

**LA CIMATICA Y SU POSIBLE APLICACIÓN EN DISEÑO INDUSTRIAL**

**Autores:**

**LUIS FELIPE BUSTAMANTE ARANGO**

**VALENTINA OCHOA CAMACHO**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**

**ESCUELA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO**

**FACULTAD DE DISEÑO INDUSTRIAL**

**MEDELLÍN / ANTIOQUIA**

**2019**

**MONOGRAFÍA:**

**LA CIMATICA Y SU POSIBLE APLICACIÓN EN DISEÑO INDUSTRIAL**

**AUTORES:**

**LUIS FELIPE BUSTAMANTE ARANGO  
VALENTINA OCHOA CAMACHO**

**Trabajo de grado para optar al título de Diseñador industrial**

**Asesor**

**DAVID ANDRES TORREBLANCA  
Diseñador industrial**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
FACULTAD DE ARQUIDISEÑO  
MEDELLÍN  
2019**

## CONTENIDO

RESUMEN.....	5
PALABRAS CLAVE.....	5
INTRUDUCCIÓN.....	6
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.1 TEMA GENERAL DEL PROYECTO.....	7
1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO.....	7
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN IDENTIFICADO.....	7
1.4 PREGUNTA E HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	7
1.5 ELEMENTOS DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	8
1.6 LIMITACIONES DE INVESTIGACIÓN: ALCANCE Y RIESGOS.....	8
2. JUSTIFICACIÓN.....	9
3. MARCO DE REFERENCIA.....	10
3.1 MARCO TEÓRICO.....	10
3.2 ESTADO DEL ARTE.....	17
4. OBJETIVOS.....	20
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	20
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
5. METODOLOGÍA.....	21
5.1 FABRICACIÓN DE GENERADOR DE ONDAS.....	21
5.2 IDENTIFICACIÓN DE SUSTRATOS PARA LA BASE, SELECCIÓN DE MATERIAL GRANULADO, APLICACIÓN DE FRECUENCIAS, ANALISIS DE PATRONES .....	22
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22

7. CONCLUSIONES.....	29
----------------------	----

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Reyes (2013) Acumulación de material granulado en los puntos nodales de la membrana del tambor. Andrés Reyes un modelo estocástico para las figuras de Chladni.

**Figura 2.** Chladni (1776) presentando su experimento a Napoleón. Ralf Tita Lebendiges Erfassen

**Figura 3.** (a) y (b) Chladni (1802) figuras o patrones geométricos de Chladni, ilustración, fotos, Die Akustik.

**Figura 4.** Losada (2008) análisis de vibraciones en placa cuadrada Pequeños terremotos.

**Figura 5.** (a) y (b). Simetrías axiales y radiales evidenciadas en la naturaleza, Generación y transformación de la forma, (2010)

**Figura 6.** patrones en la naturaleza y sus funciones. Generación y transformación de la forma, (2010).

**Figura 7.** Wong (1979) Módulos en repetición que crean submódulos. Fundamentos del diseño.

**Figura 8.** Wong (1979) Módulos en repetición que crean submódulos fundamentos del diseño.

**Figura 9.** Wong (1979), disposición lineal, cuadrada, en rombo triangular y circular. Fundamentos del diseño.

**Figura 10.** Wong (1979), estructura en retícula, fundamentos del diseño.

**Figura 11.** Wong (1979), estructura centrípeta de módulos en radiación, fundamentos del diseño.

**Figura 12.** Losada (2008), afinación del violín con cimática, ilustración, Pequeños terremotos.

**Figura 13.** (UV Sand Resonance Experiment, 2016), YOUTUBE.

**Figura 14.** Proceso de caracterización y abstracción de la piña de la *Pinus pinea* (fotografías de Pablo Montes, modelación digital de Julián Villa del semillero de investigación MORFOlab.

Arbeláez y Patiño (2010).

**Figura 15.** Puente modelado utilizando Grasshopper (Luisan.net, 2018).

**Figura 16.** Chladni towers de ADMC catalogue 2017. Patrón de chladni llevados a la tridimensionalidad.

**Figura 17.** Pasó a paso del desarrollo de generador de frecuencias, grupo investigación cimática.

**Figura 18.** (a) Contexto, (b) condiciones de los integrantes del grupo focal. (b) Juliana pareja, participante de la investigación.

## **LISTA DE TABLAS**

**Tabla 1.** Ensayo 1, lámina de acero como base para patrones geométricos.

**Tabla 2.** Ensayo 2, lámina de zinc como base para patrones geométricos

**Tabla 3.** Ensayo 3, lámina de poliestireno como base para patrones geométricos

**Tabla 4.** Ensayo 4, lámina de policarbonato como base para patrones geométricos

**Tabla 5.** Análisis y caracterización de patrones según su forma, simetrías Hz, y tipo de estructura.

**Tabla 6.** Herramienta de ideación / asociación /propuesta.

**Tabla 7.** Resultados aplicación de herramienta.

## **RESUMEN**

Esta investigación plantea una indagación basada en la generación y transformación de la forma a partir del fenómeno físico de la cimática y los resultados arrojados por el acercamiento y experimentación empírica con el fenómeno; evidenciando que es cimática, como se da el fenómeno y como por medio de este se obtienen patrones geométricos que pueden ser empleados por el diseñador para inspirarse y guiarse en el desarrollo de la forma y sus posibles funciones; siendo la generación de la forma, dentro del proceso de diseño, uno de los aspectos más complejos y confusos, donde el diseñador debe integrar de manera simultánea soluciones a requerimientos técnicos, estéticos, funcionales y productivos. Se presenta la cimática como técnica para generar ideas no convencionales, donde primero se desarrolla un proceso de comprensión del fenómeno, su clasificación y posterior representación geométrica aplicada a una herramienta final de ideación.

Para llegar a la síntesis de la herramienta se desarrolló un generador de frecuencias al cual se le instaló una superficie base de un solo eje para la deposición del material particulado; el cual al ser sometido a diferentes frecuencias arrojó diversos patrones los cuales sirvieron como base para una propuesta metodológica de transformación y búsqueda de la forma en el diseño industrial.

## **PALABRAS CLAVE**

Cimática, diseño industrial, geometría, patrones.



## INTRODUCCIÓN

La cimática se entiende como la relación entre el sonido, la forma y la imagen; consiste en poner polvos finos como la arena o sal sobre una lámina que esté sometida a vibraciones de ondas acústicas en frecuencias puras para generar patrones geométricos en los que pueden aparecer imágenes regulares o irregulares (Arce M, 2011).

En este trabajo se abordan la cimática y los factores que hacen del fenómeno ondulatorio una oportunidad para la inspiración formal en el diseño industrial. Hasta el momento este fenómeno ha sido estudiado para entender qué es, cómo se genera y cuáles son sus parámetros, además se ha utilizado para afinar instrumentos de percusión, en medicina alternativa y en experiencias artísticas, pero no se ha abordado sus posibles aplicaciones en diseño industrial, a través del uso y modificación de los patrones que se pueden obtener con esta técnica.

Según la teoría sobre las simetrías radiales aplicada en el experimento de Chladni, se evidencia que este tipo de repetición en la cual las formas giran alrededor de un centro imaginario, ocasiona que la forma resultante se perciba visualmente ordenada, siguiendo una lógica de construcción equilibrada, en este caso por las vibraciones sonoras, que hacen que el material granulado se ubique donde la lámina no vibra.

Los diseños geométricos pueden entenderse como módulos representados por formas similares que unifican el diseño y el método más fácil de emplearlos es a través de la repetición de figura, tamaño, color, textura, dirección, posición, espacio, entre otros, Wong (1979). Buscando llevar estos patrones estables en un campo bidimensional a un plano tridimensional, entidades como ADMC (Asian Digital Modeling Contest) fomentan la innovación formal al crear concursos de modelación digital compleja con posible impresión en máquinas 3D. Chladni Towers, proyecto presentado en el concurso, fue finalista de ADMC catalogue 2017, al emplear las figuras de Chladni como base para la creación de formas no convencionales al extrudir los patrones (Fig. 16).

El objetivo de este trabajo está orientado a generar un repertorio de patrones geométricos a través de la cimática y realizar su respectiva caracterización morfológica basada en formas sinuosas, circulares, óvalos, ondulatorias la identificación de su respectiva frecuencia, clasificación según en la figura que se enmarque, clasificación por simetría, repeticiones radiales y axiales (Hz), para posteriormente usarlos como referentes para la ideación en el proceso de diseño, lo anterior aplicado a una herramienta que enmarca el patrón dentro de su posible función inspirada en la geometrías básicas naturales.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Tema general del proyecto**

Cimática y sus posibles aplicaciones en el diseño industrial

### **1.2 Características generales del proyecto de investigación**

Se analizó el comportamiento del material particulado utilizando diferentes sustratos como materiales base para realizar la identificación y clasificación de los resultados; por medio de la caracterización de los patrones geométricos obtenidos después de someter ambos materiales a diferentes frecuencias, con el fin de seleccionar los más aptos para la obtención de las figuras de Chladni.

El proyecto se plantea como un estudio de investigación experimental, el cual pretende en primera instancia, identificar los patrones geométricos formados por las ondas de diferentes frecuencias de sonido sobre una superficie plana con un material granulado y posteriormente resolver el cómo esto puede ser aplicado al campo del diseño industrial; partiendo de una relación con las propuestas de funcionalidad de las figuras geométricas que se mencionan en el libro *generación y transformación de la forma* de Arbeláez y Patiño (2010) a través de un grupo focal expuesto a la herramienta creada, con el fin de determinar si la cimática puede pensarse como una metodología alternativa de diseño, que funciona a través de la observación e identificación del principio ondulatorio evidenciado.

### **1.3 Descripción del problema de investigación identificado**

El proceso creativo en la fase de generación de la forma se ha visto menguado por el distanciamiento entre las herramientas analógicas y las computacionales (Römer, et al., 2001), haciendo el proceso de diseño fragmentado o limitado según las habilidades de representación digital de cada diseñador y a diferencia de los procesos analógicos que desarrollan la espacialidad y creatividad.

Paralelo a esto; las investigaciones realizadas sobre el fenómeno de Chladni han estado enfocadas en aspectos físicos, para determinar el comportamiento de las ondas, en el uso de diferentes materiales granulados, para visualizar la composición gráfica y estructura formal del patrón y por último, se ha empleado en la industria de la música para afinar instrumentos. Estos estudios no han estado enfocados en el uso geométrico o análisis de patrones, tampoco se ha analizado la posible aplicación en diseño industrial.

Partiendo de las teorías anteriores se hace necesario abordar metodologías alternativas como la cimática y probar su efectividad como herramienta para estimular la creatividad, la fase de ideación e inspiración de los diseñadores industriales, por medio de la observación y la asociación de los patrones a diferentes funciones geométricas.

#### **1.4 Pregunta e hipótesis de investigación**

¿De qué manera los patrones geométricos de Chladni pueden ser utilizados como una herramienta para el diseño industrial?

#### **1.5 Elementos del problema de investigación**

Dentro de los elementos del problema principales de esta investigación se encuentra la cimática como método de visualización del sonido y el estudio de las geometrías de Chladni, generación y transformación de la forma, abstracción morfológica, aplicación de formas y patrones.

#### **1.6 Limitaciones de la investigación: alcance y riesgos**

El proyecto está orientado a generar un repertorio de patrones a través de la cimática, el cual puede servir como fuente de ideas, asociaciones o propuesta para el diseño de productos en el Diseño Industrial. Se pretende identificar los tipos de patrones haciendo abstracciones formales, para clasificarlos según sus características morfológicas y funcionales. Con este análisis visualizar posibilidades de aplicación en diseño industrial, a través de un grupo focal.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Esta es una experimentación analógica empírica, para la ideación rápida de productos.

El proceso requirió de antemano una investigación respecto a que es cimática para comprender el fenómeno, experimentación de la cimática con diferentes materiales granulados (que permiten evidenciar los resultados de las frecuencias sonoras), superficies base y así entender el comportamiento del fenómeno, con las variables anteriores para identificar que materiales son óptimos para visualizar los patrones y sus diferencias claramente.

El desarrollo de este proyecto de investigación permitirá establecer una estrategia para el diseño de productos con base a la elaboración de un repertorio de patrones y figuras geométricas resultado la generación de ondas como se dijo anteriormente, estos se caracterizaran y clasificaran para ordenarlos según su simetría y su carácter geométrico brindando al diseñador industrial una herramienta que en su futuro podría ser es un posible nuevo método de inspiración o ideación para la etapa temprana (creativa) de formalización de diseño de productos .

Después de obtener dichos patrones, aplicando la teoría de los módulos (cantidad de formas similares que unifican un diseño), submódulos (varios módulos en repetición que forman un módulo mayor), supermódulos (módulos agrupados que se convierten en una forma mayor). Wong (1979), y la teoría de la función las formas geométricas naturales como son los círculos, ondas, formas sinuosas, óvalos y elipses explicada en el libro Generación y transformación de la forma, se pretende diseñar una herramienta que ponga en evidencia posibles funciones de dichos patrones a través de posibles ejemplos como: elaboración de texturas, diseños de paneles para recubrir diferentes objetos, mobiliario, objetos con características o necesidades de modulación; porque permite generar composiciones con simetrías radiales, axiales, matrices rectangulares, crecimientos, obtención de nuevas formas por espacios entre módulos y fomenta la exploración geométrica.

Esto permitirá al diseñador obtener una fuente de inspiración de ideas y propuestas de diseño, siendo estos ejemplos una pequeña parte de lo que podría representar el patrón para el creativo, y así ampliarle su espectro de asociación o inspiración en la etapa temprana de formalización y desarrollo de productos.

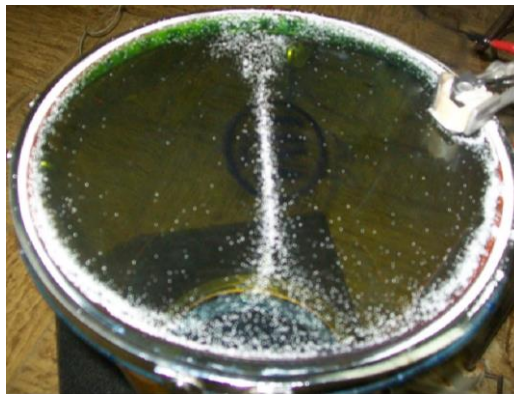
### 3. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 MARCO TEÓRICO

Arce (2011) mencionó que el descubrimiento fue nombrado con el concepto “cimática” acuñado por Dr Hans Jenny en la década de los 60 en su libro “cimática: las formas e imágenes del sonido, una aproximación desde la experiencia personal”. La cimática son las relaciones entre sonido, forma e imagen que investigadores y artistas han tratado de comprender al experimentar intentando dar y buscar una materialidad real y física a un medio aparentemente abstracto e inmaterial como es el sonido y las ondas que lo hacen posible, estos incluyen una visión sobre la experiencia investigadora en este campo que se evidenciara adelante

Arce (2010) también menciona que uno de los primeros en dejar constancia y estudiar los patrones producidos por las vibraciones de los cuerpos en los que pueden aparecer imágenes regulares fue Galileo Galilei en el *Diálogo sobre los dos principales sistemas del mundo* de 1632. Además, la definición *onda* fue dada por los griegos: *Kyma* - κῦμα, que son las vibraciones visibles producidas por el sonido, o impactos y efectos que el sonido y su vibración tiene sobre la materia.

Entre las diversas expresiones de la cimática, se le ha dado al sonido también una utilidad para el proceso de creación de patrones geométricos, en ceremonias y rituales de hace milenios, mediante el uso de semillas y la percusión de instrumentos visualizando las estructuras de carácter geométrico que se generaban sobre las membranas de los tambores, (Llados, 2013).

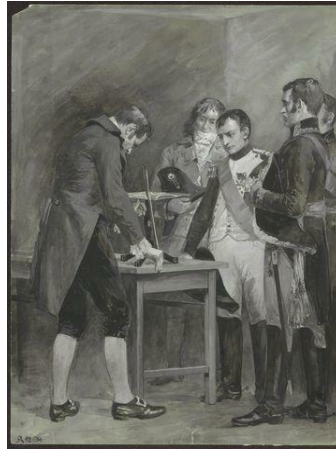


**Figura 1.** Reyes (2013) Acumulación de material granulado en los puntos nodales de la membrana del tambor. Andrés Reyes un modelo estocástico para las figuras de Chladni.

Para contextualizar como se llegó al descubrimiento de este fenómeno, Ernest Florent Chladni era un doctor en derecho, conferencista itinerante, cazador de meteoritos y padre de la acústica moderna; él se propuso explicar la naturaleza del sonido a finales del siglo XVIII. Experimento que alguna vez presentó a Napoleón Bonaparte, Chladni esparció Arena sobre una placa cuadrada, mientras hacía vibrar la placa con el arco de un violín, su público observaba asombrado como la arena saltaba en

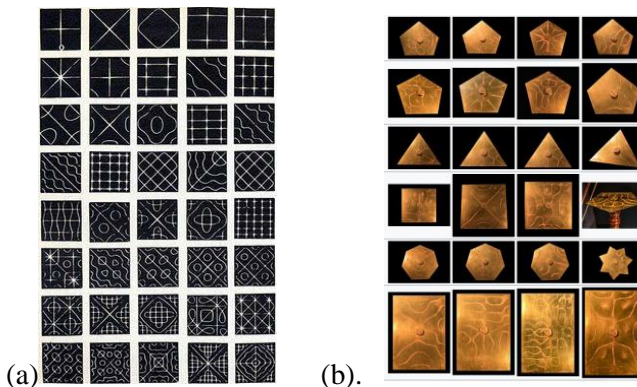
todas las direcciones hasta formar patrones de una belleza extraordinaria, (Chladni E. 1787). En su texto el descubrimiento del sonido dijo que Napoleón expresó: “El sonido puede verse”.

Dedujo entonces que al colocar polvos finos, sobre una lámina de metal y someterlo a una vibración de ondas acústicas, dichas partículas se organizan formando patrones concretos, que se formaban gracias a que los polvos se concentran en los senos o depresiones de las ondas acústicas, es decir las partículas se acumulan en las zonas de la lámina metálica donde no vibra, este fenómeno se puede decir que es audio visual. Ver Figura 2.



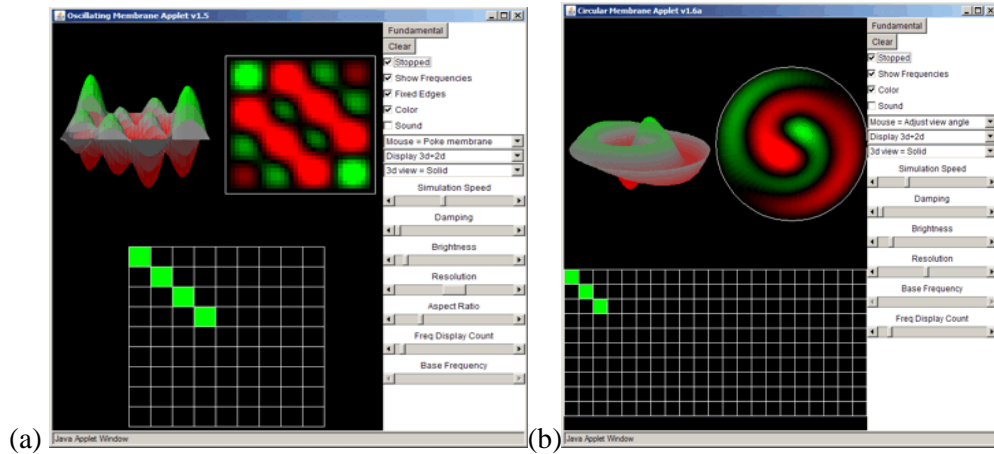
**Figura 2.** Chladni (1776) presentando su experimento a Napoleón. Ralf Tita Lebendiges Erfassen der Welt.

En el párrafo anterior se habla sobre cómo se ha estudiado este fenómeno audiovisual pero ya en específico hablando de las figuras de Chladni, la investigación arrojó que el fenómeno se ha estudiado en superficies de geometría cuadrada y circular, estrellas, pentágonos, heptágonos. Ver Fig.3 (a) y (b).



**Figura 3.** (a) y (b) Chladni (1802) figuras o patrones geométricos de Chladni, ilustración, fotos, Die Akustik.

Más allá de las experimentaciones analógicas con arco de violín Según R. Losada (2008) entrando a la contemporaneidad con ayuda de applets (un applet es un componente de una aplicación que se ejecuta en el contexto de otro programa) de Paul Fasltad, pudo recrear los patrones en dos y en tres dimensiones, estos se ven en un plano bidimensional pero se da gracias a un movimiento en 3 dimensiones por ello Paul Fastlade con su applet logro lo siguiente



**Figura 4.** Análisis de vibraciones en placa cuadrada **Pequeños terremotos.**

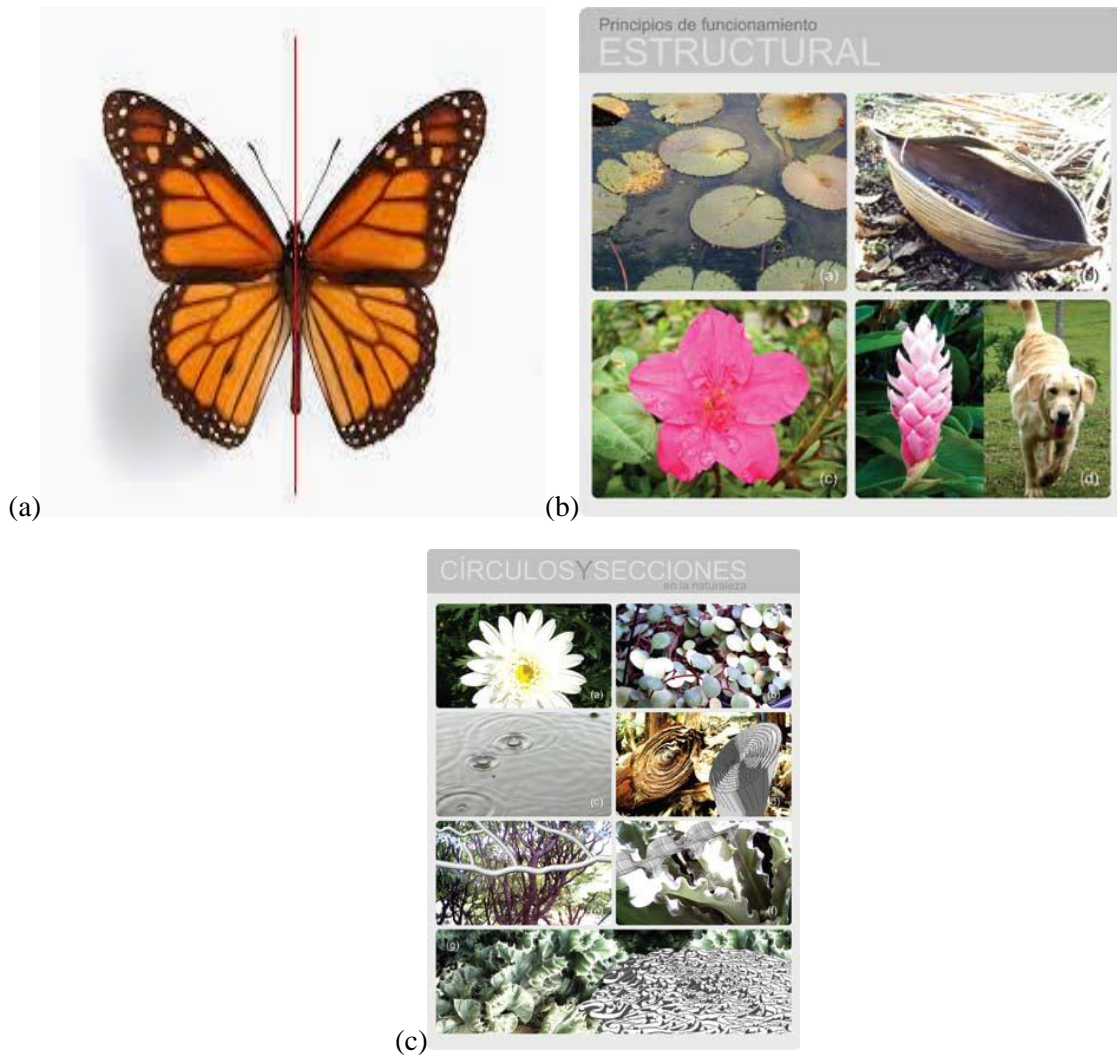
Resulta particularmente atractiva la applet; aplicación con la cual basta hacer un clic en la ventana de la membrana para visualizar tanto la onda transversal inicial como sus sucesivos reflejos, así como se evidencia en las figuras anteriores, el software hace el resto del trabajo y lo gráfica.

En un modelo estocástico de comportamiento no determinista (variable) para las figuras de Chladni, se hace un estudio del comportamiento vibratorio de un círculo figura 4(b) correspondientes dos frecuencias bajas de onda donde se evidencia solo su comportamiento. (Losada, 2008). Esto es un acercamiento digital a “tridimensionalizar” los patrones que generan las vibraciones en diferentes formas de bases

### 3.2 Figuras, geométricas, patrones geométricos y simetrías en la naturaleza

Chao (2016) dice que los patrones geométricos, pueden aparecer solos o combinados; independientes o repetidos en dirección vertical u horizontal de forma repetida, paralela, anidadas o entrelazadas. Arbeláez y Patiño en el libro de generación y transformación de la forma presentan que básicamente la función de las simetrías es disminuir la cantidad de información necesaria para construir, ellos llaman a esto principios de funcionamiento estructural.















Como por ejemplo



**Figura 5.** (a) y (b). Simetrías axiales y radiales evidenciadas en la naturaleza, (c) círculos y secciones en Generación y transformación de la forma (2010)

Además demuestran como en el reino vegetal hay un predominio de la simetría radial como en las figuras anteriores, a diferencia de la mayoría de los seres vivos complejos, es decir, los animales, presentan simetría axial o especular como la llaman Arbeláez y Patiño, también explican que los círculos y sus secciones, tienen como función y cualidad la isotropía, la menor periferia abarcando mayor área en términos de ocupación u optimización de distribución de espacio, crecimiento por dilatación de adentro hacia afuera, además de esto también estabilizar estructuras, desplazar, auto-defender. Estas simetrías y figuras que se presentan en el reino vegetal y animal han sido analizadas por Arbeláez y Patiño y le dieron funciones con ciertos criterios para el desarrollo de diseños y son las siguientes, (ver figura 16).

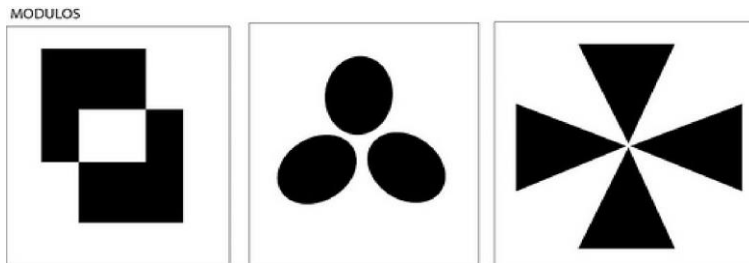


PATRONES en la naturaleza					
Patrón	Función Principal	Función Secundaria	Máximos de Emergencia	Aplicación Natural	Analogía Cultural
1 Esfera y formas esféricas	Proteger	- Contener - Independizar - Estabilizar estructuralmente - Desplazar - Auto defender	- Isotropía - Rotación - Homogeneidad - Deterioro		
2 Hexágono y pentágono	Pavimentar (bi y tridimensional)	- Auto organizar - Ocupar el espacio - Ahorrar material - Proteger (en caparazones)	- Compresión de círculos - Propagación de fracturas - Cristalización de líquidos - Presión isotópica		
3 Espiral	Empacar	- Guardar - Ahorrar espacio - Permitir movilidad	- Crecimiento diferencial - Velocidad diferencial - Competencia por luz y agua		
4 Hélice	Agarrar	- Empacar otro material - Aumentar fricción	- Movimiento - Crecimiento diferencial - Competencia		
5 Puntas y conos	Penetrar	- Concentrar - Permitir movilidad - Dispersar - Defender, atacar, comer, excavar.	- Deformación - Concentración		
6 Ondas y formas sinuosas y serpenteantes	Comunicar	- Desplazar - Mover - Ocupar el espacio	- Fluctuaciones periódicas - Orden - Fuerzas contrapuestas		
7 Fractales, ramificaciones y explosiones	Colonizar	- Transportar - Rellenar el espacio - Minimizar (tiempo y material)	- Competencia - Orden		

**Figura 6.**Patrones en la naturaleza y sus funciones. Generación y transformación de la forma, (2010).

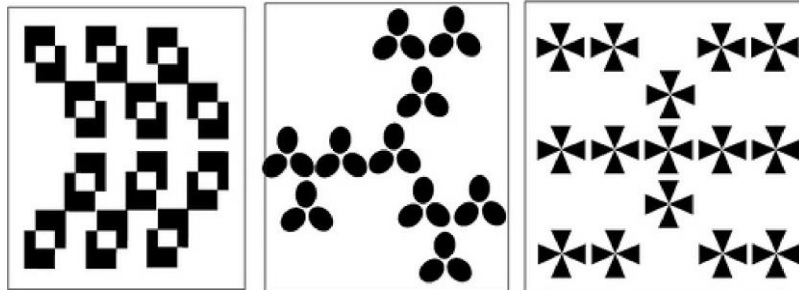
Por estas razones es que se le encuentra validas a que las figuras de Chladni poseen unas funciones otorgadas por asociación que pueden ser utilizadas para el desarrollo de ideas ya que ellos se caracterizan por estar compuestos por los anteriores patrones geométricos, además también concuerdan con la siguiente teoría.

Según Wong (1979) los patrones geométricos son diseños llamados módulos y estos son: una cantidad de formas similares que unifican un diseño, y el método más fácil de crearlo es a través de la repetición: de figura, tamaño, color, textura, dirección, posición, espacio, entre otros. Estos módulos se pueden dividir en dos categorías, submódulos: que son varios módulos en repetición que forman uno mayor y los supermódulos: son módulos agrupados que se convierten en una forma mayor. Ver Figura 8 y 9.



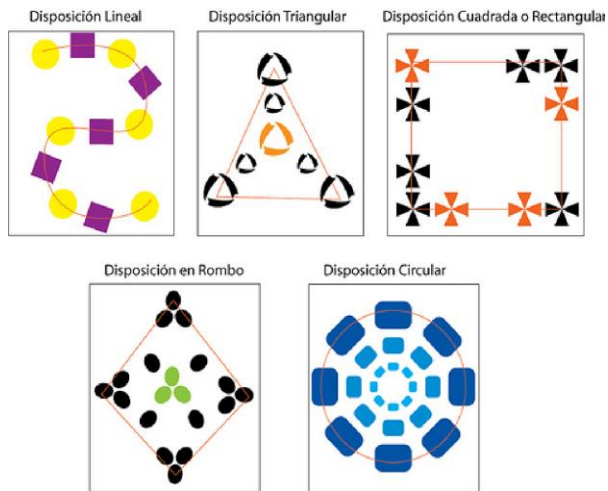
**Figura 7.** Wong (1979) Módulos en repetición que crean submódulos. Fundamentos del diseño

SUPERMODULOS



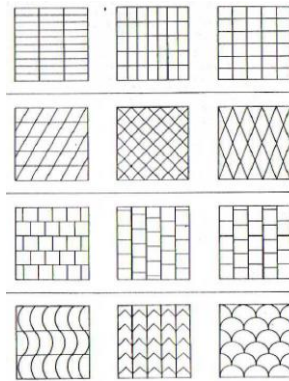
**Figura 8.** Wong (1979) Módulos en repetición que crean submódulos fundamentales del diseño.

Se pueden disponer en de cualquier manera,



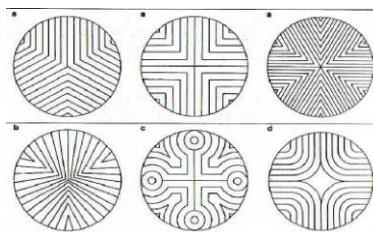
**Figura 9.** Wong (1979), disposición lineal, cuadrada, en rombo triangular y circular. Fundamentos del diseño.

Wong (1979) dice además que los patrones dan mayor cantidad de posibilidades estructurales, y pueden ser de la siguiente manera: proporción, dirección, deslizamiento, curvatura, reflexión, combinación, divisiones, triangular, y hexagonales.



**Figura 10.** Wong (1979), estructura en retícula, fundamentos del diseño.

También se encuentran patrones a partir de radiación llamada como estructura centrípeta en donde los módulos se dirigen hacia el centro. Ver Figura 11



**Figura 11.** Wong (1979), estructura centrípeta de módulos en radiación, fundamentos del diseño.

Quiñonez (2012). Dice que un patrón es una sucesión de fenómenos naturales, gráficos, numéricos, entre otros, que se construyen siguiendo una regla, ya sea de repetición o de recurrencia. Los patrones se observan en la vida real y pueden responder a un modelo matemático para la formación de formas, así mismo sucede con la cimatología es un modelo matemático expresado en frecuencias que responde al desplazamiento ondulatorio de ondas sonoras.

También dice que estas repeticiones (patrones) son ordenación, elementos y relaciones de interdependencia, permanencia, manera de asociación, conjunto de relaciones, grupo de propiedades, conjunto de relaciones jerárquicas y funcionales, se encuentran frecuentemente asociadas al término estructura. Hablamos de forma y de estructura, porque detrás de cada forma está la estructura de un sistema, pero no necesariamente se manifiesta con una forma.

Como se evidencia en los anteriores párrafos, el descubrimiento de Chladni se ha implementado en diversas disciplinas o áreas de las ciencias (acústica, física), pero no en el diseño industrial, lo que hace que no tenga ninguna relación, pero al otorgar propiedades obtenidas de los patrones de la naturaleza a los patrones geométricos los resultantes de las vibraciones, es posible de las funciones naturales mencionadas anteriormente oportunidad implemente en esta disciplina creativa.

Según la teoría sobre las simetrías radiales de Arbeláez y Patiño (2010) se evidencia este tipo repetición en las que las formas giran alrededor de un centro imaginario, esto ocasiona que la forma resultante se perciba visualmente ordenada, que sigue una lógica de construcción equilibrada, en la figura anterior identificamos que las simetrías pueden construirse a partir de radiaciones y simetrías axiales. Estas dos son las más utilizadas para la generación de patrones simétricos.

### 3.2 ESTADO DEL ARTE

Actualmente se utiliza la cimática para afinar instrumentos de percusión como por ejemplo el violín. , incluso para arreglar la superficie de campanas. Y también desempeña un rol académico trascendental para la enseñanza y demostración de ondas sonoras y estacionarias



**Figura 12.** Losada (2008), afinación del violín con cimática, ilustración, Pequeños terremotos.

Se encontró que utilizan softwares generadores de frecuencias que se conectan a amplificadores de sonido, de allí se unen a la placa metálica y a través del software se controlan las frecuencias vibratorias para generar los patrones o “figuras de Chladni”, es un método controlado y fue el que reemplazó el método de Chladni que era con una base de madera que sujeta la placa metálica y se hacía vibrar con el arco del violín.

En otras palabras, software que permite generar señales eléctricas que pueden colectarse a la salida de la tarjeta de sonido de la computadora, cumpliendo una función similar a un “oscilador de audio” en un estudio de música electroacústica (*4th internation Csound Conference 29, 2017*).



**Figura 13.** (UV Sand Resonance Experiment, 2016), YOUTUBE.

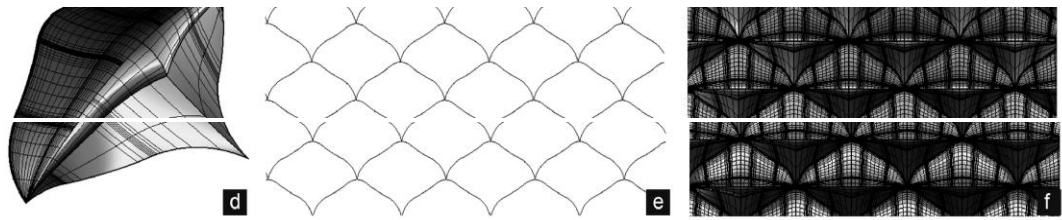
Apoyado en las funciones anteriores de la cimática esta experimentación puede enfocarse a la identificación, análisis y síntesis de principios de funcionamiento, materialización o configuración formal apoyado en las funciones geométricas de origen natural para apoyar al proyecto técnicamente (Vincent, et. al., 2006; Jirapong, Krawczyk, & Elnimeiri, 2002; Wen, et. al., 2008; Patiño, Arango & Jaramillo, 2015).

### **Aplicación de patrones en diseño industrial**

Esta referencia puede enfocarse a la identificación, análisis y síntesis de principios o leyes de funcionamiento, materialización o configuración formal de origen natural, que de alguna manera brinden un apoyo al proyecto. De igual forma, se ha comprobado que, si un objeto industrial se diseña a partir de la imitación de principios físicos o biológicos, tendrá mayor probabilidad de adquirir una serie de características que lo harán innovador y eficiente (Vincent, et. al., 2006; Jirapong, Krawczyk, & Elnimeiri, 2002; Wen, et. al., 2008; Patiño, Arango & Jaramillo, 2015).

El diseño generativo presenta diferentes características que lo convierten en una herramienta útil y práctica para generar gran cantidad de posibles formas (Szalapaj, 2014) poco complejas, semicomplejas o complejas, que puedan ser aplicados en el diseño de superficies y texturas para el diseño de productos y espacios, en los que se vinculan simultáneamente diferentes tipos de transformaciones geométricas. Patiño (2017).



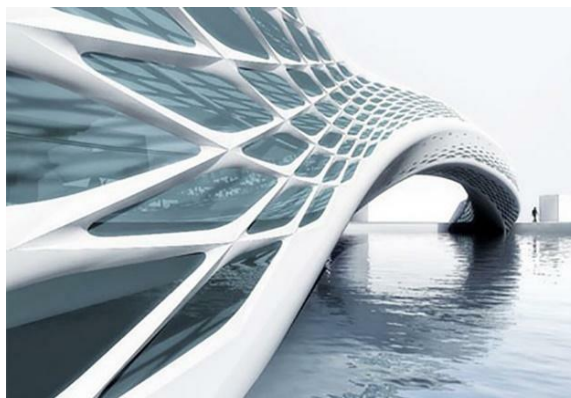


**Figura 14.** Proceso de caracterización y abstracción de la piña de la *Pinus pinea* (fotografías de Pablo Montes, modelación digital de Julián Villa del semillero de investigación MORFOlab. Arbeláez y Patiño (2010).

### Diseño paramétrico

Otra aplicación de los patrones geométricos o de la abstracción de los mismos, en la disciplina es el diseño paramétrico. Es aquí donde los patrones toman vida y transforman estructuras como por ejemplo:

En la actualidad se hacen las abstracciones y se crean inmensidad de objetos y espacios, a partir de un sistema llamado, diseño paramétrico. Se trata de un recurso innovador que se consigue a través de una técnica avanzada de diseño digital. Se trata de obtener formas mediante funciones matemáticas que varían en función de parámetros. De esta manera controla diversas propiedades como pueden ser la altitud, la longitud, la ubicación, la anchura, etc. (Luisan.net, 2018). Así, se pueden crear volúmenes ilimitados, es un diseño dinámico por lo tanto es flexible y adaptable a dichos parámetros en función del contexto de esta investigación. Ejemplo, ver Figura 15.

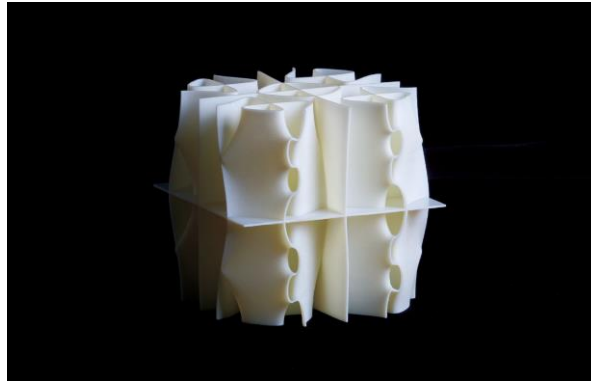


**Figura 15.** Puente modelado utilizando Grasshopper (Luisan.net, 2018)

A través de este método se consigue integrar elementos funcionales y necesarios como son las escaleras los techos las columnas y puentes o divisores de espacio dotándolos de gran belleza y funcionalidad.

Existe un vacío del conocimiento en torno al estudio de patrones geométricos generados a través del fenómeno cimático para ser aplicados en diseño industrial, este párrafo ha de mostrar un primer

acercamiento de diseño 3d a partir del fenómeno, el objeto resultado de este acercamiento es en su totalidad una representación no funcional de uno de los patrones de Chladni, lo que abre la puerta a que no solo sea crear la forma del patrón en un plano 3d, sino que también sea dotado de funcionalidad, de estética formal, que se puedan crear objetos con cualidades estructurales alusivas al patrón geométrico producido por los Hz específicos



**Figura 16.** Chladni towers de ADMC catalogue 2017. Patrón de chladni llevados a la tridimensionalidad.

Entonces de todo lo anteriormente mencionado los de ADMC construyen un experimento físico, simulando el resultado del mismo, para imprimirlo a través de una impresora 3D.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar un análisis morfológico de los patrones geométricos de Chladni con el fin de identificar posibles aplicaciones en diseño industrial.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

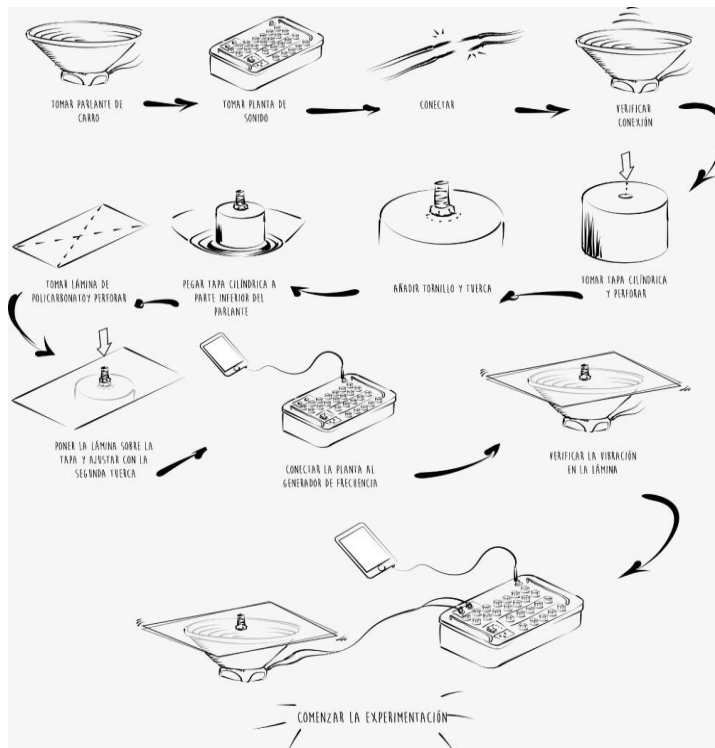
1. Realizar un generador de ondas basado en el principio de Chladni.
2. Obtener los patrones de Chladni utilizando diferentes bases y materiales granulados.
3. Caracterizar morfológicamente los patrones obtenidos, con respecto a la teoría de patrones mencionada por Arbeláez y Patiño en su libro generación y transformación de la forma.
4. Proponer, idear o asociar a través de una herramienta de diseño con un grupo focal, posibilidades de aplicación en el diseño industrial de los patrones obtenidos.



## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 FABRICACIÓN DE UN GENERADOR DE ONDAS

Para obtener las geometrías planteadas es necesario tener un generador de ondas, el cual fue construido con un parlante para autos que es conectado a una planta de sonido y se le adapta una tapa cilíndrica perforada en el centro a esta se le acopla un eje compuesto por tornillo y tuerca el cual ancla la lámina base al parlante permitiendo que esta reciba las ondas directamente, posteriormente se conectó un dispositivo celular a la planta para apoyarse en una aplicación de generación de frecuencias controladas. En la figura 17 se esquematiza lo descrito anteriormente. Paso a paso de la construcción del generador. Ver figura 17.



**Figura 17.** Paso a paso del desarrollo de generador de frecuencias, grupo investigación cimática.

## 5.2 IDENTIFICACIÓN DE SUSTRATOS BASE, SELECCIÓN DE MATERIAL GRANULADO, APLICACIÓN DE FRECUENCIAS

Con el fin de identificar en cual se presentan más claros los patrones se utilizaron 4 diferentes materiales: acero cold rolled, zinc, policarbonato y poliestireno. El área de la superficie de los materiales fue de 35 x 50 cm, y espesores de 1 mm, 0.25, 1.5 y 2 mm para el acero *cold rolled*, el zinc, el policarbonato y el poliestireno, respectivamente. Adicionalmente, se utilizaron diferentes materiales granulados, lo anterior con el fin de identificar el tipo de grano que responda a las vibraciones de las ondas de una manera más controlada. Los materiales empleados para esto fueron la limadura de hierro, la sal y la arena de fundición.

### CLASIFICACIÓN DE PATRONES

Para la generación de los patrones se realizó la aplicación de frecuencias en un rango desde 1 Hz a 22.000 Hz. Luego de aplicar la frecuencia a las diferentes combinaciones de sustrato y material granulado, se procedió con el registro fotográfico de cada patrón o módulo obtenido por medio de las frecuencias. Una vez identificada la frecuencia y obtenido el patrón se procedió a analizar la geometría y el tipo de simetrías presentes en ellos, tales como, formas esferoides, hexagonal y pentagonal, puntas o conos, ondas, formas sinuosas, serpenteantes, que ya han sido estudiadas y analizadas con ciertas funciones además se elaborarán tramas para ser la posibilidad de modulación.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 GENERACIÓN DE PATRONES

En la investigación se realizaron experimentaciones para la generación de patrones por medio de plataformas y metodologías planteadas por Arce.2011, los resultados de los pasos descritos en la metodología se muestran a continuación. Se utilizaron diferentes materiales con el fin de evidenciar si se dan diferentes resultados, y cuál de los resultados es mejor en comparación con relación a la nitidez del efecto.

#### Ensayo 1



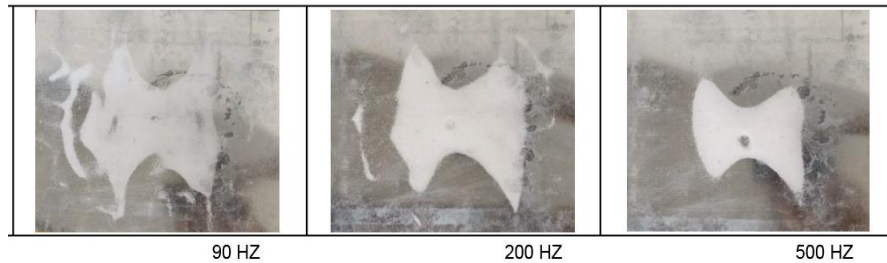
**Tabla 1.** Ensayo 1, lámina de acero como base para patrones geométricos

## LAMINA DE ACERO – 1 mm

Material Granulado: Sal

Al experimentar con la lámina de acero evidenciamos que las frecuencias sonoras sobre dicho material no genera patrones o módulos más definidos en términos de simetrías, geométricas por las siguientes razones: la lámina es demasiado delgada por ende las vibraciones causadas en ella son demasiado fuertes y así no permite que el material, en este caso la sal, se ubique en los puntos nodales donde la lámina no vibra, lo cual no genero módulos o patrones; al ser un material granulado grueso recibe con mayor fuerza la vibración, entonces el material rebota con más fuerza y se cae de la lámina.

### Ensayo 2



**Tabla 2.** Ensayo 2, lámina de zinc como base para patrones geométricos

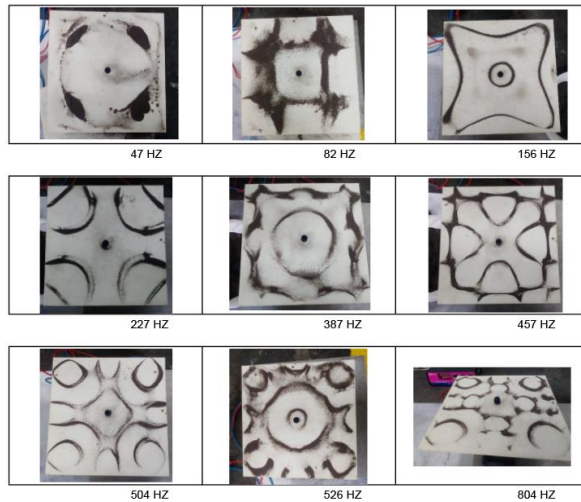
## LÁMINA DE ZINC – 0,25 mm

Material granulado: SAL

Al experimentar con la lámina zinc y el material granulado, en este caso sal, evidenciamos que las frecuencias sonoras de una manera más clara con respecto a la lámina de acero, aunque no generan módulos o patrones claros, la sal empieza a ubicarse mejor en los puntos nodales donde no vibra.

Para agregar como parte de este primer acercamiento un hallazgo importante en el experimento fue la importancia de los decibeles, ya que la placa debía entrar en resonancia para que las figuras se formaran, es decir, si los decibeles eran muy bajos las partículas no iban a moverse y si eran muy altos tampoco tenderían a hacer ninguna figura. Además, cabe recalcar, la alta cantidad de decibeles necesarios en el experimento para alcanzar la resonancia, que rondaron entre los -12 y -20 DB. (Ruiz, 2013)

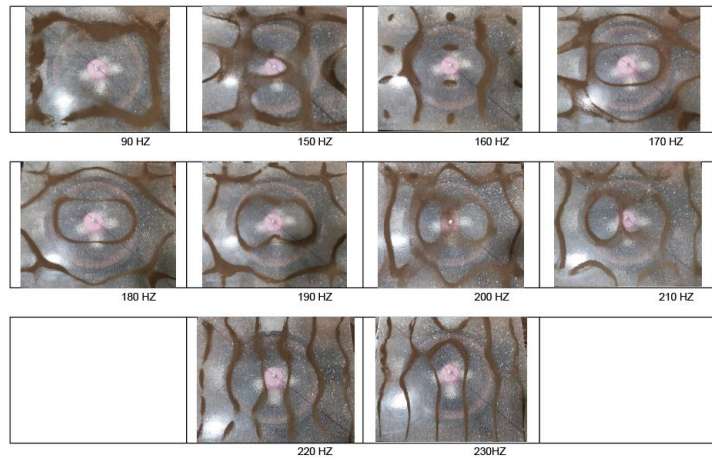
### Ensayo 3



**Tabla 3.** Ensayo 3, lámina de poliestireno como base para patrones geométricos  
 LÁMINA DE POLIESTIRENO – 2 mm  
 Material granulado: arena de fundición

Al experimentar con la lámina de poliestireno y el material granulado, en este caso arena de fundición, evidenciamos que las frecuencias sonoras, sobre la lámina se propagan de una manera más clara ya que, al no ser tan delgada no oscila tanto y se propaga más uniforme con respecto a la lámina de zinc, lo que permitió que la arena se ubicara mejor en los puntos nodales donde no vibra, generando así los patrones o módulos respectivos de cada frecuencia.

**Ensayo 4**




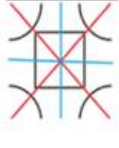



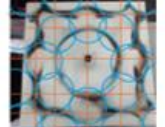


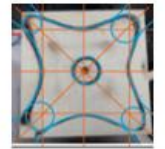

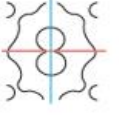



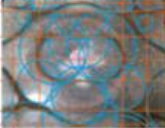

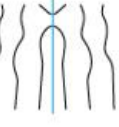


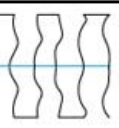
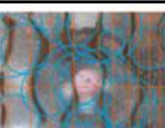
**Tabla 4.** Ensayo 4, lámina de policarbonato como base para patrones geométricos

LÁMINA DE POLICARBONATO con un lado irregular – 1,5 mm.  
 Material granulado: Arena de fundición.

Al experimentar con una lámina policarbonato, la cual tiene dos tipos de superficie una lisa y otra con textura rugosa, y el material granulado en este caso arena de fundición. Evidenciamos que las

frecuencias sonoras, sobre esta lámina se propagan de una manera similar al de la lámina de poli estireno, teniendo en cuenta que los patrones y módulos obtenidos son diferentes en las mismas frecuencias. Esto es causado porque esta lámina de policarbonato, al tener una superficie rugosa, hace que las vibraciones se dispersen de manera diferente, dando como resultado patrones y módulos totalmente diferentes.

### Resultado de análisis de simetrías y funcionalidad por caracterización de formas

Forma	Frecuencia	Tipo de Simetría	Evidencia simetría	caracterización de patrones según sus formas constructivas	Fusión según la forma constructiva
	82 HZ	AXIAL Y RADIAL			<b>secciones de círculo o arco:</b> soportar cargas, ahorrar información, repetición.
	387 HZ	AXIAL Y RADIAL			<b>elipses y ondas:</b> auto organizar, ocupar espacio, proteger.
	156 HZ	AXIAL Y RADIAL			<b>circulos secciones de círculo:</b> concentrar, defender.
	190 HZ	AXIAL			<b>elipses y ondas:</b> autoorganizar, ocupar espacio, desplazar, mover.
	180 HZ	AXIAL Y RADIAL			<b>arcos, elipses y secciones de círculo:</b> proteger, contener, independizar, estabilizar estructuras, desplazar, autodefender
	230 HZ	AXIAL			<b>onadas:</b> trasportar, desplazar, mover
	220 HZ	AXIAL			<b>ondas formas sinuosas y serpenteantes:</b> comunicar, desplazar, mover y ocupar el espacio

**Tabla 5.** Análisis y caracterización de patrones según su forma, Hz, y tipo de estructura.

Esta tabla corresponde al análisis de simetrías y de formas constructivas que en su mayoría están compuestos por elipses y secciones de círculos, formas sinuosas, ondas y serpenteante de cada patrón, a las cuales se les dio unas funciones según su composición formal, estas funciones están especificadas en la tabla anterior el resto del análisis de todos los patrones se encuentra en anexos.

## 6.2 HERRAMIENTA DE IDEACIÓN, ASOCIACIÓN O PROPUESTA DE DISEÑO APLICADA CON GRUPO FOCAL

Esta herramienta será aplicada a un grupo de estudiantes de diseño industrial, entre 19 y 24 años con la posibilidad de que sea un flujo de diseño libre en cuanto a la idea propuesta o asociación que resulte del patrón respectivo, pero tendrán un límite de tiempo de 5 min por patrón.

En un ambiente amplio, abierto y tranquilo con el fin de que sea con pocos estímulos, y así obtener ciertos resultados que se mencionan en las conclusiones, se eligió así el lugar para que el estudiante no se sintiera bajo presión así tuviera 5 min por Patrón para diseñar.

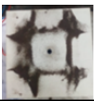



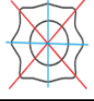


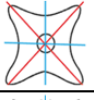


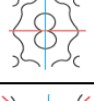
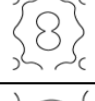
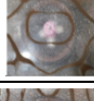
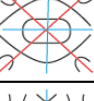


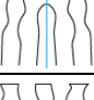
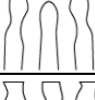



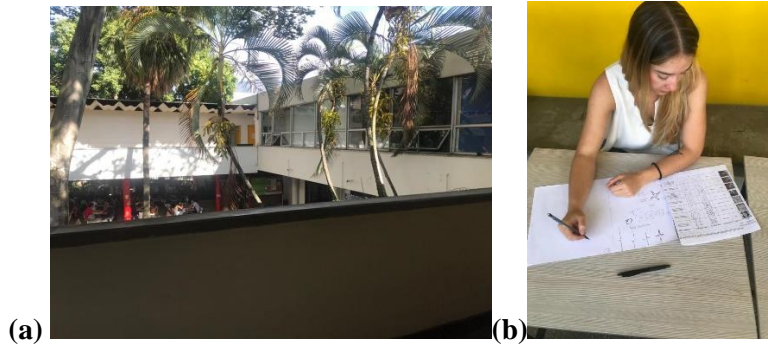
Herramienta para identificación de posibles funciones de los patrones de Chladni						
Nombre del participante:						
Estudiante:		Edad:				
Forma	Frecuencia	Tipo de Simetría	Evidencia simetría	Representación gráfica	Función según la forma	Decir si es propuesta, ideación o asociación
	82 HZ	AXIAL Y RADIAL			secciones de círculo o arco: soportar cargas, ahorrar información, repetición.	1
	387 HZ	AXIAL Y RADIAL			elipses y ondas : auto organizar, ocupar espacio, proteger.	2
	156 HZ	AXIAL Y RADIAL			circulos secciones de círculo: penetrar, concentrar, defender, atacar, excavar	3
	190 HZ	AXIAL			elipses y ondas: autoorganizar, ocupar espacio, desplazar, mover.	4
	180 HZ	AXIAL Y RADIAL			arcos, elipses y secciones de círculo: proteger, contener, independizar, estabilizar estructuras, desplazar, autodefender	5
	230 HZ	AXIAL			ramificaciones: transportar, rellenar el espacio, minimizar dilatación,	6
	220 HZ	AXIAL			ondas formas sinuosas y serpenteantes: comunicar, desplazar, mover y ocupar el espacio	7

Tabla 6. Herramienta de ideación / asociación /propuesta



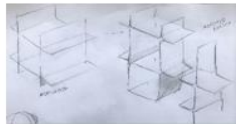



**Figura 18.** (a) Contexto, (b) condiciones de los integrantes del grupo focal.  
(b) Juliana pareja, participante de la investigación.

Juliana es una de las participantes, El grupo focal completo se adjuntara en anexos, junto con su respectiva evidencia presencial y su respectiva herramienta.

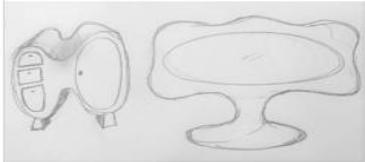
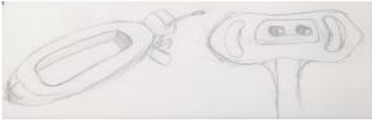
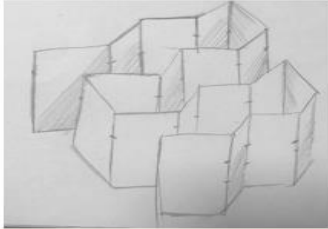
En cuanto al lugar se escogió abierto, con pocos estímulos, los cuales conllevaron a ciertos resultados que se mencionan en las conclusiones, se eligió así el lugar para que el estudiante no se sintiera bajo presión así tuviera 5 min por Patrón para diseñar.

### 6.3 RESULTADOS DE LA HERRAMIENTA

Estos resultados estarán completos en anexos ya que cuenta con una gran extensión y el repertorio de 13 participantes en su mayoría hizo 7 diseños cada uno.

<b>Participante</b>	Camila Aguirre	<b>Duración prueba</b>	35 min
<b>Edad:23</b>			
<b>resultado 1</b>	<b>resultado 2</b>	<b>resultado 3</b>	<b>resultado 4</b>
<b>descripción</b>	<b>descripción</b>	<b>descripción</b>	<b>descripción</b>
<b>idea de mobiliario publico</b>	idea de objetos para comer de niños	idea de asiento y juego	propuesta de rocola
			

**análisis general calidad alta, cantidad 12 propuestas, 2 propuestas en**

Promedio de tiempo por propuesta		5 min
<b>resultado 5</b>	<b>resultado 6</b>	<b>resultado 7</b>
<b>descripción</b>	<b>descripción</b>	<b>descripción</b>
idea de espejo tocador, y cajonero	asociación con un bote	propuesta de sala de museo
		
la 1, 2, 3, 5, 6, viabilidad media, novedad alta.		

**Tabla 7.** Resultados aplicación de herramienta.

## ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Al momento de tomar los patrones como referentes, el común denominador se asocia a la forma, a la estética y no a la función que estos enmarcan.

La función más aplicada en los resultados de la herramienta fueron objetos contenedores, objetos de mobiliario público, mobiliario del hogar y luminarias, también se evidencian objetos en telas que se pueden estructurar para mantener formas, como por ejemplo el techo y el domo, otro ejemplo son las lámparas.

Algunos optaron por realizar propuestas definidas, y realizando unas propuestas donde se evidencia con claridad el patrón, en la figura 19. (j) son elementos simples y con baja intervención de la forma pero aun así con resultados tridimensionales.

Al momento de tomar los patrones como referentes, el común denominador de las personas asocia estos a la estética y no a la función que estos enmarcan.

Los patrones de mayor complejidad o compuestos por ondas fueron aquellos que más dificultad presentan en las personas para el momento de la creación.

Al momento de realizar un análisis de las propuestas hechas por el grupo focal se evidencia que las personas optan por hacer propuestas, la mayoría no asocia, pero si imagina, haciendo de esta herramienta un objeto creativo, se evidencia una variedad muy diferente de objetos, entre ellos: butacos, lámparas, ropa, sillas, mobiliario modular, entre otros, por otro lado, las personas decidieron optar algunos por la asociación directa a la función, a la que se enmarca geoméricamente el patrón. Los patrones con mayor cantidad de aplicaciones bidimensionales fueron aquellos generados por el policarbonato rugoso, respectivamente el numeral 7 y 8 de la herramienta.



## 7 CONCLUSIONES

Gracias a la aproximación empírica al proyecto y la carencia teórica plasmada alrededor del fenómeno ondulatorio, se logró un acercamiento completo a la cimática, que abarca desde la lógica física que lo hace posible y visible hasta los materiales que potencian su riqueza y diversidad observable en los patrones formales.

De acuerdo a lo anterior, se llegó a la conclusión de que la combinación sustrato base y material granulado es la que brinda la calidad de resultado en cuanto a nitidez del patrón; de acuerdo a la experimentación se hallaron dos combinaciones óptimas, lámina de poliestireno y lamina de policarbonato cada uno con arena de fundición como material granulado. Se descartó la base de zinc ya que transmite las vibraciones más fuerte, al ser tan delgada causó que el material granulado se saliera por los lados de esta, además, no permitió evidenciar la cimática claramente. Con la lámina cold rolled, sucedió lo contrario al ser más rígida, las vibraciones no se trasmitían lo suficiente como para generar patrones, lo que hizo que tampoco se evidenciara el fenómeno cimático. Al pasar a la lámina de poliestireno, se evidencio que transmitía mejor la vibración sin pandearse, el material granulado fino permitió evidenciar como se acomodaba en los puntos nodales donde la placa no recibe la onda, posterior a esto se utilizó el policarbonato como base con un lado texturizado en una de sus caras, se notó un cambio de patrón en las mismas frecuencias, es decir: la misma frecuencia aplicada al policarbonato y al poliestireno, dieron diferentes resultados, pero al igual que el poliestireno el efecto que dio fue claro.

En conclusión los patrones generados por las vibraciones del sonido, fenómeno descrito como cimática, presentan diferencias en su morfología y simetría según el sustrato base donde se genere el patrón; los patrones que presentan simetrías radiales se generaron sobre la lámina de poliestireno, estas resultaron con características más circulares con mayores uniones entre las partes del mismo patrón, por otro lado, los patrones generados sobre la lámina de policarbonato texturizado presentaron patrones en forma de rejilla dispuesto de manera lineal; resaltando la posibilidad de aumentar el repertorio a través de la utilización y experimentación de diferentes materiales.

Por otro lado los patrones obtenidos permiten enmarcarse en funciones de ciertas formas geométricas, como son: círculo, sección de círculo, ondas sinuosas y serpenteantes; posibilitando de entrada que los patrones sean aplicables en ámbitos del diseño, como herramienta para la búsqueda de la forma, pero además al ser entregados al grupo focal, se demostró en una primera instancia, que nutre la creatividad al ser método de inspiración no convencional para el proceso de ideación, asociación o de propuestas de diseño.

También resultó que la herramienta es de utilidad para la generación y transformación de la forma, al trabajar la espacialidad y desarrollo cognitivo del diseñador que se somete a convertir un plano 2d (patrón) a un plano 3d, con aplicabilidad en diseño industrial.

Finalmente, gracias a la variedad de propuestas presentada con relación a otras disciplinas, se dedujo que la herramienta tiene aplicabilidad en otros campos como; el diseño de vestuario, de espacios, diseño de mobiliario público y privado, de luminarias, de estructuras arquitectónicas, objetos cerámicos, entre otros, estos patrones gracias a su composición geométrica y a sus curvaturas aporta a los objetos diseñados ciertas características futuristas.

Como conclusión, en cuanto al lugar donde se aplicó la herramienta al grupo focal, se evidenció que el espacio fue adecuado, ya que es un lugar tranquilo, es un espacio abierto, pero no reciben estímulos externos, con respecto a la elección del lugar fue positiva la decisión porque los estudiantes no se sentían en un proceso académico, lo que influyó positivamente en los resultados y la variedad de objetos, eso se dedujo por los testimonios verbales de la mayoría que transmitieron al acabar la prueba

Gran parte del grupo, se manifestó receptivo y dispuesto a aplicar la herramienta, pero por cuestión de tiempo manifestaron verbalmente que se les dificultaba un poco proponer objetos novedosos, funcional y formalmente por lo que optaban por asociar, pero aun así sus asociaciones resultaban con cierta forma diferente a los objetos convencionales con los que lo asociaban.

En cuanto a resultados de la herramienta, se evidencio que son más propuestas e ideas de diseño ricas funcional y estéticamente, demostrando novedad morfológica pero, poca viabilidad de producción, y con respecto a las asociaciones, los estudiantes optaron por asociar ciertos patrones con elementos de la naturaleza, como flores, ojos, hongos, movimiento de agua, así se les explicara que solo eran objetos de diseño, demostraron que estos patrones tienen cierta complejidad para ser implementados en proceso creativo de ideación

Conclusiones de resultados por patrón.

Patrón 1. En este patrón se evidencia un predominio de diseños, ideas y asociaciones enfocados al mobiliario, público y privado que en su mayoría son inspirados en el patrón.

Patrón 2. Los resultados de este patrón resultaron en una variedad muy amplia, desde juguetes para niños hasta engranajes, lámparas, jarras rines... pero hay una inclinación hacia los engranajes en ejes y luminarias

Patrón 3. En este patrón los resultados fueron totalmente variables, evidenciamos, techos, sombrillas, brocas, tornillos estrellas ninja, chalecos antibalas, mobiliario, trompos, pero en si hay una leve inclinación hacia el diseño de mobiliario ya que hay 4 resultados con esta característica.

Patrón 4. Los resultados de este patrón evidencian una tendencia hacia el diseño de mobiliario público y privado, aquí se evidencia un patrón de asociación e ideación semejante en la mayoría de participantes, lo interesante también es que son inspirados y no literales.

Patrón 5. Estos resultados demuestran que no hay un consenso o una tendencia hacia algún tipo de objeto o categoría de objetos, ya que hay un flotador salvavidas, mobiliario (asiento), cámara, utensilios de cocina, entre otros, además tienen cierta literalidad cada diseño y también hay una asociación que se repitió y fue asociar el patrón con un ojo, o con contenido visual.

Patrón 6. Los resultados de aquí son interesantes, están en si enfocados por 4 participantes, los que se encaminan hacia indumentaria, y el diseño de marroquinería, por ejemplo los dos bolsos que propusieron, pero además hay otros objetos con posibilidad de movimiento, lo que indica que las funciones en la herramienta sirvieron para inspirar las ideas las propuestas y las asociaciones.

Patrón 7. En este patrón claramente hay un indicador de literalidad, lo que indica que posiblemente es uno de los patrones en los cuales tuvieron más dificultad para generar ideas novedosas, se evidencian, 2 asociaciones con texturas, 3 asociaciones con bigas de contención, hay redes, rejillas y demás evidencia un patrón que poco inspira novedad para productos de diseño.

## 8. REFERENCIAS

*4th international Csound Conference 29.* (2017).

Arce, M. (2011). *Cimática: las formas e imágenes del sonido, una aproximación desde la experiencia personal.*

Chao, W. I. (diciembre de 2016). Patrones geométricos artísticos en taiwán y la amazonia peruana. Salamanca.

Chladni. (1802). *Die Akustik.*

Chladni, E. (1787). *Los descubrimientos en la teoría del sonido.*

Chladni, E. F. (1776). *Ralf Tita Lebendiges Erfassen der Welt.*

Elsie Maria Arbelaez, E. P. (2010). Generación y transformación de la forma. Medellín.

Ever Patiño, D. a. (2017). Proceso Generativo de Texturas Paramétricas, Bioinspiradas: Modelo metodológico de experimentación. Concepción, Chile.

Galilei, G. (1632). *Diálogo sobre los principales sistemas del mundo.*

Llados, F. I. (2013). *Cimática como herramienta artística.*

Losada, R. (2008). *Pequeños terremotos.*

Maria Alfonso Moro, A. G. (s.f.). *Placas de Chladni.*

Martínez, C. R. (2017). *Construcción e implementación de una propuesta didáctica para la enseñanza de las ondas mecánicas en el centro interactivo Maloka.* Bogotá.

Quiñonez, A. (2012). *Matemáticas. Formas patrones y relaciones, en actividades cotidianas.* Guatemala.

Rodríguez, L. N. (2017). *"Diseño de un banco vibro métrico de medida de ondas flexurales de placas delgadas"*. Gandia.

Ruiz, C. (2013). *Visualización de ondas estacionarias a través de las figuras de Chladni.*

Sánchez, J. P. (2016). *100cias@uned Taller y laboratorio, experimentos científicos mágicos .*

*Soundings a contemporary score.* (s.f.).

Szala paj, P. (2014). *Contemporary architecture and the digital design process* routledge.

T.D, R. (1982). *Chladni's Law for vibrating plates.*

UV Sand Resonance Experiment. (2016).

Wong, W. (1979). *Fundamentos de diseño.*

## 10. ANEXOS

A continuación, anexamos una tabla que representa el protocolo para la exploración de formas a través de los patrones de Chladni, basado en la teoría de generación y transformación de la forma y sus funciones por naturaleza., el análisis de caracterización formal y los resultados de la herramienta aplicada al grupo focal.



Herramienta de  
ideación con su respo



Resultados y análisis  
de la herramienta apli



Evidencia del grupo  
focal y la herramienta



Análisis y  
caracterización forma

# **Cimática y su posible aplicación al diseño industrial.**

*Luis Felipe Bustamante <sup>1</sup>, Valentina Ochoa  
camacho <sup>1</sup>*

Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia.

[luis.bustamante@upb.edu.co](mailto:luis.bustamante@upb.edu.co) [valentina.ochoa@upb.edu.co](mailto:valentina.ochoa@upb.edu.co)

## **Resumen**

Esta investigación plantea una indagación basada en la generación y transformación de la forma a partir del fenómeno físico de la cimática y como los resultados arrojados por el acercamiento y experimentación empírica con el fenómeno pueden ser empleados como metodología creativa en el diseño de producto; primero evidenciando que es cimática, como se da el fenómeno y como por medio de este se obtienen patrones de los cuales el diseñador puede inspirarse y guiarse en el desarrollo y búsqueda de la forma y sus posibles funciones; siendo la generación de la forma, dentro del proceso de diseño, uno de los aspectos más complejos y confusos, donde el diseñador debe integrar de manera simultánea soluciones a requerimientos técnicos, estéticos, funcionales y productivos. Se presenta la cimática como técnica para generar ideas no convencionales, donde primero se desarrolla un proceso de comprensión del fenómeno, su clasificación y posterior representación geométrica aplicada a una herramienta final de ideación.

## **Abstract**

This investigation raises an inquiry based on the forms generation and transformation starting from results produced by the cymatics experimentation, showing what it is cymatic, how the phenomenon occurs, also as through the phenomenon you can obtain geometric patterns that contribute as a trigger for the identification of possible functions thereof through forms for association; being the generation of the form, within the design process, one of the most complex and confusing aspects, since the designer must integrate simultaneously solutions to technical, aesthetic, functional and productive requirements, cymatics is presented as a technique to generate ideas, this as a result of a process of understanding the phenomenon of cymatics, the classification and geometric representation of their patterns applied to a tool of form transformation. To reach these patterns, a frequency generator was developed to which a single-axis base surface was installed for the implementation of particulate material which was subjected to vibrations and it produced different patterns that served as the base for the methodology for the industrial design to support the transformation of the form, finding that the designer with the focus group tool was mainly based on the aesthetics of the pattern and that his experience refers to the similarity to the forms presented leaving behind the association of the function of the form consigned in the tool.

**Palabras Clave:** *Cimática, diseño industrial, geometría, patrones.*

# 1 INTRODUCCIÓN

Al pasar los años Chladni, deseando comprender el comportamiento de las ondas sonoras, descubre que este fenómeno genera ciertos patrones geométricos (figuras de Chladni); sus experimentos demostraron que al poner polvos finos como la arena o sal sobre una lámina que esté sometida a vibraciones de ondas acústicas en frecuencias puras, estos se dispondrán en ciertos puntos de la lámina formando patrones específicos dependiendo de la frecuencia.

La cimática se entiende como la relación entre el sonido, la forma y la imagen; ciencia que ha sido empleada para el proceso de creación de figuras geométricas, estudiando los patrones producidos por las vibraciones de los cuerpos, en los que pueden aparecer imágenes regulares o irregulares (Arce M, 2011).

En este trabajo se abordan la cimática y los factores que hacen del fenómeno ondulatorio una oportunidad para la inspiración formal en el diseño industrial. Hasta el momento este fenómeno ha sido estudiado para entender qué es, cómo se genera y cuáles son sus parámetros, además se ha utilizado para afinar instrumentos de percusión, en medicina alternativa y en experiencias artísticas, pero no se ha abordado sus posibles aplicaciones en diseño industrial, a través del uso y modificación de los patrones que se pueden obtener con esta técnica.

Según la teoría sobre las simetrías radiales aplicada en el experimento de Chladni, se evidencia que este tipo de repetición en la cual las formas giran alrededor de un centro imaginario, ocasiona que la forma resultante se perciba visualmente ordenada, siguiendo una lógica de construcción equilibrada, en este caso por las vibraciones sonoras, que genera una acomodación de un material granulado en los puntos nodales de la placa, es decir donde esta no se encuentra en estado vibratorio. Los diseños geométricos pueden entenderse como módulos representados por formas similares que unifican el diseño y el método más fácil de emplearlos es a través de la repetición de figura, tamaño, color, textura, dirección, posición, espacio, entre otros, Wong (1979). Buscando llevar estos patrones estables en un campo bidimensional a un plano tridimensional, entidades como ADMC (Asian Digital Modeling Contest) fomentan la innovación formal al crear concursos de modelación digital compleja con posible impresión en máquinas 3D. Chladni Towers, proyecto presentado en el concurso, fue finalista de ADMC catalogue 2017, al emplear las figuras de Chladni como base para la creación de formas no convencionales al extrudir los patrones.

El objetivo de este trabajo está orientado a generar un repertorio de patrones geométricos a través de la cimática y realizar su respectiva caracterización morfológica basada en formas sinuosas, circulares, óvalos, ondulatorias la identificación de su respectiva frecuencia, clasificación según en la figura que se enmarque, clasificación por simetría, repeticiones radiales y axiales (Hz), para posteriormente usarlos como referentes para la ideación en el proceso de diseño, lo anterior aplicado a una herramienta que enmarca el patrón dentro de su posible función inspirada en la geometrías básicas naturales.

## 2. METODOLOGÍA

Para obtener las geometrías planteadas es necesario tener un generador de ondas, el cual fue construido con un parlante para autos que es conectado a una planta de sonido y se le adapta una

tapa cilíndrica perforada en el centro a esta se le acopla un eje compuesto por tornillo y tuerca el cual ancla la lámina base al parlante permitiendo que esta reciba las ondas directamente, posteriormente se conectó un dispositivo celular a la planta para apoyarse en una aplicación de generación de frecuencias controladas.

## **2.1 Identificación de sustratos base, selección de material granulado, Aplicación de frecuencias**

Con el fin de identificar en cual se presentan más claros los patrones se utilizaron 4 diferentes materiales: acero cold rolled, zinc, policarbonato y poliestireno. El área de la superficie de los materiales fue de 35 x 50 cm, y espesores de 1 mm, 0.25, 1.5 y 2 mm para el acero *cold rolled*, el zinc, el policarbonato y el poliestireno, respectivamente. Adicionalmente, se utilizaron diferentes materiales granulados, los materiales empleados son, la sal y la arena de fundición. Lo anterior con el fin de identificar el tipo de grano que responda a las vibraciones de las ondas de una manera más controlada y clara en la manifestación del patrón.

### **Clasificación de patrones**

Para la generación de los patrones se realizó la aplicación de frecuencias en un rango desde 1 Hz a 22.000 Hz. Luego de aplicar la frecuencia a las diferentes combinaciones de sustrato y material granulado, se procede al registro fotográfico de cada patrón o módulo obtenido por medio de las vibraciones. Una vez identificada la frecuencia y obtenido el patrón se procedió a analizar el tipo de simetrías presentes en ellos, la geometría que componen los patrones, formas esferoides, ondas, formas sinuosas, serpenteantes, que ya han sido estudiadas y analizadas por Arbeláez y Patiño (2010) a las cuales le dieron ciertas funciones que al relacionarlas con las características de los patrones obtenidos brinda una guía de posibles aplicaciones a partir de las geometrías que los componen.

Estas serán especificadas en la herramienta de diseño.

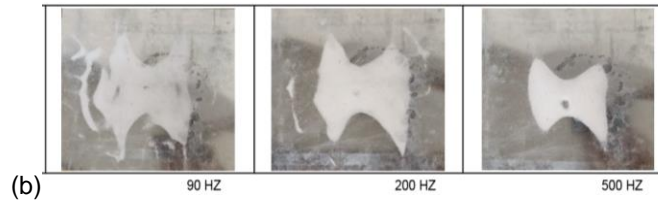
## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Ensayos 1 y 2 - Material Granulado: Sal, sobre lamina de acero cold rolled (a), y sal sobre lamina de zinc (b)



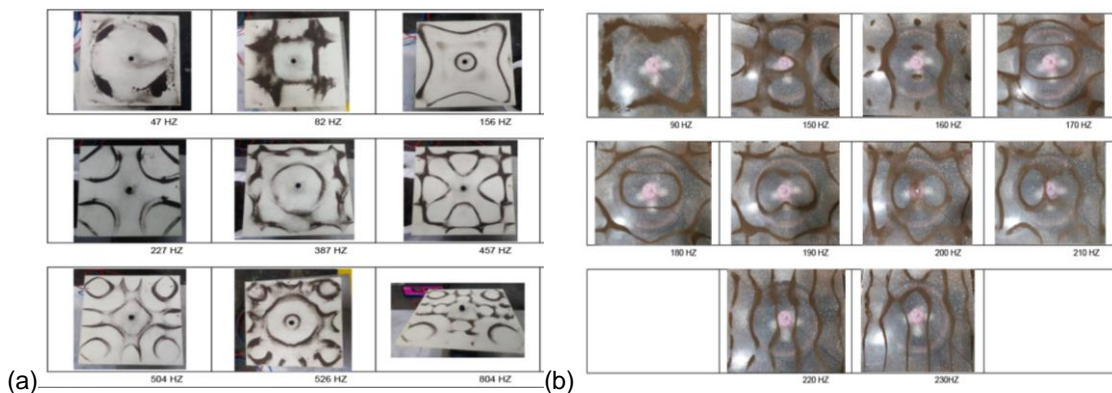




**Tabla 1.** Ensayos 1 y 2, patrones generados en las láminas de acero 1mm (a) y la lámina de zinc 0,25mm (b) como base para material particulado.

Resultado (a) de la figura 16, en la lámina zinc se evidenció un solo patrón que se definía progresivamente al aumentar los Hz aplicados a la superficie. Resultado (b) Al usar la lámina de acero CR evidenciamos que las frecuencias sonoras sobre dicho material no genera patrones o módulos definidos ya que es demasiado delgada por ende las vibraciones causadas en ella generan grandes oscilaciones evitando que el material, en este caso la sal, se ubique en los puntos nodales donde la lámina no vibra; desbordando gran cantidad de las partículas fuera de la superficie.

Ensayo 3 y 4 - Material granulado: arena de fundición sobre poliestireno, y sobre policarbonato texturizado

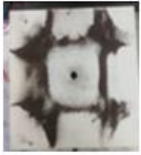




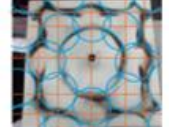


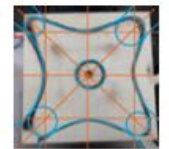




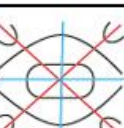
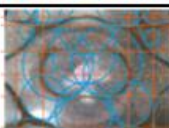

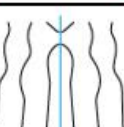
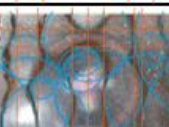

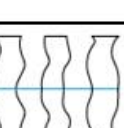



**Tabla 2.** Ensayo 3 y 4, patrones generados en las láminas de poliestireno 2 mm (a) y lámina de policarbonato irregular 1,5 mm (b) como base para material particulado. Para mayor claridad ir a anexos

Al usar la lámina de poliestireno y el material granulado, en este caso arena de fundición, evidenciamos que las ondas sobre la lámina se propagan de una manera más clara ya que, al no ser tan delgada no oscila con tanta fuerza como las láminas metálicas lo que permitió que la arena se ubicara con mayor claridad en los puntos nodales, generando así los patrones o módulos claros respectivos de cada frecuencia. En la lámina de policarbonato, la cual tiene dos tipos de texturas, una lisa y otra rugosa, se evidenció que las ondas sobre esta lámina se propagan de una manera similar a la lámina de poliestireno presentando patrones claros, este procedimiento se realizó con la cara rugosa hacia abajo. Teniendo en cuenta lo anterior se aplicó frecuencias similares en la lámina de policarbonato con respecto a las frecuencias del ensayo 3; esta superficie arrojó resultados diferentes, algunos sin simetría radial y con elementos dispuestos de manera lineal, no inscritos en una figura geométrica como se muestra en los patrones generados sobre el poliestireno.

Esto es causado porque esta lámina de policarbonato, al tener una superficie rugosa, hace que las vibraciones se dispersen de manera diferente.

### 3.1 Análisis de simetrías y caracterización formal

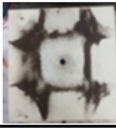



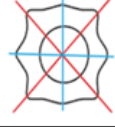


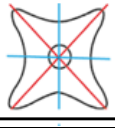

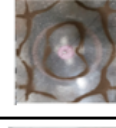
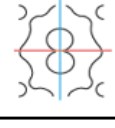

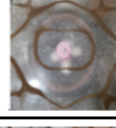
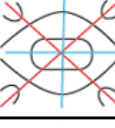


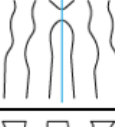




Forma	Frecuencia	Tipo de Simetría	Evidencia simetría	caracterización de patrones según sus formas constructivas	Función según la forma constructiva
	82 HZ	AXIAL Y RADIAL			<b>secciones de círculo o arco:</b> soportar cargas, ahorrar información, repetición.
	387 HZ	AXIAL Y RADIAL			<b>elipses y ondas:</b> auto organizar, ocupar espacio, proteger.
	156 HZ	AXIAL Y RADIAL			<b>circulos secciones de círculo:</b> concentrar, defender.
	190 HZ	AXIAL			<b>elipses y ondas:</b> autoorganizar, ocupar espacio, desplazar, mover.
	180 HZ	AXIAL Y RADIAL			<b>arcos, elipses y secciones de círculo:</b> proteger, contener, independizar, estabilizar estructuras, desplazar, autodefender
	230 HZ	AXIAL			<b>onadas:</b> transportar, desplazar, mover
	220 HZ	AXIAL			<b>ondas formas sinuosas y serpenteantes:</b> comunicar, desplazar, mover y ocupar el espacio

**Tabla 3.** Análisis y caracterización de patrones según su forma, y tipo de simetrías.

Esta tabla corresponde al análisis de simetrías y de formas constructivas, en su mayoría están compuestos por elipses y secciones de círculos, formas sinuosas, ondas y serpenteante de cada patrón, a las cuales se les dio unas funciones según su composición formal, estas funciones están especificadas en la tabla anterior el resto del análisis de todos los patrones se encuentra en anexos.

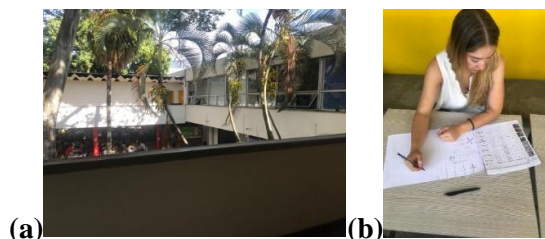
### 3.2 Herramienta de ideación, asociación o propuesta de diseño aplicada con grupo focal

Esta herramienta será aplicada a un grupo de estudiantes de diseño industrial, entre 20 y 24 años con la posibilidad de que sea diseño libre en cuanto a la idea, propuesta o asociación que resulte del patrón respectivo; tendrán un límite de tiempo de 5 min por patrón. La herramienta se aplicara en un lugar abierto y tranquilo, se aplicara individualmente, con el fin de no generar distracciones en la persona, no podrá tener nada más que su lápiz y su borrador

Herramienta para identificación de posibles funciones de los patrones de Chladni					
Nombre del participante:					
Estudiante:		Edad:			
Forma	Frecuencia	Tipo de Simetría	Evidencia simetría	Representación gráfica	Función según la forma
	82 HZ	AXIAL Y RADIAL			<b>secciones de círculo o arco:</b> soportar cargas, ahorrar información, repetición.
	387 HZ	AXIAL Y RADIAL			<b>elipses y ondas:</b> auto organizar, ocupar espacio, proteger.
	156 HZ	AXIAL Y RADIAL			<b>circulos secciones de círculo:</b> concentrar, defender.
	190 HZ	AXIAL			<b>elipses y ondas:</b> autoorganizar, ocupar espacio, desplazar, mover.
	180 HZ	AXIAL Y RADIAL			<b>arcos, elipses y secciones de círculo:</b> proteger, contener, independizar, estabilizar estructuras, desplazar, autodefender
	230 HZ	AXIAL			<b>ramificaciones:</b> transportar, rellenar el espacio, minimizar dilatar,
	220 HZ	AXIAL			<b>ondas formas sinuosas y serpenteantes:</b> comunicar, desplazar, mover y ocupar el espacio

**Tabla 4.** Formato para herramienta aplicada a grupo focal.

### Contexto de aplicación y condiciones del espacio donde se aplicó la herramienta



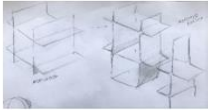



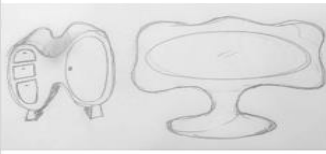
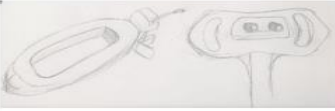
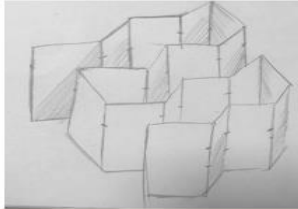
(a)

(b)

**Figura 2.** (a) Contexto, (b) condiciones de los integrantes del grupo focal.  
(b) Juliana pareja, participante de la investigación.

### Resultados de la herramienta aplicada.

Los resultados completos se presentan en anexos y el análisis de los resultados en conclusiones.

<b>Participante</b>	Camila Aguirre		<b>Duración prueba</b>	35 min
<b>Edad:23</b>				
<b>resultado 1</b>	<b>resultado 2</b>	<b>resultado 3</b>	<b>resultado 4</b>	
<b>descripción</b>	<b>descripción</b>	<b>descripción</b>	<b>descripción</b>	
idea de mobiliario publico	idea de objetos para comer de niños	idea de asiento y juego	propuesta de rocola	
				
análisis general calidad alta, cantidad 12 propuestas, 2 propuestas en				
<b>Promedio de tiempo por propuesta</b>			5 min	
<b>resultado 5</b>	<b>resultado 6</b>	<b>resultado 7</b>		
<b>descripción</b>	<b>descripción</b>	<b>descripción</b>		
idea de espejo tocador, y cajonero	asociación con un bote	propuesta de sala de museo		
				
la 1, 2, 3, 5, 6, viabilidad media, novedad alta.				

**Tabla 5.** 1 resultado de 13 participantes, analizado desde la viabilidad, la novedad, la cantidad

### Análisis de la Información

Al momento de tomar los patrones como referentes, el común denominador de las personas asocia estos a la estética y no a la función que estos enmarcan.

Los patrones de mayor complejidad o compuestos por ondas fueron aquellos que más dificultad presentan en las personas para el momento de la creación.

Al momento de realizar un análisis de las propuestas hechas por el grupo focal se evidencia que las personas optan por hacer propuestas, la mayoría no asocia, pero si imagina, haciendo de esta herramienta un objeto creativo, se evidencia una variedad muy diferente de objetos, entre ellos: butacos, lámparas, ropa, sillas, mobiliario modular, entre otros, por otro lado, las personas decidieron optar algunos por la asociación directa a la función, a la que se enmarca geoméricamente el patrón.

Los patrones con mayor cantidad de aplicaciones bidimensionales fueron aquellos generados por el policarbonato rugoso, respectivamente el numeral 7 y 8 de la herramienta.

#### **4. CONCLUSIONES**

Gracias a la aproximación empírica al proyecto y la carencia teórica plasmada alrededor del fenómeno ondulatorio, se logró un acercamiento completo a la cimática, que abarca desde la lógica física que lo hace posible y visible hasta los materiales que potencian su riqueza y diversidad observable en los patrones formales.

De acuerdo a lo anterior, se llegó a la conclusión de que la combinación sustrato base y material granulado es la que brinda la calidad de resultado en cuanto a nitidez del patrón; de acuerdo a la experimentación se hallaron dos combinaciones óptimas, lámina de poliestireno y lamina de policarbonato cada uno con arena de fundición como material granulado. Se descartó la base de zinc ya que transmite las vibraciones más fuerte, al ser tan delgada causó que el material granulado se saliera por los lados de esta, además, no permitió evidenciar la cimática claramente. Con la lámina cold rolled, sucedió lo contrario al ser más rígida, las vibraciones no se transmitían lo suficiente como para generar patrones, lo que hizo que tampoco se evidenciara el fenómeno cimático. Al pasar a la lámina de poliestireno, se evidencio que transmitía mejor la vibración sin pandearse, el material granulado fino permitió evidenciar como se acomodaba en los puntos nodales donde la placa no recibe la onda, posterior a esto se utilizó el policarbonato como base con un lado texturizado en una de sus caras, se notó un cambio de patrón en las mismas frecuencias, es decir: la misma frecuencia aplicada al policarbonato y al poliestireno, dieron diferentes resultados, pero al igual que el poliestireno el efecto que dio fue claro.

En conclusión los patrones generados por las vibraciones del sonido, fenómeno descrito como cimática, presentan diferencias en su morfología y simetría según el sustrato base donde se genere el patrón; los patrones que presentan simetrías radiales se generaron sobre la lámina de poliestireno, estas resultaron con características más circulares con mayores uniones entre las partes del mismo patrón, por otro lado, los patrones generados sobre la lámina de policarbonato texturizado presentaron patrones en forma de rejilla dispuesto de manera lineal; resaltando la posibilidad de aumentar el repertorio a través de la utilización y experimentación de diferentes materiales.

Por otro lado los patrones obtenidos permiten enmarcarse en funciones de ciertas formas geométricas, como son: círculo, sección de círculo, ondas sinuosas y serpenteantes; posibilitando de entrada que los patrones sean aplicables en ámbitos del diseño, como herramienta para la

búsqueda de la forma, pero además al ser entregados al grupo focal, se demostró en una primera instancia, que nutre la creatividad al ser método de inspiración no convencional para el proceso de ideación, asociación o de propuestas de diseño.

También resultó que la herramienta es de utilidad para la generación y transformación de la forma, al trabajar la espacialidad y desarrollo cognitivo del diseñador que se somete a convertir un plano 2d (patrón) a un plano 3d, con aplicabilidad en diseño industrial.

Finalmente, gracias a la variedad de propuestas presentada con relación a otras disciplinas, se dedujo que la herramienta tiene aplicabilidad en otros campos como; el diseño de vestuario, de espacios, diseño de mobiliario público y privado, de luminarias, de estructuras arquitectónicas, objetos cerámicos, entre otros, estos patrones gracias a su composición geométrica y a sus curvaturas aporta a los objetos diseñados ciertas características futuristas.

Como conclusión, en cuanto al lugar donde se aplicó la herramienta al grupo focal, se evidenció que el espacio fue adecuado, ya que es un lugar tranquilo, es un espacio abierto, pero no reciben estímulos externos, con respecto a la elección del lugar fue positiva la decisión porque los estudiantes no se sentían en un proceso académico, lo que influyó positivamente en los resultados y la variedad de objetos, eso se dedujo por los testimonios verbales de la mayoría que transmitieron al acabar la prueba

Gran parte del grupo, se manifestó receptivo y dispuesto a aplicar la herramienta, pero por cuestión de tiempo manifestaron verbalmente que se les dificultaba un poco proponer objetos novedosos, funcional y formalmente por lo que optaban por asociar, pero aun así sus asociaciones resultaban con cierta forma diferente a los objetos convencionales con los que lo asociaban.

En cuanto a resultados de la herramienta, se evidencio que son más propuestas e ideas de diseño ricas funcional y estéticamente, demostrando novedad morfológica pero, poca viabilidad de producción, y con respecto a las asociaciones, los estudiantes optaron por asociar ciertos patrones con elementos de la naturaleza, como flores, ojos, hongos, movimiento de agua, así se les explicara que solo eran objetos de diseño, demostraron que estos patrones tienen cierta complejidad para ser implementados en proceso creativo de ideación

### **Conclusiones de resultados por patrón.**

Patrón 1. En este patrón se evidencia un predominio de diseños, ideas y asociaciones enfocados al mobiliario, público y privado que en su mayoría son inspirados en el patrón.

Patrón 2. Los resultados de este patrón resultaron en una variedad muy amplia, desde juguetes para niños hasta engranajes, lámparas, jarras rines... pero hay una inclinación hacia los engranajes en ejes y luminarias

Patrón 3. En este patrón los resultados fueron totalmente variables, evidenciamos, techos, sombrillas, brocas, tornillos estrellas ninja, chalecos antibalas, mobiliario, trompos, pero en si hay una leve inclinación hacia el diseño de mobiliario ya que hay 4 resultados con esta característica.

Patrón 4. Los resultados de este patrón evidencian una tendencia hacia el diseño de mobiliario público y privado, aquí se evidencia un patrón de asociación e ideación semejante en la mayoría de participantes, lo interesante también es que son inspirados y no literales.

Patrón 5. Estos resultados demuestran que no hay un consenso o una tendencia hacia algún tipo de objeto o categoría de objetos, ya que hay un flotador salvavidas, mobiliario (asiento), cámara, utensilios de cocina, entre otros, además tienen cierta literalidad cada diseño y también hay una asociación que se repitió y fue asociar el patrón con un ojo, o con contenido visual.

Patrón 6. Los resultados de aquí son interesantes, están en si enfocados por 4 participantes, los que se encaminan hacia indumentaria, y el diseño de marroquinería, por ejemplo los dos bolsos que propusieron, pero además hay otros objetos con posibilidad de movimiento, lo que indica que las funciones en la herramienta sirvieron para inspirar las ideas las propuestas y las asociaciones.

Patrón 7. En este patrón claramente hay un indicador de literalidad, lo que indica que posiblemente es uno de los patrones en los cuales tuvieron más dificultad para generar ideas novedosas, se evidencian, 2 asociaciones con texturas, 3 asociaciones con bigas de contención, hay redes, rejillas y demás evidencia un patrón que poco inspira novedad para productos de diseño.

## 5. ANEXOS



Herramienta de ideación con su respo



Resultados y análisis de la herramienta apl



Evidencia del grupo focal y la herramienta



Análisis y caracterización forma

## 6. REFERENCIAS

- 4th international Csound Conference 29.* (2017). Arce, M. (2011). *Cimática: las formas e imágenes del sonido, una aproximación desde la experiencia personal.*
- Chao, W. I. (diciembre de 2016). Patrones geométricos artísticos en Taiwán y la amazonia peruana. Salamanca.
- Chladni. (1802). *Die Akustik.*
- Chladni, E. (1787). *Los descubrimientos en la teoría del sonido.*
- Chladni, E. F. (1776). *Ralf Tita Lebendiges Erfassen der Welt.*
- Elsie Maria Arbelaez, E. P. (2010). Generación y transformación de la forma. Medellín.
- Ever Patiño, D. a. (2017). Proceso Generativo de Texturas Paramétricas, Bioinspiradas: Modelo metodológico de experimentación. Concepción, Chile.
- Galilei, G. (1632). *Diálogo sobre los principales sistemas del mundo.*
- Llados, F. I. (2013). *Cimática como herramienta artística.*
- Losada, R. (2008). *Pequeños terremotos.*
- Maria Alfonso Moro, A. G. (s.f.). *Placas de Chladni.*
- Martínez, C. R. (2017). *Construcción e implementación de una propuesta didáctica para la enseñanza de las ondas mecánicas en el centro interactivo Maloka.* Bogotá.
- Quiñonez, A. (2012). *Matemáticas. Formas patrones y relaciones, en actividades cotidianas.* Guatemala.
- Rodríguez, L. N. (2017). *"Diseño de un banco vibrométrico de medida de ondas flexurales de placas delgadas"*. Gandía.
- Ruiz, C. (2013). *Visualización de ondas estacionarias a través de las figuras de Chladni.*
- Sánchez, J. P. (2016). *100cias@uned Taller y laboratorio, experimentos científicos mágicos . Soundings a contemporary score.* (s.f.).
- Szalapaj, P. (2014). *Contemporary architecture and the digital design process* Routledge. T.D, R. (1982). *Chladni's Law for vibrating plates.*
- UV Sand Resonance Experiment. (2016).
- Wong, W. (1979). *Fundamentos de diseño.*