de las más eficaces para mejorar el sueño en pacientes de cuidado intensivo; sin embargo al ser un método invasivo presenta algunas complicaciones, ya que representa incomodidad, molestia y daño en los conductos auditivos.

Floud *et al.* (2011) informaron sobre el uso de medicamentos antihipertensivos y contra la ansiedad en poblaciones circundantes a seis aeropuertos europeos como parte del estudio HYENA. Sin embargo estos métodos son igualmente invasivos con la persona, por lo que pueden llegar a causar daños o afectaciones.

Después de realizar una vigilancia tecnológica sobre las soluciones que se han desarrollado para solucionar las consecuencias de la contaminación acústica, se

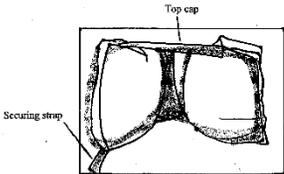
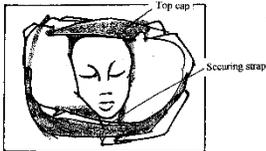
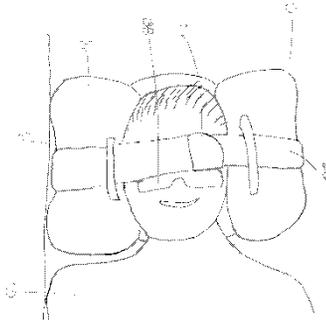
encontraron algunas patentes de productos para aminorar el problema del ruido durante en el sueño (tabla 3).

Tabla 3. Patentes de productos de ruido en el sueño

No.	Año	Descripción	Figura
20140126738 A1	Mayo 2014	Un sistema de ayuda para el sueño compuesto por carcasa, micrófono, circuito de supresión y transductores de señal.	
US2014 0101854 A1	Octubre 2012	Almohada para aislar del sonido ambiental, compuesto por material como espuma de memoria y puede ser configurada como una almohada de una pieza.	
CN1025 26858	Julio 2012	Instrumento de sueño profundo basado en ruido rosa, utilizando un procesador de señal digital y un dispositivo programable	
US20140018609 A1	Julio 2012	Un dispositivo y método para ayudar en el sueño, compuesto por componentes electrónicos para recibir señales asociadas con la generación de sonidos y un generador de sonidos seleccionables. El método comprende etapas de programación del procesador.	

Elaboración propia

Tabla 3. Patentes de productos de ruido en el sueño (continuación)

No.	Año	Descripción	Figura
US20080189863 A1	Noviembre 2007	Almohada que se ajusta alrededor de la cabeza envolviéndola firmemente	 <p data-bbox="1514 524 1835 548">Figure 7. Frontal view of completed C-shaped pillowhead showing securing strap, top cap</p>  <p data-bbox="1524 737 1822 773">Figure 8. Pillowhead being worn with securing strap across chin area attached by Velcro patches to provide a comfortable and secure pillow around head</p>
US20080216244	Marzo 2007	Almohada para dormir con tres secciones rellenas de espuma y una cubierta de tela unidas entre sí, que se envuelven alrededor de la cabeza y se sostienen con una correa.	

Elaboración propia con imágenes tomadas de la patente correspondiente

III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente es una investigación de diseño de tipo mixta con preponderancia cualitativa, alcance exploratorio descriptivo; con el fin de obtener información más completa del fenómeno. Este caso presenta un diseño no experimental transversal, ya que se recolectaron datos en un solo momento, en su contexto natural y las variables no han sido manipuladas; y son presentadas tal y como han sido arrojadas por los instrumentos empleados. Se utilizó un estudio de caso cualitativo con el propósito de explicar y obtener información más detallada sobre el fenómeno estudiado. Finalmente, la investigación contempla el concepto de Pensamiento de Diseño (Design Thinking) como la metodología empleada en la misma.

Los métodos de investigación mixta representan un conjunto de procesos empíricos, sistemáticos y críticos del fenómeno a investigar e implican la recolección y análisis de datos cualitativos y cuantitativos; así como la integración y discusión conjunta de los mismos para lograr un mayor entendimiento del fenómeno (Hernández-Sampieri, *et al.*, 2010).

Jhonson *et al.* (en Hernández Sampieri, *et al.*, 2010) mencionan que las investigaciones mixtas pueden enfocarse más en uno de los enfoques (cualitativo o cuantitativo). Este trabajo se compone de una primera etapa cuantitativa para poder generalizar los hallazgos y después, poder ahondar en una investigación cualitativa para poder dar respuesta a las preguntas de investigación.

Los estudios exploratorios nos ayudan a determinar tendencias, identificar áreas, ambientes, contextos y situaciones de estudio, así como relaciones potenciales

entre variables; también pueden servir para establecer posteriores investigaciones más elaboradas y rigurosas. Es decir sirven para descubrir y prefigurar mientras que los estudios descriptivos son útiles para mostrar con precisión dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación; dicha descripción puede hacerse más o menos profunda aunque se basa en la medición de uno o más atributos del fenómeno de interés (Hernández-Sampieri, *et al.*, 2010).

Los estudios de caso cualitativos son más comprensibles cuando el fenómeno de estudio es abordado en ambientes naturales (Neiman y Quaranta, 2006). Sin embargo lo que determina un estudio de caso cualitativo es plantearse una descripción de una situación real, asociada con un fenómeno contemporáneo y que ha sido socializado por el grupo al que pertenece, y donde el foco no es la persona en sí, sino una persona en una situación, evento, organización, institución o proceso.

De esta manera se define como una investigación sistemática e intensiva, ya sea de un caso individual o una comunidad, conducida bajo condiciones naturales, y se examinan los datos en profundidad relacionándolos con antecedentes, situaciones comunes, características del ambiente y las interacciones. Los estudios de caso con perspectiva cualitativa pueden distinguirse como una investigación profunda y única de un hecho social y la unidad de análisis permanece en el objeto único, otorgando al investigador una perspectiva holística de una situación real en su propio contexto (Merriman, 2009; Stake, 2005).

3.1 Design Thinking

Tim Brown (2009) define el Pensamiento de Diseño (Design Thinking) como: *“un enfoque que utiliza la sensibilidad del diseñador y sus métodos de resolución de problemas para satisfacer las necesidades de las personas de un modo tecnológicamente factible y comercialmente viable”*.

Es un proceso de pensamiento creativo, iterativo y centrado en el usuario, muy completo y complejo que involucra diversas áreas y disciplinas; por lo que, su importancia parte de la vinculación y mezcla que tiene con otras disciplinas para poder solucionar diferentes problemas. Mismos que no están dentro de un sólo ámbito; por lo que, es importante identificar todas las áreas a las que afecta el problema en cuestión y poder desmenuzar y entrelazarlas. Con el fin de realizar un análisis amplio de los factores y razones que conllevan a la problemática en cuestión y encontrar la mejor solución posible al problema detectado (Brown, 2008)

3.1.1 Tipos de pensamiento creativo

El pensamiento de diseño comprende las dos formas del pensamiento creativo. Por una parte, la responsable de entender, descubrir y encontrar explicaciones racionales a los fenómenos no entendidos; personas que se enfocan a la ciencia y/o la docencia. Por otra, la responsable de demostrar soluciones, a través de cosas tangibles que hacen o inventan basados en conocimientos o fundamentos entendidos o demostrados.

Ambas formas de pensamiento creativo son igualmente importantes y complementarias; por lo que, se busca integrar los procesos de estas formas de pensamiento creativo. Resultando uno que comprenda lo simbólico (pensamiento) vs lo real (tangible) y lo analítico vs lo sintético.

3.1.2 *Conocimiento*

Todo conocimiento es generado y aprendido por medio de la acción; es decir, haciendo algo y evaluando los resultados se genera el conocimiento. Existen dos tipos de conocimiento que son el conocimiento construido y el conocimiento utilizado que se mezclan e interactúan entre sí, formando un ciclo, en que el conocimiento es utilizado para producir o crear algo. Esta creación es evaluada y analizada para generar un nuevo conocimiento, que después puede ser utilizado para volver a crear algo y así sucesivamente; es decir se forma un ciclo virtuoso que genera conocimiento y cosas tangibles.

Estos procesos de conocimiento son controlados por canales que manejan y dirigen la producción y evaluación del proceso. Estos canales son principios y mediciones, sobre los que se basan los valores de las disciplinas o los campos en los que se está trabajando; por lo que, se va delimitando y cerrando la investigación para poder enfocarla hacia el problema o el área de oportunidad encontrada (Brown, 2008, 2009, 2010).

Este pensamiento de diseño parte de una visión estratégica donde se vinculan tres espacios fundamentales:

1. *Pertinencia*, donde a partir de las aspiraciones y deseos humanos se generan productos útiles y necesarios para la sociedad
2. *Factibilidad*, características técnicas que debe tener el producto como los materiales, procesos productivos o mano de obra entre otros y que se deben integrar para el desarrollo del producto
3. *Viabilidad* referente al modelo de negocio necesario para que el producto sea atractivo desde lo económico; tanto para la organización que lo produce como para el mercado para el cual está diseñado el producto.

El Diseño estratégico es una manera de pensar el diseño desde un contexto cambiante, utilizando los factores que directa o indirectamente intervienen en un proyecto, donde interactúan de forma permanente las diferentes disciplinas de los problemas a resolver, detectando conexiones entre estas y generando un pensamiento equipado para plantear interrogantes e interactuar, conociendo lo que se sabe y lo que se desconoce. (Fundación Prodintec, 2010).

3.2 Etapas del Design Thinking

Con el fin, de conseguir lo antes expuesto, la metodología del Pensamiento de Diseño establece 5 pasos principales (Figura 6): empatizar, definir, idear, prototipar y probar (Brown, 2008)

Figura 6. Etapas del Design Thinking



Elaboración propia basada en Design Thinking (Brown, 2008)

3.2.1 Empatizar (Comprender-Observar)

La empatía es el elemento esencial del proceso de diseño, indispensable para entender y comprender a los usuarios en su contexto; tratando de comprender las cosas que hacen y su porqué; así como sus necesidades físicas y emocionales. Esta etapa es denominada “*immerse*”, porque el diseñador se hunde en un mar de aprendizaje y conocimiento, contemplar, observar y comprender del fenómeno. Para esta investigación se realizó investigación documental, entrevistas a profundidad, encuestas y mediciones de los niveles de ruido *in situ*.

3.2.2 Definir

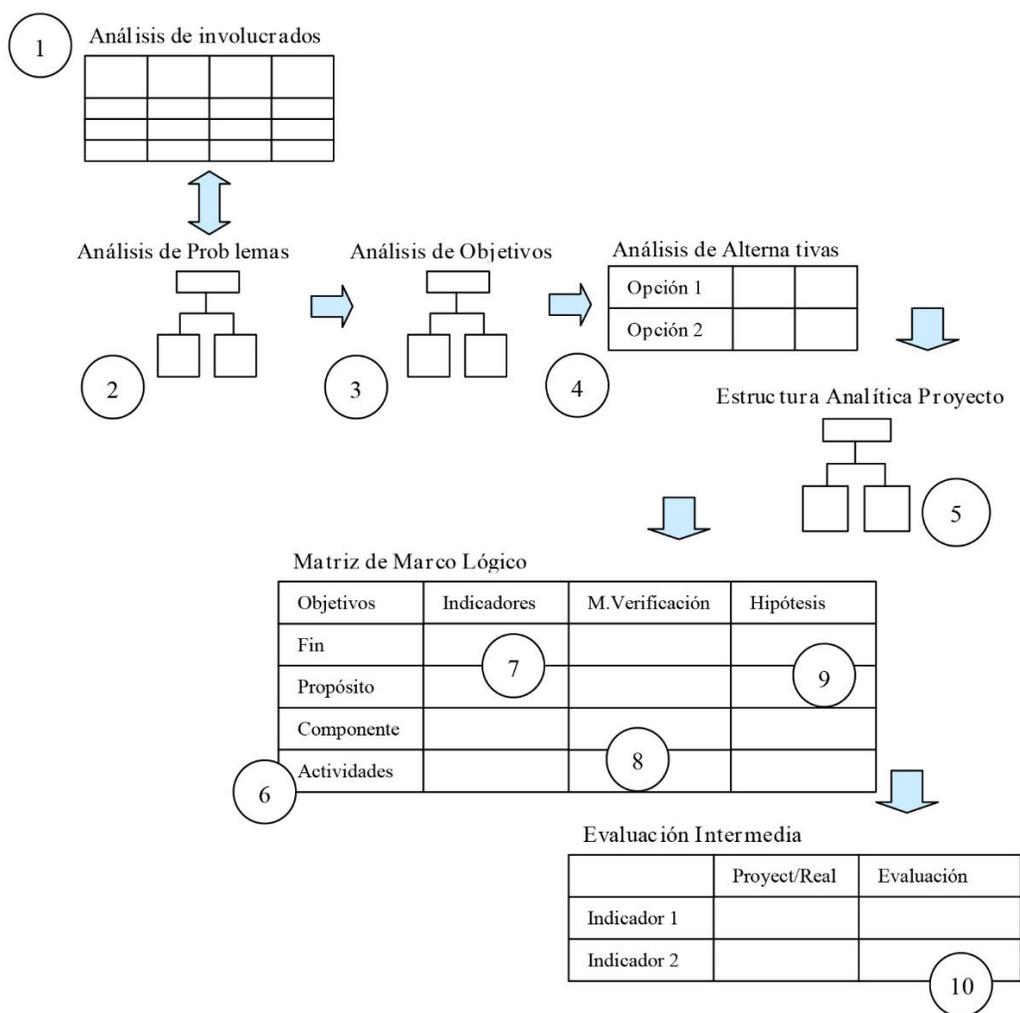
Esta etapa consiste en traer claridad y enfoque al diseño, definiendo y redefiniendo los conceptos; por lo cual, es fundamental determinar el desafío del proyecto con base en lo aprendido sobre el usuario, su contexto y el fenómeno estudiado. Tiene como finalidad crear coherencia sobre la información que se ha reunido; es una

parte crítica en el proceso porque genera un punto de vista viable y significativo que ayuda a resolver el problema y desarrollar conceptos. Esta investigación utilizó herramientas de la Metodología del Marco Lógico (árbol de problema, objetivos y soluciones).

a. Marco Lógico

La Metodología del Marco Lógico (MML) fue desarrollada por la empresa Practical Concepts Inc. para la U. S. Agency for International Development – USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional) y está basada en los lineamientos de la Escuela Conductual (fijar resultados y dejar actuar), combinada con otro elemento de la visión sistémica: desglose analítico de objetivos.

Figura 7. Estructura Metodológica del Marco lógico



Fuente: Área de proyectos y programación de inversiones, ILPES.

Este desglose es un modelo de causa-efecto que explica el proceso de una transformación; su forma más conocida son los Árboles de problemas, objetivos y soluciones. En la figura 7 se muestra el esquema de esta metodología, con sus componentes principales y la secuencia esperada (Ortegón y Prieto, 2005).

El Marco Lógico es un método de resolución de problemas; por lo que, su punto de partida debe ser la identificación del problema que se busca resolver mediante el consenso con los principales involucrados. Sin embargo, esta investigación no

realizó este paso; ya que el problema había sido previamente identificado y solamente se hizo uso de las herramientas de los árboles de problemas, objetivos y alternativas.

En el análisis del problema se identifican los efectos negativos de la situación específica y se establece la relación entre las causas y los efectos del problema; y se representa en el árbol de problemas como un árbol que tiene tres partes: tronco (problema principal), raíces (causas del problema) y hojas (efectos del problema). Después, se realiza el análisis de objetivos para describir la situación a futuro, donde los problemas identificados han sido solucionados y se representan en un árbol similar al de problemas, pero las situaciones negativas puestas en el árbol de problemas se convierten en soluciones y se expresan como logros positivos. Posteriormente, se seleccionan las posibles intervenciones en la fase analítica, que sintetizan la información y se toman decisiones, considerando la mejor estrategia; la cual alcanza un equilibrio entre intereses, exigencias y limitaciones existentes. Se seleccionan las más realistas que permitan ofrecer mayores beneficios para solucionar el problema.

3.2.3 Idear

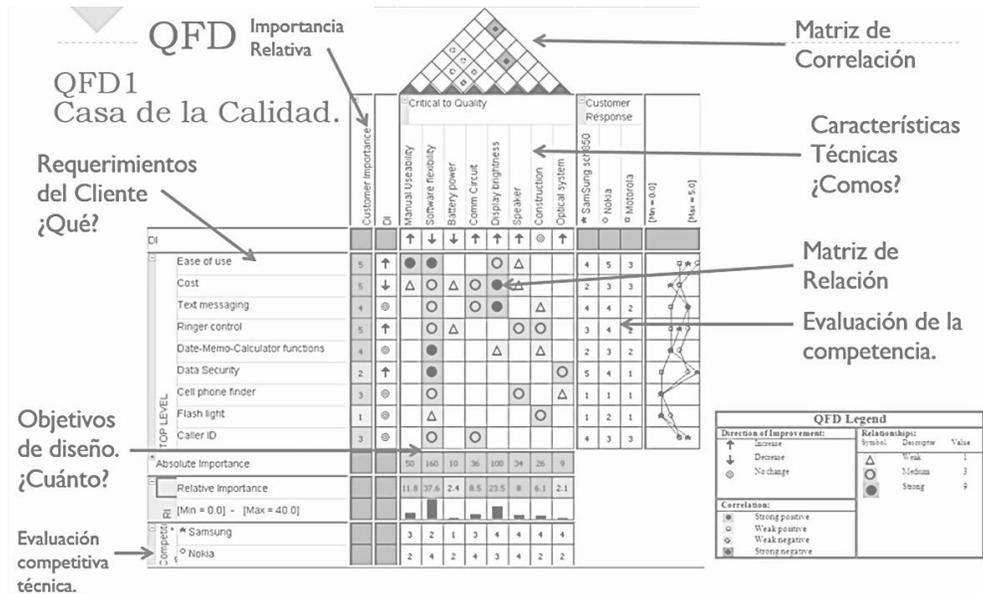
En esta etapa se desarrollan conceptos y recursos para hacer prototipos y crear soluciones de manera innovadora; por lo que, todas las ideas son válidas y se mezclan pensamientos racionales y la imaginación para generar una gran cantidad de ideas de donde elegir posibles soluciones. La creación de múltiples ideas nos permite pensar en soluciones obvias, aumentar el potencial de innovación y

descubrir áreas inexploradas; por lo tanto, es necesario separar la generación de ideas de su evaluación. Para poder generar conceptos más robustos y poder evaluarlos, se utilizaron las herramientas QFD (*despliegue de la función de calidad*), Matriz de decisión, Matriz de Pugh y TRIZ (IBV, 2001).

a. QFD

Es una técnica japonesa estructurada de calidad desarrollada en los setenta y ochenta, que aproxima las necesidades del cliente en especificaciones o requerimientos de diseño y manufactura; es decir, define los requisitos del producto. El enfoque central del QFD es involucrar al cliente en el desarrollo, lo antes posible, priorizando sus necesidades, encontrando respuestas innovadoras y mejorando procesos de producción hasta una efectividad máxima (González, 2001). En la figura 8 se detalla esta herramienta utilizando los requerimientos del cliente y la manera correcta en que se llena la información.

Figura 8. Ejemplo de QFD



Elaboración propia

b. Matriz de Decisión

También se conoce como Weighted Score Matrix, es una herramienta de toma de decisiones que permite evaluar diferentes alternativas o conceptos bajo diferentes criterios y poder tomar una decisión sobre los mismos (Figura 9).

Figura 9. Ejemplo de Matriz de Decisión

		ALTERNATIVAS					
		Opcion A		Opcion B		Opcion C	
CRITERIO	Peso	Rating	Score ⁽¹⁾	Rating	Score ⁽¹⁾	Rating	Score ⁽¹⁾
Criterio C1	1	3	3	3	3	3	3
Criterio C2	2	2	4	1	2	2	4
Criterio C3	3	1	3	3	9	2	6
Total			10		14		13

Elaboración propia

c. Matriz de Pugh

El método de Pugh es un proceso de evaluación y desarrollo de conceptos basado en un conjunto de criterios deducidos de las especificaciones de diseño y de las funciones que debe desempeñar el producto utilizando una matriz de ventajas y desventajas (Figura 10), dicha evaluación se hace valorando cada concepto contra una referencia utilizando una escala de evaluación de tres niveles + (sustancialmente mejor), - (inferior) y S (similar o equivalente) y donde el concepto ganador es el que tiene la diferencia más alta entre la suma de “+” y “-”.

Figura 10. Ejemplo de Matriz de Pugh

CRITERIO		C1	C2	C3
SPEED PERFORMANCE	D	+	+	+
FACILIDAD DE MANUFACTURA	A	s	+	-
CONFIABILIDAD	T	-	s	+
Suma de '+'	U	1	2	2
Suma de '-'	M	1	0	1
Suma de 's'		1	1	0

Elaboración propia

3.2.4 Prototipar

Esta etapa contempla la generación de elementos informativos como dibujos, artefactos u objetos que nos acerquen a la solución final; idealmente deben ser objetos que permitan la interacción con el usuario para que pueda usarlo y experimentarlo.

Es un proceso de mejora; por lo que el objeto debe hacerse, de manera rápida y barata pero que permita tener retroalimentación de los usuarios para irle agregando más características funcionales, formales y de uso. Esta etapa contribuye a evaluar las alternativas e identificar diferentes variables que se puedan mejorar; debido a que cada prototipo debe ir respondiendo preguntas cuando se evalúe.

3.2.5 Evaluar

Consiste en tener retroalimentación y opinión de los usuarios sobre los prototipos creados con el objetivo de mejorar y refinar las soluciones e informar los siguientes pasos en el desarrollo del proyecto, ayudando a iterar para aprender más sobre el usuario y la solución propuesta.

Una manera de evaluar, es dar a los usuarios los prototipos sin decir nada y observar el uso, la interacción que tienen con el objeto y la interpretación que le den, para posteriormente escuchar lo que te digan sobre su experiencia.

IV. RESULTADOS

En este capítulo se presenta el desarrollo de un concepto de producto que disminuya el ruido para mitigar los efectos en el sueño. Se diseñó siguiendo la metodología propuesta por el pensamiento diseño, mediante la aplicación y uso de diferentes herramientas metodológicas y etnográficas en cada una de las etapas (Figura 11); de las cuales se obtuvieron datos y resultados, que ayudaron con el desarrollo del proyecto.

Figura 11. Metodología y herramientas utilizadas.

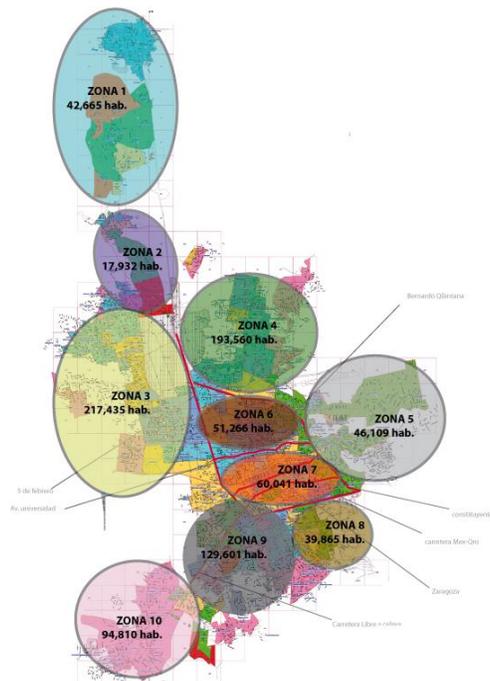


4.1 Empatizar

Durante esta etapa se utilizó la investigación documental, entrevistas a profundidad, encuestas y mediciones *in situ*. La investigación documental permitió conocer el problema y familiarizarse con el fenómeno a estudiar, permitiendo conocer sobre el ruido, contaminación acústica, sueño; así como alteraciones producidas por el ruido y sus efectos. Esta investigación fue el punto de partida del proyecto.

Con el fin de poder generalizar los hallazgos encontrados se realizó una encuesta acerca de la contaminación acústica en la ciudad de Querétaro, con la que se buscó conocer la percepción de los habitantes de una zona sobre este fenómeno en sus viviendas, identificar su influencia en la vida cotidiana y conocer las fuentes que lo generan.

Figura 12. Habitantes por zona ciudad de Querétaro



Elaboración propia con datos poblacionales de INEGI, 2010.

La zona de estudio a explorar fue seleccionada con la información por Agebs de INEGI del censo de 2010, con base en el mayor número de habitantes; dividiendo la ciudad en 10 zonas (Figura 12).

a. Diseño de la encuesta

El instrumento empleado en esta investigación considera los trabajos realizados por Romo y Gómez (2011), Romo *et al.* (2010) y Paz (2005); consta de tres secciones: datos generales, vivienda y ruido (Anexo 1). Cuenta con 41 ítems y la escala de respuestas es de tipo Likert con 5 opciones y está ordenado de la siguiente manera:

- *Datos Generales* (edad, sexo, colonia*)
- *Vivienda* (satisfacción general, satisfacción respecto al ruido, ruido ambiental)
- *Ruido* (fuentes de ruido fijas y móviles, interferencia de actividades, horario de molestia, molestia generada, lugar de la vivienda que modificaría y disposición de pago para un producto que disminuya el ruido)

Se realizaron 168 cuestionarios a hombres y mujeres de entre 21 y 65 años, que habitan en la zona de estudio; mismos que fueron aplicados en los meses de octubre y noviembre del 2014. La selección de la muestra se llevó a cabo de forma aleatoria. Después, se procesó la información y se codificaron las respuestas para su tabulación.

Todas las respuestas de las preguntas cerradas se tabularon; aunque para validarlas se consideraron únicamente, aquellas que tenían más de un elemento de medición por ítem. Lo que resultó en un total de 41 reactivos, en 8 ítems.

Con el fin de medir la fiabilidad y validez del instrumento, se calculó el coeficiente Alfa de Cronbach, cuyo resultado fue 0.925 (Figura 13). Lo cual indica que las preguntas que forman parte del instrumento son consistentes con lo que se pretende medir, y que la información recabada puede ser confiable y significativa para el

fenómeno que se está investigando. Además, se realizó el análisis de correlación con el coeficiente Pearson ($r=0.86$), por lo que existe una correlación alta positiva entre las variables que se miden en el instrumento.

Figura 12. Alfa de Cronbach

Resumen del procesamiento de los casos			
		N	%
Casos	Válidos	168	100.0
	Excluidos ^a	0	.0
	Total	168	100.0

a. Eliminación por lista basada en todas las variables del procedimiento.

Estadísticos de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
.925	41

Elaboración propia

Los resultados obtenidos en las encuestas aplicadas a los habitantes de la zona 3 de la ciudad de Querétaro se presentan a continuación.

Tabla 4. Satisfacción general de la vivienda

	Nada satisfecho	Ligeramente satisfecho	Un poco satisfecho	Muy satisfecho	Extremadamente satisfecho
Colonia	4.17%	6.55%	26.79%	35.71%	26.79%
Vivienda	10.12%	0%	13.69%	44.64%	31.55%
Vivienda colindante	16.67%	14.88%	30.95%	23.81%	13.69%

Elaboración propia

La tabla 4 muestra que el 62.5% de los encuestados se encuentran satisfechos en términos generales con la colonia en la que habita; este porcentaje de satisfacción aumenta respecto a su vivienda (76.19%). No así, el grado de satisfacción que se tiene con su vivienda colindante (37.5%).

Tabla 5. Satisfacción del ruido en la vivienda

	<i>Nada satisfecho</i>	<i>Ligeramente satisfecho</i>	<i>Un poco satisfecho</i>	<i>Muy satisfecho</i>	<i>Extremadamente satisfecho</i>
<i>Colonia</i>	40.48%	16.67%	6.55%	20.83%	15.48%
<i>Vivienda</i>	20.83%	16.67%	6.55%	40.48%	15.48%
<i>Vivienda colindante</i>	23.31%	26.79%	9.52%	27.38%	13.10%

Elaboración propia

Con respecto, a la satisfacción del ruido con las mismas variables; la tabla 5 exhibe que 40.48% de los encuestados no se encuentra satisfecho con el ruido producido en su colonia y 50% con el ruido producido por las viviendas colindantes; mientras que 55.96% se encuentra satisfecho con el ruido producido en su vivienda.

Tabla 6. Ruido ambiental

<i>Nada audible</i>	<i>Ligeramente audible</i>	<i>Medianamente audible</i>	<i>Muy audible</i>	<i>Extremadamente audible</i>	<i>Total</i>
6.55%	14.88%	17.86%	21.43%	39.29%	100%

Elaboración propia

En la Tabla 6 se observa que 60.72% de los encuestados encuentra el nivel de ruido altamente audible en esta zona y solamente 6.55% no lo percibe de esta forma. La escala que se siguió para las fuentes de ruido fijas y móviles fue nada, poco, regular, bastante y mucho; para las fuentes fijas se evaluó comercio, industria, instalaciones de edificios, bares y restaurantes, y construcciones y obras (Tabla 7). Mientras que en las fuentes móviles se seleccionó fuentes sociales, vehículos, motocicletas,

recolección de basura, vehículos pesados, bocinas, sirenas y animales domésticos (Tabla 8).

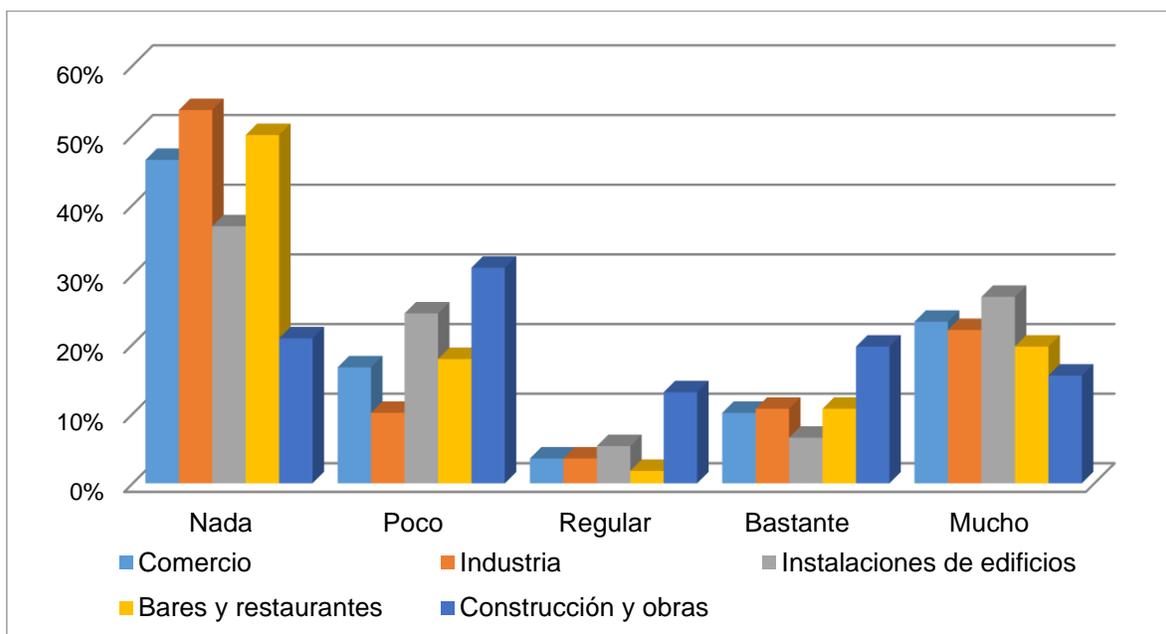
Tabla 7. Fuentes fijas

	<i>Nada</i>	<i>Poco</i>	<i>Regular</i>	<i>Bastante</i>	<i>Mucho</i>
<i>Comercio</i>	46.43%	16.67%	3.57%	10.12%	23.21%
<i>Industria (talleres y fabricas)</i>	53.57%	10.12%	3.57%	10.71%	22.02%
<i>Instalación de edificios</i>	36.9%	24.4%	5.36%	6.55%	26.79%
<i>Bares, restaurantes</i>	50%	17.86%	1.79%	10.71%	19.64%
<i>Construcción y obras</i>	20.83%	30.95%	13.10%	19.64%	15.48%

Elaboración propia

En la figura 14 se aprecia que más del 50% de la población encuestada encuentra poca o nula, la molestia causada por las fuentes fijas de ruido. Solamente el ruido producido por la construcción y obras se percibe como una fuente fija de ruido importante y dañina, al ser identificada por el 35.12% de los encuestados como molesta.

Figura 13. Fuentes fijas de ruido



Elaboración propia

Tabla 8. Fuentes móviles

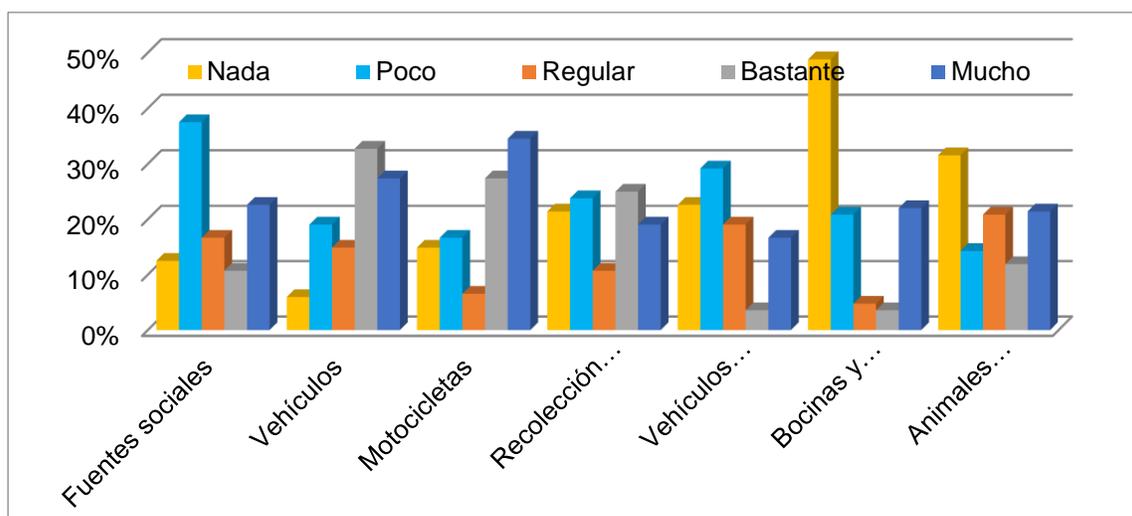
	Nada	Poco	Regular	Bastante	Mucho
<i>Fuentes sociales</i>	12.50%	37.50%	16.67%	10.71%	22.62%
<i>Vehículos</i>	5.95%	19.05%	14.88%	32.74%	27.38%
<i>Motocicletas</i>	14.88%	16.67%	6.55%	27.38%	34.52%
<i>Rec. Basura</i>	21.43%	23.81%	10.71%	25.00%	19.05%
<i>Vehículos pesados</i>	22.62%	29.17%	19.05%	12.50%	16.67%
<i>Bocinas y sirenas</i>	48.81%	20.83%	4.76%	3.57%	22.02%
<i>Animales domésticos</i>	31.55%	14.29%	20.83%	11.90%	21.43%

Elaboración propia

La figura 15 muestra que las fuentes móviles que mayormente molestan, son vehículos (60.12%) y motocicletas (61.90%); mientras que bocinas y sirenas,

vehículos pesados y fuentes sociales producen menor grado de molestia con 69.64%, 51.79% y 50% respectivamente. En el caso de la recolección de basura, 45.24% de los encuestados les molesta poco o nada y a 44% les molesta bastante.

Figura 14. Fuentes móviles de ruido



Elaboración propia

Tabla 9. Actividades interferidas

	Casi nunca	Pocas veces	Algunas veces	A menudo	Casi siempre
Conversar	44.05%	23.81%	22.02%	4.17%	5.95%
Ver TV	46.43%	23.81%	20.83%	5.36%	3.57%
Oír radiomúsica	32.74%	25.60%	23.21%	6.55%	11.90%
Trabajar en casa	23.21%	17.86%	3.57%	22.62%	32.74%
Leer/ estudiar	32.74%	20.24%	3.57%	2.83%	22.62%
Inicio del sueño	35.71%	6.55%	8.93%	32.74%	16.07%
Durante el sueño	47.02%	20.24%	4.17%	13.10%	15.48%

Elaboración propia

Tabla 10. Horario de ruido

	Casi nunca	Pocas veces	Algunas veces	A menudo	Casi siempre
<i>Mañana</i>	25%	16.67%	14.88%	2.38%	41.07%
<i>Tarde</i>	19.64%	20.24%	22.62%	8.93%	28.57%
<i>Noche</i>	20.83%	17.86%	16.67%	16.07%	28.57%

Elaboración propia

Para determinar el horario del día en el que principalmente se percibe la mayor presencia del ruido se utilizó la escala: casi nunca, pocas veces, algunas veces, a menudo y casi siempre. En la tabla 10 se observa que 41.07% de los encuestados consideró el ruido de la mañana como molesto casi siempre, mientras que 25% no lo considera casi nunca molesto. Con respecto, al ruido de la tarde y la noche, 28.57% lo valoró como casi siempre molesto, 22.62% algunas veces, 20.24% pocas veces y 19.64% casi nunca molesto.

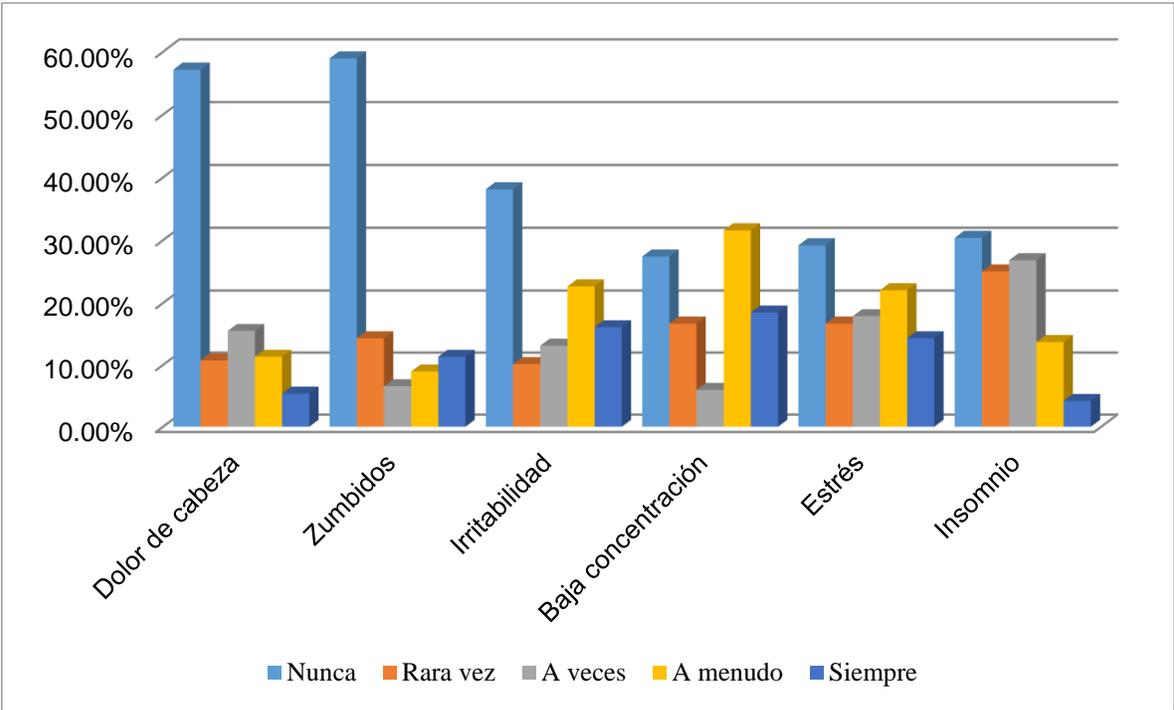
Tabla 11. Molestia generada

	Nunca	Rara vez	A veces	A menudo	Siempre
<i>Dolor de cabeza</i>	57.14%	10.71%	15.48%	11.31%	5.36%
<i>Zumbidos</i>	58.93%	14.29%	6.55%	8.93%	11.31%
<i>Irritabilidad</i>	38.10%	10.12%	13.10%	22.62%	16.07%
<i>Baja concentración</i>	27.38%	16.67%	5.95%	31.55%	18.45%
<i>Estrés</i>	29.17%	16.67%	17.86%	22.02%	14.29%
<i>Insomnio</i>	30.36%	25.00%	26.79%	13.69%	4.17%

Elaboración propia

Por otra parte, la escala para identificar las molestias que puede generar el ruido; en la encuesta fue nunca, rara vez, a veces, a menudo y siempre. La tabla 11 muestra que, 57.14% nunca ha padecido dolor de cabeza por el ruido, 58.93% no presenta zumbidos en los oídos. Con respecto a la irritabilidad, 38.10% de los encuestados si ha tenido y 22.62% a menudo lo tiene. El 31.55% de los encuestados a menudo se encuentra con baja concentración como consecuencia del ruido.

Figura 16. Molestia generada



Elaboración propia

Tabla 12. Lugar de vivienda a modificar

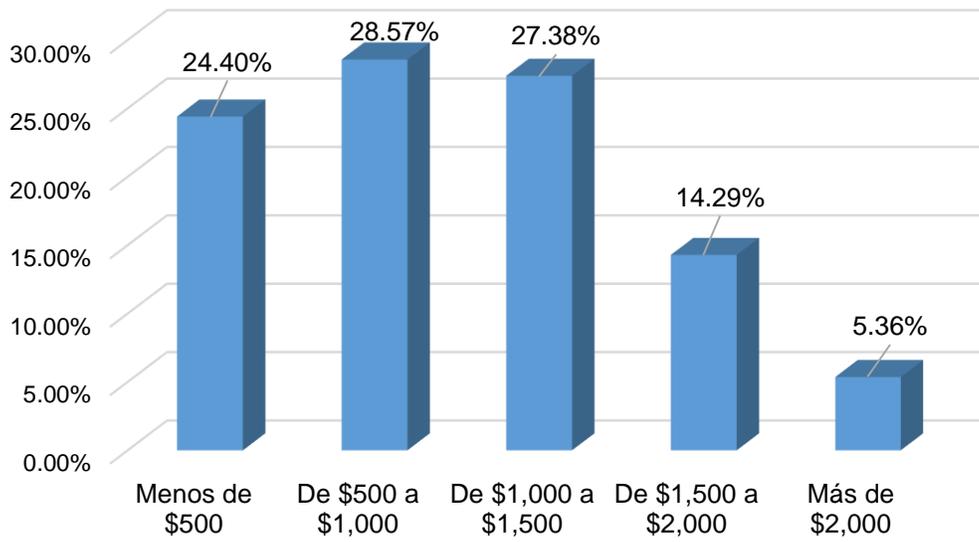
	1. Totalmente en desacuerdo	2. En desacuerdo	3. Indiferente	4. De acuerdo	5. Completamente de acuerdo
Techo	24.40%	4.76%	48.21%	19.05%	3.57%
Muros	23.21%	6.55%	31.55%	19.05%	19.64%
Puertas	3.57%	5.36%	25%	42.26%	23.81%
Ventanas	8.93%	1.79%	22.62%	31.55%	35.12%

Elaboración propia

Para conocer el lugar de la vivienda que los encuestados estarían de acuerdo en modificar para disminuir los niveles de ruido se utilizó la escala totalmente de acuerdo, en desacuerdo, indiferente, de acuerdo y completamente de acuerdo. En la tabla 12 se muestra que las puertas y las ventanas son los que mayormente dispuestos estarían para modificar con 66.07% y 66.67% respectivamente; mientras que los techos y los muros les sería indiferente modificarlos (48.21% y 31.55%).

Para determinar el monto que estarían dispuestos a pagar los encuestados se utilizó la siguiente escala de valores (Figura 18) menos de \$500, de \$500 a \$1,000, de \$1,000 a \$1,500, de \$1,500 a \$2,000 y más de \$2,000. El 19.65% de los encuestados estarían dispuestos a pagar más de \$1,500 y el 28.57% estarían dispuestos a pagar entre \$500 y \$1,000 pesos.

Figura 17. Disposición de pago



Elaboración propia

a. Mediciones *in situ*

Con el fin de determinar los niveles de ruido, se llevaron a cabo mediciones *in situ*, de Nivel de Presión Acústica (NPA), del 6 al 24 de abril del 2015; en cuatro puntos de la zona de estudio de la ciudad de Querétaro (Av. de la Luz esq. Av. de la Cascada, Av. Revolución y Acceso 3, Av. del Sol esq. Osa Mayor y 5 de Febrero y Col. Obrera) en diferentes horarios (de 8 a 10 am, de 1 a 3 pm, de 5 a 7 pm) en periodos de hasta 20 minutos, en el mismo punto durante una semana. Se colocó el sonómetro en un tripié, a una altura de 1.20 m. con el micrófono apuntando hacia la avenida de mayor afluencia vehicular.

Los resultados de las mediciones *in situ* se muestran en la tabla 13, los valores de los niveles de ruido obtenidos en las mediciones realizadas en avenidas principales de la zona 3 de la ciudad de Querétaro., se encuentran por encima de los 70 dB.

Tabla 13. Niveles de ruido en la zona 3

Punto	1° medición	2° medición	3° medición
Av. De la Luz esq. Av. De la Cascada	75.19	73.43	78.21
Av. Revolución y Acceso 3	79.31	80.47	77.59
Av. Del Sol esq. Osa Mayor	74.65	76.24	75.78
Av. 5 de Febrero y Col. Obrera	83.46	79.88	81.12

Elaboración propia

Con estos resultados se culminó la etapa de inmersión o empatizar; obteniendo junto con las entrevistas a profundidad, los requerimientos del usuario. Mismos que fueron utilizados en la etapa de idear (Figura 19).

Figura 18. Requerimientos del usuario



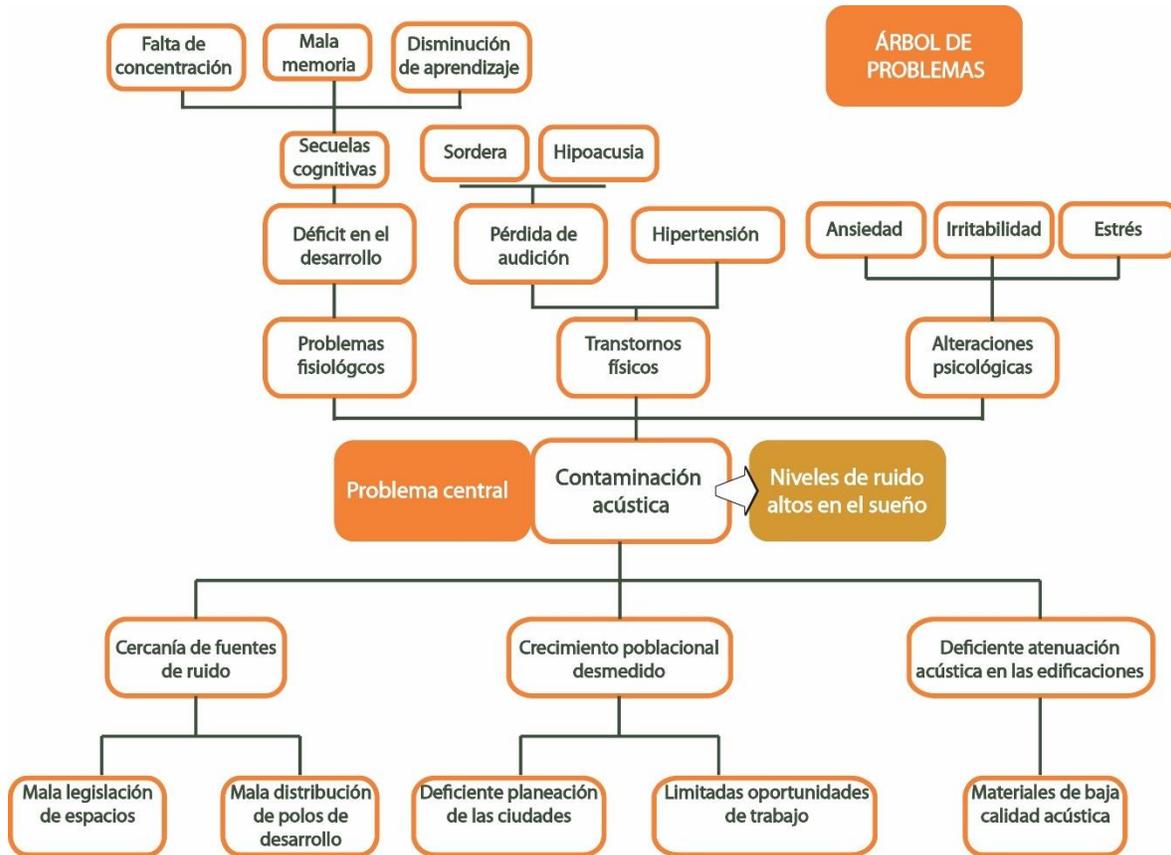
Elaboración propia

4.2 Definir

Con el conocimiento del fenómeno y los requerimientos del usuario, se organizó la información e identificaron oportunidades para el proyecto, la herramienta que se

utilizó fue el árbol de problemas (Figura 20) donde se situó la contaminación acústica y los niveles elevados de ruido en el sueño como problema central; así como las principales causas y efectos de los mismos.

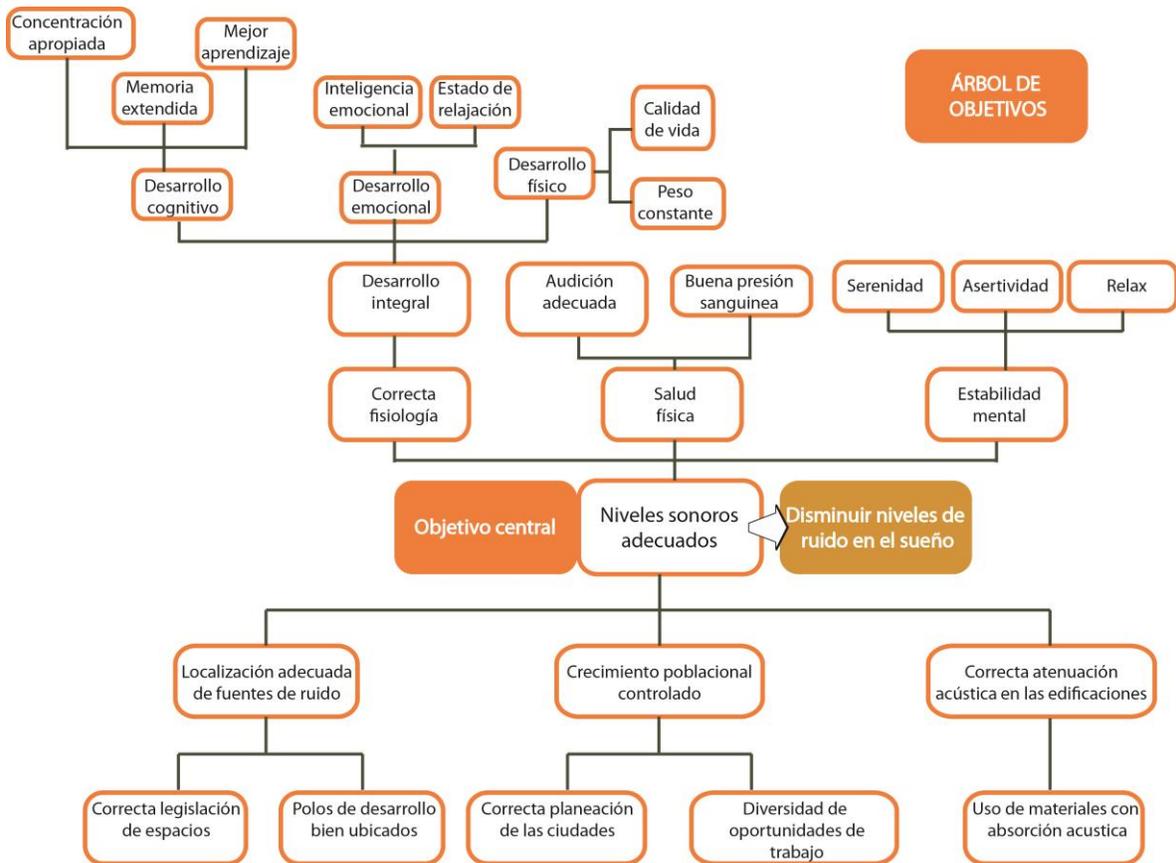
Figura 19. Árbol de problemas



Elaboración propia

Este árbol permitió identificar el problema de manera clara y concisa, para poder establecer con el árbol de objetivos (Figura 21); los objetivos y beneficios que se pueden obtener con el desarrollo del producto.

Figura 20. Árbol de objetivos



Elaboración propia

Una vez desarrollado el árbol de objetivos, se generó el árbol de soluciones, definiendo alternativas que partían de la fuente, el canal, el receptor y algunas soluciones externas (Figura 22). Se descartaron las estrategias de las fuentes, ya que la contaminación acústica está generada por diversas fuentes y su control sería muy complicado; por lo que, las estrategias seleccionadas para buscar la solución fueron: construcción geométrica para direccionar o rebotar las ondas sonoras, cambio de densidades en materiales y encapsulamiento del oído de los receptores; todo incluido en un producto que pueda ser utilizado en el sueño.

Figura 21. Árbol de soluciones



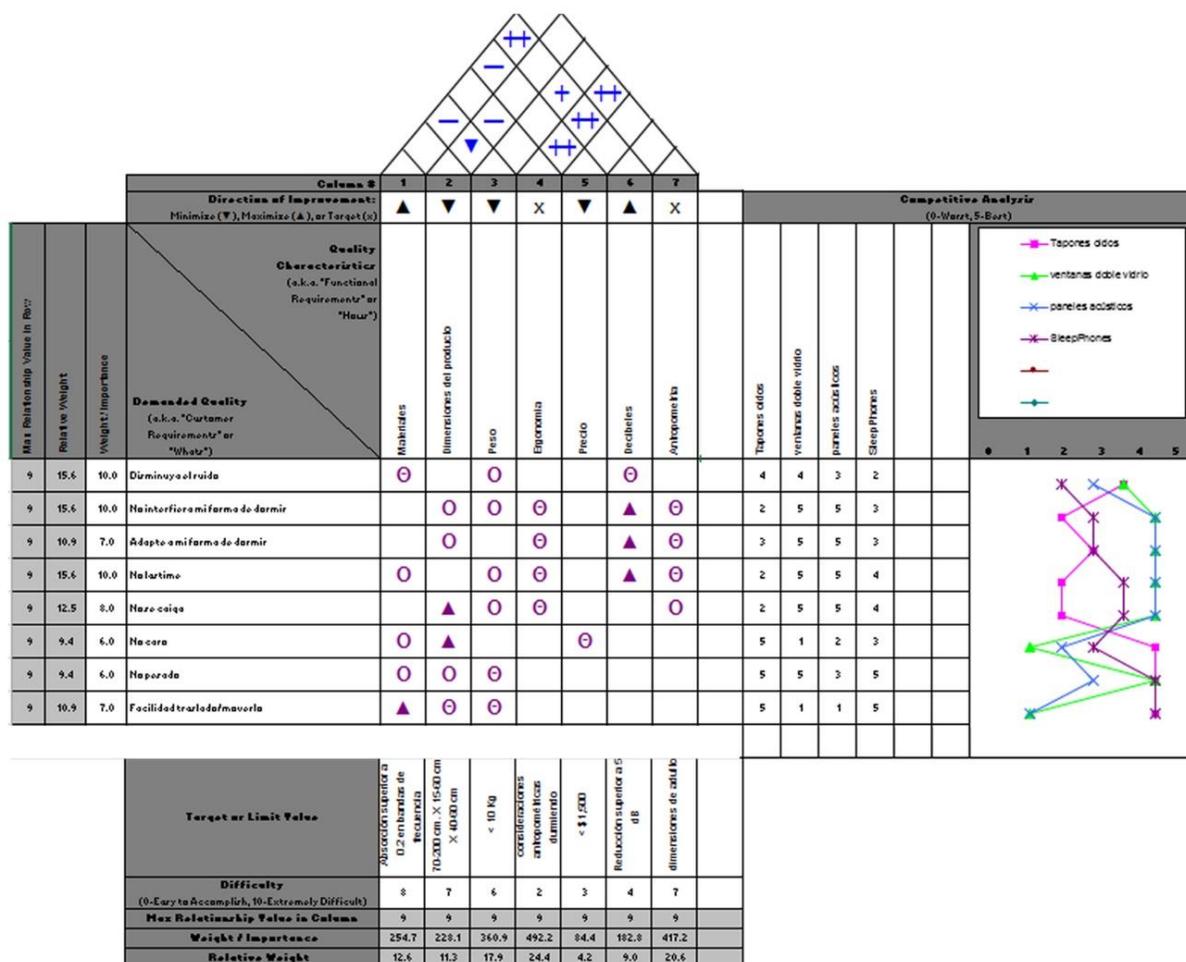
Elaboración propia

4.3 Idear

Con los requerimientos del usuario ya definidos se utilizó la herramienta del QFD (Figura 23) para transformarlos (qué es lo que necesita o quiere el usuario) en requerimientos técnicos (cómo cumplir esa necesidad), y se hizo una comparación

de los requerimientos del usuario con productos que existen en el mercado para disminuir el ruido en el sueño. No obstante, estos productos no cumplen satisfactoriamente con todos los requerimientos, y se observa que las gráficas tienen picos, lo que se traduce en que las soluciones no están balanceadas de acuerdo a las necesidades del usuario.

Figura 22. QFD

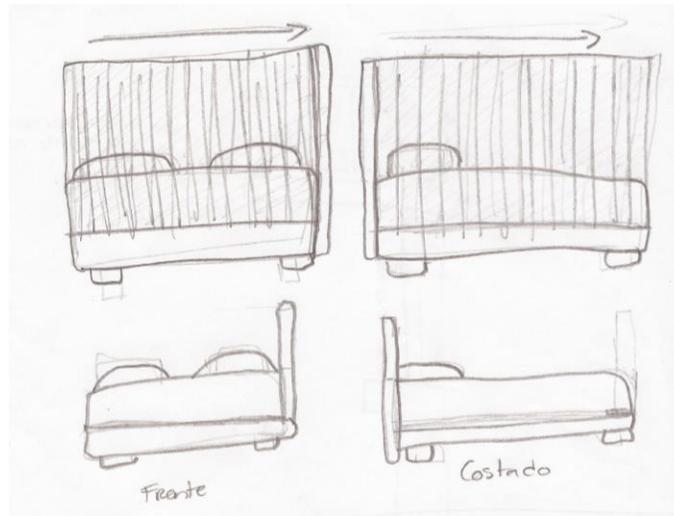


Elaboración propia

Después de aplicar esta herramienta se identificó las áreas de oportunidad en el mercado, generando diferentes conceptos (Figuras 24 a 28) combinando las tres

estrategias seleccionadas y los requerimientos del usuario. Estos conceptos fueron valorados y evaluados en una matriz de decisión para identificar el concepto mejor posicionado y una matriz de Pugh para evaluarlo y compararlo con las soluciones existentes más cercanas a las necesidades del usuario.

Figura 23. Cerramiento para cama



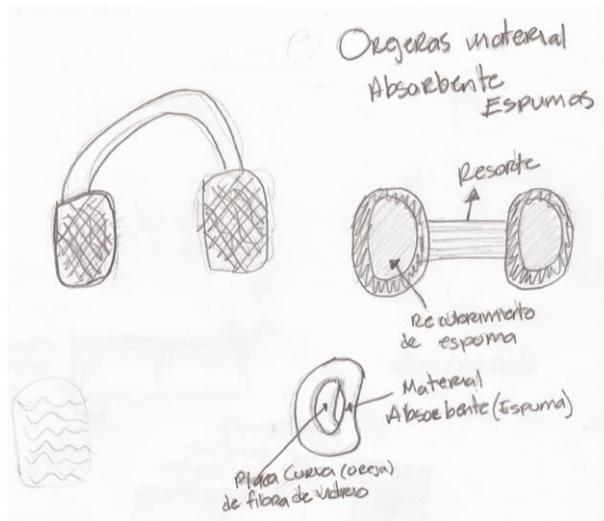
Elaboración propia

Figura 24. Protector para almohada



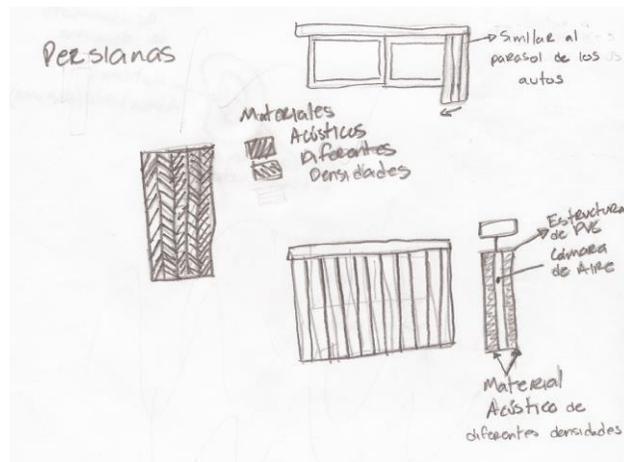
Elaboración propia

Figura 25. Orejeras material aislante



Elaboración propia

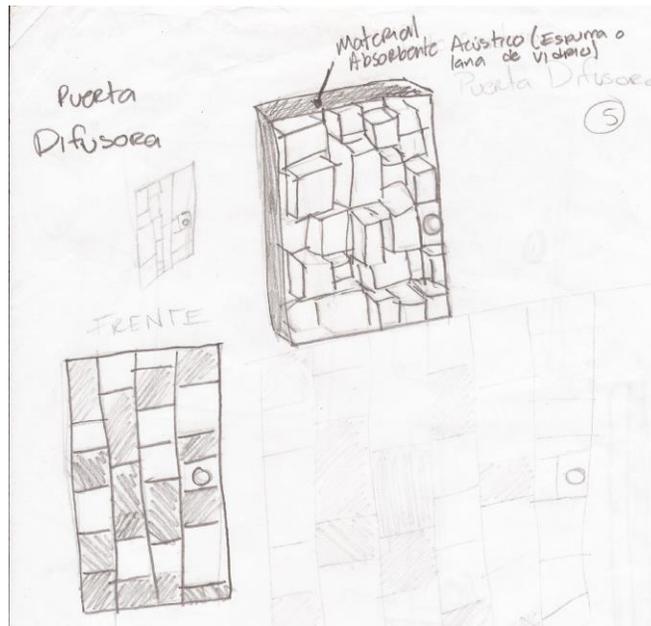
Figura 26. Persianas



Elaboración propia

La matriz de decisión fue utilizada con los criterios de los requerimientos del usuario preponderando el peso y la ponderación del QFD, para evaluar los conceptos generados; obteniendo una mayor puntuación con el concepto denominado protector almohada como se puede ver en la tabla 14. También se consideraron los productos existentes utilizados en el QFD.

Figura 27. Puerta difusora



Elaboración propia

Tabla 14. Matriz de decisión

Criterio	Peso	Cerramiento cama		Protector almohada		Orejeras material aislante		Persianas		Puerta difusora		Tapones de oídos		Ventanas de doble vidrio		Paneles acústicos		SleepPhone	
		Rating	Score	Rating	Score	Rating	Score	Rating	Score	Rating	Score	Rating	Score	Rating	Score	Rating	Score	Rating	Score
Disminuya el ruido	4	3	12	3	12	3	12	2	8	2	8	3	12	3	12	2	8	1	4
No interfiera mi forma de dormir	4	3	12	3	12	1	4	3	12	3	12	1	4	3	12	3	12	2	8
Adapte a mi forma de dormir	1	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3
No lastime	4	3	12	3	12	2	8	3	12	3	12	1	4	3	12	3	12	2	8
Estable	2	3	6	3	6	2	4	3	6	3	6	1	2	3	6	3	6	2	4
Económico	3	1	3	2	6	3	9	2	6	2	6	3	9	1	3	1	3	3	9
Ligero	2	2	4	2	4	3	6	2	4	2	4	3	6	2	4	2	4	3	6
Movible	2	1	2	2	4	3	6	1	2	1	2	3	6	1	2	1	2	3	6
Total			54		58		51		53		53		45		54		50		48

Elaboración propia

La Matriz de Pugh se utilizó para comparar los 5 conceptos generados con las cuatro soluciones seleccionadas en el QFD, generando cuatro matrices y con la suma de resultados de éstas y los resultados de la matriz de decisión; se determinó que el concepto más robusto era el denominado “protector almohada” debido a que

era el que presentaba una mayor suma de condiciones positivas (13) comparándola con todas las soluciones existentes analizadas. Si bien presentaba más condiciones negativas que las otras opciones, se debió a que las opciones existentes analizadas son de diferente naturaleza y tienen preponderancia hacia algunos de los requerimientos del usuario más que a otros, como se puede apreciar en la gráfica generada en el QFD y en éste análisis con la matriz de Pugh (Tablas 15-19) son considerados todos los requerimientos del usuario en general.

Tabla 15. Matriz de Pugh Tapones de oídos

Criterio	Tapones oídos	Cerramiento cama	Protector almohada	Orejas aislante	Persianas	Puerta difusora
Disminuya el ruido	3	3/S	3/S	3/S	2/-	2/-
No interfiera mi forma de dormir	1	3/+	3/+	1/S	3/+	3/+
Adapte a mi forma de dormir	2	3/+	2/S	2/S	3/+	3/+
No lastime	1	3/+	3/+	2/+	3/+	3/+
Estable	1	3/+	3/+	2/+	3/+	3/+
Económico	3	1/-	2/-	3/S	2/-	2/-
Ligero	3	2/-	2/-	3/S	2/-	2/-
Movible	3	1/-	2/-	3/S	1/-	1/-
Suma de +		4	3	2	4	4
Suma de -		3	3	0	4	4
Suma de S		1	2	6	0	0

Elaboración propia

Tabla 16. Matriz de Pugh Ventanas de doble vidrio

Criterio	Ventanas vidrio	Cerramiento cama	Protector almohada	Orejeras aislante	Persianas	Puerta difusora
Disminuya el ruido	3	3/S	3/S	3/S	2/-	2/-
No interfiera mi forma de dormir	3	3/S	3/S	1/-	3/S	3/S
Adapte a mi forma de dormir	3	3/S	2/-	2/-	3/S	3/S
No lastime	3	3/S	3/S	2/-	3/S	3/S
Estable	3	3/S	3/S	2/-	3/S	3/S
Económico	1	1/S	2/+	3/+	2/+	2/+
Ligero	2	2/S	2/S	3/+	2/S	2/S
Movible	1	1/S	2/+	3/+	1/S	1/S
Suma de +		0	2	3	1	1
Suma de -		0	1	4	6	6
Suma de S		8	5	1	1	1

Elaboración propia

Tabla 17. Matriz de Pugh Paneles acústicos

Criterio	Paneles acústicos	Cerramiento cama	Protector almohada	Orejeras aislante	Persianas	Puerta difusora
Disminuya el ruido	2	3/+	3/+	3/+	2/S	2/S
No interfiera mi forma de dormir	3	3/S	3/S	1/-	3/S	3/S
Adapte a mi forma de dormir	3	3/S	2/-	2/-	3/S	3/S
No lastime	3	3/S	3/S	2/-	3/S	3/S
Estable	3	3/S	3/S	2/-	3/S	3/S
Económico	1	1/S	2/+	3/+	2/+	2/+
Ligero	2	2/S	2/S	3/+	2/S	2/S
Movible	1	1/S	2/+	3/+	1/S	1/S
Suma de +		1	3	4	1	1
Suma de -		0	1	4	0	0
Suma de S		7	4	0	7	7

Elaboración propia

Tabla 18. Matriz de Pugh SleepPhones

Criterio	SleepPhones	Cerramiento cama	Protector almohada	Orejeras aislante	Persianas	Puerta difusora
Disminuya el ruido	1	3/+	3/+	3/+	2/+	2/+
No interfiera mi forma de dormir	2	3/+	3/+	1/-	3/+	3/+
Adapte a mi forma de dormir	3	3/S	2/-	2/-	3/S	3/S
No lastime	2	3/+	3/+	2/S	3/+	3/+
Estable	2	3/+	3/+	2/S	3/+	3/+
Económico	3	1/-	2/-	3/S	2/-	2/-
Ligero	3	2/-	2/-	3/S	2/-	2/-
Movible	3	1/-	2/-	3/S	1/-	1/-
Suma de +		4	4	1	4	4
Suma de -		3	4	2	3	3
Suma de S		1	0	5	1	1

Elaboración propia

Tabla 19. Matriz de Pugh Sumas totales

	Cerramiento cama	Protector almohada	Orejeras material aislante	Persianas	Puerta difusora
TOTAL +	9	12	10	10	10
TOTAL -	6	9	10	13	13
TOTAL S	17	11	12	9	9

Elaboración propia

Considerando los estudios de Spagna (2013) y sus fotografías se descartaron algunas soluciones, debido a que el comportamiento de las personas durmiendo no es el mismo siempre; ni siquiera en la misma persona, es necesario que las dimensiones del producto no modifiquen ni afecten de manera significativa el

proceso del sueño de los individuos. En las fotografías (Figura 29) se puede apreciar que las personas cambian de posición mientras duermen, por lo que el producto debía contemplar esto para no interferir.

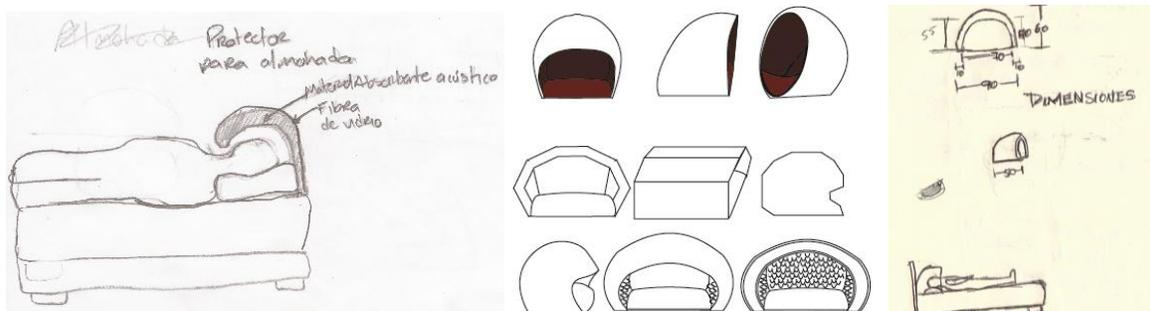
Figura 28. Posición de personas mientras duermen



Fuente: The sleep project, 2013

Por consecuente, se decidió trabajar en el concepto “*protector de almohada*”, por medio de un proceso iterativo de diseño; realizando diferentes consideraciones y modificaciones (Figura 30) y las formas en las que éste concepto se puede aplicar para el desarrollo del producto (Figura 31).

Figura 29. Consideraciones del diseño conceptual



Elaboración propia

Figura 30. Propuestas conceptuales.



Elaboración propia

4.1 Prototipar

El modelo consta de dos piezas compuestas por una concha acústica compuesta por materiales absorbentes con recubrimiento en la parte externa y una almohada (Figura 32).

Figura 31. Maqueta conceptual.



Elaboración propia

La concha brinda la protección auditiva requerida para que la superficie externa refleje y/o disminuya las ondas sonoras que llegan al usuario, en la parte cóncava de la misma se colocó espuma acústica de poliuretano como material absorbente para impedir la propagación de las ondas sonoras que puedan ser producidas por la persona. Otra función que realiza es la de proteger y/o amortiguar al usuario de posibles golpes que se pueda dar durante el proceso del sueño. Además, la almohada está hecha con espuma viscoelástica (*memory foam*) para brindar comodidad a la persona ya que ésta espuma tiene la propiedad de poder amoldarse a la persona sin ejercer mayor presión para ella facilitando el proceso del descanso.

4.1.1 Viabilidad del concepto

Figura 32. Pruebas de viabilidad de concepto (mediciones sin caja con fuente en cara posterior)



Elaboración propia

Se realizaron mediciones con sonómetro dentro y fuera de una caja de cartón con espuma en sus paredes internas para determinar la atenuación del sonido. Estas

pruebas se realizaron dentro de un cuarto de una vivienda y consistieron en producir un sonido de ruido blanco, ya que tiene la misma frecuencia en todas las bandas, mediante una fuente (amplificador) colocado a 60 cm de una de las caras de la caja; las mediciones se hicieron con caja y sin caja reproduciendo el mismo sonido y a la misma intensidad observando una disminución de alrededor de 4-5 dB aprox. en la cara posterior (Figuras 33 y 34).

Figura 33. Pruebas de viabilidad de concepto (mediciones con caja con fuente en cara posterior)



57dB



57.9dB

Elaboración propia

En los laterales se encontró un comportamiento similar pero la atenuación fue mayor 7dB aprox. (Figuras 35 y 36)

Figura 34. Pruebas de viabilidad de concepto (mediciones sin caja con fuente en cara lateral)



Elaboración propia

Figura 35. Pruebas de viabilidad de concepto (mediciones con caja con fuente en cara lateral)



Elaboración propia

Cuando la fuente fue colocada de frente, como era de esperar no hubo una atenuación significativa apenas 1dB aproximadamente (Figuras 37 y 38).

Figura 36. Pruebas de viabilidad de concepto (mediciones con caja con fuente en cara lateral)



Elaboración propia

Figura 37. Pruebas de viabilidad de concepto (mediciones con caja con fuente en cara lateral)



Elaboración propia

Con estas pruebas se comprobó que es un buen concepto para la atenuación del ruido, por lo que la siguiente etapa consistió en determinar las dimensiones que debería tener el prototipo. Las pruebas realizadas para determinar el espacio interno se llevaron a cabo de acuerdo a diferentes posiciones de descanso en un grupo de

30 personas para conocer sus percepciones respecto al modelo propuesto, arrojando un espacio interno mínimo requerido de 70x50x50 cm (Figura 39).

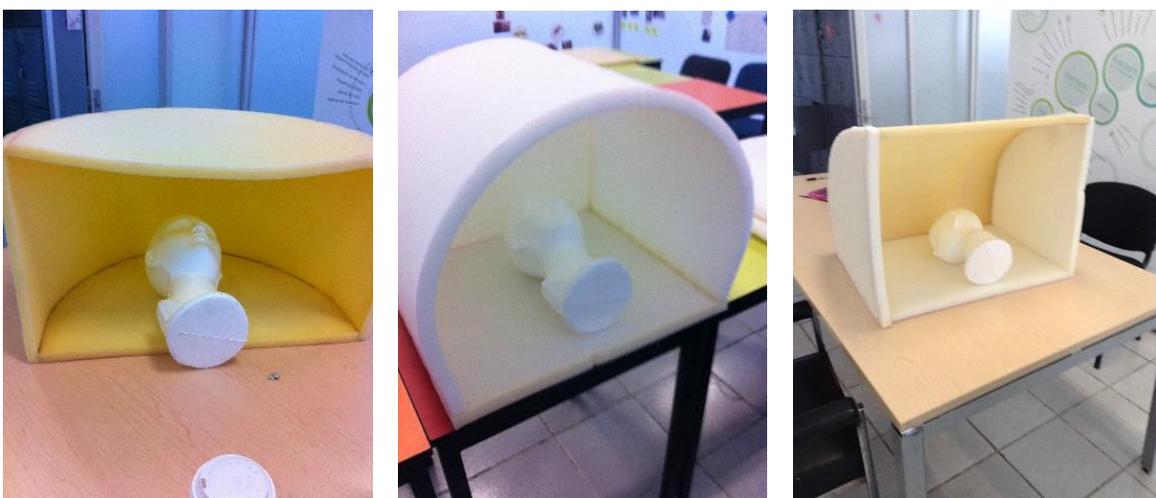
Figura 38. Pruebas espaciales del concepto



Elaboración propia

Para definir la forma que debería tener el prototipo final se construyeron tres maquetas (Figura 40) realizadas con espuma unida con pegamento colocando la forma curva en diferentes posiciones para facilitar la construcción del prototipo final.

Figura 39. Maquetas.



Elaboración propia

Con estas maquetas se realizaron pruebas con 30 usuarios (Figura 41) para poder determinar la aceptación de las diferentes formas, encontrando que el segundo modelo tenía la mayor aceptación, por lo tanto, es la forma con la que se decidió trabajar para el prototipo final.

Figura 40. Pruebas con usuarios.



Elaboración propia

Para la selección de materiales del prototipo final se realizó una búsqueda de materiales con propiedades acústicas por medio del software acústico de Open

Source

AlphaDoc

v.1.1

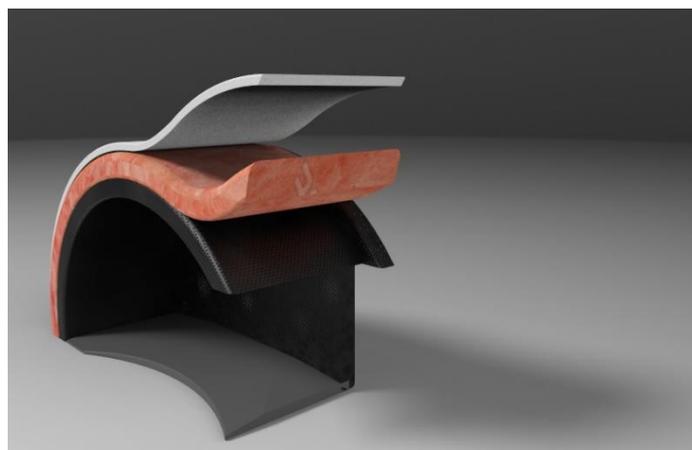
disponible

en:

http://www.freeacoustics.com/software_en.html, el cual tiene la caracterización de más de 100 productos con los coeficientes de absorción de materiales utilizados en la construcción; también se llevó a cabo una revisión de materiales comerciales en la página web <http://threedb.com/>, que tiene una base de datos de propiedades de absorción de aproximadamente 2000 productos comerciales y genéricos. Dado que la contaminación acústica está compuesta por diferentes fuentes y frecuencias, se buscaron los materiales que tuvieran un grado de absorción más elevado en el rango de frecuencias comprendido entre 125 Hz y 4000 Hz y que pudieran ser transformados de acuerdo a la forma del producto. Los materiales seleccionados fueron: fibra de vidrio en lana, espuma de poliuretano acústica y espuma viscoelástica (memory foam). El recubrimiento puede hacerse con fibra de vidrio en colchoneta, tela o algún otro material rígido o de composición no porosa.

La composición del producto en relación a los materiales usados se expone en la Figura 42.

Figura 41. Materiales del prototipo.



Elaboración propia

El proceso de la construcción del prototipo final (Figura 43) se llevó a cabo con los materiales seleccionados, pegando la espuma acústica para darle la forma y la estructura, posteriormente se colocó la fibra de vidrio y finalmente se colocó manta con una aplicación de resina para recubrir la fibra de vidrio y cubrir los orificios de la manta. Las uniones que tiene el producto se realizaron con adhesivo, ya que la correcta aplicación del mismo permite que el producto esté sellado por lo que no permite huecos o ensambles por donde se puedan filtrar las ondas sonoras, ya que el sonido se transmite por el aire y cualquier orificio en su estructura limitaría el funcionamiento del producto.

El único material con el que se llevaría a cabo un proceso de transformación sería la fibra de vidrio en colchoneta, en caso de ser necesaria la rigidez externa, cuyo proceso de transformación se realizaría de forma manual con resina y rodillo para darle la forma al encapsulamiento que debe llevar la lana de vidrio. Para lograr la forma circular se utilizaría un mallado, el proceso de transformación consistiría en colocar la fibra de vidrio en colchoneta sobre el mallado para dar la forma, posteriormente se colocaría la lana de vidrio y se amoldaría a la forma circular, para posteriormente lograr el encapsulado con la aplicación de otras colchonetas de fibra de vidrio. Una vez terminado este proceso se procedería a colocar la espuma acústica con adhesivo en la parte cóncava sobre la estructura previamente formada.

Figura 42. Construcción de prototipo.



Elaboración propia

Este producto está diseñado para el uso diario, durante el proceso de dormir, iría colocado en la cabecera de la cama y la almohada dentro del mismo (Figura 44), permitiendo el movimiento lo más naturalmente posible para no interferir en el proceso natural del descanso del usuario, la espuma acústica colocada en la parte interna del producto, que es un material absorbente, permite disminuir los ruidos que puede llegar a generar la persona (ronquidos).

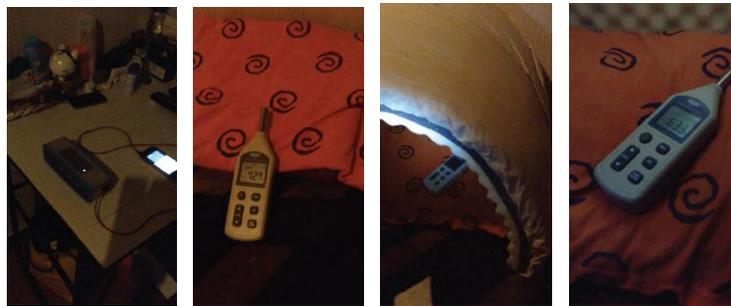
Figura 43. Prototipo final.



Elaboración propia

Una vez construido el prototipo con los materiales seleccionados y con la forma definida, se realizaron las mismas pruebas hechas para la viabilidad del concepto, colocando una fuente de ruido y llevando a cabo mediciones de decibeles con y sin el prototipo; en las cuales se obtuvo una reducción promedio de 7 dB, logrando también que las personas pudieran percibir de manera considerable la disminución del ruido cuando colocaban su cabeza adentro (Figura 45).

Figura 44. Pruebas de prototipo final



Elaboración propia

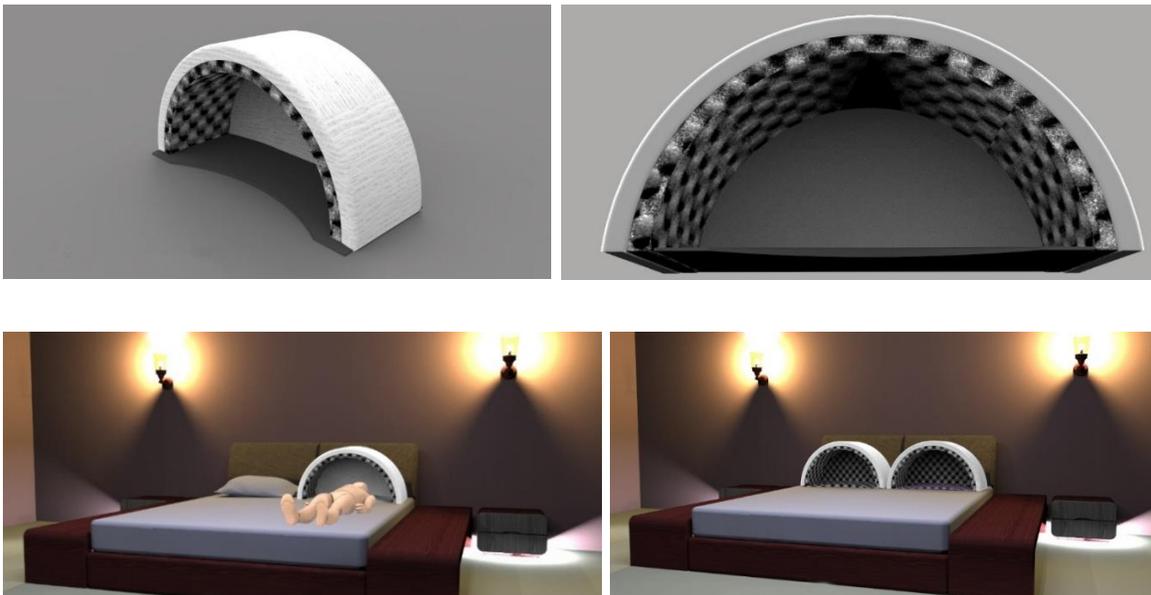
Se desarrollaron cuatro alternativas en representaciones tridimensionales de aplicación para productos finales o comerciales basados en este concepto y materiales.

4.2 Propuestas de producto final

4.2.1 Igloo

Esta propuesta está basada en la forma de un igloo, es muy similar al prototipo físico que se probó, tendría un recubrimiento rígido hecho con fibra de vidrio y estaría colocado en la cabecera de la cama, sería de uso individual y las dimensiones permitirían colocar hasta dos en una cama matrimonial, queen y king size.

Figura 45. Propuesta igloo.



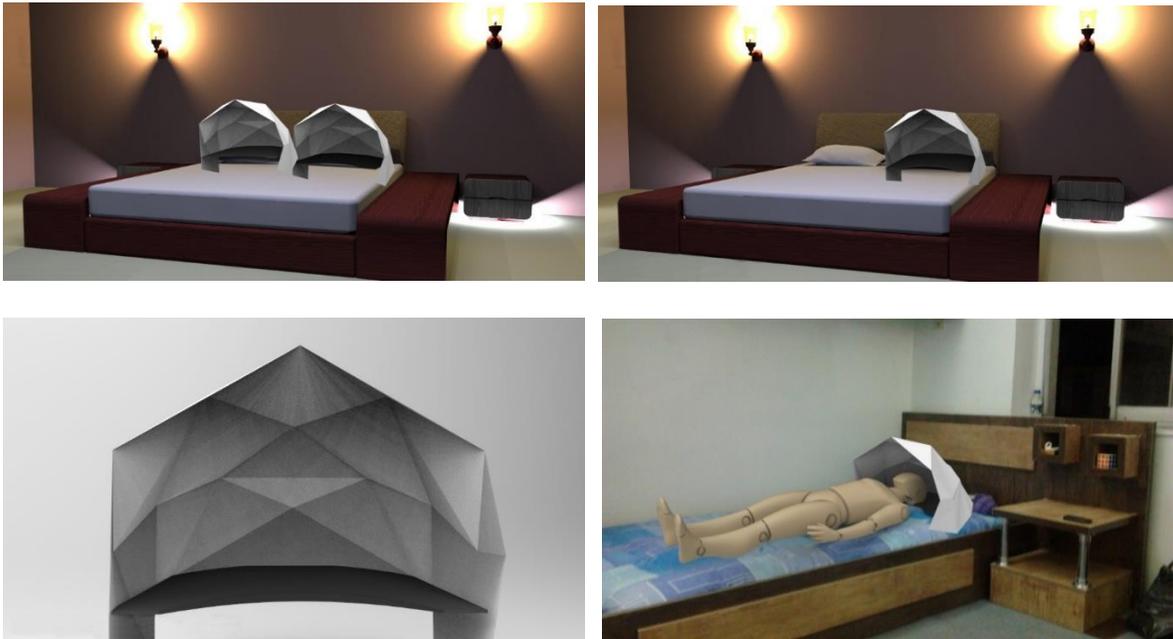
Elaboración propia

4.2.2 : Origami

Esta propuesta presenta un diseño diferente en la parte externa, la cual simula la técnica de origami o dobleces de papel, permitiendo que las ondas sonoras reboten en diferentes direcciones, además de poder ser plegable, aprovechando los

dobleces o ser rígido. Los materiales y la forma de elaboración serían iguales que el prototipo físico, sin embargo el tiempo de elaboración sería mayor por la forma que tiene; en caso de que se hiciera plegable el tiempo de producción sería mayor debido a que el material por su espesor no permite ser manipulado tan fácilmente y requeriría ser adaptado mediante cortes y dobleces a la forma final.

Figura 46. Propuesta origami.



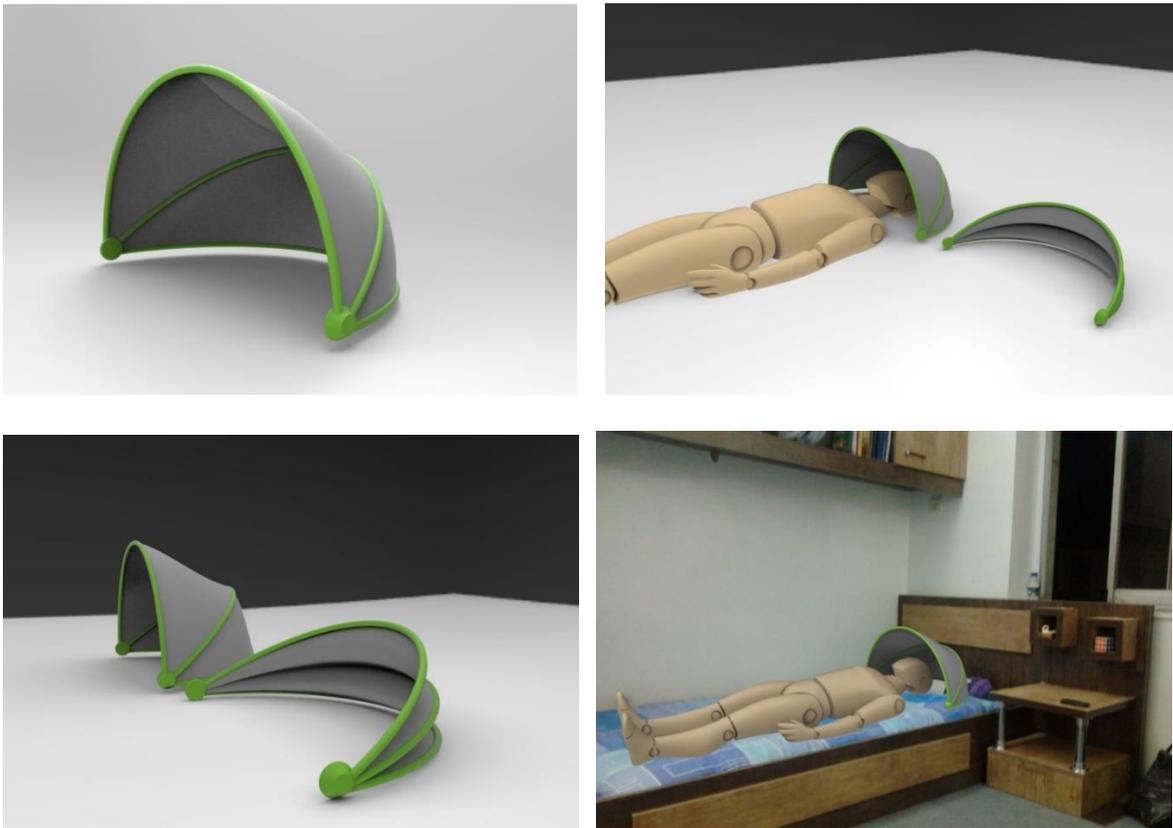
Elaboración propia

4.2.3 Carriola

Esta propuesta está basada en el cubre sol de las carriolas, permitiendo que sea abatible el producto y sea usado solamente cuando la persona lo necesite. Otra ventaja es que esta propuesta puede ser portátil, lo que permite mayor flexibilidad en el uso; su elaboración sería a partir de los materiales principales del prototipo

físico (lana de vidrio y espuma acústica), forradas con tela y añadiendo unas varillas de metal para los arcos y el mismo mecanismo de las carriolas para el movimiento abatible.

Figura 47. Propuesta carriola.



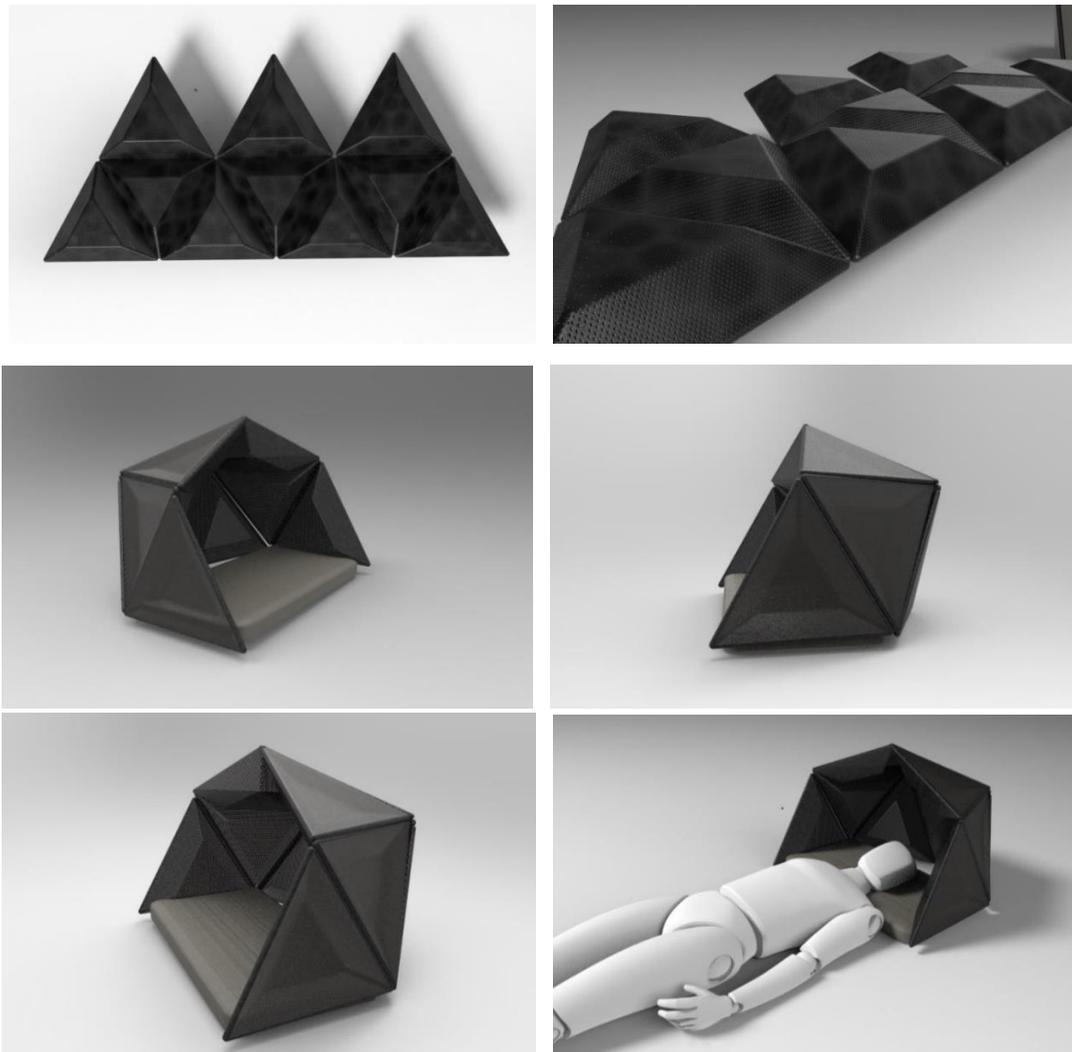
Elaboración propia

4.2.4 Shelter (refugio)

Esta propuesta también basada en algunos principios del origami (doblec) permite a la persona “construir su propio refugio” del ruido; lo cual facilita la transportación y guardado. Los materiales son los mismos y estarían forrados por

una tela acústica, esta propuesta permite tener un grado de personalización de acuerdo a los dobleces, además de ser portátil.

Figura 48. Propuesta shelter.



Elaboración propia

La propuesta “shelter” es la que mejor podría funcionar en el mercado de acuerdo a las necesidades y requerimientos del usuario; además de la estética inherente del producto. Por lo que, es la propuesta sobre la que se desarrolló el nombre y la marca.

Figura 49. Marca



Elaboración propia

El nombre “Shelter” cuya traducción al español significa refugio hace referencia a una construcción que tiene como objetivo cubrir o proteger el interior de la intemperie o el medio externo, en este caso el ruido. La figura que compone el imagotipo corresponde al producto visto desde un costado con las partes que lo componen y la palabra en esa posición hace referencia a una persona acostada. El color seleccionado (azul) proyecta descanso, relajación y tranquilidad.

V. CONCLUSIONES

De las mediciones *in situ*, los niveles de ruido en la zona estudiada han aumentado en comparación con las mediciones de 1999 hechas por el CENAM. En el 100% de las mediciones realizadas para este trabajo se encontraron niveles por encima de los recomendados por la OMS que se establecen entre 55 y 65dB, de igual forma con los niveles establecidos por la norma NOM-081-semarnat-1994, 68dB para el día y 65 dB para la noche, aunque esta última determina estos valores para fuentes fijas y las mediciones realizadas se llevaron a cabo también con fuentes móviles como el tráfico vehicular, sin embargo no hay ninguna norma mexicana que considere niveles de ruido tanto para fuentes fijas como fuentes móviles por lo que es de suma importancia considerar las fuentes móviles o establecer una metodología que permita incluirlas en las normas.

De las encuestas, el 60% de los encuestados identifican el ruido en la zona considerablemente alto, siendo las fuentes de ruido móviles las que mayor molestia generan, debido principalmente a que no es un ruido constante y aparece de manera intempestiva, mientras que el producido por fuentes fijas generalmente es constante y forma parte del ruido de fondo al cual puede llegar a habituarse; llegando a interferir en actividades como el descanso principalmente, ya sea para conciliar el sueño o para mantenerlo.

A pesar de que a los individuos, bajo este estudio de apreciación, no les parece ver afectada la realización de otras actividades y su percepción indica que dicha contaminación no ejerce una influencia importante sobre su salud, no puede concluirse que no se ven afectados sin antes llevar a cabo un estudio más profundo

donde se pueda medir el rendimiento real de la población en diversas actividades y no solamente su apreciación.

De la metodología, la integración de herramientas de diferentes disciplinas tanto sociales como de ingeniería contribuyó al diseño de la solución más robusta para el problema de la contaminación acústica en el sueño. Debido a la multifactorialidad de la misma y al daño causado en las personas, fue necesario integrarlos en las diferentes etapas de diseño para que la retroalimentación beneficiara al desarrollo del proyecto.

El diseño del producto en las siguientes etapas consideró las diferentes posiciones de descanso de las personas para que se adaptara a su forma de dormir; mientras menor era el espacio interior existente entre el producto y el canal receptor (oído) era mayor la atenuación, sin embargo resultó incómodo y molesto para algunas personas. De acuerdo a la metodología planteada el proceso de diseño debe estar centrado en el usuario del producto ya que es quien lo va a utilizar y es para quien se diseña, por lo que no se debe diseñar basándose solo en las experiencias propias, sino a partir de una investigación del problema, del usuario, del contexto, entender a la persona, sus necesidades y sus limitaciones, entre mayor sea la investigación de estas más universal podrá llegar a ser el producto y por consiguiente tener mayor aceptación.

Conforme al design thinking los usuarios deben ser partícipes de manera activa en el proceso, involucrándolos en las pruebas de los diferentes prototipos y obtener una retroalimentación que enriquezca el proceso y fundamentar así las decisiones tomadas durante el mismo.

De acuerdo a los objetivos de esta tesis se buscaba medir y evaluar, por un lado, la efectividad del producto (disminución de los niveles de ruido) y por el otro las alteraciones del sueño.

En cuanto a la disminución del ruido el resultado del proceso de diseño fue satisfactorio, identificando la prueba de viabilidad del concepto como un elemento de suma importancia y como un factor clave en el desarrollo del mismo, debido a la comprobación mediante prototipos rápidos semejantes al concepto que permitieron determinar la efectividad del mismo de manera práctica, además de los resultados de las matrices utilizadas. Dado que los usuarios son quienes dan pertinencia y aceptación a un producto, se destacan también las pruebas y valoraciones realizadas por ellos a lo largo de todo el proceso de diseño, lo que permitió identificar si el desarrollo y la directriz del proyecto era la correcta o había que modificarla.

Con los materiales seleccionados y la forma constructiva del prototipo se obtuvo una reducción promedio de 7 dB, logrando también que el 90% de las personas pudieran percibir de manera considerable la disminución del ruido cuando hacían uso del prototipo.

Por otro lado poder aislar y determinar al ruido como única causa de alteraciones del sueño en un ambiente natural y valorar la efectividad de la propuesta es sumamente complejo por todos los factores que inciden en un correcto descanso y que pueden afectar el sueño, como el estrés, el cansancio, la temperatura, por mencionar algunos, sin embargo de acuerdo a las pruebas con usuarios y las mediciones realizadas es posible afirmar, basado en el planteamiento de los teóricos estudiados, que si se disminuyen los niveles de ruido durante el sueño se

pueden mitigar las alteraciones provocadas por esta causa, mejorando la calidad del sueño, por lo que el producto al disminuir el ruido mitiga estas.

Dada la diversidad de áreas involucradas en el diseño y el desarrollo de un producto es necesario desarrollar estos proyectos con equipos de trabajo multidisciplinarios, no limitándose solamente al conocimiento que se tenga sobre un área específica, volviéndose un proyecto más completo e integral cuando estos equipos se forman.

Dado que el tiempo de investigación y desarrollo (I+D) de un nuevo producto puede llevar muchos más años de los que tiene una maestría, este proyecto se llevó a cabo con la finalidad de demostrar la viabilidad de una solución propuesta a partir del uso de una metodología de diseño centrada en el usuario, logrando comprobarla a partir de la construcción y evaluación de diferentes prototipos físicos, proponiendo diferentes alternativas de diseño de lo que podría a ser un producto final y comercial a partir de los materiales utilizados en los prototipos, quedando abierta la posibilidad de nuevas investigaciones enfocadas en el desarrollo final del producto.

Las perspectivas de esta tesis que se encontraron para investigaciones y acciones posteriores, están en estandarizar mediciones sobre fuentes de ruido móviles (vehículos) para contribuir a desarrollar una norma para estas fuentes, ya que no existen normas que lo contemplen y debido a que cerca del 80% de la contaminación acústica proviene de éstas, es de suma importancia y relevancia poder cuantificar el daño e identificar zonas rojas para tomar acciones que disminuyan estos niveles; desarrollar campañas de comunicación para concientizar a la población respecto a la importancia de protegerse sobre este fenómeno cada vez mayor, principalmente por los daños irreversibles que produce y las

repercusiones en la salud de las personas al estar en ambientes altamente ruidosos; y por otro lado y debido al constante desarrollo y aparición de materiales se poder probar diferentes configuraciones con materiales nuevos y encontrar una mayor atenuación de dB para el desarrollo de un producto final.

VI. REFERENCIAS

- Arau, H. (1999) ABC de la acústica arquitectónica. España. Ed. Ceac.
- Arau, H. (2015) La arquitectura del sonido y la envolvente de los espacios.
- Arboledas, G. P. (2010). Bases fisiológicas y anatómicas del sueño. Evolución del sueño en la infancia y adolescencia. Clasificación internacional de los trastornos del sueño. Hábitos de sueño de la población española. *Pediatría Integral*, 691.
- Arenas, J. P., Alba, J., del Rey, R., Ramis, J., y Suárez, E. (2013) Materiales absorbentes ecológicos para pantallas acústicas. Universidad de Alicante.
- Babisch, W. (2011). Cardiovascular effects of noise. *Noise and Health*, 13 (52), 201.
- Basner, M., Glatz, C., Griefahn, B., Penzel, T. y Samel, A. (2008). Aircraft noise: Effects on macro- and microstructure of sleep. *Sleep Medicine*.
- Basner, M., Müller U., Elmenhorst EM. (2011). Single and combined effects of air, road, and rail traffic noise on sleep and recuperation. *SLEEP*;34(1):11-23
- Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet*, 383(9925), 1325-1332.
- Beranek, L. L., & Vér, I. L. (Eds.). (1992). Noise and vibration control engineering (pp. 146-149). New York: John Wiley & Sons.
- Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H. (1999). Guías para el ruido urbano. Ginebra: OMS.
- Bies, D. A., & Hansen, C. H. (2009). Engineering noise control: theory and practice. CRC press.
- Blanquet, D. (2005) Contaminación acústica y calidad de vida. Un entorno de calidad para el turismo urbano. Ed. Tirant Lo Blanch.

- Blatt, F. J., & Pozo, V. G. (1991). Fundamentos de física. Prentice-Hall Hispanoamericana.
- Brown, T. (2010). Design thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias. *Rio de Janeiro: Elsevier*.
- Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard business review*, 86(6), 84.
- Brown, T. (2009). Change by design.
- Centro Nacional de Metrología, 1999. Estudio sobre ruido vehicular en la ciudad de Santiago de Querétaro. División de Vibraciones y Acústica
- Chárraga, (2010) H. Ergonomía asociada a cargas físicas, consultado en ar
- Chova. Manual de Aislamiento acústico en la edificación
- Corral, V.(a) Barrón, M., Cuenca, A. Tapia, C. (2011). Habitabilidad de la vivienda, estrés y violencia familiar. *Revista Bilingüe de Psicología Ambiental*, volumen, issue 1, 3-14.
- Corral, V.(b), Lohr, I., Torres, L., Acuña, A., Velardez, S., Ayala, D y Milán, M. (2011). La influencia de la habitabilidad de la vivienda en los patrones de convivencia familiar. *PSICUMEX*, 74.
- Dang-Vu TT, McKinney SM, Buxton OM, Solet JM, Ellenbogen JM. (2010). Spontaneous brain rhythms predict sleep stability in the face of noise. *Curr Biol* ; 20: R626–27.
- De Esteban Alonso, A. (2003). Contaminación acústica y salud. *Observatorio medioambiental*, (6), 73-95.
- De la Fuente, J. M. M. (2006). Las vibraciones de la música. Club Universitario.
- Del Rey, R., Alba, J., Ramis, J., & Sanchís, V. J. (2011). Nuevos materiales absorbentes acústicos obtenidos a partir de restos de botellas de plástico. *Materiales de construcción*, 61(304), 547-558.

- Domínguez, A. (2014). Vivir con ruido en la Ciudad de México. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 30(2), 89-112.
- Elliott, R., McKinley, S., & Cistulli, P. (2011). The quality and duration of sleep in the intensive care setting: an integrative review. *International journal of nursing studies*, 48(3), 384-400.
- Estrada-Rodríguez, C. (2010). Impacto del ruido ambiental en estudiantes de educación primaria de la Ciudad de México. *Revista Latinoamericana de Medicina Conductual*, 1(1).
- Evans, G. W., Hygge, S., & Bullinger, M. (1995). Chronic Noise and Psychological Stress. *Psychological Science*, 6(6), 333–338.
- Felipe Sexto, L. (2012). Seguridad industrial y minera: Aspectos estratégicos para el control pasivo de ruido.//Industrial and mining security: strategic aspects for the passive control of noise. *Ingeniería Mecánica*, 4(2), 7-14.
- Floud, S., Vigna-Taglianti, F., Hansell, A. (2011) Medication use in relation to noise from aircraft and road traffic in six European countries: results of the HYENA study. *Occupational & Environmental Medicine*, Vol. 68 Issue 7, p518-524.
- Fundación Prodimtec. (2010). *Diseño Estratégico Guía Metodológica*. España: Fundación Prodimtec.
- García, A. (1988). *La contaminación acústica*. Universitat de València.
- García Sáenz, B. y Garrido, F. (2003). *La contaminación Acústica en nuestras ciudades*. Colección Estudios Sociales, Num. 12. Fundación La Caixa.
- Greiser, E., Greiser, C., Jahnsen, K. (2011) Risk increase of cardiovascular diseases and impact of aircraft noise - the Cologne-Bonn Airport Study. ICBEN, London.
- González, M. E. (2001). *QFD: La función despliegue de la calidad*. México: McGraw–Hill.

Guillén Pérez, Francisca; Bernal Barquero, Marta; García Díaz, Silvia; García Díaz, María Josefa; Illán Noguera, Carmen Rosario; Álvarez Martínez, María del Camino; Martínez Rabadán, Manuel; Pina Díaz, Luisa María. Calidad del sueño de los pacientes ingresados en UCI: relación con estresores ambientales. *Enferm Docente* 2013, may-ago; 100. Disponible en <<http://www.index-f.com/edocente/100/100-034.php>> Consultado el 20 de Febrero de 2015.

Harris, C. M. (1995). *Manual de medidas acústicas y control del ruido*. McGraw-Hill.

Hernández-Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, P. 2010. *Metodología de la Investigación*. Ed. Mc Grow Hill, Quinta Edición, México.

Hurtley, C. (Ed.). (2009). *Night noise guidelines for Europe*. WHO Regional Office Europe.

Instituto de Biomecánica de Valencia (2001). *Nuevas técnicas para el desarrollo de productos innovadores orientados al usuario*. IBV,

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). *Censo Nacional de Población y Vivienda, 2010*. México, D.F: INEGI.

Li, S. Y., Wang, T. J., Vivienne Wu, S. F., Liang, S. Y., & Tung, H. H. (2011). Efficacy of controlling night-time noise and activities to improve patients' sleep quality in a surgical intensive care unit. *Journal of clinical nursing*, 20(3-4), 396-407.

Llorente, J. M., & Peters, J. (2013). *Contaminación acústica y Ruido*. Ecologistas en Acción.

Maya V, Gabriel, Correa O, Mauricio, & Gómez M, Miryam. (2010). Gestión para la prevención y mitigación del ruido urbano. *Producción + Limpia*, 5(1), 75-94. from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552010000100005&lng=en&tlng=es. 26 Agosto 2014.

Medina, M. G. O. (2008). *Los niveles de ruido en Guadalajara. Análisis de un problema de contaminación ambiental*.

- Merriam SB. (2009) *Qualitative research. A guide to design and implementation*. San Fco, CA: Jossey-Bass.
- Miranda, J. R. C. (2006). Ruido: Efectos sobre la salud y criterio de su evaluación al interior de recintos. *Revista ciencia y trabajo*, 8(20), 42-6.
- Miyara, F. (2000). Control de ruido. *Jornadas Internacionales Multidisciplinarias sobre Violencia Acústica*". Editorial ASOLOFAL. Rosario, Argentina.
- Muñoz, V. Caballero, J. y Cavas, L. (2006). Análisis comparativo de un modelo teórico de mediciones sonoras y el software SOUNDPLAN Ver. 6.2 aplicado al tráfico vehicular. *Revista de Ingeniería*, (23), 58-67, tomado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932006000100007&lng=en&tlng=es.
- Muzet, A. (2007). "Environmental noise, sleep and health". *Sleep Medicine Reviews*.11, 135-142.
- Neiman G, Quaranta G. (2006) Los estudios de casos en la investigación sociológica. En: Vasilachis de Gialdino, editor. *Estrategias de investigación cualitativa*. Barcelona, ES: Gedisa Editorial. 212-37 p.
- Nicolás, A., Aizpitarte, E., Iruarrizaga, A., Vázquez, M., Margall, A., & Asiain, C. (2008). Perception of night-time sleep by surgical patients in an intensive care unit. *Nursing in critical care*, 13(1), 25-33.
- NOM_ Normas Mexicanas en materia de Contaminación por Ruido.
- NOM-079-semarnat-1994 Límites máximos permisibles de emisión de ruido de los vehículos automotores nuevos en planta y su método de medición.
- NOM-080-semarnat-1994 Límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.
- NOM-081-semarnat-1994 Límites máximos permisibles de emisión de ruido de loa fuentes fijas y su método de medición.

NOM-082-semarnat-1994 Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las motocicletas y triciclos motorizados nuevos en planta y su método de medición.

Nutsch, W. (2006). Manual de Construcción. Detalles de Interiorismo. España. Ed. Gustavo Gili

Ortegón, E., & Prieto, A. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas (Vol. 42). United Nations Publications.

Patiño, L. (2013). Control activo para el aislamiento del ruido producido por el motor de los carros al interior de estos.

Paz, E., Ferreira, A. y Zannin, P. 2005. Estudio comparativo da percepção do ruído urbano. *Revista de Saúde Pública*, 39(3), 467-472, from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102005000300019&lng=en&lng=pt. 10.1590/S0034-89102005000300019.

Pirrerá, S.; De Valck, E.; Cluydts, R. (2010). "Nocturnal road traffic noise: A review on its assessment and consequences on sleep and health". *Environment International*. 36, 492-498.

Plante C, Smargiassi A, Perron S, Tétreault L, King N. (2012) Review of the effect of aircraft noise on sleep disturbance in adults. *Noise and Health*;14:58-67.

Pyoung, J. L.; Myung, H. S.; Jin, Y. J. (2010). "Effect of different noise combinations on sleep, as assessed by general questionnaire". *Applied Acoustics*. 71, .870-875.

Quiroz-Arcentales, L., Hernández-Flórez, L. J., Corredor-Gutiérrez, J. C., Rico-Castañeda, V. A., Rugeles-Forero, C., y Medina-Palacios, K. (2013). Efectos auditivos y neuropsicológicos por exposición a ruido ambiental en escolares, en una localidad de Bogotá, 2010. *Rev. salud pública*, 15(1), 116-128.

- Rabinowitz, P. M. (2005). Is noise bad for your health?. *The Lancet*. 365, 1908–1909.
- Redonda, M. (2013). Acústica aplicada a la edificación: evolución histórica desde la Antigüedad hasta su actual integración en los procesos constructivos. Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica.
- Reyes Cordero, I. (2014). Diseño arquitectónico de un teatro al aire libre.
- Rey Tormos, R. M. D., Alba Fernández, J., Blanes, M., Molla, K., Marco, B., Fallarella, E., & Carrasco, F. (2013). Soluciones demostrativas para reducir la contaminación acústica en las áreas industriales mediante la utilización de tecnologías de acabados en los materiales textiles: Proyecto LIFE 09/ENV/ES/000461-NOISEFREETEX. *Revista de Acústica*, 44(3-4), 3-11.
- Rial, S. (2013). Acondicionamiento acústico: la conversación en espacios de ocio: bares y restaurantes. Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica.
- Romo, J. y Gómez, A. (2011). La percepción social del ruido como contaminante. En *Ordenamiento territorial y participación social: problemas y posibilidades* (271-293). México. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental.
- Romo, J., Gómez, D. y Gómez, A. (2010). Adaptación del instrumento para evaluar la percepción del ruido ambiental en la zona urbana de Rioverde San Luis Potosí. *Revista del centro de Investigación. Universidad La Salle* 9 <8<no. 34, pp 87-93.
- Rubio, M. C. (2012). Ruidos sin control. *Técnica Industrial*, 299, 12.
- Ruiz, S. (2011). El Contaminante Olvidado (Ruido) Identificación de Zonas Críticas en búsqueda y preservación de ambientes dignos (Doctoral dissertation).
- Salinas, J. Acústica Arquitectónica
- Scotto, C. J., McClusky, C., Spillan, S., & Kimmel, J. (2009). Earplugs improve patients' subjective experience of sleep in critical care. *Nursing in critical care*, 14(4), 180-184.

- Seidman, M. D., & Standring, R. T. (2010). Noise and quality of life. *International journal of environmental research and public health*, 7(10), 3730-3738.
- Stake, RE. (2005) Qualitative case studies. En: Denzin NK, Lincoln YS, editores. The handbook of qualitative research. 3a ed. Thousand Oaks, CA: Sage;. .p. 443-66.
- Stipcich, M., & Lanzini, F. (2012). Características del sonido.
- Tippens, P. E., & Hernández, A. E. G. (2007). Física: conceptos y aplicaciones. McGraw-Hill Interamericana.
- Vidal, j. J. A. (2012) Acondicionamiento acústico y simulación de un recinto de ensayos. Adaptación a estudio de grabación.
- Waye, K. P., Bengtsson, J., Rylander, R., Hucklebridge, F., Evans, P. y Clow, A. (2002) Low frequency noise enhances cortisol among noise sensitive subjects during work performance. *Life Sciences*, 70:745-58.
- World Health Organization. Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. Ginebra: World Health Organization, 2011.
- Yadira, N., & Álvarez, F. (2013). Control de ruido en el laboratorio de ISISA (Doctoral dissertation).

VII. ANEXOS

ANEXO I. Cuestionario sobre vivienda y contaminación acústica

Esta es una investigación sobre el impacto del ruido en la vivienda, deseamos conocer su opinión sobre su percepción del ruido ambiental, así como la relación que tiene con su vivienda y colonia. Por esta razón le agradezco su tiempo y cooperación para contestar el siguiente cuestionario.

DATOS GENERALES

Marque con una X la opción correcta.

1. Edad:

18-24 25-35 36-45 46-54 55-64 Más de 65

2. Sexo:

Masculino Femenino

3. Colonia: _____

VIVIENDA

En las siguientes preguntas marcar con X sobre el espacio que mejor refleje su opinión acerca de cada aspecto. No hay respuestas correctas o incorrectas, lo que nos interesa es

su opinión. La información obtenida será utilizada para fines de la investigación universitaria.

1. La satisfacción que tengo en términos generales es:

	1. Nada satisfecho(a)	2. Ligeramente satisfecho(a)	3. Un poco satisfecho(a)	4. Muy satisfecho(a)	5. Extremadamente satisfecho(a)
<i>Colonia</i>					
<i>Vivienda</i>					
<i>Vivienda colindante</i>					

2. De los siguientes elementos ¿Qué tan satisfecho está respecto al ruido producido?

	1. Nada satisfecho(a)	2. Ligeramente satisfecho(a)	3. Un poco satisfecho(a)	4. Muy satisfecho(a)	5. Extremadamente satisfecho(a)
<i>Colonia</i>					
<i>Vivienda</i>					
<i>Vivienda colindante</i>					

3. Al interior de su vivienda ¿qué tan audible es el ruido ambiental exterior?

1. Nada audible	2. Ligeramente audible	3. Medianamente audible	4. Muy audible	5. Extremadamente audible

RUIDO

4. La molestia que me genera la fuente del ruido es:

FUENTES FIJAS DE RUIDO

	1. Nada	2. Poco	3. Regular	4. Bastante	5. Mucho
<i>Comercio</i>					
<i>Industria (talleres y fabricas)</i>					
<i>Instalación de edificios</i>					
<i>Bares, restaurantes</i>					
<i>Construcción y obras</i>					

FUENTES MÓVILES DE RUIDO

	1. Nada	2. Poco	3. Regular	4. Bastante	5. Mucho
<i>Fuentes sociales</i>					
<i>Vehículos</i>					
<i>Motocicletas</i>					
<i>Recolección basura</i>					

<i>Vehículos pesados</i>					
<i>Bocinas/ sirenas</i>					
<i>Animales domésticos</i>					

6. De la siguiente lista de actividades clasifique la manera en la que se ven interferidas por el ruido.

	1. Casi nunca	2. Pocas veces	3. Algunas veces	4. A menudo	5. Casi siempre
<i>Conversar</i>					
<i>Ver TV</i>					
<i>Oír radiomúsica</i>					
<i>Trabajar en casa</i>					
<i>Leer/ estudiar</i>					
<i>Inicio del sueño</i>					
<i>Durante el sueño</i>					

7. El horario en el que más me molesta el ruido es:

	1. Casi nunca	2. Pocas veces	3. Algunas veces	4. A menudo	5. Casi siempre
<i>Mañana</i>					
<i>Tarde</i>					
<i>Noche</i>					

8. La molestia generada por el ruido me provoca:

	1. Nunca	2. Rara vez	3. A veces	4. A menudo	5. siempre
<i>Dolor de cabeza</i>					
<i>Zumbidos</i>					

<i>Irritabilidad</i>					
<i>Baja concentración</i>					
<i>Estrés</i>					
<i>Insomnio</i>					

9. El lugar de la construcción de la vivienda donde estaría dispuesto(a) a adaptar un producto que ayude a disminuir el ruido es:

	<i>1. Totalmente en desacuerdo</i>	<i>2. En desacuerdo</i>	<i>3. Indiferente</i>	<i>4. De acuerdo</i>	<i>5. Completamente de acuerdo</i>
Techo					
Muros					
Puertas					
Ventanas					

10. Cuánto estaría dispuesto a pagar por un producto que ayude a disminuir el ruido

<i>1 Menos de \$500</i>	<i>2 De \$500 a \$1,000</i>	<i>3 De \$1,000 a \$1,500</i>	<i>4 De \$1,500 a \$2,000</i>	<i>5 Más de \$2,000</i>

Indique usted si utiliza algún(os) producto(s) o elemento(s) para disminuir el ruido en su vivienda

ANEXO II. Consentimiento informado

Certifico que he sido informado(a) con la claridad y veracidad debida respecto al proyecto que el estudiante Iván Peñaloza Pineda me ha invitado a participar; que actúo consecuente, libre y voluntariamente como colaborador, contribuyendo a éste procedimiento de forma activa. Estoy de acuerdo en participar en la investigación titulada: "MITIGACIÓN DE ALTERACIONES DEL SUEÑO PRODUCIDAS POR LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA MEDIANTE EL CONTROL PASIVO DE RUIDO PARA ATENUAR LA INTENSIDAD SONORA", que se me ha explicado.

Que si lo deseo puedo, junto a mi familia, recibir los beneficios que brindará esta investigación para probar la propuesta desarrollada y que en el caso que desee abandonar mi participación en el estudio puedo hacerlo.

Soy conoedor(a) de la autonomía suficiente que poseo para retirarme u oponerme al ejercicio académico, cuando lo estime conveniente y sin necesidad de justificación alguna, que no me harán devolución escrita del documento.

Que se respetara la buena fe, la confiabilidad e intimidad de la información por mí suministrada, lo mismo que mi seguridad física y psicológica.

Mi participación es voluntaria por lo cual y para que así conste firmo este consentimiento informado junto a la persona que me brindo la información.

A los _____ días del mes de _____ del año _____

Nombre y firma del Participante: _____

Documento de identidad _____

Nombre y firma del estudiante: _____

Documento de identidad _____

Persona responsable (en caso de que el colaborador sea menor de edad)

Documento de identidad _____

Testigo

Testigo