



Procesos de búsqueda formal para objetos industriales

Relación de las técnicas de Fabricación Digital –FAB-DIG– con procesos para la
Búsqueda Objetiva de la Forma Física –BOFF–.

INVESTIGADORES:

Laura Mesa Pulgarín

Miguel Vélez Marín

Juan José Londoño

Susana Montoya Vega

ASESORES:

Andrés Hernando Valencia Escobar

Natalia Trujillo Garcés

17/02/2012

A partir de la definición de Tomás Maldonado del Diseño Industrial una de las funciones es “determinar las propiedades formales”; se parte de esto para estudiar desde la Búsqueda Objetiva de la Forma, representaciones formales con gran valor en el momento de proyectación objetual; que pudieran ser reproducidas por otros procesos serializados.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	8
Validez del estudio en el contexto del Diseño Industrial	8
Oportunidades para el desarrollo de nuevos productos	9
BÚSQUEDA OBJETIVA DE LA FORMA FÍSICA	11
METODOLOGÍA DE LA BÚSQUEDA OBJETIVA DE LA FORMA FÍSICA	12
MODELO DE BÚSQUEDA EXPERIMENTAL DE LA FORMA	14
EXPONENTES DE LA BÚSQUEDA OBJETIVA DE LA FORMA FÍSICA.....	15
Antonio Gaudí	15
Heinz Isler	16
Frei Otto	16
Línea de Investigación en Morfología Experimental –LIME–	17
University of Technology Eindhoven.....	18
Andrew Kudless.....	20
Avanto Architects / Ville Hara and Anu Puustinen.....	21
ReForma Lab.....	22
EXPERIMENTACIONES DE BÚSQUEDA OBJETIVA DE LA FORMA FÍSICA.....	24
Cambios por humedad	24
Cambios por humedad II	25
Tejido de láminas flexibles	26
Superficie expandible	27
Superficie laminar conectada.....	27
Superficie arrugada	28
Material flexible tensado en marcos abatibles	30
Material flexible conectado	31
Textil madera.....	32
Fibras Agregadas	33
Cuerpos Porosos.....	35
Material flexible tensado en marcos.....	35
Material flexible tubular.....	36
Transformación por tracción de sustancias viscosas	37

Materiales flexibles suspendidos y tensionados.....	37
Vaciado de material a presión.....	38
Vaciado de material a presión II.....	39
Estructuras Superficiales.....	39
Compresión de Bastones de material rígido.....	40
Tiras de material flexible intersectadas.....	41
Superficies fibrosas.....	42
Membranas rigidizadas.....	43
Transformación Películas Plásticas.....	44
Transformación Películas Plásticas II.....	45
Rigidización de Membranas.....	46
Rigidización por vacío.....	47
Concreto en moldes flexibles.....	48
Crecimiento de espumas.....	50
Solidificación de sustancias.....	51
Deformación por Compresión.....	51
Partículas metálicas y magnetismo.....	52
Espumas metálicas.....	53
Películas con burbujas de jabón.....	54
Construcciones neumáticas.....	56
Textiles texturizados.....	57
Agregados de gránulos.....	58
LA EXPERIMENTACIÓN DE LA BÚSQUEDA OBJETIVA DE LA FORMA FÍSICA.....	59
TIPOLOGÍAS DE BÚSQUEDA OBJETIVA DE LA FORMA FÍSICA.....	62
TRANSFORMABLES.....	62
EXPERIMENTACIONES CON RESULTADOS POROSOS.....	70
EXPERIMENTACIONES CON OTROS TIPOS DE RESULTADOS.....	75
POTENCIAL DE LAS TÉCNICAS DE LA BÚSQUEDA OBJETIVA DE LA FORMA FÍSICA –BOFF– PARA EL DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS.....	98
PRODUCTOS INDUSTRIALES PROYECTADOS A PARTIR DE PROCESOS BOFF.....	98
PRODUCTOS INDUSTRIALES A SER PROYECTADOS A PARTIR DE PROCESOS BOFF.....	106
ENTREVISTAS A EXPERTOS.....	113

Mauricio Velázquez	113
Fernando Sierra “Elvis”	115
Ever Patiño Mazo	117
Emulación de principios Naturales.....	117
Juan Esteban Vélez	118
Sebastián Castaño	119
Andrés Aguirre	120
FABRICACIÓN DIGITAL.....	121
EXPONENTES DE LA FABRICACIÓN DIGITAL	122
John Parsons - Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT).....	122
David Williamson.....	122
Frank Gehry	123
Within Technologies.....	123
Freedom of Creation	124
Materialize .MGX.....	124
Nervous System.....	125
TÉCNICAS DE FABRICACIÓN DIGITAL.....	127
Estereolitografía (SLS)	127
Sinterizado selectivo por láser (SLS).....	129
Fresadora de Control Numérico CNC	131
Corte por control numérico computarizado (CNC)	132
Impresoras 3D	134
Contour Crafting.....	135
Corte y mecanizado por láser.....	137
Mecanizado por haz de electrones (EBM)	139
Mecanizado hidrodinámico.....	140
Escáner 3D.....	141
DISEÑO DE LA EXPERIMENTACIÓN BOFF	143
DESARROLLO DE LA EXPERIMENTACIÓN	155
Solidificación de sustancias	155
SS 1/13.....	156
SS 1.2/13.....	157

SS 1.3/13.....	158
SS 1.4/13.....	159
SS 1.5/13.....	160
SS 1.6/13.....	161
SS 1.7/13.....	162
SS 1.8/13.....	163
SS 1.9/13.....	164
SS 1.10/13.....	165
SS 2/13.....	166
SS 3/13.....	167
SS 4/13.....	168
SS 5/13.....	169
SS 6/13.....	170
SS 7/13.....	171
SS 8/13.....	172
SS 9/13.....	173
SS 10/13.....	174
SS 11/13.....	175
SS 12/13.....	176
SS 13/13.....	178
Compresión de cuerpos de material rígido.....	179
CC 1/43.....	180
CC 2/43.....	181
CC 3/43.....	182
CC 4/43.....	183
CC 5/43.....	184
CC 6/43.....	185
CC 7/43.....	186
CC 8/43.....	187
CC 9/43.....	187
CC 13/43.....	188
CC 14/43.....	189

CC 15/43	190
CC 16/43	191
CC 17/43	192
CC 18/43	193
CC 19/43	194
CC 20/43	195
CC 21/43	196
CC 22/43	198
CC 23/43	198
ENCUESTAS.....	199
Encuesta Solidificación de Sustancias (Preguntas 1-10)	200
Encuesta Compresión (Preguntas 11-20).....	205
CONCLUSIONES	211
Cómo las variables afectan la generación de las formas	211
Solidificación de sustancias	211
Cantidad de soporte físico	211
Temperatura del soporte físico.....	211
Distancia de vertimiento del soporte físico	211
Velocidad de inmersión.....	211
Temperatura del fluido receptor	211
Forma de vertimiento	212
Sin soporte	212
Con soporte	212
Fluido receptor en movimiento	212
Compresión de cuerpos de material rígido.....	212
Soporte físico.....	212
Dimensiones	213
Patrones	213
Cómo son percibidas las formas generadas.....	214
Solidificación de Sustancias.....	214
Compresión	214
Cómo se relacionan la BOFF y las FAB-DIG	215

BIBLIOGRAFÍA.....	218
LISTA DE ILUSTRACIONES	228
LISTA DE TABLAS.....	233

INTRODUCCIÓN

Validez del estudio en el contexto del Diseño Industrial

“El diseño industrial es una actividad proyectual que consiste en determinar las propiedades formales – relaciones funcionales y estructurales– de los objetos producidos industrialmente” Tomas Maldonado.

Volviendo al fragmento “determinar las propiedades formales” y teniendo en cuenta que la Búsqueda Objetiva de la Forma es una metodología de obtención de patrones formales, bastante trabajada y avanzada metodológicamente por la Línea de Investigación en Morfología Experimental –LIME–, se opta por estudiar desde ésta, representaciones formales con gran valor morfológico en el momento de la proyectación objetual, que pudieran ser reproducidas por otros procesos de manufactura.

Enfocándose en la meta principal de la temática de investigación Búsqueda Objetiva de la Forma “entender cómo se pueden generar patrones formales convencionales y no convencionales a través de procesos de generación, transformación y optimización experimental de la configuración tridimensional de la materia” (GED - Grupo de Estudios en Diseño, 2010), se obtendrá un acercamiento al objetivo general de este proyecto; donde se busca relacionar la generación formal obtenida por medio de la Búsqueda Objetiva de la Forma Física –BOFF– con la Fabricación Digital –FAB-DIG–. Suponiendo que, una vez validada la relación entre las dos técnicas esto podría llevar directamente a los métodos de fabricación convencional en molde ya que los procesos para la Búsqueda Objetiva de la Forma Física –BOFF– limitan la producción industrial.

Al ser la forma uno de los temas más importantes para un diseñador industrial; éste se debe enfrentar a un proceso de experimentación bajo unos parámetros establecidos, con el fin de estudiar ciertas variables y extraer patrones formales. Esta información se analiza, se parametriza y se genera entonces una biblioteca de formas –patrones–, que se podrían usar luego, para una proyectación objetual. Es en este punto, donde se podría ir más allá y empezar a experimentar las formas obtenidas, con otros procesos; como las técnicas FAB-DIG y analizar los resultados en comparación con los obtenidos a partir de procesos BOFF a través de unas variables y parámetros de relacionamiento establecidos para la evaluación del desempeño formal.

Estudios alrededor de la Búsqueda Objetiva de la Forma Física –BOFF–, se han concentrado en la creación de patrones formales que puedan ser útiles para la proyectación objetual, estudiando formas o líneas repetitivas tanto en la naturaleza como en la experimentación con diversos materiales y técnicas (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009, págs. 123-153), (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009, págs. 162-163), (VÉLEZ & MEJÍA, 2010), (VALENCIA ESCOBAR A. H., 2006), (VALENCIA ESCOBAR A. H., 2009). Si dichos procesos para la Búsqueda Objetiva de la Forma Física –BOFF– buscan impactar lo suficiente al diseño de productos debería buscar una forma de relacionar la experimentación formal a la producción objetual.

Aunque estos estudios han generado gran cantidad de formas útiles para el momento de la proyectación objetual, se quedan cortos en el momento de validar si dichas formas pueden ser reproducidas de manera óptima de forma serializada. Hacen falta entonces procesos de relacionamiento de las formas obtenidas a partir de la Búsqueda Objetiva de la Forma Física –BOFF– a procesos de serialización. Es por esto que este proyecto busca, a partir de las formas obtenidas y de la definición de parámetros y variables de estudio, el relacionamiento de dichas formas a las técnicas de Fabricación Digital –FAB-DIG–. Indagando por el desempeño de la forma obtenida digitalmente, tratando de validar que las formas obtenidas por los procesos de la Búsqueda Objetiva de la Forma Física pueden, sin cambio alguno convertirse en un objeto, producido serializadamente.

En búsqueda de recursos para el diseño, que permitan optimizar la generación, transformación y optimización de la forma, se pretende, desde la LIME aportar una validación del relacionamiento de la BOFF y las FABDIG, en la cual se establezcan los parámetros por medio de los cuales las formas obtenidas por la experimentación puedan ser reproducidas por los procesos de serialización. Para ayudar a lograrlo, es pertinente que la experimentación se realice controlando todas las variables designadas en todo momento y consignando en cada paso las variables analizadas y los resultados obtenidos en una tabla de registro de información. Es de valorar también que debido a los avances tecnológicos se podría, una vez digitalizadas las formas obtenidas por la Búsqueda Objetiva de la Forma Física –BOFF– obtener información valiosa que no da la forma física.

Como se mencionó anteriormente el diseñador industrial estudia la forma, cómo se genera, se transforma y se optimiza; y uno de los métodos más valiosos para la obtención de patrones formales en el diseño, son los procesos para la Búsqueda Objetiva de la Forma Física –BOFF–, ya que por medio de éstos se pueden generar morfologías ricas formalmente a partir de experimentaciones con variables que pueden ser controladas o no. Estos procesos permiten a partir de la experimentación con diversos materiales y la manipulación de ciertas variables físicas o químicas obtener infinitas formas, las cuales pueden ser medidas y valoradas morfológicamente y condensadas en bibliotecas de patrones formales, que luego pueden ser usadas por el proyectista en el desarrollo objetual. Pero es importante no sólo contar con los patrones formales en el momento de diseñar, si no, también contar con la información del desempeño de la forma al ser producida por técnicas convencionales. Es beneficioso entonces para el diseñador que se encuentra proyectando un objeto industrial, encontrar que la forma que desea implementar se puede producir industrialmente a partir de ciertos parámetros de experimentación y digitalización.

El relacionamiento entre las técnicas de Fabricación Digital –FAB-DIG– y los procesos para la Búsqueda Objetiva de la Forma Física –BOFF– presenta características cuantitativas y cualitativas importantes de ser analizadas. Las características cuantitativas se dan bajo parámetros que involucran tanto el desempeño formal como estructural. Las características cualitativas involucran parámetros de percepción estética y del alcance de los propósitos esperados en el diseño del producto.

Para que el relacionamiento entre los procesos para la Búsqueda Objetiva de la Forma Física –BOFF– y las técnicas de Fabricación Digital –FAB-DIG– se dé, se deben procurar en la medida de lo posible el cumplimiento de variables como: igual material e igual tamaño. De no ser así ciertas características de relacionamiento cualitativas podrían no ser validadas. Debería de analizarse para cada caso puntual si se hace completamente necesario evaluar las características relacionadas directamente con el material; o si por el contrario sólo se hacen necesarias las de dimensión y percepción. Una vez materializadas las formas por medio de la BOFF y la FAB-DIG y analizadas las variables de estudio se puede llegar a validar que es posible que las técnicas de Fabricación Digital –FAB-DIG– permitan que las geometrías detalladas a partir de procesos para la Búsqueda Objetiva de la Forma Física –BOFF– puedan serializarse. De ser así, nos encontraremos ante un mundo donde la experimentación formal no tendría limitaciones para la producción Industrial.

“Christopher Alexander defiende que la forma es el fin último del diseño. Si esto es cierto, el estudio y la comprensión que el diseñador adquiera de las formas inmersas en el mundo tridimensional material le permitirán dominar y modificar las morfologías, para adaptarlas y utilizarlas en cualquier problema o proyecto específico de diseño” (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009, pág. 11) .

Oportunidades para el desarrollo de nuevos productos

Como se mencionó anteriormente uno de los métodos más valiosos para la obtención de patrones formales en el diseño son los procesos para la Búsqueda Objetiva de la Forma Física –BOFF–. La experimentación con diversos materiales genera formas que pueden ser relacionadas a usos y funciones

específicos. Anteriormente, se usaba básicamente el patrón formal obtenido como referente de formalización objetual. El desarrollo de esta investigación experimental, y una vez validada la hipótesis donde se espera que sea posible que las técnicas de Fabricación Digital –FAB-DIG– permitan que las geometrías detalladas a partir de procesos para la Búsqueda Objetiva de la Forma Física –BOFF– puedan serializarse; llevaría a que la proyectación objetual tomara no sólo el patrón formal obtenido por la BOFF sino la forma misma aplicada a una función o uso específico.

BÚSQUEDA OBJETIVA DE LA FORMA FÍSICA

El hombre, desde el inicio de los tiempos ha buscado la creación de herramientas y en dicha creación ha aplicado diferentes “referentes conceptuales, morfológicos y funcionales para moldear diferentes tipos de formas culturales” (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009, pág. 166).

La búsqueda experimental de la forma es una metodología de obtención de patrones formales, bastante trabajada y avanzada metodológicamente por la línea de investigación en morfología experimental – LIME– de obtención de patrones formales. La –BOFF– “es de alguna manera estudiar las formas de la naturaleza para llegar a la naturaleza de la forma, extraer sus principios y utilizarlos para optimizar productos” (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009, pág. 167).

Es un proceso de generación y transformación formal, que utiliza algunos principios que emplea la naturaleza en el diseño y producción de la forma, que tiene como fin buscar configuraciones que resulten óptimas tanto desde la estructura, como desde la forma – “optimización que puede ser tomada como eficiencia en la utilización de los recursos, seguridad en las estructuras formales y la máxima calidad estética como resultado del equilibrio visual siempre presente en su construcción” (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009, pág. 166)–. Es en busca de dicha optimización que la fundamentación de la BOFF es la utilización de los principios y fuerzas de la naturaleza de manera intencionada. El modelo toma las propiedades del espacio y las restricciones que le pone la forma y hace uso de fenómenos tanto físicos y químicos como objeto de estudio; logrando a partir de esfuerzos, controlados o no – variables–, la transformación de la forma, adquiriendo ésta nuevas estéticas – buscando la armonía y el equilibrio visual– y características estructurales –buscando eficiencia, configuraciones que resistan bien a las cargas externas–. Las variables pueden ser controladas, pero no se controla la forma lograda.

El modelo como lo mencionan los investigadores de la –LIME– (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009, págs. 166-169), se basa en estudios morfológicos y estructurales del arquitecto Frei Otto, el cual dejaba que la forma fluyera hasta encontrar los caminos de menor resistencia, que casi siempre terminaban siendo formas y configuraciones óptimas estructuralmente, y equilibradas estéticamente.

El proceso tiene una serie de etapas que permiten desarrollar una visión formal limitada por las variables restrictivas. De esta forma el proceso se lleva de la siguiente manera: identificando las variables que definen la forma, definiendo los elementos constitutivos que dan origen a ella, seleccionando los principios de modificación formal y estableciendo las herramientas por medio de las cuales el proceso se lleva a cabo. “El resultado no siempre tendrá las características para convertirse en un producto industrial, sin embargo, de todo experimento el diseñador podrá obtener conocimiento que lo hará cada vez más experto en la técnica experimental” (VALENCIA ESCOBAR A. , 2011, págs. 6-8).

El problema de la generación de la forma y su traducción a procesos productivos lleva a la introducción del concepto de proceso de la forma. Muchas de las formas se presentan en los objetos naturales; en algunos casos, estas formas son bastante complejas, en otros, parecen simples, pero no derivan de ninguna geometría simple. Por esta razón es más fácil nombrarlas por el nombre del proceso de formación.

Dicha información del proceso puede ser por ejemplo, proceso de crecimiento, hinchazón o erosión, fracción, separación, deformación por factores externos, equilibrio de fuerzas internas/externas, entre otros. En algunos casos estos procesos son desarrollados por personas, como procesos artificiales, en la interacción con el material. Los modelos físicos, además de su capacidad de generar una gran variedad de formas, permiten un control del proyecto por parte del diseñador.

METODOLOGÍA DE LA BÚSQUEDA OBJETIVA DE LA FORMA FÍSICA

De acuerdo a los investigadores de la –LIME– para experimentar con la BOFF se requiere como en toda investigación o proyecto de diseño seguir una serie de pasos que permitirán un mayor aprovechamiento del experimento (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009, págs. 167-171) –Ilustración 1: Esquema de la metodología experimental–. La metodología comienza con identificar el objeto de estudio, el cual, puede ser un fenómeno físico o químico, que depende de la función de la forma a generar o de la intención de la exploración.

Una vez identificado el objeto de estudio, el siguiente paso será seleccionar o diseñar la experimentación, que permita generar las formas de acuerdo al objetivo propuesto o como bien lo menciona el profesor Valencia: Experimentar “puede determinar el resultado de un proceso de formalización con el que se quiso romper el paradigma formal (VALENCIA ESCOBAR A. , 2011, págs. 6-8)”;

el diseño de las experimentaciones, se basa en encontrar variables que influyan o varíen significativamente la forma de acuerdo al soporte físico seleccionado como apropiado; dichas variables pueden ser tensión superficial, temperatura, vibración, influencia de sustancias, perturbación sonora, viento, luz, descargas eléctricas, gravedad, magnetismo, cargas mecánicas como tracción, compresión o torsión, y en general, reacciones químicas y físicas.

El siguiente paso es definir las variables a las cuales se someterá la experimentación, las cuales deben ser controladas por el experimentador y dependerán en gran medida de los resultados esperados y de la técnica a implementar. “La única restricción son los requerimientos que tiene el proyecto” (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009, pág. 170). Para la definición de las variables que controlan la forma se debe tener en cuenta que se puede controlar todas las variables, con lo cual se controlan las características finales de la morfología; o se puede controlar sólo algunas de las variables, haciendo que la forma obtenida tenga una dosis de incertidumbre.

Teniendo un objeto de estudio, un experimento seleccionado o diseñado, y unas variables definidas, se podrá proceder a la experimentación. La forma se debe dejar surgir con naturalidad, no se debe restringir. La forma se generará con fluidez como reflejo de las fuerzas que se le administren, de la técnica y de la intuición, la cual junto con la capacidad analítica del investigador deben estar alerta durante el experimento para encontrar sobre la marcha nuevas formas de hacer las cosas y lograr el objetivo. “En la medida en que aumenta la cantidad de los experimentos, aumenta la calidad de los mismos debido al vivo aprendizaje, y por tal motivo la posibilidad del éxito del proceso” (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009, pág. 171).

Finalmente se debe realizar la evaluación de los resultados, los cuales pueden responder o no al objeto de estudio. Como lo menciona el profesor Valencia, un resultado acertado se considera el que rompe con el paradigma formal pero que cumple con una realidad productiva, funcional y estética, es el que permite controlar con certeza una o varias variables determinantes de la forma (VALENCIA ESCOBAR A. , 2011, págs. 6-8).

ETAPAS

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL



1. OBJETO DE ESTUDIO

Definir el objetivo del fenómeno físico o químico, o la pregunta de investigación.

2. SELECCIÓN DE LA TÉCNICA

Elegir o desarrollar la técnica:

- Presión positiva y negativa
- Membranas jabonosas
- Membranas elásticas
- Elementos esbeltos y gravedad
- Membranas textiles y gravedad
- Fluidos y tensión superficial
- Crecimiento de espumas

3. DEFINICIÓN DE VARIABLES

Determinar las influencias particulares que van a modificar la forma.

4. EXPERIMENTACIÓN

Experimentar físicamente, transformando la forma mediante el manejo controlado de las variables.

5. EVALUACIÓN

Análisis de los resultados a la luz de los objetivos, permitiendo elegir una forma, iniciar nuevamente el proceso, o replantear alguna de las etapas.

Ilustración 1: Esquema de la metodología experimental¹

¹ (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009, pág. 170)

MODELO DE BÚSQUEDA EXPERIMENTAL DE LA FORMA

De acuerdo con los investigadores de la –LIME– (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009, pág. 182), el modelo para la Búsqueda Objetiva de la Forma Física presenta muchas ventajas y su uso puede ser extenso:

- El modelo experimental de búsqueda formal puede ser una valiosa herramienta de diseño para encontrar formas aplicables al objeto industrial, ya que son configuraciones que al utilizar principios de la naturaleza, resultan eficientes estructuralmente y óptimas estéticamente.
- La relación que tiene el investigador en el proceso experimental con el material y la construcción le posibilitan aprender en el hacer, acercándose de una manera directa con el conocimiento.
- Conocer las propiedades del espacio y los requerimientos que éste le impone a la materia, significa anticiparse de algún modo a la forma que va a tener el objeto final y cómo va a responder a las fuerzas naturales, a las cargas externas y a los potenciales físicos.
- Los principios que utiliza la naturaleza para proyectar las formas, permiten en el proyecto de diseño la optimización del resultado final y el proceso de diseño, ya sea utilizando o no los métodos experimentales.
- La disminución de material, la utilización de superficies y conexiones mínimas, las simetrías, el aligeramiento y la forma que es estructura, facilitan diseñar objetos que entre otras cosas, sean sostenibles en el entorno, ya que se disminuye en gran porcentaje la energía necesaria para fabricarlos.
- Por último, el modelo experimental permite la visualización de infinitud de posibilidades formales con alta innovación morfológica; el único limitante es, en primera instancia, el conocimiento de las variables físicas y químicas con las que se puede modificar la materia; en segundo lugar, la capacidad de indagación del investigador; y en tercer lugar, la facultad de asumir riesgos y franquear dificultades que posea el experimentador.

EXPONENTES DE LA BÚSQUEDA OBJETIVA DE LA FORMA FÍSICA

Históricamente arquitectos e ingenieros han aplicado métodos de búsqueda de la forma basados en la optimización de la estructura. Bernabeu Larena, (2009, pág. 9) citando a Heyman 1999, dice que Robert Hook en 1675 estatificó el teorema de la catenaria invertida: “Mientras cuelga la cadena flexible, pero cuando se invierte se reposa el arco rígido”. Del uso y desarrollo histórico de los modelos de búsqueda formal, sobresalen tres figuras decisivas Antonio Gaudí, Heinz Isler y Frei Otto.

Antonio Gaudí

Arquitecto y artista del siglo XX. Las formas gaudianas surgieron no por imposición exterior, sino desde la invención de un proceso de generación –auto generación de las formas–; experimentando a partir de maquetas y geometrías. Para su obra la Sagrada Familia, construyó con hilos las columnas, vigas y arcos, dejando que la gravedad actuara sobre ellos y obtuvo catenarias, forma que debe su morfología a que cada sección de la curva está siendo halada por la fuerza de gravedad y es muy frecuente en la construcción natural –Ver Ilustración 2 e Ilustración 3–. A partir de la construcción natural, la fuerza de gravedad y de la elaboración del modelo físico, Gaudí logró optimizar sus recursos, utilizó el mínimo de material para sostener su iglesia y resaltó la apariencia estética final de su obra semi-terminada (RODRÍGUEZ & SASTRE SASTRE, 2005, págs. 17-18).

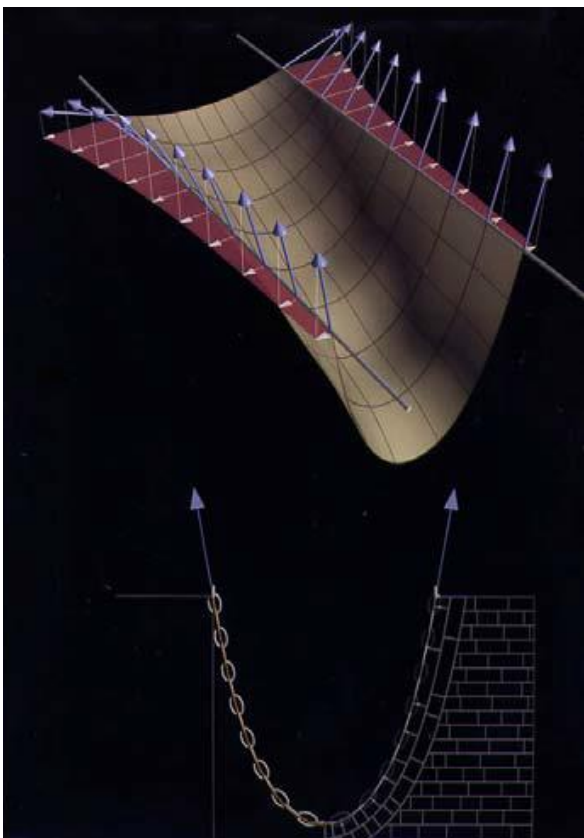


Ilustración 2: Catenaria y el arco invertido²



Ilustración 3: Modelo suspendido de Gaudí²

² (RODRÍGUEZ & SASTRE SASTRE, 2005, págs. 17-18)

Heinz Isler

Ingeniero civil del siglo XX. En los años 50, introdujo la técnica de rigidización de membranas. Construyó estructuras de cáscara de cemento utilizando modelos físicos de búsqueda de la forma; la morfología de sus cáscaras son generadas por formas funiculares, las cuales son telas o redes de hilos –de lana o algodón– bañados en algún fluido –agua, fluido de poliéster o parafina líquida–, que al solidificar logran un modelo rígido de lámina muy ligera y delgada que resiste únicamente su propio peso (ORTA RIAL, 2005, págs. 21-27). También experimentó con estructuras a tracción y modelos neumáticos.



Ilustración 4: Techo estación de gasolina en Suiza. Cáscara de concreto³

Frei Otto

Arquitecto alemán, considerado uno de los mejores arquitectos del siglo XX. Su metodología se basa en la experimentación con modelos a escala. Dejaba fluir la forma -búsqueda de la forma por auto generación- hasta encontrar el camino de menor resistencia: configuraciones óptimas estructuralmente, y equilibradas estéticamente (PATIÑO MAZO, 2006, pág. 13).

Con el objetivo de observar las formas que se iban generando, experimentó con burbujas de jabón, amontonamientos de gránulos y membranas de fluidos viscosos. “...Los fenómenos físicos se rigen según una lógica de la que todavía queda mucho por descubrir y conocer” (SONGEL, 2008, pág. 2).

Puntualmente, Otto, desarrolló un proyecto conceptual de una cubierta neumática para cubrir una ciudad. Buscó su forma troquelando en una superficie de madera un contorno determinado y luego por debajo de la perforación situó una lámina plástica, la cual calentó e infló con un compresor. “El modelo encontró su forma por una presión interna, de igual manera como la cubierta a escala real iba a estar soportada por gas en presión” (PATIÑO MAZO, 2006, pág. 14).

³ (ZARTARIAN, 2007)



Ilustración 5: Experimento de Frei Otto⁴

Línea de Investigación en Morfología Experimental –LIME–

Basados en el modelo de búsqueda experimental, a partir del estudio de las membranas elásticas tensadas, la línea de investigación en Morfología Experimental desarrolló una pieza de mobiliario. El patrón base del alfabeto formal es un paraboloide hiperbólico –especialmente está formado por dos curvas funiculares opuestas en dirección, una de la otra –. Dicha forma rigidizada, genera una cáscara que soporta muy bien las cargas externas (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009, pág. 173).



Ilustración 6: Etapas finales: experimentación y evaluación.
Diseño de la silla: Fernando Sierra y Ever Patiño⁵.



⁴ (PATIÑO MAZO, 2006, pág. 14)

University of Technology Eindhoven

En 1942 Wallace Neff patentó un sistema donde una forma era inflada y luego era reforzada con un baño de concreto a presión en el exterior de la misma, generando albergues de superficies mínimas. Luego, en 1958 se construyó el Philips Pavilion, un diseño de Iannis Xenakis, usando el sistema de rigidización de membranas infladas. Siguiendo este estudio, investigadores de la University of Technology Eindhoven en Netherlands reprodujeron una parte del Philips Pavilion a partir de alambre tensado bañado de cemento; una experimentación cuyo fin era probar que una red de alambre podía generar formas más complejas. (PRONK, BULLEN, & FOLMER, 2010, págs. 2-5).



Ilustración 8: Philips Pavilion Bruselas, 195⁶

⁵ (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009, pág. 173)



Ilustración 9: Parte reconstruida del Philips Pavilion⁶



Ilustración 10: Se inflaron tres balones y luego se recubrieron con aros de acero y una malla⁶



Ilustración 11: Se realizó un baño con concreto hasta generar una capa de 5cm de espesor⁶

Andrew Kudless

Matsys Design es un estudio que explora la relación emergente entre arquitectura, ingeniería, biología y computación. El estudio investiga las metodologías de integración de la representación a través de la geometría y materiales. Los trabajos de investigación van desde la especulación a la construcción de proyectos (KUDLESS, 2009).

El proyecto Cellular Form-Finding está realizado a partir de bombas llenas de agua que se auto-organizaron y fueron moldeadas vaciando yeso en el espacio alrededor de ellas -ver ilustración 12-. Otro de sus proyectos, P_Wall, está construido a partir de una imagen sobre la cual se reconocen algunos puntos donde se ubican espigas, que luego son cubiertas con una tela elástica. Sobre esta estructura se deposita yeso, para que la tela ceda con el peso del mismo –ver ilustración 14-.

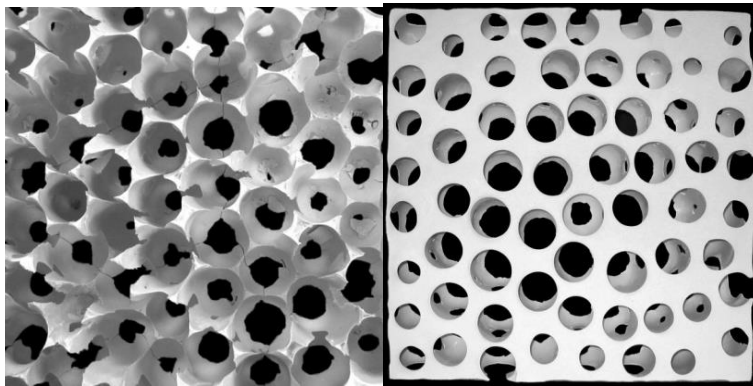


Ilustración 12: Cellular Form-Finding. Búsqueda de la forma con yeso⁷

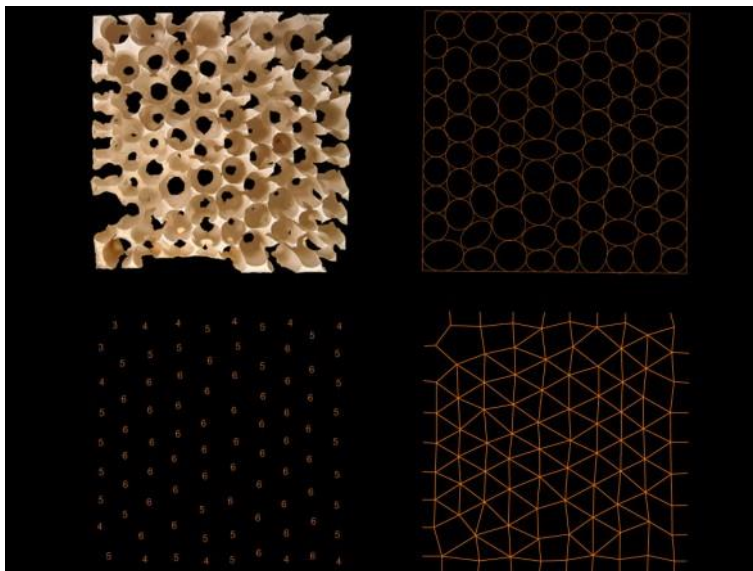


Ilustración 13: Cellular Form-Finding. Análisis del prototipo⁷

⁶ (PRONK, BULLENS, & FOLMER, 2010)

⁷ (KUDLESS, MATSYS, 2009)

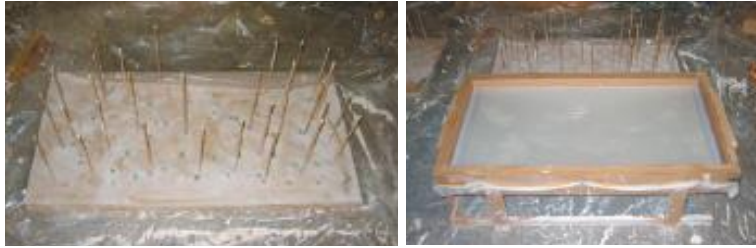


Ilustración 14: P_Wall. Molde Superior e inferior⁷



Ilustración 15: Wall. Instalación de la pared⁸

Avanto Architects / Ville Hara and Anu Puustinen

El Korkeasaari Zoo y Wood Focus en Finlandia organizaron un concurso dirigido a los estudiantes de arquitectura de la Universidad Tecnológica de Helsinki para diseñar una torre-mirador de diez metros de altura en madera para el parque zoológico (ARTHITECTURAL, 2011).

La forma del trabajo ganador fue determinada por el entorno natural. En 2001, los estudiantes desarrollaron el diseño del nuevo proyecto en el taller de madera mediante el ensamble de modelos a escala y la exploración de detalles estructurales.

⁸ (KUDLESS & VUKCEVICH, Flexible Formwork Research (FFR), 2006)



Ilustración 16: Ville Hara by Korkeasaari Atalaya⁹



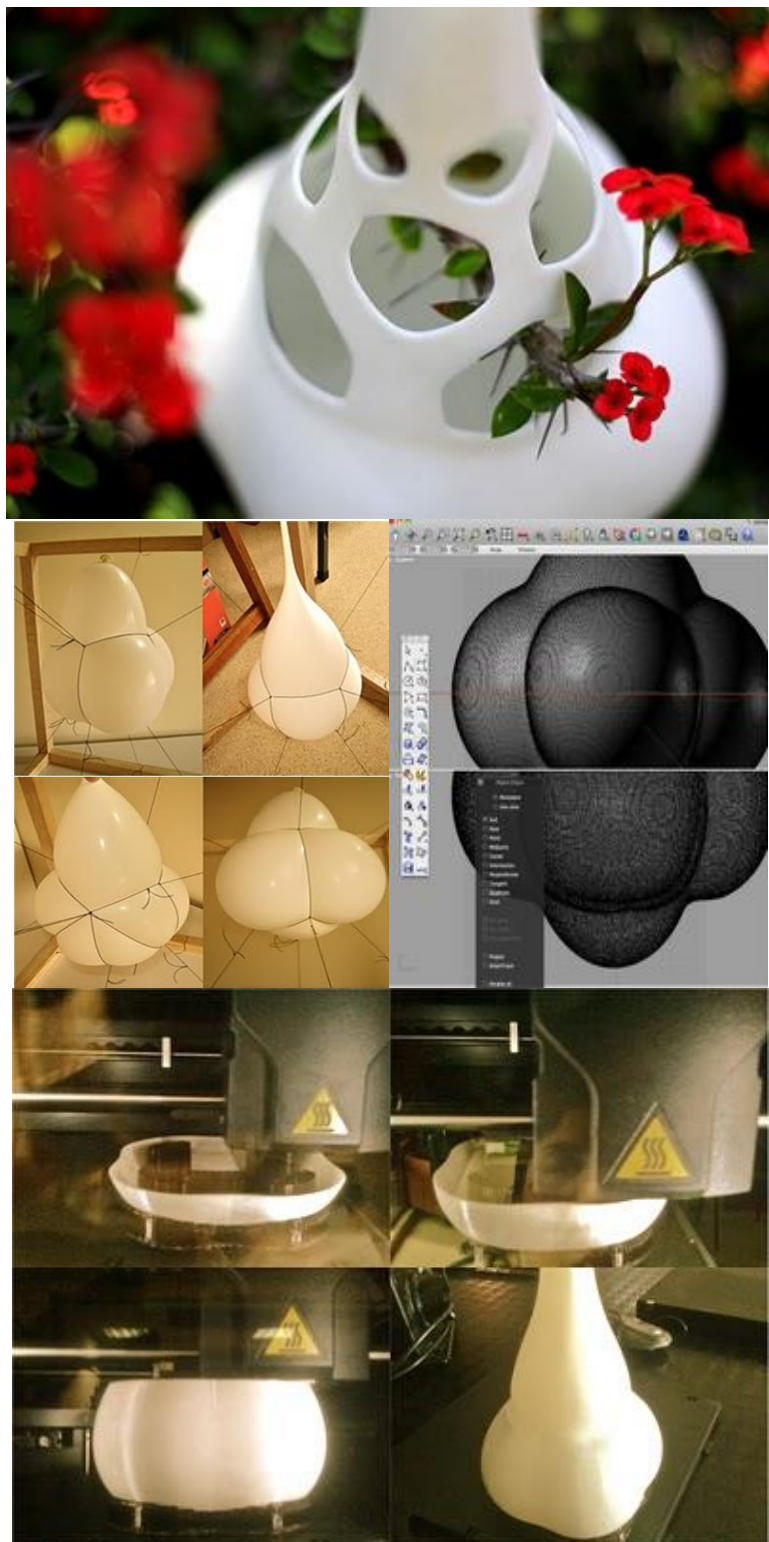
Ilustración 17: Ville Hara structure⁹

ReForma Lab

El florero *Célula Ligera* surge de la experimentación formal. Primero se experimentó con membranas elásticas y yeso con variables restrictivas de cuerdas tensadas de diferentes maneras desde un cubo rígido exterior –marco de madera –. Cuando se logró la forma deseada, se procedió a la digitalización (tecnología inversa o scan), exportación a Rhinoceros y por último fue impreso en ABS en una máquina de prototipado rápido (PATIÑO, JARAMILLO, & ARANGO, 2010).



⁹ (ARTHITECTURAL, 2011)



¹⁰ (PATIÑO, JARAMILLO, & ARANGO, 2010)

EXPERIMENTACIONES DE BÚSQUEDA OBJETIVA DE LA FORMA FÍSICA

A continuación se expondrán algunos tipos de Búsqueda Objetiva de la Forma Física que fueron arrojados tras una ardua documentación bibliográfica. Las siguientes experimentaciones han sido realizadas en su mayor escala por investigadores de instituciones educativas, pero también se encuentran diseñadores y desarrolladores de producto, sin dejar atrás las grandes experimentaciones de los pioneros del denominado *Formfinding*, como lo fueron Frei Otto y Antonio Gaudí.

Cambios por humedad

Steffen Reichert diseñador de producto y máster en ciencias del diseño y la computación del MIT, realizó una experimentación basada en los cambios de la madera cuando está expuesta a la humedad. Este proceso consiste en cortar pequeños cuadros de chapilla y ubicarlos en una base de cartón a la que se le da la forma deseada. Después de esto se expone la madera a la humedad y su forma cambia de acuerdo a la orientación de la fibra y a los niveles de humedad a los que sea sometida (REICHERT, Achimmenges, 2006). Ver Tabla de variables 2 página 62.

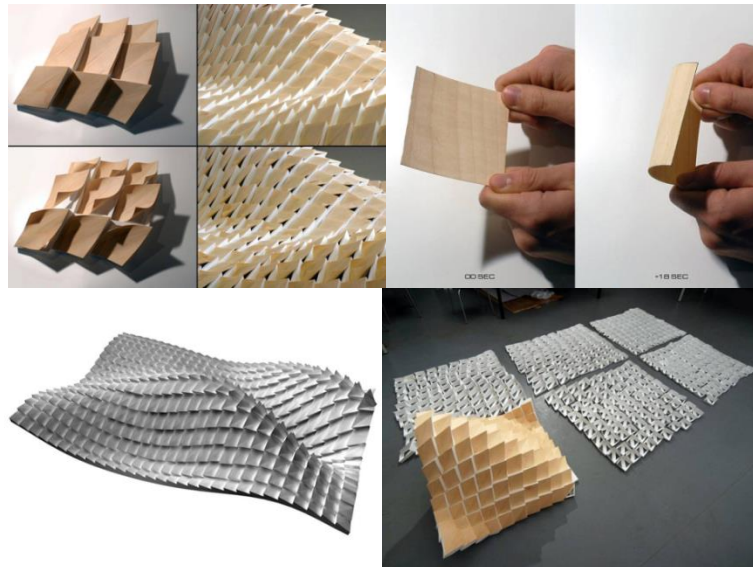
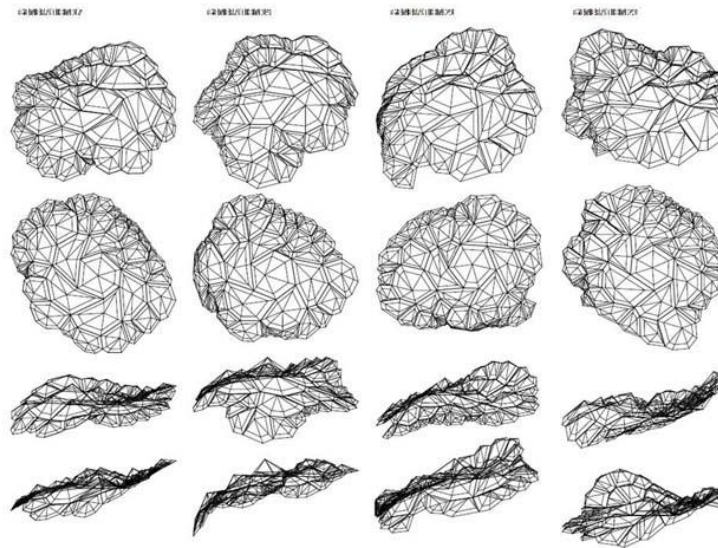




Ilustración 19: Estructura de superficie sensible, Steffen Reichert, HfG Offenbach, 2006-07¹¹

Cambios por humedad II

Después de experimentar con la chapilla en superficies horizontales Steffen Reichert empezó a experimentar con ésta en formas tridimensionales, llegando a estructuras amorfas conformadas por triángulos de chapilla unidos por los bordes y posteriormente sometidos a la humedad (REICHERT, 2008). Ver Tabla de variables 3: Página 63.



¹¹ (REICHERT, 2006)

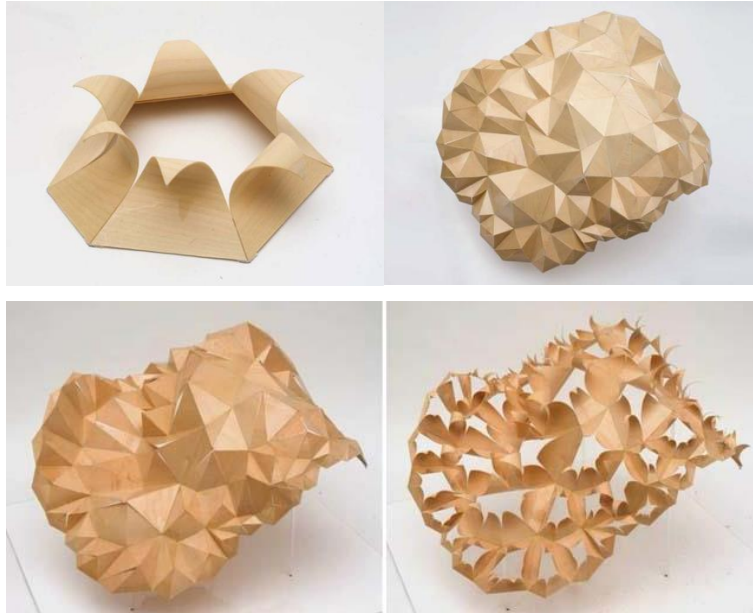


Ilustración 20: Responsive Surface Structure II, Steffen Reichert, HfG Offenbach 2008¹²

Tejido de láminas flexibles

Achim Menges de la Universidad de Stuttgart experimentó buscando formas curvas y tejidos que se cierran evidenciando estructuras complejas a partir redes, mallas y patrones de cuerpos simples (tiras de papel de tamaños variados) que son torcidas, dobladas y conectadas entre ellas repetidamente. (MENGES, 2004). Ver Tabla de variables 4 página 64.

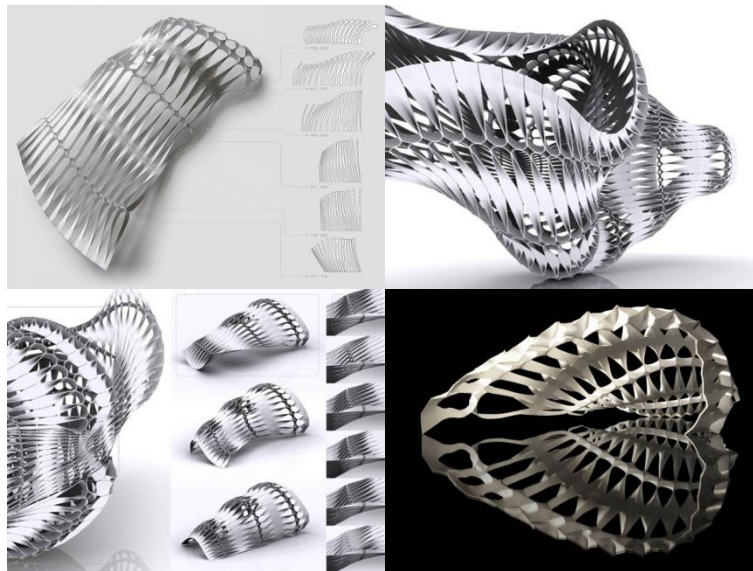


Ilustración 21: MDE 03 Paper Strip Morphologies, Achim Menges, Morphogenetic Design Experiment, 2004¹³

¹² (REICHERT, 2008)

¹³ (MENGES, Morphogenetic Design experiment MDE 03 Paper Strip Morphologies , 2004)

Superficie expandible

Jacob Bek, César Martínez, Ignacio Martí y Pablo Zamorano, comenzaron su exploración con la forma usando como soporte físico hojas de papel. A estas hojas se les realizaban cortes lineales sencillos, y una vez se aplicaba algún tipo de tensión o presión, éstos generaban diferentes formas de estructura. La experimentación se probó con diferentes materiales y se analizó digitalmente su geometría (AA Emtech, 2011). Ver Tabla de variables 5 página 65.

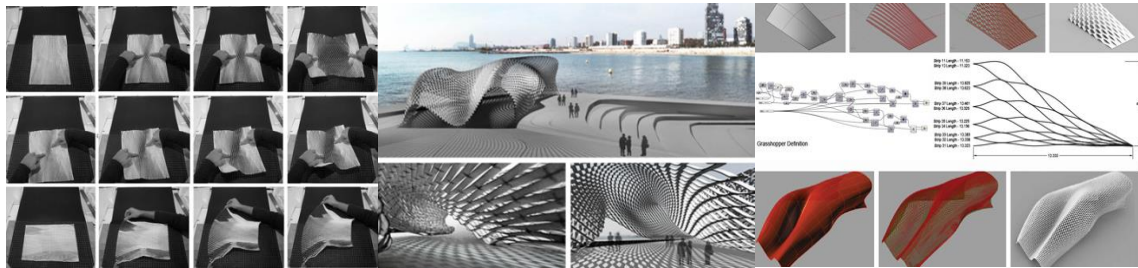
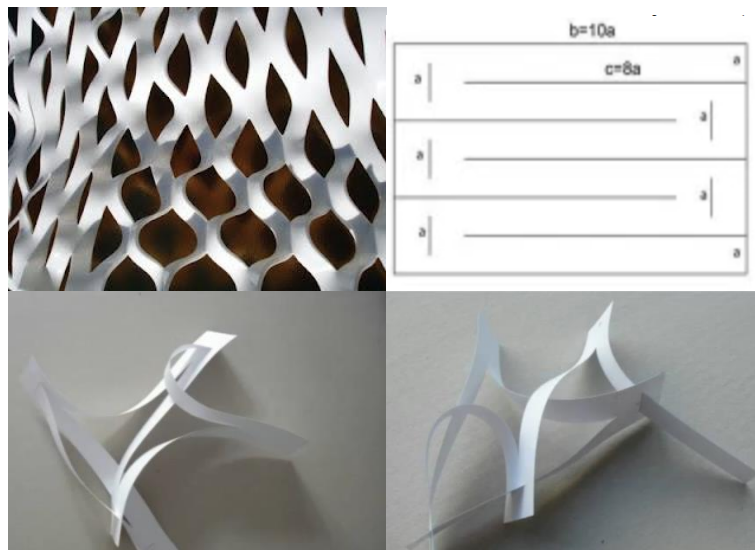


Ilustración 22: Expandable Surface System¹⁴

Superficie laminar conectada

Sophia Vyzoviti arquitecta, profesora y asistente de la metodología de diseño arquitectónico del Departamento de Arquitectura en la Universidad de Tesalia, Grecia. Su investigación se centra en el desarrollo de diseño de herramientas, exploración de procesos y transformación de la interacción espacial. Se inspira en la creatividad del diseño, lo cual relaciona y aplica a lo arquitectónico, a lo urbano, al diseño de interiores e instalaciones. Una de sus investigaciones describe cómo sistemáticamente el papel plano se transforma en volúmenes y en la creación de prototipos (VYZOVITI, 2008, págs. 74-85). Ver Tabla de variables 6 página 66.



¹⁴ (AA Emtech, 2011)



Ilustración 23: Folding Architecture exercise (Sophia Vyzoviti)¹⁵

Superficie arrugada

En la universidad Royal College Of Art, ubicada en Londres se realizó un proyecto que buscaba crear paisajes transitorios experimentando formas con papel arrugado y doblado en diferentes sentidos. Uno de ellos fue realizado plegando papel rígido en forma de triángulos de diferente tamaño y pegando con cinta adhesiva todos sus lados. Los experimentos llevados a cabo se realizaron a escala completa utilizando inicialmente espuma y cinta adhesiva para así tener una aproximación a un material rígido. Antes del modelo de prueba fue hecha una experimentación sobre plástico usando figuras en MDF (HARRISON & CECILY, 2008). Ver Tabla de variables 7 página 66.

¹⁵ (VYZOVITI, 2008, págs. 74-85)





Ilustración 24: A range of iterations on this theme were then explored¹⁶

Material flexible tensado en marcos abatibles

Jaap Baselmans de la academia de arquitectura de Rotterdam trabajó con membranas, partiendo de que las membranas comúnmente debían ser elásticas para soportar las cargas de tensión, aunque estas no poseen mucha elasticidad, pero si lo fueran, la cantidad de fuerza ejercida podría variar y así obtener resultados diferentes; es decir, que las formas de las membranas elásticas varían siempre y cuando sean estiradas con igual tensión al desplazar los puntos de apoyo (BASELMANS, 2005).

La experimentación se basó en reconfigurar el marco de apoyo, sus grados y dirección, de manera que permitieran movilidad a los puntos de apoyo y la ubicación de las articulaciones y los ejes de rotación sin alterar el nivel de tensión ejercido a la membrana para lograr analizar la capacidad performática de los diferentes estados estables de la membrana. Ver Tabla de variables 8 página 67.



¹⁶ (HARRISON & CECILY, 2008)

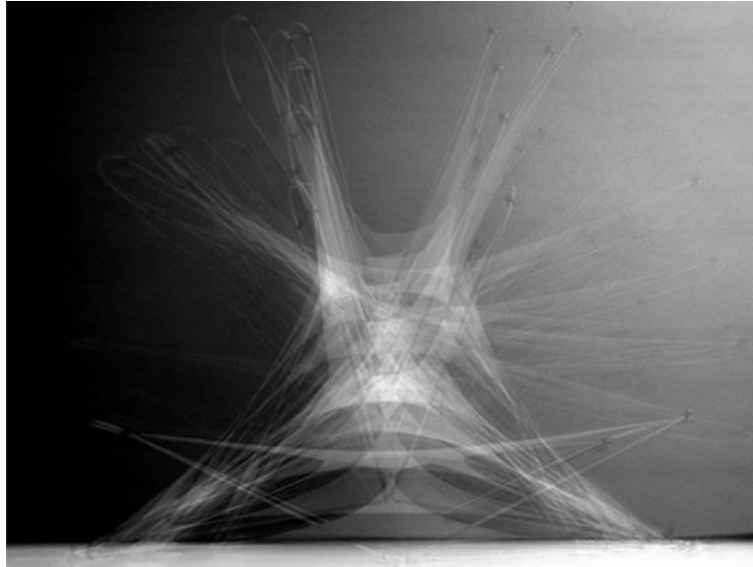
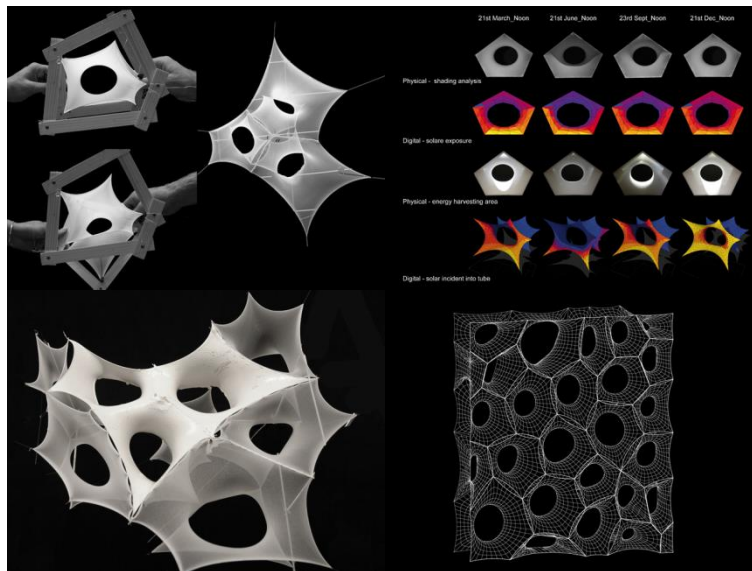


Ilustración 25: *Membrane Frame Kinetics*, Jaap Baselmans, Rotterdam Academy of Architecture, 2005¹⁷

Material flexible conectado

Sonja Templin y Valentin Brenner de la Universidad de Stuttgart estudiaron un elemento microtensado que es fácil de conectar geoméricamente, resultando en una conexión orgánica y dispuesta al azar. El sistema desarrollado se basa en una geometría básica, que se vuelve compleja deformando poco a poco el único elemento, y esto puede ser materializado como una membrana de tracción o una célula rígida de fibra (TEMPLIN & BRENNER, 2010). Ver Tabla de variables 9 página 68.



¹⁷ (BASELMANS, 2005)



Ilustración 26: *Cylindrical Membrane Morphologies*, Sonja Templin / Valentin Brenner, ICD Stuttgart, 2010¹⁸

Textil madera

Elisa Strozyk máster en textiles, experimentó con residuos de madera para crear textiles. Este posee la rigidez de la madera, pero gracias al uso de lona, las formas y la configuración usada, adquiere fluidez. La experimentación consistió en crear unas redes teseladas en madera sobre lona (HERNÁNDEZ, 2009). Ver Tabla de variables 10 página 69.



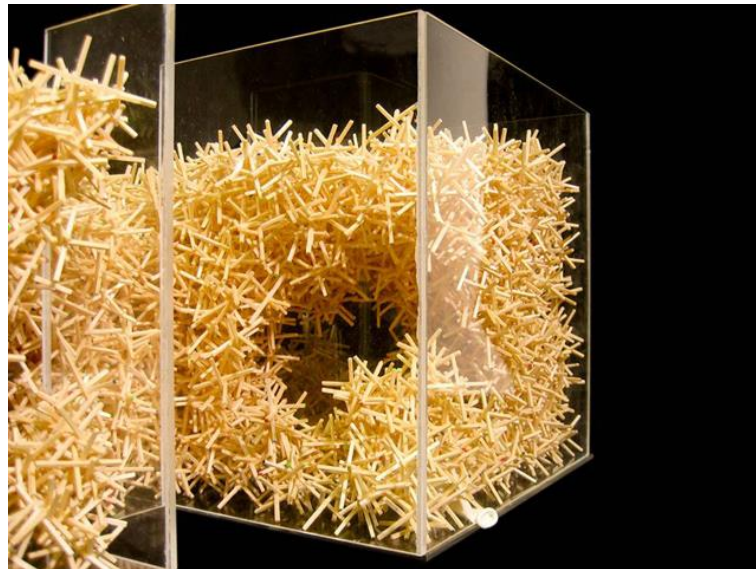
¹⁸ (TEMPLIN & BRENNER, 2010)



Ilustración 27: Wooden Textil by Elisa Strozyk¹⁹

Fibras Agregadas

El diseñador/investigador Eichi Matsuda experimentó con agregados de partículas fibrosas para la generación de nuevas formas a partir de elementos tri-axiales. Más de 10.000 piezas fueron fabricadas y marcadas con color para hacer visibles los resultados de los patrones de agregado de partícula según las diferentes variables. Para la experimentación se consideraron variables como el número de elementos por experimento, geometría de los elementos, velocidad de agregado, tamaño de los elementos y la superficie de fricción entre los elementos (MATSUDA, 2004). Ver Tabla de variables 11 página 70.



¹⁹ (HERNÁNDEZ, 2009)

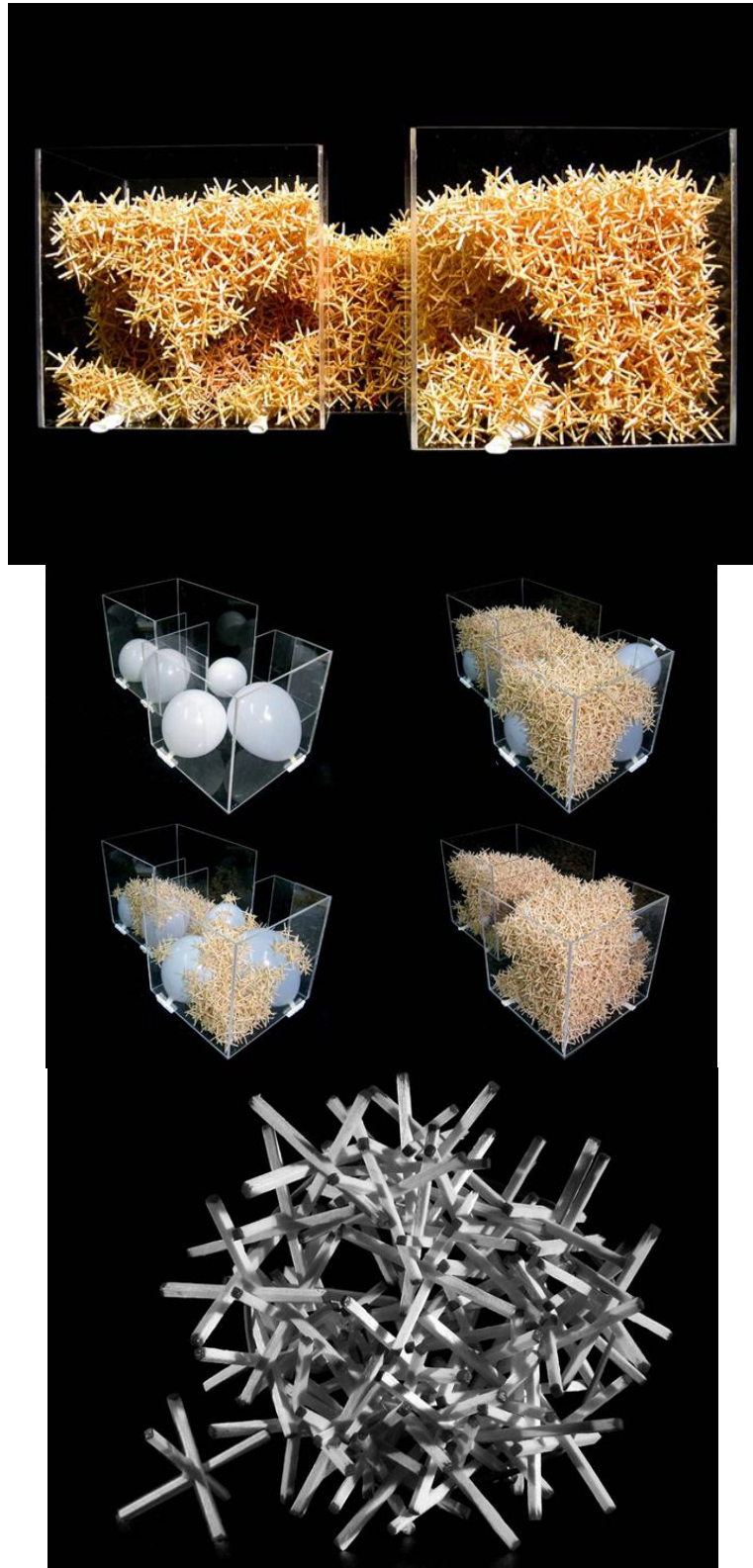


Ilustración 28: Designed Particles Aggregations 01, Eichi Matsuda, AA London, 2003-04²⁰

²⁰ (MATSUDA, 2004)

Cuerpos Porosos

Gabriel Sanchiz realizó esta experimentación impulsado por el interés en el proceso de formación de algas unicelulares –diatomeas- y protozoos planctónicos -radiolarios-. El proceso consiste en la unión a presión de diferentes cojines de aire, dentro de un recipiente. A éste se le vacía yeso u hormigón, dejando como resultado una estructura porosa (SANCHIZ, 2006) . Ver Tabla de variables 12 página 71.

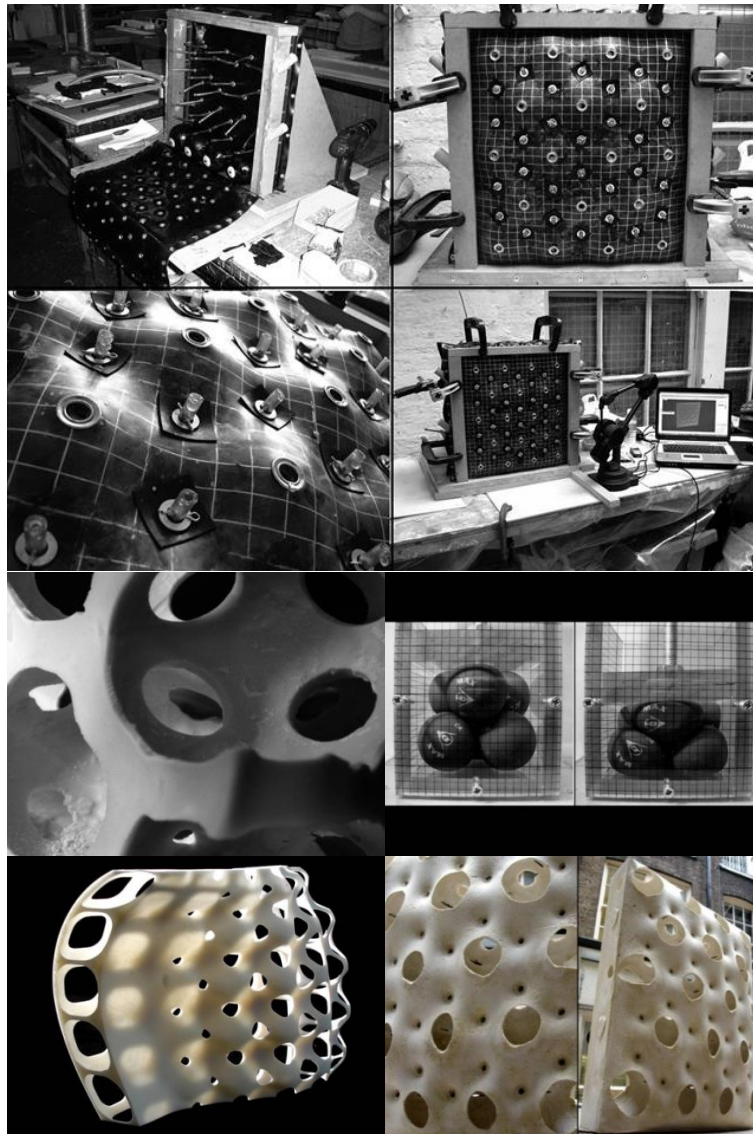


Ilustración 29: Porous Cast, Gabriel Sanchiz, AA London, 2005-06²¹

Material flexible tensado en marcos

En la universidad de Stuttgart los investigadores Michael Hensel y Achim Menges trabajaron las membranas tensadas. Su proyecto de experimentación se basó en tensar telas cortadas estratégicamente dentro de un marco de metal, considerando variables como el nivel de tensión, la elasticidad de la tela y su resistencia, la forma como ésta está cortada y el tamaño de la misma. Todo esto

²¹ (SANCHIZ, 2006)

influye en el resultado obtenido, ofreciendo muchas posibilidades en cuanto a la forma (HENSEL & MENGES, 2004). Ver Tabla de variables 13, página 72.

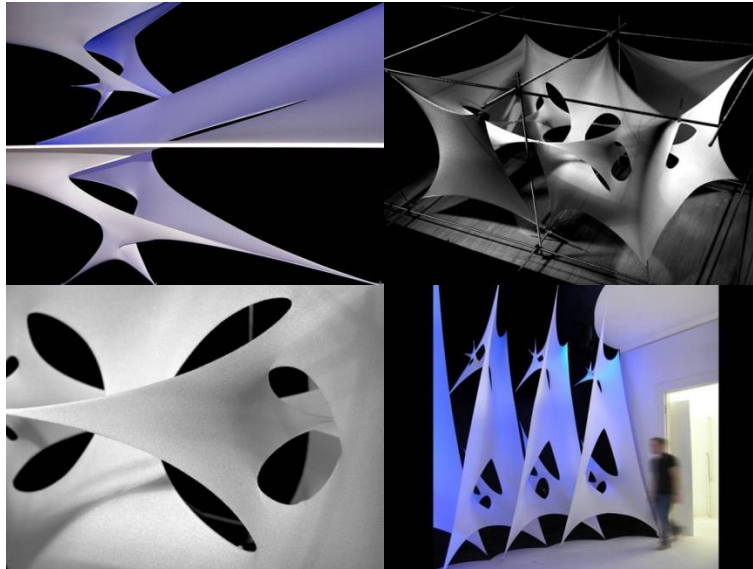
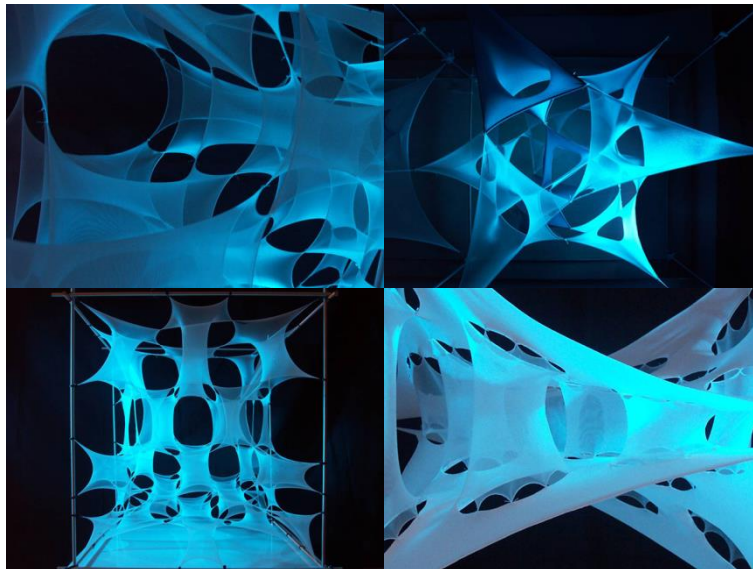


Ilustración 30: Morfología de la membrana, Michael Hensel, Achim Menges, 2004-05²²

Material flexible tubular

Ralph Doggen basó su investigación en la interacción de las membranas. Su proyecto consiste en crear una estructura de membranas tubulares o de barril en equilibrio total a la que se le agregaran nuevas membranas tubulares, las cuales se adhieren en la superficie de las primeras, creando canales y curvaturas muy interesantes. Dichas uniones pueden estar en las puntas o dentro del cuerpo de las primeras membranas (DOGGEN, 2005). Ver Tabla de variables 14 página 73.



²² (HENSEL & MENGES, 2004)

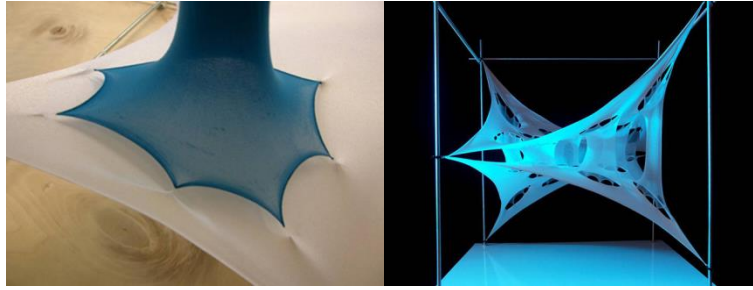


Ilustración 31: Membrane Interaction, Ralph Doggen, Rotterdam Academy of Architecture, 2005²³

Transformación por tracción de sustancias viscosas

Las investigadoras de la –LIME– Diana Suescún, Diana Franco y Carolina Giraldo realizaron el proceso de transformación por tracción de sustancias viscosas. La sustancia adhesiva se deposita sobre un soporte, se cubre con otra superficie y justo antes del curado se separan las piezas a una distancia específica, generando así la tensión de la sustancia, evidenciando membranas mínimas y arcos óptimos. (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009). Ver Tabla de variables 15 página 74.



Ilustración 32: Sustancias viscosas - Resultados experimentación²⁴

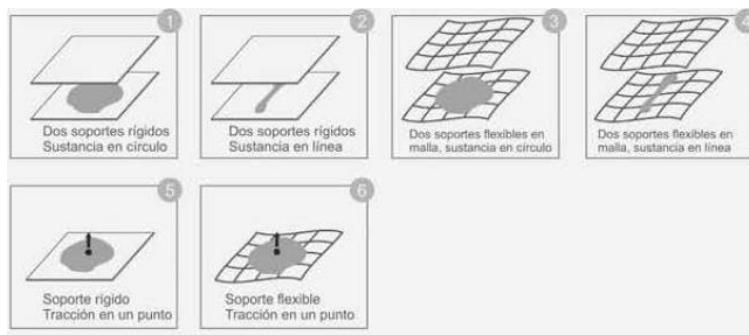


Ilustración 33: Sustancias viscosas - Variables Metodológicas²⁴

Materiales flexibles suspendidos y tensionados

Frei Otto arquitecto, profesor y teórico, estudió la forma en diferentes maneras. Uno de sus principales objetivos fue construir estructuras ligeras, adaptables, intercambiadas y efímeras. Una de sus experimentaciones fue a través de maquetas en las cuales usaba cadenas y redes metálicas sostenidas en diferentes puntos de apoyo y sometidas a tensión (NERDINGER & Princeton Architectural Press, 2005). Ver Tabla de variables 16 página 76.

²³ (DOGGEN, 2005)

²⁴ (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009)

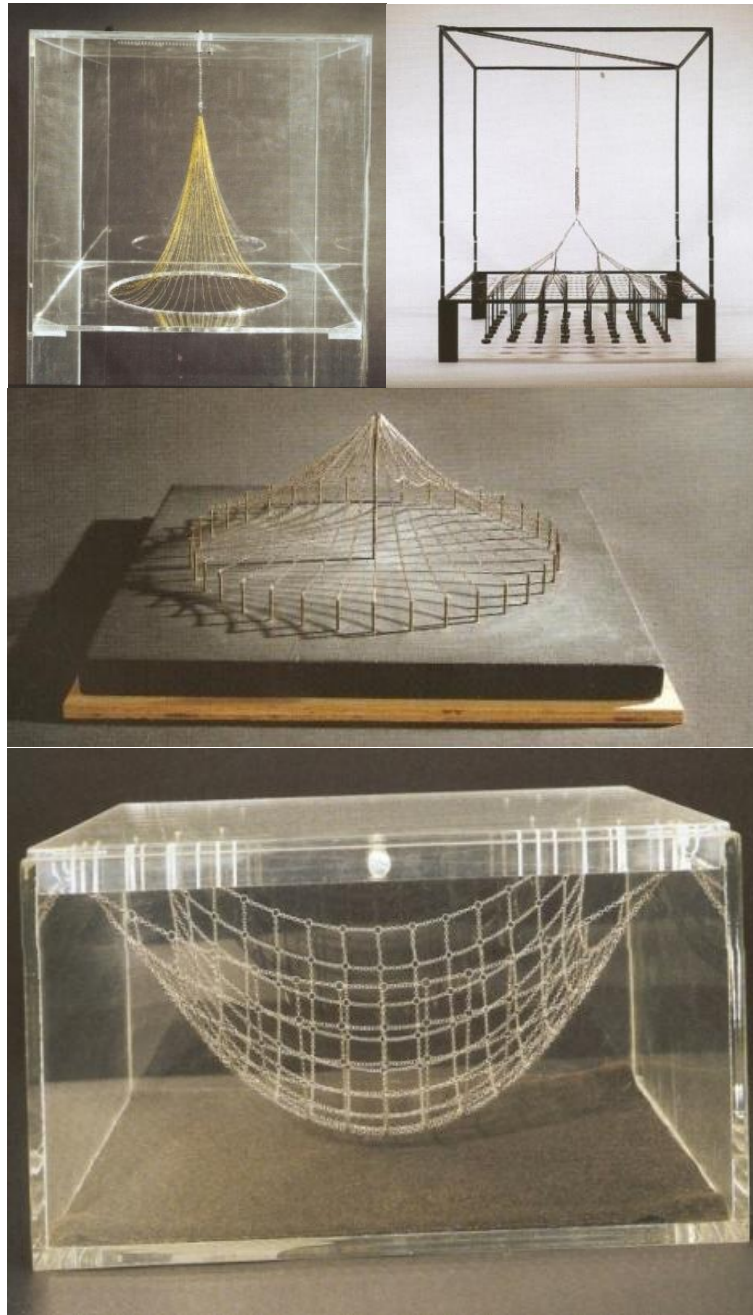


Ilustración 34: Lightweight construction Frei Otto²⁵

Vaciado de material a presión

En los países bajos, en la Technish Universiteit Eindhoven, los estudiantes Toine Bullens y Tiddo Folmer experimentaron con un proyecto donde después de unir en forma continua balones inflados de diferentes tamaños y cubiertos por una red, se les vaciaba cemento a presión, para una vez, éste secase, estudiar las formas generadas (PRONK, BULLENS, & FOLMER, 2010). Ver Tabla de variables 17 página 77.

²⁵ (NERDINGER & Princeton Architectural Press, 2005)

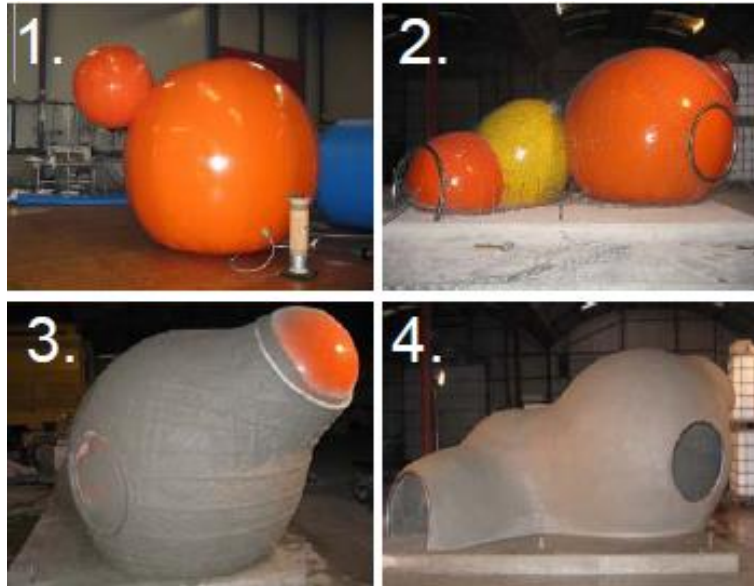


Ilustración 35: Technish Universiteit Eindhove Blob Prototype: Playing object²⁶

Vaciado de material a presión II

Los investigadores Christian Raun, Mathias K. Kristensen y Poul H. Kirkegaard realizaron una investigación en torno a las formas irregulares en el proceso de construcción arquitectónica. Este proceso consiste en vaciar el cemento mezclado con fibra de vidrio (para darle consistencia) por una manguera a presión sobre una maya de hierro que le da la forma. Después de esto la superficie debe ser pulida a mano para quitar las imperfecciones (RAUN, KRISTENSEN, & KIRKEGAARD, 2010). Ver Tabla de variables 18 página 77.



Ilustración 36: Aplicación a presión del cemento²⁷

Estructuras Superficiales

El investigador Ashey Merchant del Performative Wood Studio experimentó con estructuras de madera “multi-escalares” para formar superficies con diferentes patrones y curvaturas. Para la producción de tales superficies se tuvieron en cuenta variables como las propiedades del material, dirección de las vetas, dirección y cantidad de curvaturas. La creación de los modelos se hace a partir de distribuciones

²⁶ (PRONK, BULLENS, & FOLMER, 2010)

²⁷ (RAUN, KRISTENSEN, & KIRKEGAARD, 2010)

computacionales, las cuales son exploradas y estudiadas para después hacer un prototipo en madera (MERCHANT, 2009). Ver Tabla de variables 19 página 78.



Ilustración 37: Superficie Madera - Resultados experimentación²⁸

Compresión de Bastones de material rígido

Peter Natedal y Thomas Kalvatn investigadores de la ICD Universität Stuttgart experimentaron con láminas de madera con diferentes curvaturas que permitieron reconocer diversos patrones. Dichos patrones fueron inspirados por la herencia noruega del trabajo artesanal con las láminas de madera. Por medio de esta experimentación reinventaron los usos tradicionales de la artesanía desarrollando *Diva*, un conjunto de piezas de iluminación colgantes y de piso en madera (NATEDAL & EGSET, 2009). Ver Tabla de variables 20 página 79.

²⁸ (MERCHANT, 2009)



Ilustración 38: Lámpara DIVA²⁹

Tiras de material flexible intersectadas

Esta arquitecta trabaja el diseño plegable, usa materiales duraderos pero con cualidades similares a las del papel, en este caso experimenta con tiras de goma intersectadas, que por medio de nudos y dobleces logran diferentes formas y objetos. Se basa en formas a mano plegadas, retorcidas y tejidas con procesos de baja tecnología (VYZOVITI, 2008). Ver Tabla de variables 21 página 80.

²⁹ (NATEDAL & EGSET, 2009)

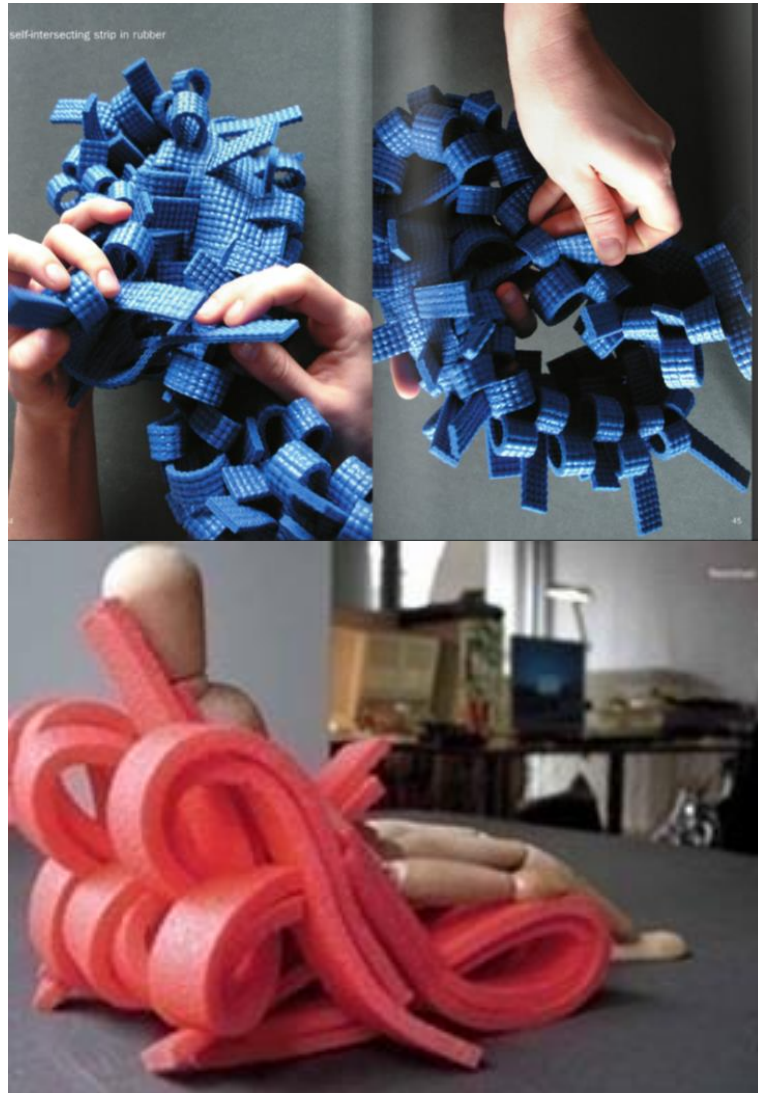


Ilustración 39: Folding Architecture by Sophia Vyzoviti³⁰

Superficies fibrosas

Sylvia Felipe, Achim Menges y Jordi Truco de la Universidad de Stuttgart experimentaron creando una superficie por medio de elementos simples y rectos: tiras dentadas, cortadas de una lámina sobre un eje de enrutador CNC, que sólo se cruzan si son perpendiculares debido a las limitaciones de fabricación o simplemente se superponen unas con otras asemejándose a los nidos de aves, definiendo entonces una forma geométrica evidenciada en una red densa y estable (MENGES, FELIPE, & TRUCO, achimmenges.net, 2005). Ver Tabla de variables 22 página 81.

³⁰ (VYZOVITI, 2008, págs. 44-47)

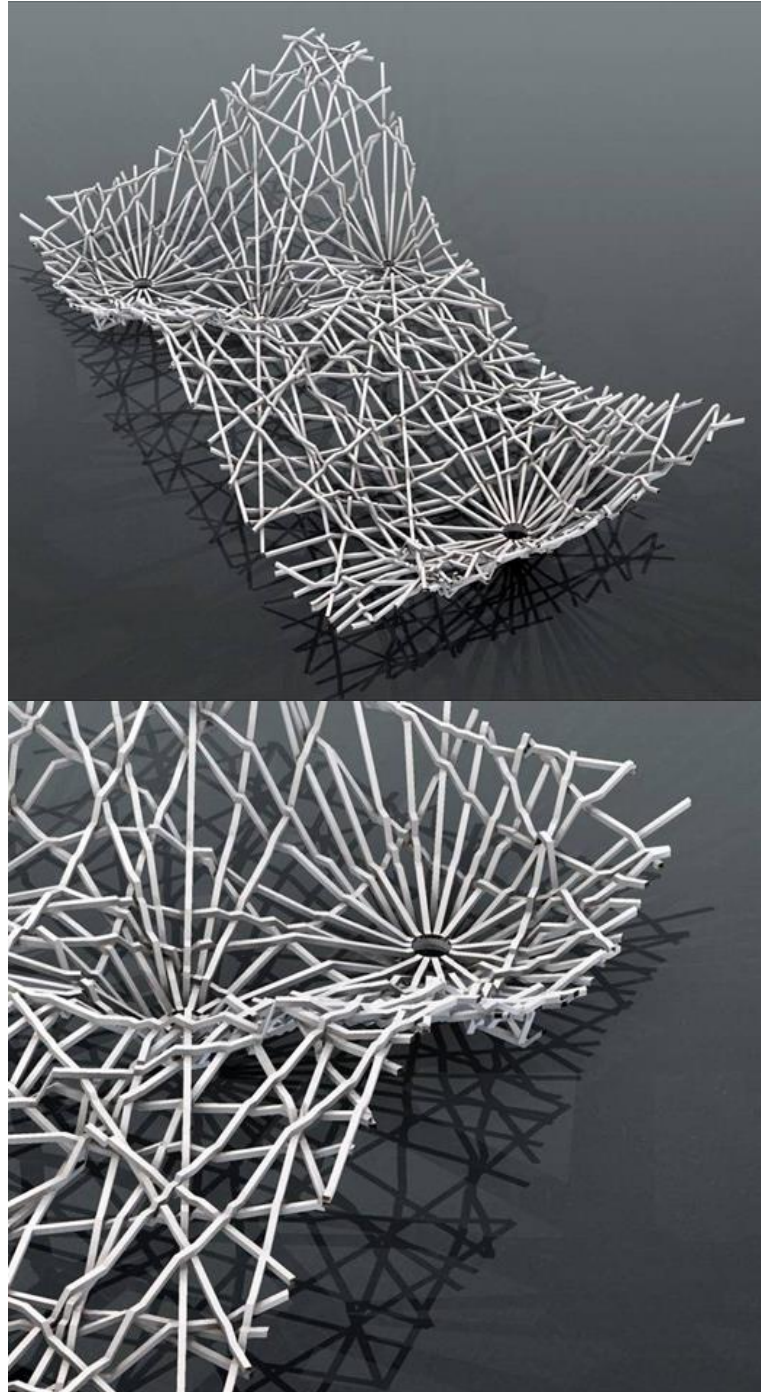


Ilustración 40: Folding Architecture by Sophia Vyzoviti³¹

Membranas rigidizadas

Shadi Khair desarrolló un proyecto que se centra en la conformación de un sólo componente volumétrico y la articulación de este, para proporcionar capacidades estructurales y métodos para la interconexión entre los componentes (DZIUK & KHAIR, 2010).

³¹ (MENGES, FELIPE, & TRUCO, 2005)

El desarrollo de la investigación se da partiendo de una forma básica y sus uniones, que son cocidas posteriormente y endurecidas con una resina epóxica. La estructura resultante es un conjunto de componentes volumétricos endurecidos y entrelazados, con superficies de membrana tensada para proporcionar control a la articulación general de la estructura y la forma resultante. Ver Tabla de variables 23 página 82.



Ilustración 41: Volumetric Membrane Hinging, Shadi Khair / Andreas Dziuk, ICD Stuttgart, 2010³²

Transformación Películas Plásticas

El investigador Alejandro Fernández de la –LIME – experimentó con el proceso de transformación de películas plásticas de poliestireno por medio de aire comprimido. Las películas introducidas dentro de un marco de madera fueron llevadas a su estado plástico mediante la aplicación de calor y se les aplicó aire con un compresor (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009). Ver Tabla de variables 24 página 83.

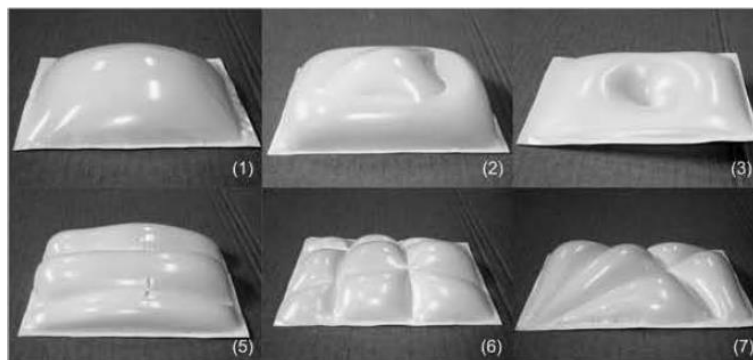


Ilustración 42: Películas plásticas y presión - Resultados experimentación³⁴

³² (DZIUK & KHAIR, 2010)

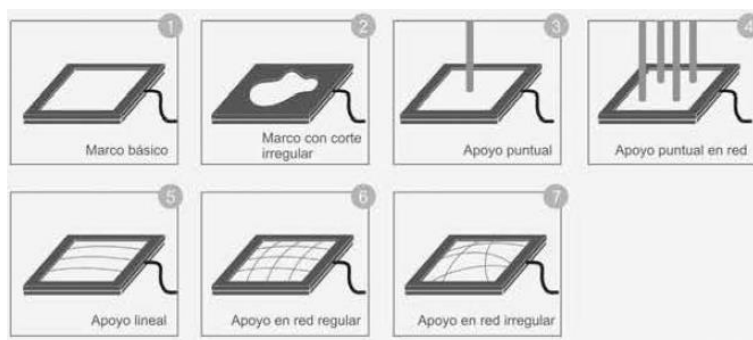


Ilustración 43: Películas plásticas y presión - Variables Metodológicas³³

Transformación Películas Plásticas II

Los investigadores de la –LIME– Pablo Arcila, Carolina Domínguez y Natalia Márquez, realizaron el proceso de transformación de bombas de látex mediante la introducción de yeso líquido. Las bombas se llenaron de yeso y antes de que comenzara el curado se sometieron a las variables para deformar su configuración. Lo que se obtiene es una forma hinchada, similar a una célula en crecimiento; claro está, de acuerdo a las variables aplicadas (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009). Ver

Membranas elásticas y yeso		
Membranas Elásticas		
DESCRIPCIÓN:		
Membranas elásticas rellenas de Yeso y sometidas a diferentes puntos de presión.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que ideal para el logro de los objetivos de la experimentación
	Cantidad de soporte físico del soporte físico	Peso o número de piezas necesarias del material
	Homogeneidad	Pureza del material
Intervenir el Soporte físico	Elemento disyuntivo	Tipo de material que se implementará para generar espacios entre las piezas
	Frecuencia del elemento disyuntivo	Espacio entre cada uno de los elementos disyuntivos
	Tamaño del elemento disyuntivo	Dimensión de los elementos disyuntivos
	Distribución del soporte físico	La distribución del material en la superficie varía el resultado de las formas obtenidas.
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Tamaño del contenedor	Dimensiones del contenedor
Aplicar	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser

³³ (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009)

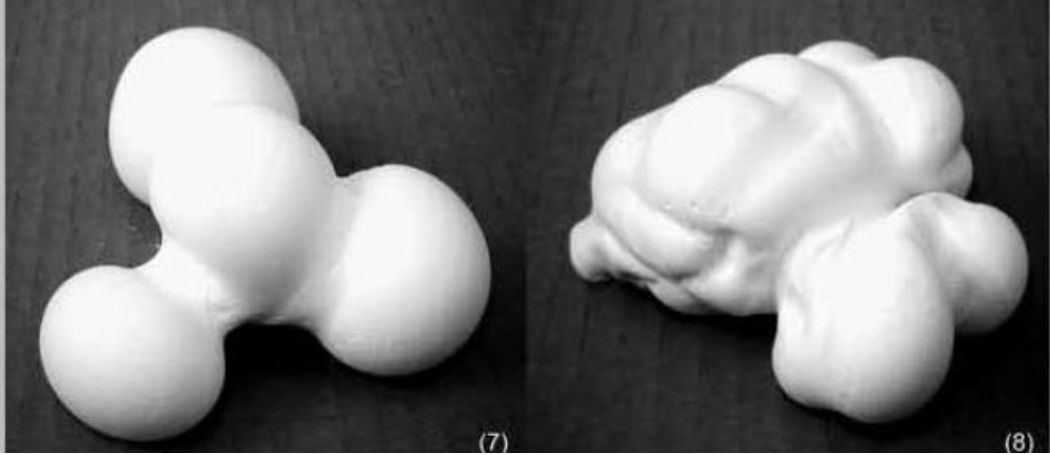
esfuerzos		tensión o compresión
	Humedad	Porcentaje de humedad al que se somete la pieza
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, aire...) al que se somete la pieza
	Tiempo de curado	Tiempo que tarda el soporte físico en curarse generando la forma final de la experimentación
COMENTARIOS:		
		
Ilustración 45: Membranas elásticas y yeso - Resultados experimentación		

Tabla de variables 26 página 84.

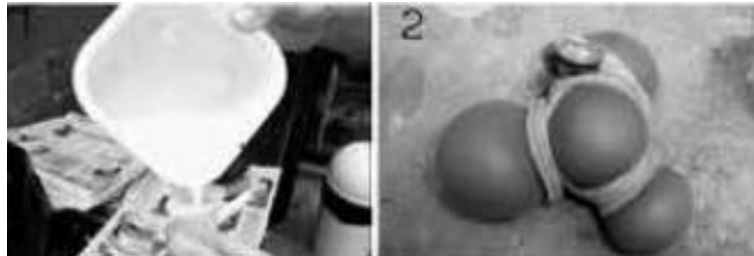


Ilustración 44: Membranas elásticas y yeso - Proceso experimentación³⁵

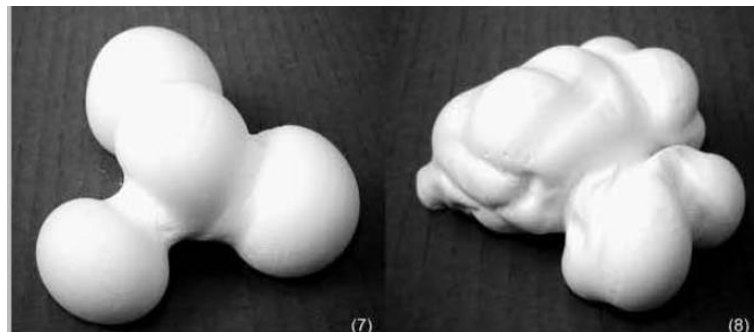


Ilustración 45: Membranas elásticas y yeso - Resultados experimentación³⁵

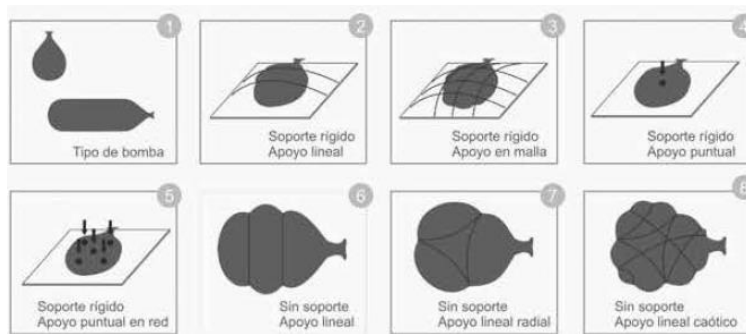


Ilustración 46: Membranas elásticas y yeso - Variables Metodológicas³⁴

Rigidización de Membranas

Hoy en día, se ven cada vez edificios más complejos, que usan diseño de formas libres y fluidas. Frei Otto ha demostrado las posibilidades de influir en la forma de estructuras neumáticas por el estiramiento redes y cables sobre ellos.

El Departamento de Arquitectura y Construcción y el Departamento de Ingeniería Civil, con el Laboratorio de planeación de Ingeniería en Construcción de la Technical University of Eindhoven, desarrollaron una pista de patinaje, a través de la experimentación con formas neumáticas y la rigidización de éstas después de agruparlas y deformarlas. El proceso realizado, fue un modelo de globos que se colocaron en una media de nylon. Se experimentó dándole diferentes formas, y después se modeló este con un polímero (PRONK, BULLENS, & FOLMER, 2010). Ver Tabla de variables 27 página 86.



³⁴ (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009)



Ilustración 47: Proceso Membranas rigidizadas³⁵

Rigidización por vacío

Este sistema se basa en el principio estructural del prensado de diferentes elementos envueltos en una membrana cerrada, a la que se le introduce vacío. La presión atmosférica ejercida hace que la membrana se adhiera firmemente a los elementos que envuelve, manteniendo firme su configuración. Esta técnica conduce a la rigidez de la estructura, además de que permite, literalmente, moldear o utilizar cualquier tipo de forma (HUIJBEN, VAN HERWIJNEN, & NIJSSE, 2012). Ver Tabla de variables 28 página 87.



Ilustración 48: Proceso Membranas rigidizadas³⁶

³⁵ (PRONK, BULLENS, & FOLMER, 2010)

³⁶ (PRONK, BULLENS, & FOLMER, 2010)



VACUUM 0 %

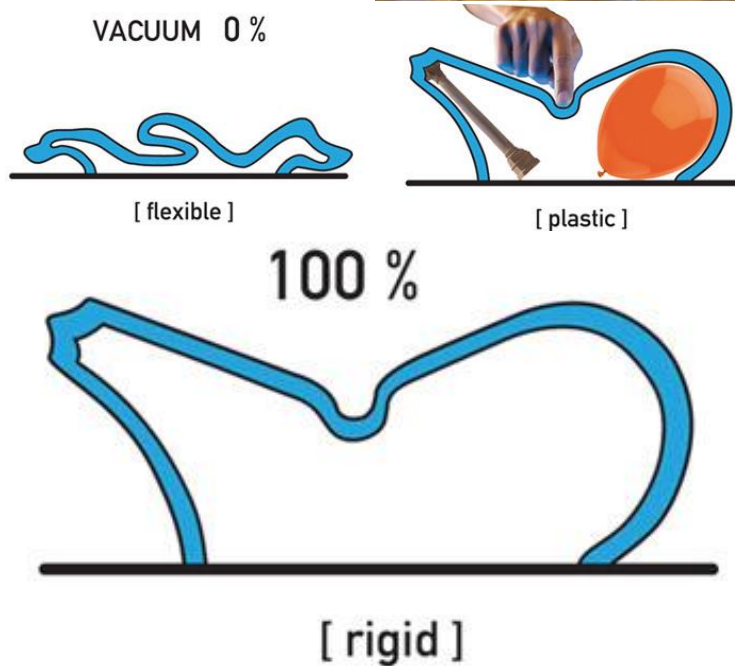


Ilustración 49: Flexibility control³⁷

Concreto en moldes flexibles

Los investigadores Maurice Dominicius, Joris Ketelaars, Paul Val Laerhoven y Arno Pronk de la University of Technology en Holanda estudiaron la estructura microscópica de los huesos para posteriormente tratar de reproducirla bajo nuevas metodologías formales y de manufactura. Con la utilización de una membrana elástica de caucho –EPDM– a la que le fijaron unos discos de madera y posteriormente rellenaron con concreto. Lograron la reproducción del patrón microscópico de los huesos (DOMINICUS, KETELAARS, VAN LAERHOVEN, & PRONK, 2002). Ver

³⁷ (HUIJBEN, VAN HERWIJNEN, & NIJSSE, 2012)

Membranas Elásticas		
DESCRIPCIÓN:		
Superficies de madera logradas a partir de la configuración organizada de piezas de madera.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas a utilizar
	Calibre del soporte físico	Espesor del material
Intervenir el Soporte físico	Corte de las piezas	Alteración de la morfología de la pieza a partir de patrones de corte
	Frecuencia del corte	Espacio entre cada uno de los cortes
	Patrón	Repetición rítmica de la conformación de la superficie.
Unir el soporte físico	Agente de unión	Tipo de unión que se le realizará a las piezas
	Unión de las piezas	Generación las uniones necesarias y de acuerdo a patrones relacionados con el tipo de experimentación
	Cantidad de piezas	Número de veces que es se repite cada unión o cantidad de material a unir
	Puntos de unión	Patrón que debe seguir la unión del material (material con material o material con contenedor)
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Tamaño del contenedor	Dimensiones del contenedor
	Uniones del contenedor	Número de planos o partes que tiene el contenedor
	Elementos internos del contenedor	Selección del tipo de elementos que debe contener el contenedor
	Textura del contenedor	La textura que se le aplique al contenedor influencia los resultados de la forma
Aplicar el Soporte físico	Soporte físico	Material usado en el vaciado dentro de la membrana. Debe ser un líquido que solidifique. (Preferentemente cerámico)
	Cantidad de soporte físico	Cantidad de material que se introduce en la membrana.
	Distribución del soporte físico	Distribución del material a lo largo de toda la membrana, llenando todos los espacios posibles.
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Humedad	Porcentaje de humedad al que se somete la pieza
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, aire...) al que se somete la pieza
	Tiempo de curado	Tiempo que tarda el soporte físico en curarse generando la forma final de la experimentación
COMENTARIOS:		

La experimentación podría hacerse con yeso o materiales más livianos y baratos.



Ilustración 51: The final mockup

Tabla de variables 29 página 87.

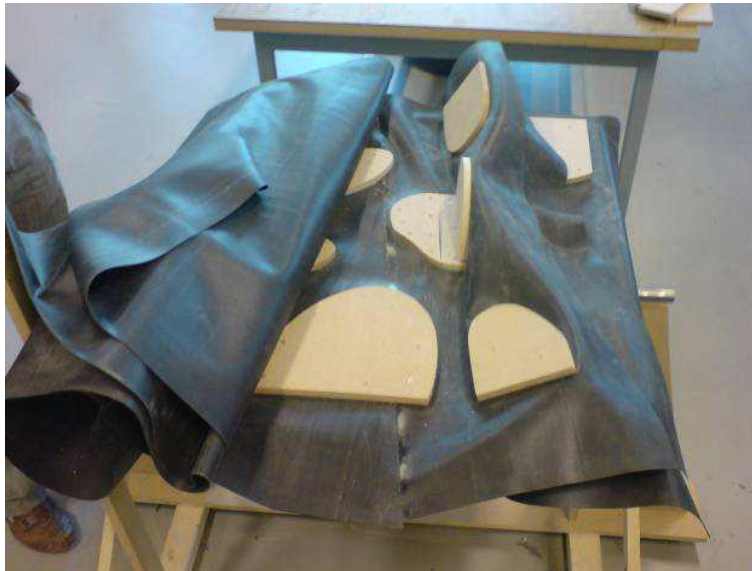




Ilustración 50: Mould of façade element



Ilustración 51: The final mockup³⁸

Crecimiento de espumas

Los investigadores Cristina Henao, Ana Lucía Mesa, Ana Maria Valencia, Sandra Vargas y Edwin Zapata de la –LIME – realizaron el proceso de transformación por la expansión de espumas de poliuretano. Una vez producida la espuma de poliuretano (poliol e isocianato), se vacía y se deja crecer. Se debe tener en cuenta que por ser un material en expansión, muchos de los resultados satisfactorios se obtienen en alguna etapa intermedia del crecimiento y que cualquier modificación en las cantidades de poliuretano

³⁸ (DOMINICUS, KETELAARS, VAN LAERHOVEN, & PRONK, 2002)

afecta los resultados. El material y las formas generadas se acercan mucho a las características de crecimiento de la materia viva (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009). Ver

Crecimiento de espumas		
Espumas Expandibles		
DESCRIPCIÓN:		
Generación de formas a partir de la expansión de espumas de poliuretano.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Elementos que se pondrán en contacto para generar la espuma expandible.
	Cantidad de soporte físico	Cantidad de los materiales en proporción a la mezcla total. La variación de las proporciones de la espuma puede generar diferentes resultados.
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Tamaño del contenedor	Dimensiones del contenedor
	Amplitud de movimiento	Ángulos de giro permitidos por la estructura del contenedor
	Elementos internos del contenedor	Selección del tipo de elementos que debe contener el contenedor
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.
	Ubicación del esfuerzo	Puntos en los que se realizan las fuerzas
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, aire...) al que se somete la pieza
	Movimiento	Tipo de movimiento a aplicar, dirección
	Tiempo de curado	Tiempo que tarda el soporte físico en curarse generando la forma final de la experimentación
COMENTARIOS		

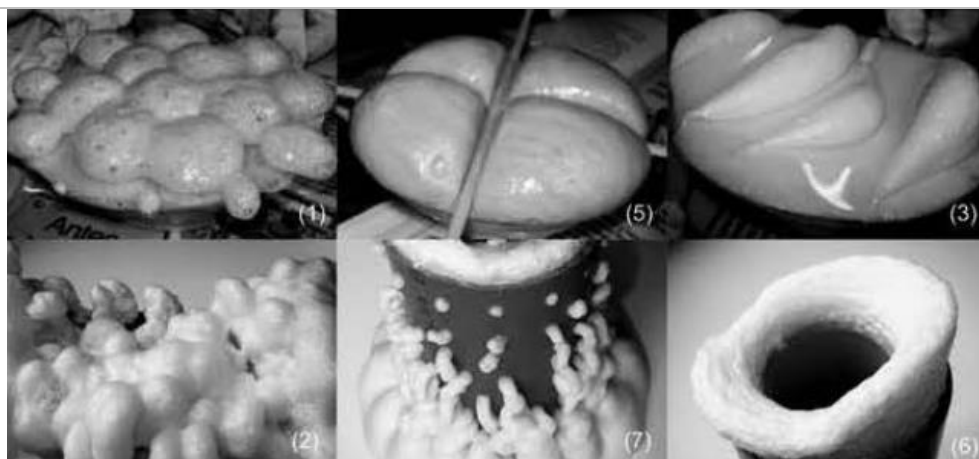


Ilustración 52: Crecimiento de espumas - Resultados experimentación

Tabla de variables 30 página 88.

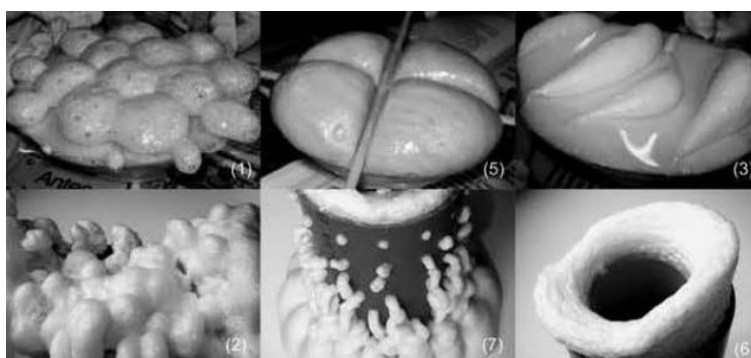


Ilustración 52: Crecimiento de espumas - Resultados experimentación⁴⁰

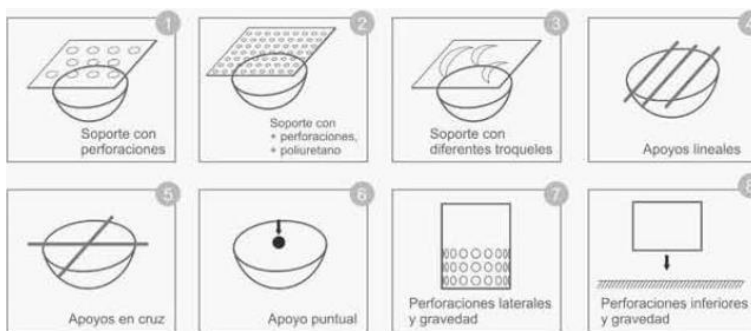


Ilustración 53: Crecimiento de espumas - Variables Metodológicas³⁹

Solidificación de sustancias

Los investigadores Marco De Rossi, Manuela Barrera, Melina Rojas, Natalia Jaramillo, Catalina Pérez y Juliana Vélez de la –LIME– realizaron el proceso de transformación mediante la solidificación de parafina. La parafina por medio de vapor se lleva a su estado líquido y se vacía en agua. El resultado son cavidades, generalmente organizadas como fractales o como cáscaras mínimas delgadas (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009). Ver Tabla de variables 31 página 90.

³⁹ (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009)

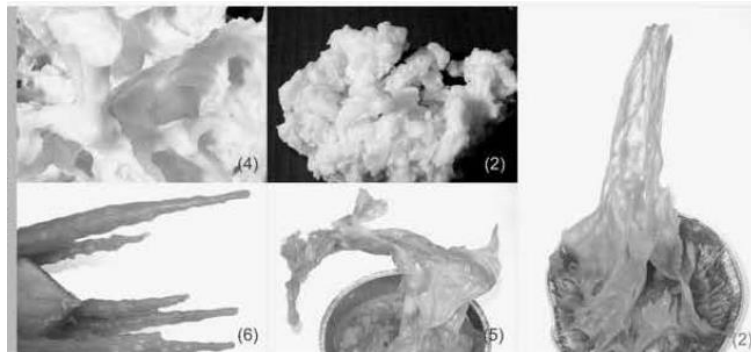


Ilustración 54: Solidificación de sustancias - Resultados experimentación⁴¹

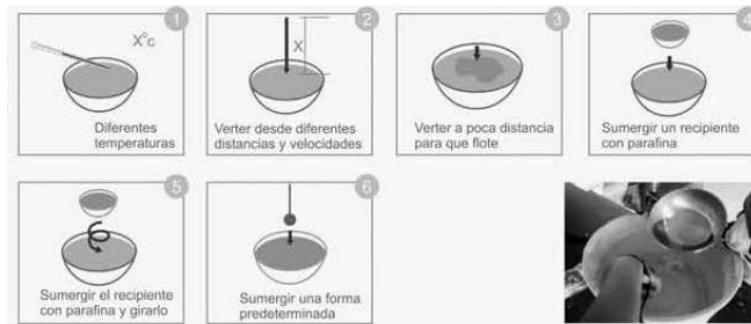


Ilustración 55: Solidificación de sustancias - Variables Metodológicas⁴⁰

Deformación por Compresión

El investigador Edwin Zapata de la –LIME– realizó el proceso de transformación por compresión de diferentes perfiles metálicos con prensa hidráulica. Mediante la utilización de una prensa hidráulica se comprimen perfiles metálicos de ductilidad intermedia. (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009).

Se debe tener en cuenta que si el material es muy rígido se hará necesaria la aplicación calor para hacer más maleable el perfil; pero esto a su vez alterará los resultados. Ver

Deformación por Compresión		
Materiales rígidos		
DESCRIPCIÓN:		
Transformación de la forma física a través de la compresión de la forma original de un material determinado.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que ideal para el logro de los objetivos de la experimentación
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas a utilizar
	Calibre del soporte físico	Espesor del material
Intervenir el Soporte físico	Corte de las piezas	Alteración de la morfología de la pieza a partir de patrones de corte

⁴⁰ (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009)

Aplicar esfuerzos	Frecuencia del corte	Espacio entre cada uno de los cortes
	Patrón	Repetición rítmica de la conformación de la superficie.
	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.

COMENTARIOS:

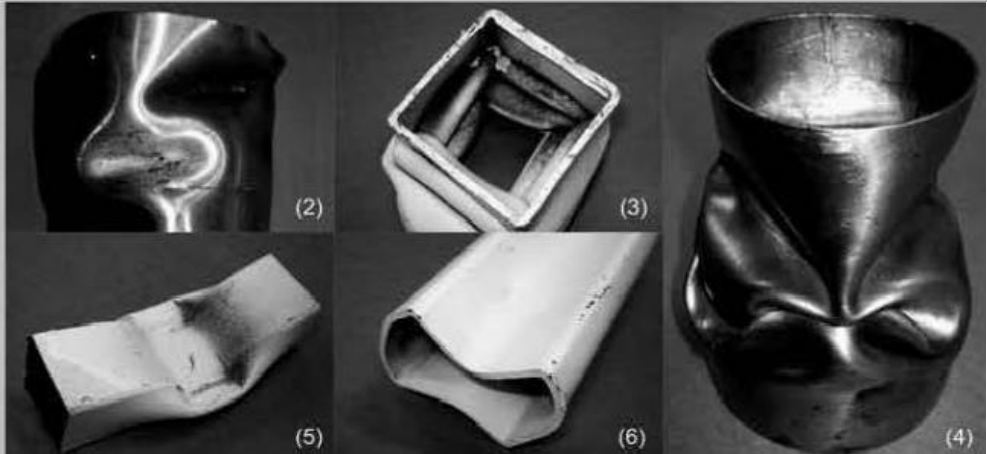


Ilustración 56: Deformación de metal - Resultados experimentación

Tabla de variables 32 página 90.

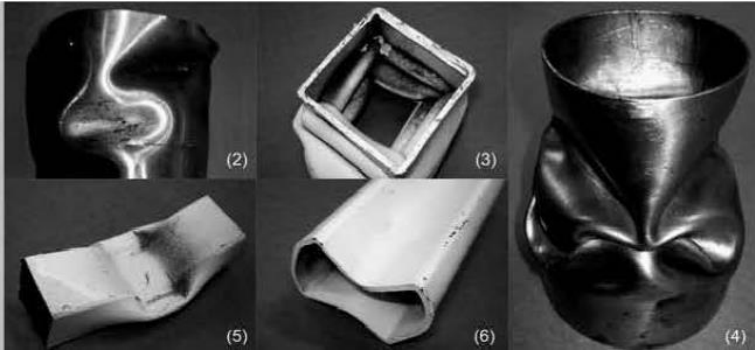
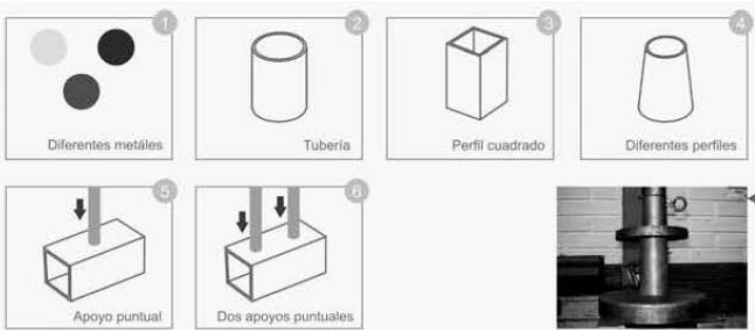


Ilustración 56: Deformación de metal - Resultados experimentación⁴²



Partículas metálicas y magnetismo

El investigador Juan José Lemos de la –LIME– experimentó con el proceso de transformación por medio de la adhesión y configuración de partículas sometidas a magnetismo. Las partículas se extienden sobre una superficie rígida, blanda, o se sumergen en un contenedor con aceite y se someten al efecto del magnetismo. (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009). Ver

Partículas metálicas y magnetismo		
Metal		
DESCRIPCIÓN:		
Transformación de la forma por medio de la adhesión y configuración de partículas sometidas a magnetismo.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que ideal para el logro de los objetivos de la experimentación
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas a utilizar
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Tamaño del contenedor	Dimensiones del contenedor
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.
	Ubicación del esfuerzo	Puntos en los que se realizan las fuerzas
COMENTARIOS:		
La experimentación puede hacerse pensado en nuevos fluidos y deferentes configuraciones de la estimulación magnética.		

⁴¹ (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009)

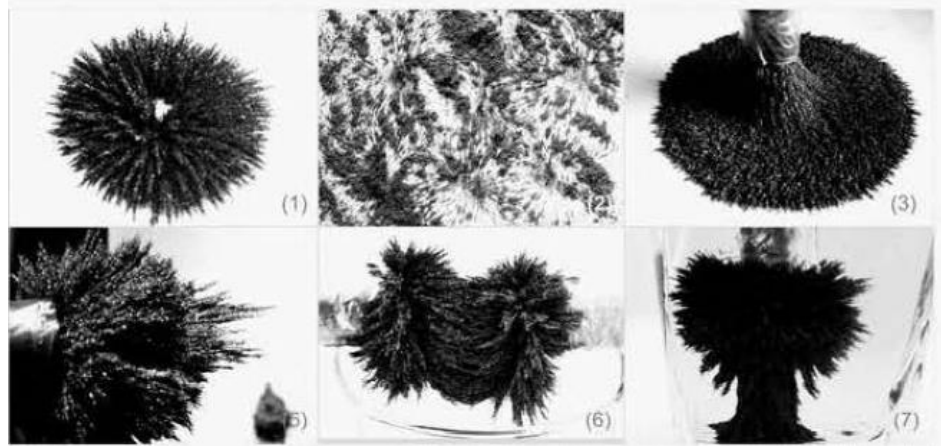


Ilustración 59: Partículas metálicas y magnetismo - Resultados experimentación

Tabla de variables 33 página 91.

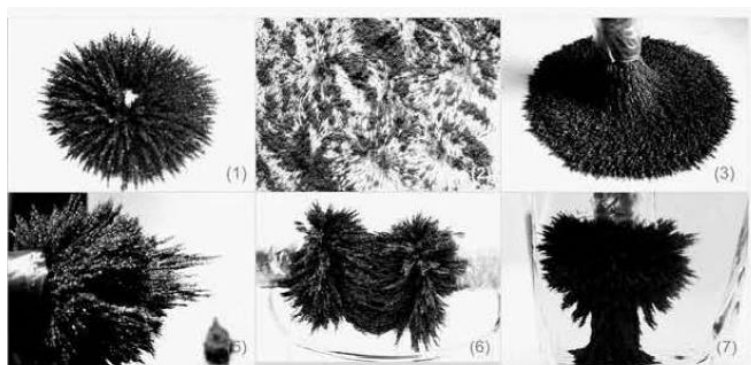


Ilustración 58: Partículas metálicas y magnetismo - Variables Metodológica⁴²

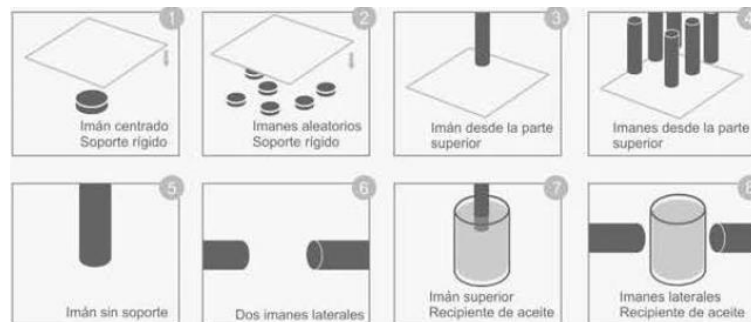


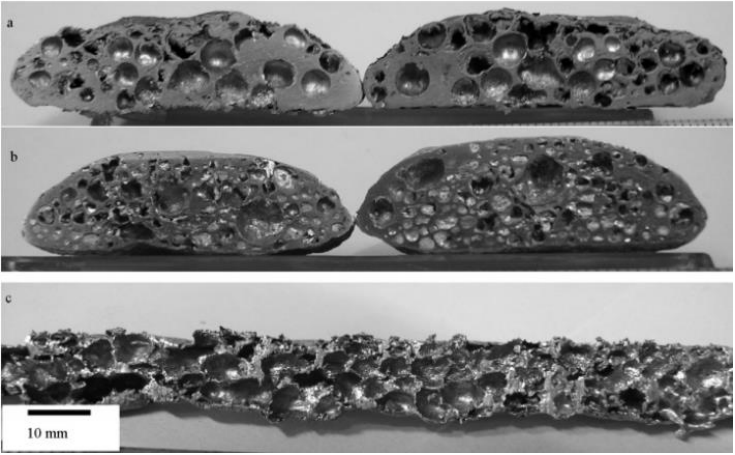
Ilustración 59: Partículas metálicas y magnetismo - Resultados experimentación⁴³

Espumas metálicas

En el National Metallurgical Laboratory en India, liderado por los investigadores V. C. SRIVASTAVA y K. L. SAHOO se experimenta con metales para la creación de nuevas presentaciones formales de este material. Uno de sus experimentos es presentar un metal con la morfología de una espuma. Tienen varios métodos para esto, pero el que mejor resultado ha generado es a partir de metal fundido, al cual le inyectan un gas a la par que un rotor revuelve constante mente el material. Poco a poco el metal es

⁴² (ARBELÁEZ OCHOA & PATIÑO MAZO, 2009)

enfriado en bandas, lo que genera un bloque de metal poroso considerado una espuma metálica (SRIVASTAVA & SAHOO, 2007). Ver

Espumas Metálicas		
Metal		
DESCRIPCIÓN:		
Sintonización de espumas metálicas a partir de estructuras porosas		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas a utilizar
	Cantidad de soporte físico del soporte físico	Peso o número de piezas necesarias del material
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.
	Ubicación del esfuerzo	Puntos en los que se realizan las fuerzas
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, aire...) al que se somete la pieza
	Movimiento	Tipo de movimiento a aplicar, dirección
	Velocidad de inmersión	Velocidad de agregado del soporte físico
	Tiempo de curado	Tiempo que tarda el soporte físico en curarse generando la forma final de la experimentación
COMENTARIOS:		
 Ilustración 62: Aluminium foams by PM route: a) slow heating rate, b) high heating rate		

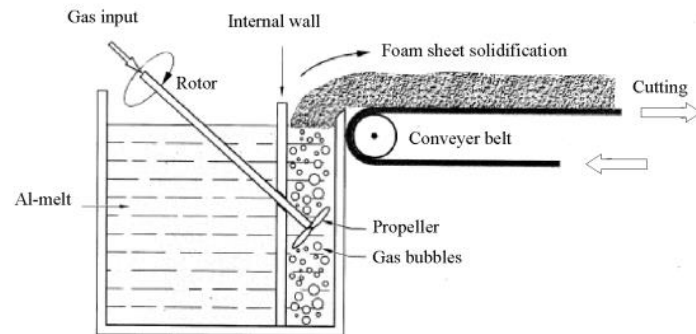


Ilustración 60: Esquema del espumado de metal líquido directo con inyección de gas⁴⁴

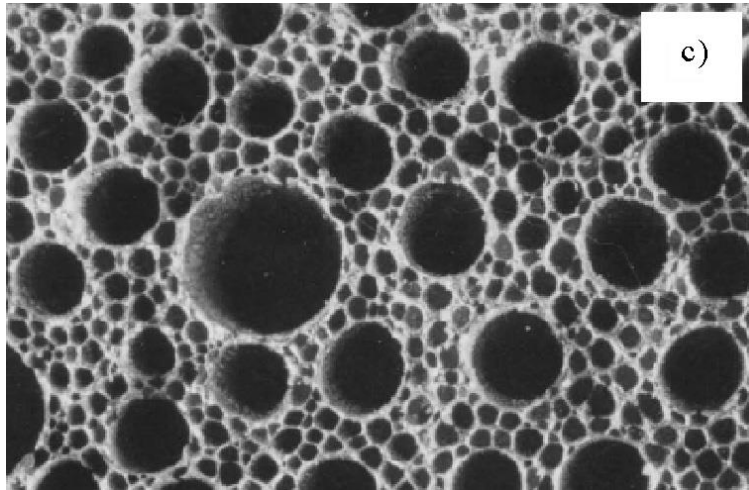


Ilustración 61: Estructura representativa de la morfología tipo Lotus⁴⁴

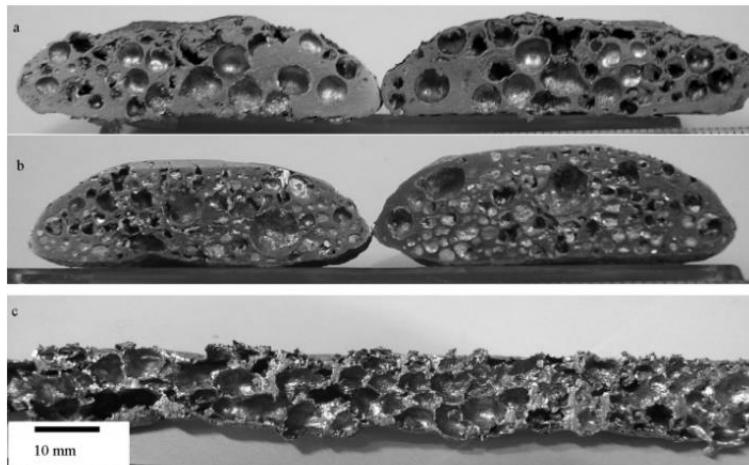


Ilustración 62: Aluminium foams by PM route: a) slow heating rate, b) high heating rate⁴³

Películas con burbujas de jabón

Luis Eduardo González y Gerardo Mejía estudiantes de física en la facultad de ciencias de la UNAM en sus experimentos realizados con burbujas de jabón determinaron que una de las formas más sencillas de observar cúmulos planos es hacer muchas burbujas sobre un acetato mojado. Lo que se ve sobre el acetato es un cúmulo plano. Por ejemplo, si se pone una burbuja sobre un acetato, la curva que se dibuja en éste es una circunferencia. Éste es el equivalente bidimensional de la esfera.

⁴³ (SRIVASTAVA & SAHOO, 2007)

Es interesante observar lo que sucede al llenar con burbujas recipientes de distintas formas, por ejemplo el redondo o el esférico. Si se toma una botella grande de plástico y se llena de burbujas puede analizarse la configuración que adquieren. Se puede observar cuidadosamente los ángulos y los tipos de poliedros que se forman en el interior de la botella (GONZÁLEZ & MEJÍA, 2006). Ver Tabla de variables 35 página 94.



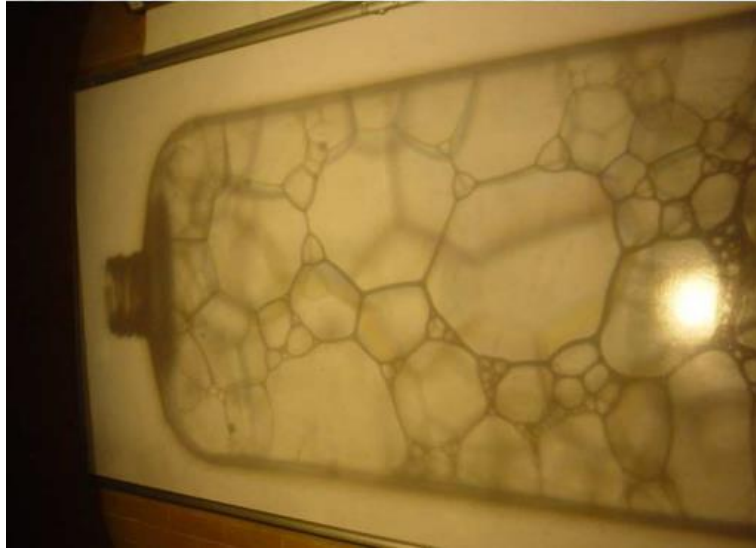


Ilustración 63: Experimentaciones con burbujas de jabón⁴⁴

Construcciones neumáticas

Otra de las formas en las que Frei Otto experimentó, fue a través de burbujas de jabón cubiertas por una malla. La presión del aire ejercida sobre el jabón, hace que este disperse su fuerza por los diferentes espacios de la red, generando así, no sólo una forma abultada, sino varias por toda la malla (NERDINGER & Princeton Architectural Press, 2005). Ver Tabla de variables 36 página 95.



⁴⁴ (GONZÁLEZ & MEJÍA, 2006)

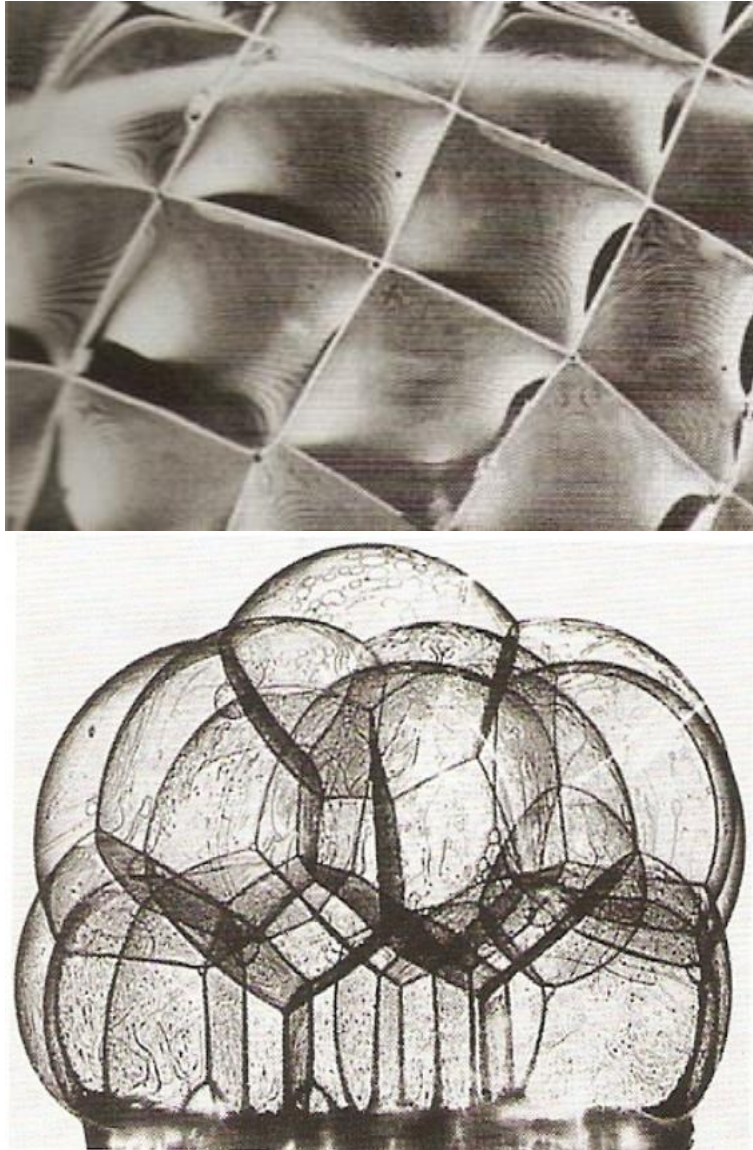


Ilustración 64: Pneumatic construction Frei Otto⁴⁵

Textiles texturizados

La docente Alba Callejas de la Universidad Pontificia Bolivariana realiza en el taller de métodos de diseño un proyecto que consiste en experimentar con textiles y sintéticos acabando con su estado básico a través de diferentes acciones (cortar, pegar, quemar, calentar, enfriar, teñir, entrelazar, cocer, mezclar, entre otros). El proyecto busca adecuar el textil al concepto; con el fin de obtener nuevos textiles o nuevas texturas evidenciadas en textiles y sintéticos que permitan la creación de nuevas formas para cubrir el cuerpo (CALLEJAS, 2012). Ver Tabla de variables 37, página 96.

⁴⁵ (NERDINGER & Princeton Architectural Press, 2005)



Ilustración 65: Textiles texturizados⁴⁶

Agregados de gránulos

Karola Dierichs basó su investigación en la observación detallada de la naturaleza, la cual crea y transforma continuamente. El objetivo es crear morfologías inspiradas en el cambio natural que se da por la erosión. Esto se logró a partir de la experimentación con diferentes materiales, con métodos naturales y de solidificación arquitectónica, el paisaje costero fue escogido como referente (DIERICHS, 2007-2009). Ver Tabla de variables 38 página 97.

⁴⁶ (CALLEJAS, 2012)

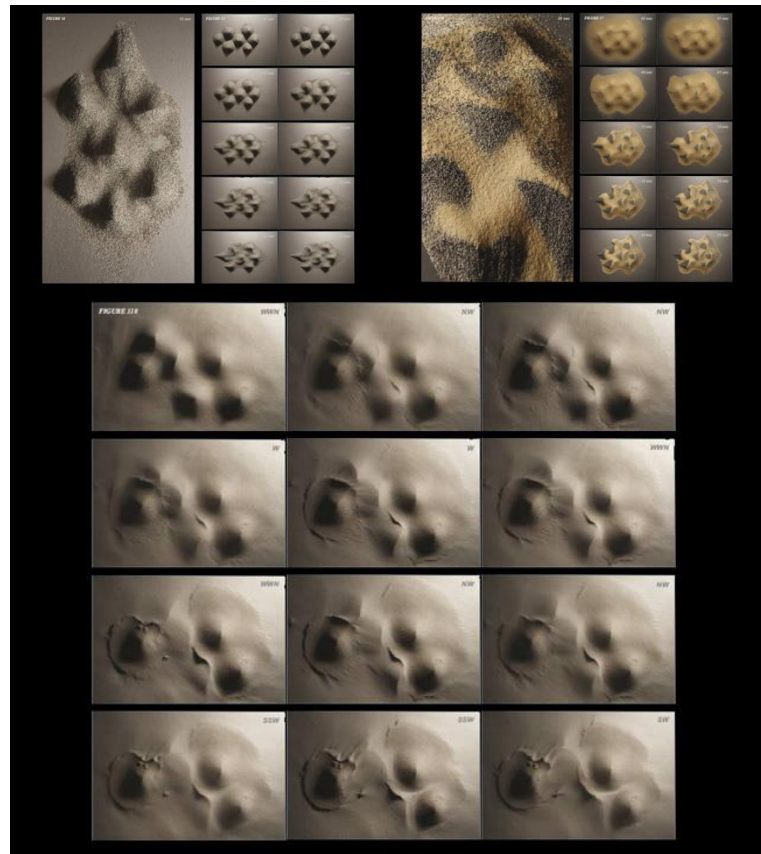


Ilustración 66: Agregaciones, Karola Dierichs, AA London, 2007-09⁴⁷

⁴⁷ (DIERICHS, 2007-2009)

LA EXPERIMENTACIÓN DE LA BÚSQUEDA OBJETIVA DE LA FORMA FÍSICA

Cada uno de los Procesos de Búsqueda de la forma física tiene una serie de pasos para llevar a cabo la experimentación y cada uno de dichos pasos posee elementos variables (Ver Ilustración 67). Los elementos variables pueden ser: tensión superficial, temperatura, vibración, influencia de sustancias, perturbación sonora, viento, luz, descargas eléctricas, gravedad, magnetismo, cargas mecánicas como tracción, compresión o torsión, y en general, reacciones químicas y físicas. Lo importante en este punto es determinar si las variables a aplicar alteran significativamente la forma, cómo la alteran y porqué la alteran.

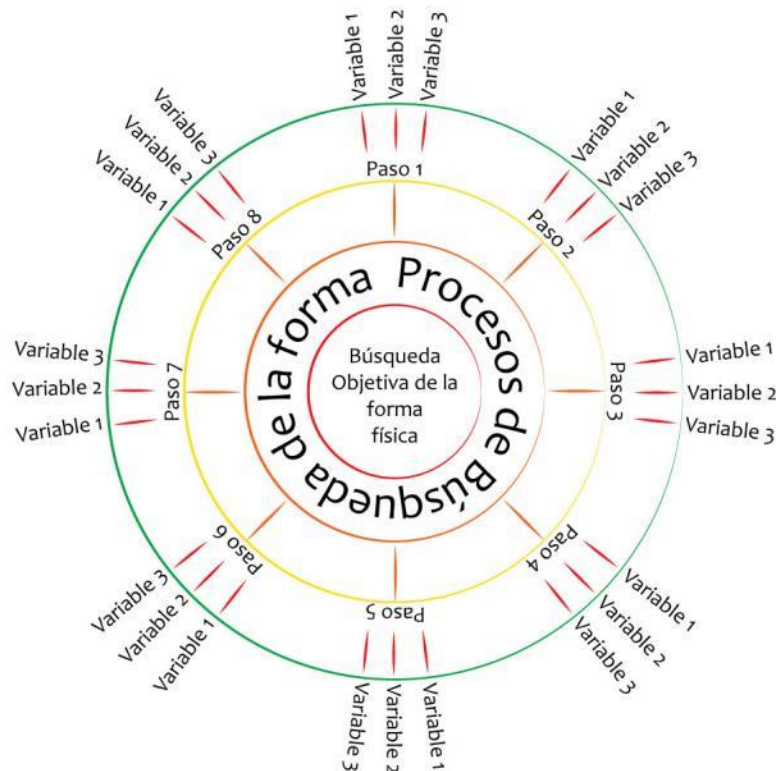


Ilustración 67: Cuadro explicativo proceso experimental de la búsqueda

El material, llamado soporte físico, es aquello sobre lo cual se interviene, es decir, lo que cambia de forma a partir de un estímulo, factores o variables; en este punto es importante aclarar, que muchas de las experimentaciones relacionadas anteriormente que son fruto de la documentación bibliográfica pueden ser experimentadas con soportes físicos diferentes a los documentados. Por esto las experimentaciones documentadas han sido “manipuladas” para ajustarse a otros materiales más pertinentes, que funcionan mejor, o que simplemente son más asequibles o fáciles de manipular.

El estudio de cada uno de los procesos BOFF estudiados se basa en:

- La preparación del soporte físico**
- La intervención del Soporte físico**
- El diseño del contenedor**
- La aplicación de esfuerzos**

Los soportes físicos documentados son:

Membranas elásticas
Arena
Papel y cartón
Fibras
Cerámicos (Yeso, arcilla, cemento)
Madera / Chapilla

Las Variables metodológicas genéricas identificadas son:

Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que ideal para el logro de los objetivos de la experimentación
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas a utilizar
	Calibre del soporte físico	Espesor del material
	Cantidad de soporte físico del soporte físico	Peso o número de piezas necesarias del material
	Homogeneidad	Pureza del material
	Tipo de aglomerante	Tipo de aglomerante utilizado para la preparación de algunos soportes físicos. Dependiendo del aglomerante usado varían los resultados.
Intervenir el Soporte físico	Corte de las piezas	Alteración de la morfología de la pieza a partir de patrones de corte
	Frecuencia del corte	Espacio entre cada uno de los cortes
	Patrón	Repetición rítmica de la conformación de la superficie.
	Dirección de las fibras	La dirección de las fibras del material puede influenciar los resultados de la experimentación
	Elemento disyuntivo	Tipo de material que se implementará para generar espacios entre las piezas
	Frecuencia del elemento disyuntivo	Espacio entre cada uno de los elementos disyuntivos
	Tamaño del elemento disyuntivo	Dimensión de los elementos disyuntivos
	Distribución del soporte físico	La distribución del material en la superficie varía el resultado de las formas obtenidas.
Unir el soporte físico	Agente de unión	Tipo de unión que se le realizará a las piezas
	Patrón	Repetición rítmica de la conformación de la superficie.
	Unión de las piezas	Generación las uniones necesarias y de acuerdo a patrones relacionados con el tipo de experimentación
	Espesor de la unión	El grosor de la capa de pegante
	Cantidad de piezas	Número de veces que es se repite cada unión o cantidad de material a unir
	Distancia entre las piezas	Distancia entre cada figura
	Puntos de unión	Patrón que debe seguir la unión del material (material con material o material con contenedor)

Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Tamaño del contenedor	Dimensiones del contenedor
	Uniones del contenedor	Número de planos o partes que tiene el contenedor
	Tipo de Uniones	Tipo de uniones articuladas o fijas
	Amplitud de movimiento	Ángulos de giro permitidos por la estructura del contenedor
	Elementos internos del contenedor	Selección del tipo de elementos que debe contener el contenedor
	Textura del contenedor	La textura que se le aplique al contenedor influencia los resultados de la forma
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.
	Ubicación del esfuerzo	Puntos en los que se realizan las fuerzas
	Humedad	Porcentaje de humedad al que se somete la pieza
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, aire...) al que se somete la pieza
	Movimiento	Tipo de movimiento a aplicar, dirección
	Velocidad de inmersión	Velocidad de agregado del soporte físico
	Tiempo de curado	Tiempo que tarda el soporte físico en curarse generando la forma final de la experimentación

Tabla de variables 1: Variables metodológicas genéricas experimentaciones

A partir del estudio se identificaron también tres tipologías en las que se pueden clasificar las experimentaciones, según su aspecto físico o su posibilidad de transformación.

Transformables

Porosas

Otras

Según lo antes nombrado, los procesos encontrados se clasificaron en las tipologías y dentro de ellos según su soporte físico en las siguientes tablas:

TIPOLOGÍAS DE BÚSQUEDA OBJETIVA DE LA FORMA FÍSICA

TRANSFORMABLES

Cambios por humedad		
Chapilla Madera		
DESCRIPCIÓN:		
Estructura a partir de cortes chapilla ubicados sobre un cartón, que tiene la capacidad de transformarse a partir de cambios de humedad.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Seleccionar el tipo de madera de la chapilla, el calibre. Mientras menos densa sea la madera más deformación presentará la chapilla
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que poseen las piezas, no necesariamente tienen que ser regulares
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas que se extraen del material
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección del material del soporte sobre el que se realizará el experimento
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie.
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.
	Humedad	Porcentaje de humedad al que se somete la pieza
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, vapor...) al que se somete la pieza
COMENTARIOS:		
La chapilla tiene la capacidad de revertir los cambios con mucha rapidez, por lo tanto los cambios de morfología deben ser registrados mediante video o fotografía.		
		
Ilustración 19: Estructura de superficie sensible, Steffen Reichert, HfG Offenbach, 2006-07		

Tabla de variables 2: Cambios por humedad

Cambios por humedad II
Chapilla Madera

DESCRIPCIÓN:		
Estructura en chapilla que tiene la capacidad de transformarse a partir de cambios de humedad.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Seleccionar el tipo de madera de la chapilla, el calibre. Mientras menos densa sea la madera más deformación presentará la chapilla
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que poseen las piezas, no necesariamente tienen que ser regulares
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas que se extraen del material
Intervenir el Soporte físico	Dirección de las fibra	La dirección de las fibras de la madera puede determinar propiedades de la pieza según la forma en la que se corte o se una
Unir el soporte físico	Unión de las piezas	Unir de manera que no queden espacios entre las piezas o que sí queden
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie.
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.
	Humedad	Porcentaje de humedad al que se somete la pieza
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, vapor...) al que se somete la pieza
COMENTARIOS:		
Este experimento ofrece dos desarrollos formales interesantes que pueden ser estudiados por separado.		
La chapilla tiene la capacidad de revertir los cambios con mucha rapidez, por lo tanto los cambios de morfología deben ser registrados mediante video o fotografía.		
		
Ilustración 20: Responsive Surface Structure II, Steffen Reichert, HfG Offenbach 2008		

Tabla de variables 3: Cambios por humedad II

Tejido de láminas flexibles		
Láminas Flexibles		
DESCRIPCIÓN:		
Generación de formas por medio de pliegues e intersección de láminas de flexibles		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Seleccionar el tipo de material para las láminas flexibles

	Forma del soporte físico	Forma geométrica que poseen los elementos, no necesariamente tienen que ser tiras rectangulares
	Tamaño del soporte físico	Largo y ancho - Dimensiones de las piezas que se extraen del material
	Cantidad de soporte físico	Peso o número de piezas necesarias del material
Intervenir el Soporte físico	Corte de las piezas	Alteración a las láminas flexibles con perforaciones
	Frecuencia del corte	Espacio entre cada uno de los cortes
Unir el soporte físico	Patrón	Repetición rítmica de la conformación de la superficie.
	Puntos de unión	Lugar en que las tiras se van a unir entre sí
	Agente de unión	Tipo de unión que se le realizará a las piezas
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o presión
	Ubicación del esfuerzo	Puntos en los que se realiza la fuerza
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.

COMENTARIOS:

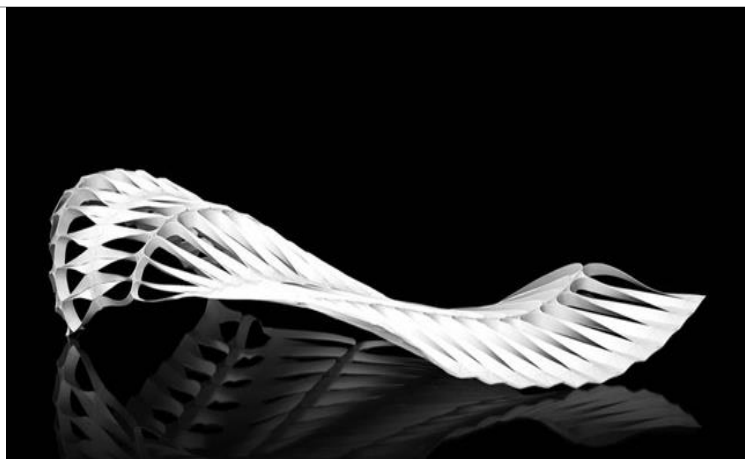


Ilustración 21: MDE 03 Paper Strip Morphologies, Achim Menges,

Tabla de variables 4: Tejido de láminas flexibles

Superficie expandible		
Lámina Flexible		
DESCRIPCIÓN:		
Lámina de material flexible, a la cual se le aplican cortes y esfuerzos		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Seleccionar el tipo de láminas flexibles
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas que se extraen del material
	Calibre del soporte físico	Espesor del material
Intervenir el Soporte físico	Corte de las piezas	Alteración a las láminas flexibles con perforaciones
	Frecuencia del corte	Espacio entre cada uno de los cortes
	Patrón	Repetición rítmica de la conformación de la superficie.

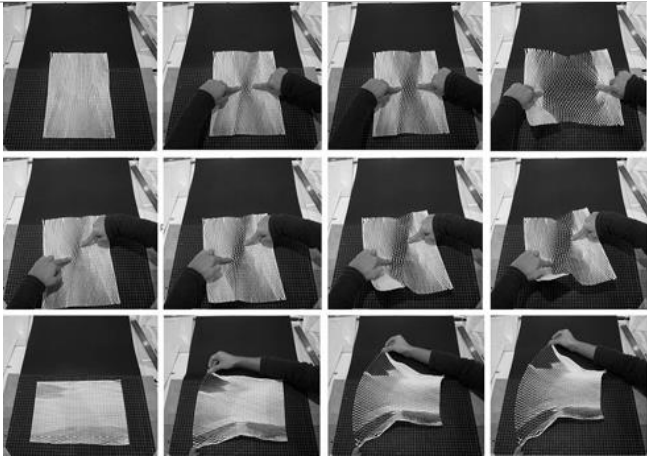
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o presión
	Ubicación del esfuerzo	Puntos en los que se realiza la fuerza
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
COMENTARIOS:		
 <i>Ilustración 22: Expandable Surface System</i>		

Tabla de variables 5: Superficie expandible

Superficie laminar conectada		
Lámina Flexible		
DESCRIPCIÓN:		
Obtención de formas por medio de papel con cortes horizontales y verticales.		
Preparar el soporte físico	Soporte físico	Selección del material flexible según sus características
	Dimensiones del Soporte físico	Medidas de la lámina flexible
Intervenir el Soporte físico	Patrón	Repetición rítmica de la conformación de la superficie.
	Frecuencia del corte	Espacio entre cada uno de los cortes
Unir Soporte físico	Cantidad de piezas	Número de veces que es se repite cada unión o cantidad de material a unir
	Puntos de unión	Patrón que debe seguir la unión del material (material con material o material con contenedor)
COMENTARIOS:		



Ilustración 23: Folding Architecture exercise (Sophia Vyzoviti)

Tabla de variables 6: Superficie laminar conectada

Superficie arrugada		
Lámina		
DESCRIPCIÓN:		
Hojas de material rígido en forma de polígonos de diferentes tamaños pegados semejando material arrugado.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Seleccionar el tipo de láminas
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que poseen las piezas, no necesariamente tienen que ser regulares
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas que se extraen del material
Unir las formas	Patrón	Repetición rítmica de la conformación de la superficie.
	Distancia entre las piezas	Distancia entre cada figura
	Agente de unión	Tipo de unión que se le realizará a las piezas
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie.
	Movimiento	Tipo de movimiento a aplicar, dirección
COMENTARIOS:		

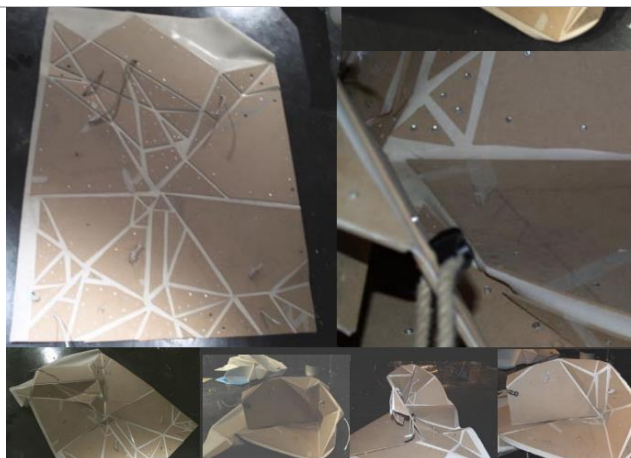


Ilustración 24: A range of iterations on this theme were then explored

Tabla de variables 7: Superficie arrugada

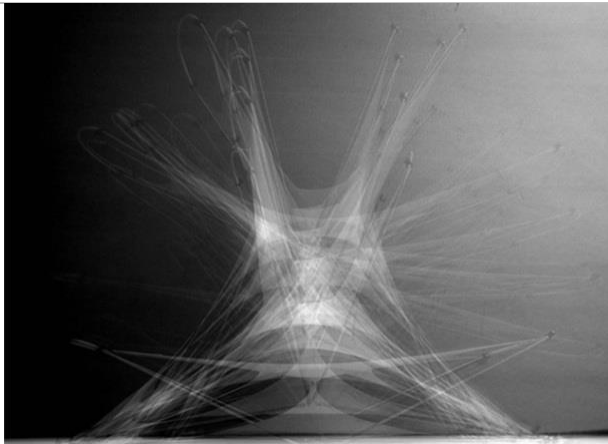
Material flexible tensado en marcos abatibles		
Membranas		
DESCRIPCIÓN:		
Tela perforada y tensionada sobre una estructura móvil		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Seleccionar el tipo de láminas flexibles
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que poseen las piezas, no necesariamente tienen que ser regulares
Diseñar el contenedor	Tamaño del contenedor	Dimensiones del contenedor
	Uniones del contenedor	Número de planos o partes que tiene el contenedor
	Amplitud de movimiento	Ángulos de giro permitidos por la estructura
	Elementos internos del contenedor	Selección del tipo de elementos que debe contener el contenedor
Intervenir el Soporte físico	Corte de las piezas	Alteración a las láminas flexibles con perforaciones
	Frecuencia del corte	Espacio entre cada uno de los cortes
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie.
	Movimiento	Tipo de movimiento a aplicar, dirección
COMENTARIOS:		
		
Ilustración 25: Membrane Frame Kinetics, Jaap Baselmans, Rotterdam Academy of Architecture, 2005		

Tabla de variables 8: Membranas tensadas en marcos abatibles

Material flexible conectado		
Membranas		
DESCRIPCIÓN:		
Experimentación con dos tipos de membranas, una poco flexible con perforaciones y una segunda más flexible que se introduce por las perforaciones y se ancla a una estructura abatible.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Seleccionar el tipo de láminas flexibles
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que poseen las piezas, no necesariamente tienen que ser regulares
Diseñar el contenedor	Tamaño del contenedor	Dimensiones de los planos de la estructura
	Uniones del	Número de planos que se encuentran en un mismo punto

	contenedor	
	Amplitud de movimiento	Ángulos de giro permitidos por la estructura
Intervenir el Soporte físico	Corte de las piezas	Alteración a las láminas flexibles con perforaciones
	Frecuencia del corte	Espacio entre cada uno de los cortes
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie.
	Ubicación del esfuerzo	Puntos en los que se realizan las fuerzas
	Movimiento	Ángulo de giro y sentido

COMENTARIOS:

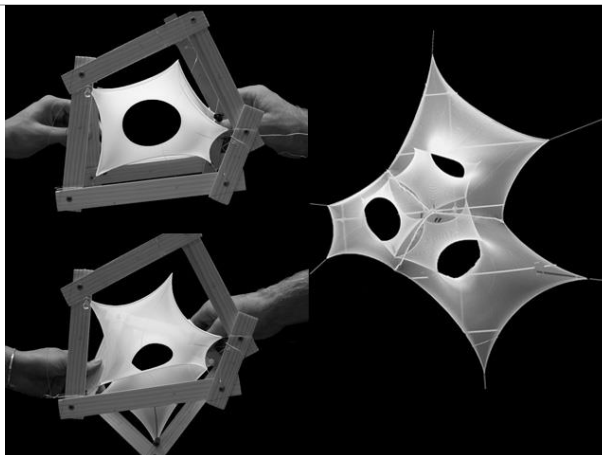


Ilustración 26: Cylindrical Membrane Morphologies, Sonja Templin / Valentin Brenner, ICD Stuttgart, 2010

Tabla de variables 9: Membranas conectadas

Textil madera		
Compuestos		
DESCRIPCIÓN:		
Modulación de piezas teseladas: Red de piezas de madera, unidas formando una red sobre lona.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Seleccionar el tipo de madera de la chapilla, el calibre. Mientras menos densa sea la madera más deformación presentará la chapilla
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que poseen las piezas, no necesariamente tienen que ser regulares
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas que se extraen del material
Diseñar el contenedor	Material del contenedor	Seleccionar el material flexible que se usa como base para adherir las piezas
Unir las formas	Dilatación entre las piezas	Distancia entre cada figura
	Patrón	Repetición rítmica de la conformación de la superficie.
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Movimiento	Ángulo de giro y sentido
COMENTARIOS:		
La red sobre la lona permite crear nuevas formas, dependiendo del manejo que se le de a ésta, cómo se compacte o en que superficie se sustente.		

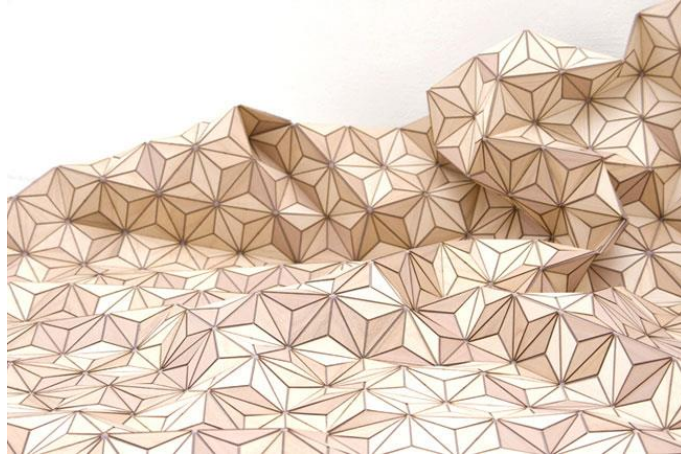


Ilustración 27: Wooden Textil by Elisa Strozyk

Tabla de variables 10: Textil madera

EXPERIMENTACIONES CON RESULTADOS POROSOS

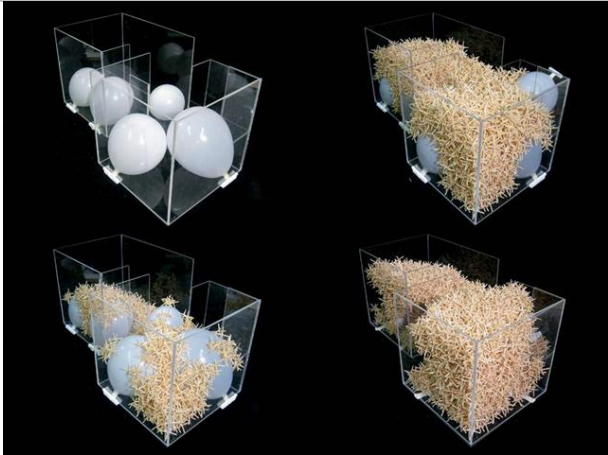
Agregado de Partículas		
Fibras agregadas		
DESCRIPCIÓN:		
Generación de la forma a través de agregado de partículas sobre superficies irregulares.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del material fibroso
	Tamaño del soporte físico	Diámetro – Dimensiones del piezas Largo – La diferencia de tamaño genera mayor porosidad
	Calibre del soporte físico	Espesor del material
	Cantidad de soporte físico	Número de piezas necesarias del material
Intervenir el Soporte físico	Elemento disyuntivo	Tipo de material que se implementará para generar espacios entre las piezas
	Frecuencia del elemento disyuntivo	Espacio entre cada uno de los elementos disyuntivos
	Tamaño del elemento disyuntivo	Dimensión de los elementos disyuntivos
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
Aplicar esfuerzos	Velocidad	Velocidad de agregado de las partículas
COMENTARIOS:		
Esta experimentación se puede hacer con tiras de algún material termoplástico que se encoja con el calor, con el fin de que se retuerzan y se “suelden” entre ellas generando la forma.		
		

Ilustración 28: Designed Particles Aggregations 01, Eichi Matsuda, AA London, 2003-04

Tabla de variables 11: Fibras agregadas

Cuerpos Porosos
Compuestos
DESCRIPCIÓN:

Cojines de aire presionados dentro de un recipiente sobre los cuales se vacía un material en estado líquido.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del material compuesto. Puede ser cemento o algún tipo de yeso.
	Humedad del Soporte físico	Afecta las propiedades del material, diferenciando el tiempo del secado
	Tipo de aglomerante	El material escogido, dependiendo de sus propiedades, debe estar mezclado con un aglomerante para darle soporte. Dependiendo del aglomerante usado varían los resultados.
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección del material con el que se construirá el contenedor.
	Tamaño del contenedor	Definición de las dimensiones del contenedor
Intervenir el Soporte físico	Elemento disyuntivo	Tipo de material que se implementará para generar espacios entre las piezas (cojines de aire)
	Frecuencia del elemento disyuntivo	Espacio entre cada uno de los elementos disyuntivos
	Tamaño del elemento disyuntivo	Dimensión de los elementos disyuntivos
Aplicar el Soporte físico	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.
COMENTARIOS:		



Ilustración 29: Porous Cast, Gabriel Sanchiz, AA London, 2005-06

Tabla de variables 12: Cuerpos Porosos

Material flexible tensado en marcos		
Membranas		
DESCRIPCIÓN:		
Telas tensadas dentro de un marco de metal		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Seleccionar el tipo de láminas flexibles

	Forma del soporte físico	Forma geométrica que poseen las piezas, no necesariamente tienen que ser regulares
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección del material del soporte sobre el cual se realizara el experimento.
	Tamaño del contenedor	Dimensiones del contenedor
	Uniones del contenedor	Número de planos o partes que tiene el contenedor
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Ubicación del esfuerzo	Puntos en los que se realizan las fuerzas

COMENTARIOS:



Ilustración 30: Morfología de la membrana, Michael Hensel, Achim Menges, 2004-05

Tabla de variables 13: Material flexible tensado en marcos

Material flexible tubular		
Textil		
DESCRIPCIÓN:		
Estructura de membranas tubulares fusionadas.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Seleccionar el tipo de láminas flexibles
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que poseen las piezas, no necesariamente tienen que ser regulares
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas que se extraen del material
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Tamaño del contenedor	Dimensiones del contenedor
	Uniones del contenedor	Número de planos o partes que tiene el contenedor
Aplicar	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser

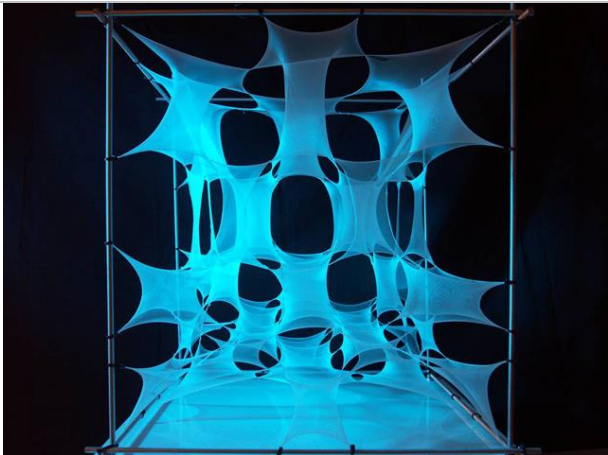
esfuerzos		tensión o compresión
	Ubicación del esfuerzo	Puntos en los que se realizan las fuerzas
COMENTARIOS:		
Las formas varían según el grado de tensión de la tela y el tamaño de ésta. También puede darse tensionando telas de formas más irregulares en sus puntas opuestas.		
		
Ilustración 31: Membrane Interaction, Ralph Doggen, Rotterdam Academy of Architecture, 2005		

Tabla de variables 14: Material flexible tubular

Transformación por tracción de pegas viscosas		
Sustancias Viscosas		
DESCRIPCIÓN:		
Transformación y generación de formas a partir de pegas viscosas.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección de la pega viscosa
	Cantidad de soporte físico	Cantidad de soporte físico que se distribuye en el sustrato
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección del material del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Tamaño del contenedor	Dimensiones del contenedor
	Elementos internos del contenedor	Selección del tipo de elementos que debe contener el contenedor
Intervenir el soporte físico	Distribución del soporte físico	La distribución del material en la superficie varía el resultado de las formas obtenidas.
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de curado	Tiempo que tarda el soporte físico en curarse generando la forma final de la experimentación
COMENTARIOS:		



Ilustración 32: Sustancias viscosas - Resultados experimentación

Tabla de variables 15: Transformación por tracción de pegas viscosas

EXPERIMENTACIONES CON OTROS TIPOS DE RESULTADOS

Materiales flexibles suspendidos y tensionados		
Elementos flexibles		
DESCRIPCIÓN:		
Cadena y redes metálica sustentadas a diferentes puntos, o sometidas a tensión		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del material
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que poseen las piezas, no necesariamente tienen que ser regulares
	Calibre del soporte físico	Espesor del material
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Tamaño del contenedor	Dimensiones del contenedor
	Uniones del contenedor	Número de planos o partes que tiene el contenedor
	Tipo de Uniones	Tipo de uniones articuladas o fijas
	Elementos internos del contenedor	Selección del tipo de elementos que debe contener el contenedor
Unir el soporte físico	Tipo de tejido	De la forma como se teja depende la maleabilidad de la forma final
	Puntos de tensión	Puntos de unión de la malla a la estructura
	Orden	Ubicación espacial y patrón de las piezas que forman la red.
	Tamaño	Longitud y área que abarca la red
Aplicar esfuerzos	Tensión	Fuerza de tensión ejercida al material flexible
	Distancia	Espacio entre los puntos de tensión de la red , y donde se sustentan los puntos de tensión
Construcción puntos de tensión	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Ubicación del esfuerzo	Puntos en los que se realizan las fuerzas
COMENTARIOS:		
La experimentación puede hacerse usando todos, o solo algunos de los puntos de sustentación.		

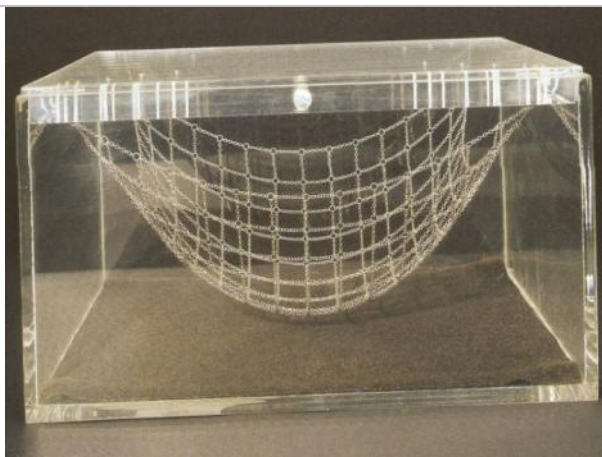


Ilustración 34: Lightweight construction Frei Otto

Tabla de variables 16: Cadena metálica suspendida y tensionada

Vaciado de material a presión		
Compuestos		
DESCRIPCIÓN:		
Se unen una serie de balones con una red y se recubren con cemento. Luego del secado, se retiran los balones.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del material compuesto
	Tipo de aglomerante	Tipo de aglomerante utilizado para la preparación de algunos soportes físicos. Dependiendo del aglomerante usado varían los resultados.
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas a utilizar
Diseñar el contenedor	Elemento disyuntivo	Tipo de material que se implementará para generar espacios entre las piezas
	Frecuencia del elemento disyuntivo	Espacio entre cada uno de los elementos disyuntivos
	Tamaño del elemento disyuntivo	Dimensión de los elementos disyuntivos
	Patrón	Repetición rítmica de la conformación de la superficie.
Aplicar el Soporte físico	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Tiempo de vaciado	Período en que se vacía el material
	Presión	Fuerza con la que se vacía el material
	Espesor	El grosor de la capa de cemento
	Tiempo de curado	Tiempo que tarda el soporte físico en curarse generando la forma final de la experimentación
	Temperatura	La temperatura afecta las propiedades del cemento, lo retrae, o lo resquebraja
COMENTARIOS:		
Este experimento se puede lograr con otros tipos de materiales.		

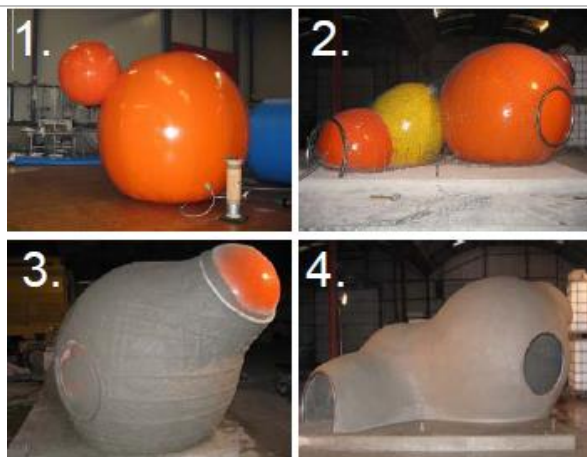


Ilustración 35: Technish Universiteit Eindhoven Blob Prototype: Playing object

Tabla de variables 17: Vaciado de cemento a presión

Vaciado de material a presión II		
Compuestos		
DESCRIPCIÓN:		
Yeso mezclado con aglomerante, vaciado a presión sobre estructura de alambre.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del material compuesto
	Tipo de aglomerante	El yeso debe estar mezclado con un aglomerante para darle soporte. Dependiendo del aglomerante usado varían los resultados.
	Calibre del Soporte físico	El material debe ser delgado y firme para que no se note debajo del yeso.
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
Aplicar el Soporte físico	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
COMENTARIOS:		
		
Ilustración 36: Aplicación a presión del cemento		

Tabla de variables 18: Vaciado de cemento a presión II

Estructuras Superficiales		
Madera		
DESCRIPCIÓN:		
Superficies de madera logradas a partir de la configuración organizada de piezas de madera.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Seleccionar el tipo madera, ésta determina propiedades de la estructura y las facilidades de transformación que tendrá el modelo.
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que poseen las piezas, no necesariamente tienen que ser regulares
	Cantidad de soporte físico	Número de piezas necesarias del material
Intervenir el Soporte físico	Dirección de las fibra	La dirección de las fibras de las madera puede determinar propiedades de la pieza según la forma en la que se corte o se una
	Patrón	Repetición rítmica de la conformación de la superficie. Tipo de disposición de red que permite la estructuración y desarrollo de la superficie.
Unir el soporte físico	Tipo de Uniones / tejido	De la forma como se teja depende la forma final, tipo de disposición de red que permite la estructuración y desarrollo de la superficie.
	Entramado	Tipo de disposición de red que permite la estructuración y desarrollo de la superficie.
COMENTARIOS:		
La experimentación puede hacerse usando diferentes geometrías, dimensiones y entramados.		
		
Ilustración 37: Superficie Madera - Resultados experimentación		

Tabla de variables 19: Estructuras Superficiales

Compresión de cuerpos		
Bastones de material a compresión		
DESCRIPCIÓN:		
Producir protuberancias por medio de la fuerza de compresión sobre un cuerpo rígido con cortes anteriormente realizados		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del material
	Tamaño del soporte físico	Largo y ancho - Dimensiones de las piezas que se extraigan del material
	Calibre del soporte físico	Diámetro – Dimensiones del piezas

Intervenir el Soporte físico	Dirección de las fibras	La dirección de las fibras puede determinar propiedades de la pieza según la forma en la que se corte o se una
	Corte de las piezas	Alteración de la morfología de la pieza a partir de patrones de corte
	Frecuencia del corte	Espacio entre cada uno de los cortes
	Patrón	Repetición rítmica de la conformación de la superficie.
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Ubicación del esfuerzo	Puntos en los que se realizan las fuerzas

COMENTARIOS:

El cuerpo no debe ser macizo. La fuerza de torsión también se puede incluir en la experimentación.



Ilustración 38: Lámpara DIVA

Tabla de variables 20: Compresión de Listones de material rígido

Tiras de material flexible intersectadas		
Material flexible		
DESCRIPCIÓN:		
Experimentación utilizando materiales más duraderos que el papel pero con cualidades similares a él. Por medio de técnicas como doblar manualmente, tejidos, torcer tiras unidas se hacen diferentes formas.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas a utilizar
	Calibre del soporte físico	Espesor del material
	Cantidad de soporte físico del soporte físico	Peso o número de piezas necesarias del material
Unir el soporte físico	Unión de las piezas	Generación las uniones necesarias y de acuerdo a patrones relacionados con el tipo de experimentación
	Cantidad de piezas	Número de veces que es se repite cada unión o cantidad de material a unir
	Distancia entre las piezas	Distancia entre cada figura

	Puntos de unión	Patrón que debe seguir la unión del material (material con material o material con contenedor)
COMENTARIOS:		
		
Ilustración 39: Folding Architecture by Sophia Vyzoviti		

Tabla de variables 21: Tiras de material flexible intersectadas

Superficies fibrosas		
Fibras		
DESCRIPCIÓN:		
Crear una superficie a partir de la sobre posición de tiras dentadas simples y rectas.		
Preparar el soporte físico	Tamaño del soporte físico	Largo, ancho y diámetro - Dimensiones de las piezas que se extraigan del material
	Tipo de Soporte físico	Selección del material
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Tamaño del contenedor	Dimensiones del contenedor
Unir el soporte físico	Agente de unión	Tipo de unión que se le realizará a las piezas
	Unión de las piezas	Generación las uniones necesarias y de acuerdo a patrones relacionados con el tipo de experimentación
	Cantidad de piezas	Número de veces que es se repite cada unión o cantidad de material a unir
	Distancia entre las piezas	Distancia entre cada figura
	Puntos de unión	Patrón que debe seguir la unión del material (material con material o material con contenedor)
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.

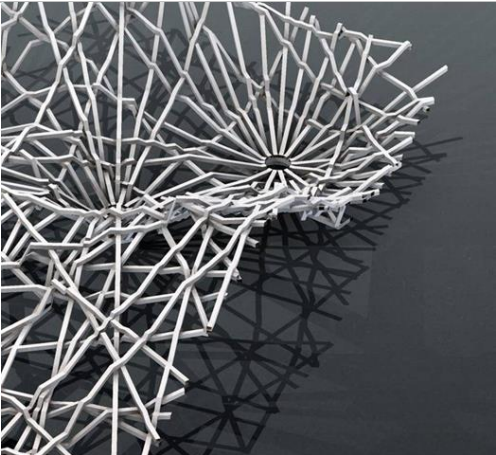
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, aire...) al que se somete la pieza
	Tiempo de curado	Tiempo que tarda el soporte físico en curarse generando la forma final de la experimentación
COMENTARIOS:		
La investigación original no cuenta con una base sobre la cual se realiza la superficie, el experimento descrito se propone con una base tridimensional que sirva de apoyo y que defina la forma a tomar por parte de la superficie.		
 <i>Ilustración 40: Folding Architecture by Sophia Vyzoviti</i>		

Tabla de variables 22: Superficies fibrosas

Membranas rigidizadas		
Textiles flexibles		
Conjunto de componentes volumétricos entrelazados con superficies de membrana tensada para generar una forma curva.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Seleccionar el tipo de tela. Debe ser elástica y resistente.
	Forma del soporte físico	Se corta la tela en cuadros.
Intervenir el Soporte físico	Corte de las piezas	Alteración de la morfología de la pieza a partir de patrones de corte
	Frecuencia del corte	Espacio entre cada uno de los cortes
	Patrón	Repetición rítmica de la conformación de la superficie.
Unir el soporte físico	Agente de unión	Tipo de unión que se le realizará a las piezas
	Unión de las piezas	Generación las uniones necesarias y de acuerdo a patrones relacionados con el tipo de experimentación
	Cantidad de piezas	Número de veces que es se repite cada unión o cantidad de material a unir
	Puntos de unión	Patrón que debe seguir la unión del material (material con material o material con contenedor)
COMENTARIOS:		
Se pueden crear muchas formas partiendo de módulos diferentes y uniones al azar.		

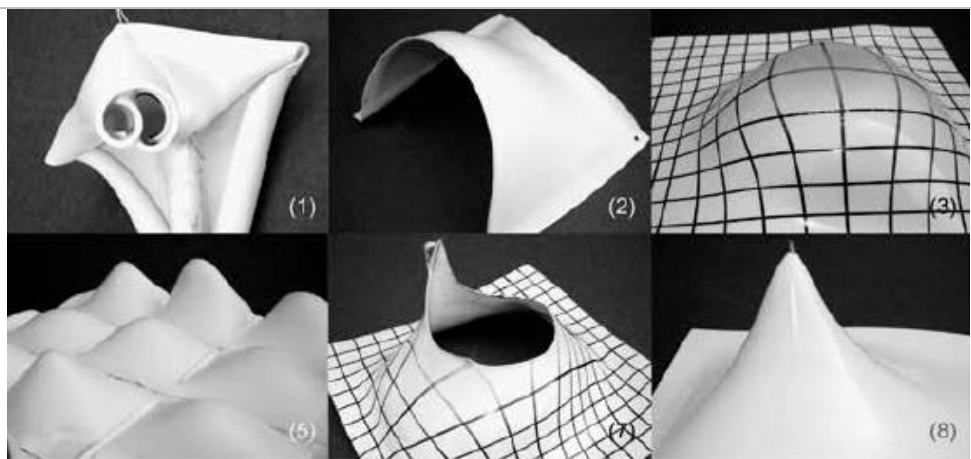
OTROS:



Ilustración 41: Volumetric Membrane Hinging, Shadi Khair / Andreas Dziuk, ICD Stuttgart, 2010

Tabla de variables 23: Membranas rigidizadas

Transformación Películas Plásticas		
Películas Termoplásticas		
DESCRIPCIÓN:		
Transformación de películas plásticas de poliestireno mediante la aplicación de calor.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que ideal para el logro de los objetivos de la experimentación
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas a utilizar
	Calibre del soporte físico	Espesor del material
Intervenir el Soporte físico	Corte de las piezas	Alteración de la morfología de la pieza a partir de patrones de corte
	Frecuencia del corte	Espacio entre cada uno de los cortes
	Patrón	Repetición rítmica de la conformación de la superficie.
	Elemento disyuntivo	Tipo de material que se implementará para generar espacios entre las piezas
	Frecuencia del elemento disyuntivo	Espacio entre cada uno de los elementos disyuntivos
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, aire...) al que se somete la pieza
COMENTARIOS:		



¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.

Tabla de variables 24: Transformación Películas Plásticas

Transformación Películas Plásticas II		
Películas Termoplásticas		
DESCRIPCIÓN:		
Transformación películas plásticas por medio de calor y compresión de aire.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que ideal para el logro de los objetivos de la experimentación
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas a utilizar
	Calibre del soporte físico	Espesor del material
Intervenir el Soporte físico	Corte de las piezas	Alteración de la morfología de la pieza a partir de patrones de corte
	Frecuencia del corte	Espacio entre cada uno de los cortes
	Patrón	Repetición rítmica de la conformación de la superficie.
	Elemento disyuntivo	Tipo de material que se implementará para generar espacios entre las piezas
	Frecuencia del elemento disyuntivo	Espacio entre cada uno de los elementos disyuntivos
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, aire...) al que se somete la pieza
COMENTARIOS:		

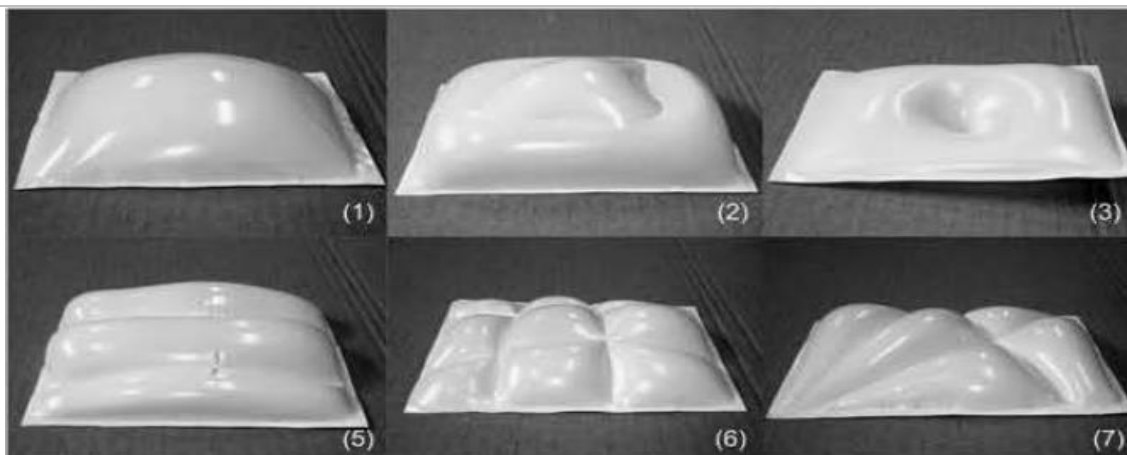


Ilustración 42: Películas plásticas y presión - Resultados experimentación

Tabla de variables 25: Transformación Películas Plásticas II

Membranas elásticas y yeso		
Membranas Elásticas		
DESCRIPCIÓN:		
Membranas elásticas rellenas de Yeso y sometidas a diferentes puntos de presión.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que ideal para el logro de los objetivos de la experimentación
	Cantidad de soporte físico del soporte físico	Peso o número de piezas necesarias del material
	Homogeneidad	Pureza del material
Intervenir el Soporte físico	Elemento disyuntivo	Tipo de material que se implementará para generar espacios entre las piezas
	Frecuencia del elemento disyuntivo	Espacio entre cada uno de los elementos disyuntivos
	Tamaño del elemento disyuntivo	Dimensión de los elementos disyuntivos
	Distribución del soporte físico	La distribución del material en la superficie varía el resultado de las formas obtenidas.
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Tamaño del contenedor	Dimensiones del contenedor
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Humedad	Porcentaje de humedad al que se somete la pieza
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, aire...) al que se somete la pieza
	Tiempo de curado	Tiempo que tarda el soporte físico en curarse generando la forma final de la experimentación
COMENTARIOS:		

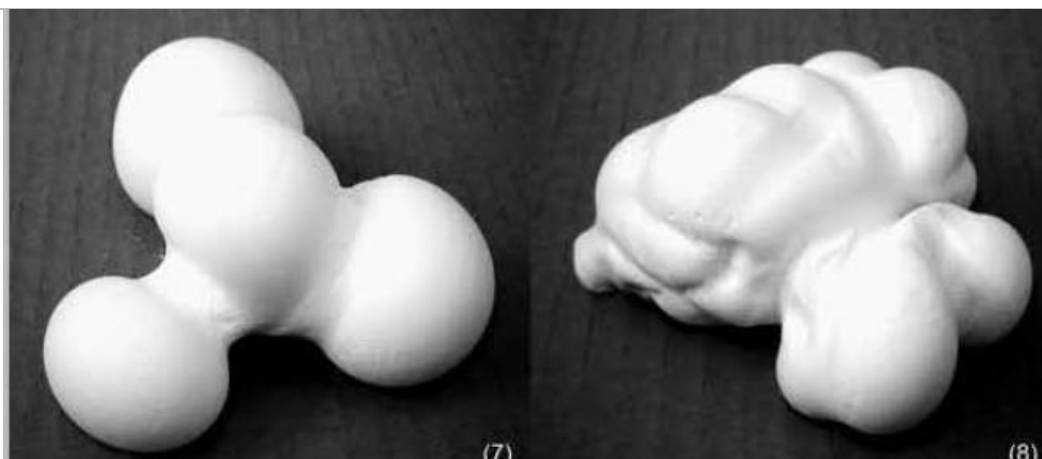


Ilustración 45: Membranas elásticas y yeso - Resultados experimentación

Tabla de variables 26: Membranas elásticas y yeso.

Rigidización de membranas		
Polímeros		
DESCRIPCIÓN:		
Se deforman globos inflados, se unen por medio de una red y luego se rigidizan recubriéndolos con un polímero		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que ideal para el logro de los objetivos de la experimentación
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas a utilizar
	Calibre del soporte físico	Espesor del material
	Cantidad de soporte físico del soporte físico	Peso o número de piezas necesarias del material
Intervenir el Soporte físico	Elemento disyuntivo	Tipo de material que se implementará para generar espacios entre las piezas
	Frecuencia del elemento disyuntivo	Espacio entre cada uno de los elementos disyuntivos
	Tamaño del elemento disyuntivo	Dimensión de los elementos disyuntivos
	Distribución del soporte físico	La distribución del material en la superficie varía el resultado de las formas obtenidas.
Unir el soporte físico	Agente de unión	Tipo de unión que se le realizará a las piezas
	Cantidad de piezas	Número de veces que es se repite cada unión o cantidad de material a unir
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Humedad	Porcentaje de humedad al que se somete la pieza
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua,

		aire...) al que se somete la pieza
	Tiempo de curado	Tiempo que tarda el soporte físico en curarse generando la forma final de la experimentación

COMENTARIOS:

Este experimento se puede lograr con otros tipos de materiales.



Ilustración 47: Proceso Membranas rigidizadas

Tabla de variables 27: Rigidización de Membranas

Rigidización por vacío		
Compuestos		
DESCRIPCIÓN:		
Configuración 3D de diferentes elementos, envueltos por una membrana elástica, los cuales se empaacan al vacío, dejando una configuración sólida.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que ideal para el logro de los objetivos de la experimentación
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas a utilizar
	Calibre del soporte físico	Espesor del material
	Cantidad de soporte físico del soporte físico	Peso o número de piezas necesarias del material
Intervenir el Soporte físico	Elemento disyuntivo	Tipo de material que se implementará para generar espacios entre las piezas
	Frecuencia del elemento disyuntivo	Espacio entre cada uno de los elementos disyuntivos
	Tamaño del elemento disyuntivo	Dimensión de los elementos disyuntivos
	Distribución del soporte físico	La distribución del material en la superficie varía el resultado de las formas obtenidas.
Unir el soporte físico	Agente de unión	Tipo de unión que se le realizará a las piezas
	Cantidad de piezas	Número de veces que es se repite cada unión o cantidad de material a unir
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión

	Humedad	Porcentaje de humedad al que se somete la pieza
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, aire...) al que se somete la pieza
	Tiempo de curado	Tiempo que tarda el soporte físico en curarse generando la forma final de la experimentación
COMENTARIOS:		
Este experimento permite la utilización de diferentes formas, y la combinación de estas.		
		
Ilustración 48: Proceso Membranas rigidizadas		

Tabla de variables 28: Rigidización por vacío

Membranas Elásticas		
DESCRIPCIÓN:		
Superficies de madera logradas a partir de la configuración organizada de piezas de madera.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas a utilizar
	Calibre del soporte físico	Espesor del material
Intervenir el Soporte físico	Corte de las piezas	Alteración de la morfología de la pieza a partir de patrones de corte
	Frecuencia del corte	Espacio entre cada uno de los cortes
	Patrón	Repetición rítmica de la conformación de la superficie.
Unir el soporte físico	Agente de unión	Tipo de unión que se le realizará a las piezas
	Unión de las piezas	Generación las uniones necesarias y de acuerdo a patrones relacionados con el tipo de experimentación
	Cantidad de piezas	Número de veces que es se repite cada unión o cantidad de material a unir
	Puntos de unión	Patrón que debe seguir la unión del material (material con material o material con contenedor)
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Tamaño del contenedor	Dimensiones del contenedor

	Uniones del contenedor	Número de planos o partes que tiene el contenedor
	Elementos internos del contenedor	Selección del tipo de elementos que debe contener el contenedor
	Textura del contenedor	La textura que se le aplique al contenedor influencia los resultados de la forma
Aplicar el Soporte físico	Soporte físico	Material usado en el vaciado dentro de la membrana. Debe ser un líquido que solidifique. (Preferentemente cerámico)
	Cantidad de soporte físico	Cantidad de material que se introduce en la membrana.
	Distribución del soporte físico	Distribución del material a lo largo de toda la membrana, llenando todos los espacios posibles.
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Humedad	Porcentaje de humedad al que se somete la pieza
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, aire...) al que se somete la pieza
	Tiempo de curado	Tiempo que tarda el soporte físico en curarse generando la forma final de la experimentación

COMENTARIOS:

La experimentación podría hacerse con yeso o materiales más livianos y baratos.



Ilustración 51: The final mockup

Tabla de variables 29: Membranas Elásticas

Crecimiento de espumas		
Espumas Expandibles		
DESCRIPCIÓN:		
Generación de formas a partir de la expansión de espumas de poliuretano.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Elementos que se pondrán en contacto para generar la espuma expandible.
	Cantidad de soporte físico	Cantidad de los materiales en proporción a la mezcla total. La variación de las proporciones de la espuma puede generar diferentes resultados.
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento

	Tamaño del contenedor	Dimensiones del contenedor
	Amplitud de movimiento	Ángulos de giro permitidos por la estructura del contenedor
	Elementos internos del contenedor	Selección del tipo de elementos que debe contener el contenedor
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.
	Ubicación del esfuerzo	Puntos en los que se realizan las fuerzas
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, aire...) al que se somete la pieza
	Movimiento	Tipo de movimiento a aplicar, dirección
	Tiempo de curado	Tiempo que tarda el soporte físico en curarse generando la forma final de la experimentación

COMENTARIOS

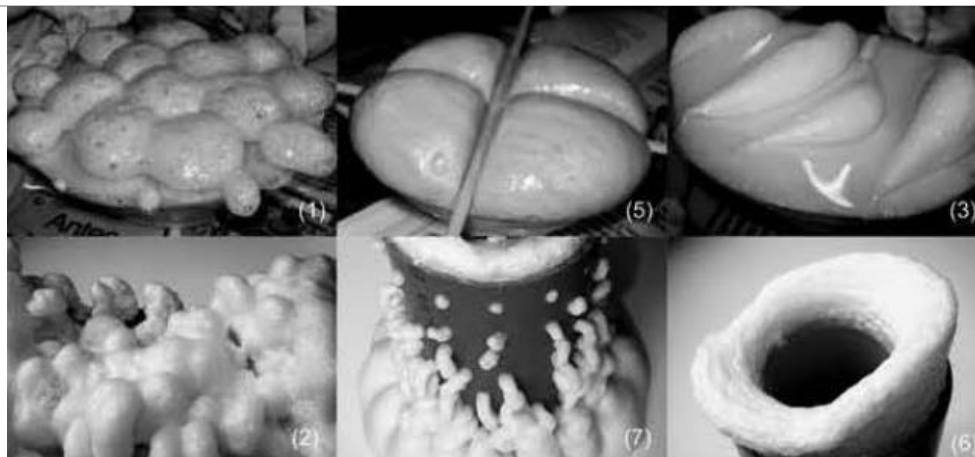


Ilustración 52: Crecimiento de espumas - Resultados experimentación

Tabla de variables 30: Crecimiento de espumas

Solidificación de sustancias		
Sustancias Termoplásticas		
DESCRIPCIÓN:		
Transformación y generación de forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.		
Prepara soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Cantidad de soporte físico del soporte físico	Peso o número de piezas necesarias del material
	Homogeneidad	Pureza del material
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento

	Material del Contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Tamaño del contenedor	Dimensiones del contenedor
	Amplitud de movimiento	Ángulos de giro permitidos por la estructura del contenedor
	Elementos internos del contenedor	Selección del tipo de elementos que debe contener el contenedor
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.
	Humedad	Porcentaje de humedad al que se somete la pieza
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, aire...) al que se somete la pieza
	Movimiento	Tipo de movimiento a aplicar, dirección
	Velocidad de inmersión	Velocidad de agregado del soporte físico
	Tiempo de curado	Tiempo que tarda el soporte físico en curarse generando la forma final de la experimentación

COMENTARIOS:

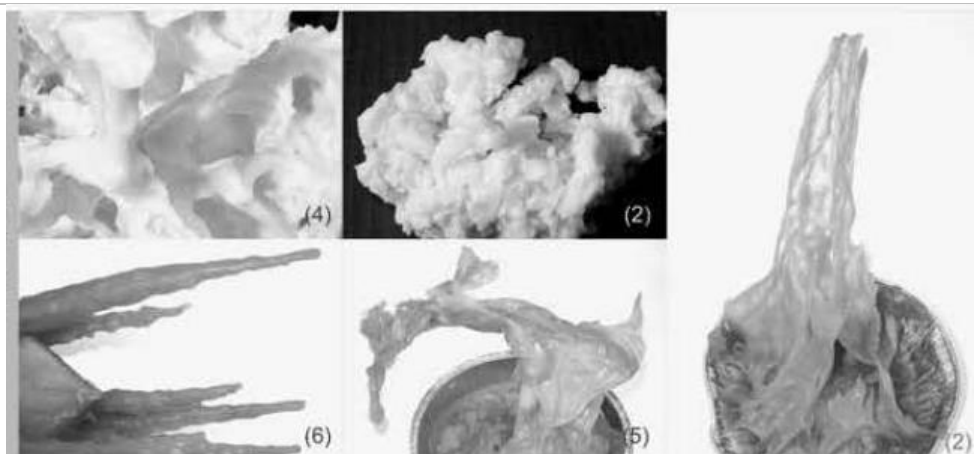


Ilustración 54: Solidificación de sustancias - Resultados experimentación

Tabla de variables 31: Solidificación de sustancias

Deformación por Compresión		
Materiales rígidos		
DESCRIPCIÓN:		
Transformación de la forma física a través de la compresión de la forma original de un material determinado.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que ideal para el logro de los objetivos de la experimentación
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas a utilizar

	Calibre del soporte físico	Espesor del material
Intervenir el Soporte físico	Corte de las piezas	Alteración de la morfología de la pieza a partir de patrones de corte
	Frecuencia del corte	Espacio entre cada uno de los cortes
	Patrón	Repetición rítmica de la conformación de la superficie.
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.

COMENTARIOS:

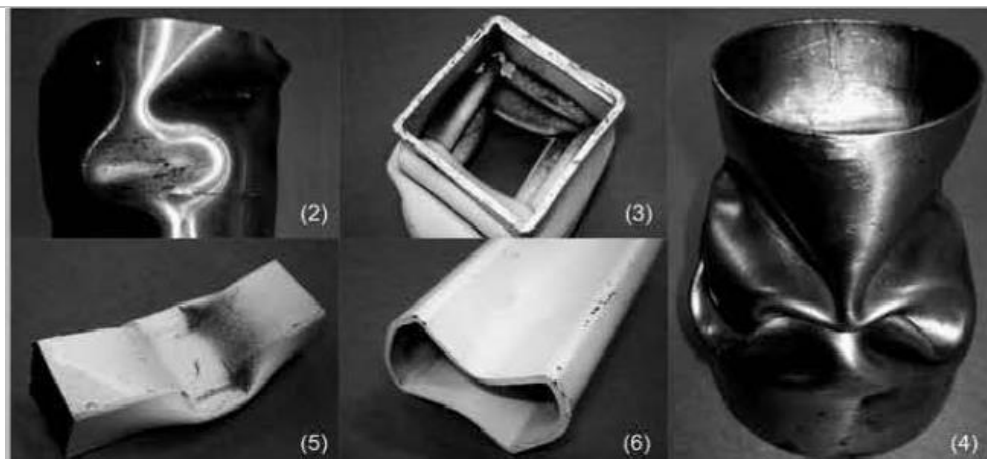


Ilustración 56: Deformación de metal - Resultados experimentación

Tabla de variables 32: Deformación de metal

Partículas metálicas y magnetismo		
Metal		
DESCRIPCIÓN:		
Transformación de la forma por medio de la adhesión y configuración de partículas sometidas a magnetismo.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que ideal para el logro de los objetivos de la experimentación
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas a utilizar
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Tamaño del contenedor	Dimensiones del contenedor
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión

	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.
	Ubicación del esfuerzo	Puntos en los que se realizan las fuerzas

COMENTARIOS:

La experimentación puede hacerse pensando en nuevos fluidos y diferentes configuraciones de la estimulación magnética.

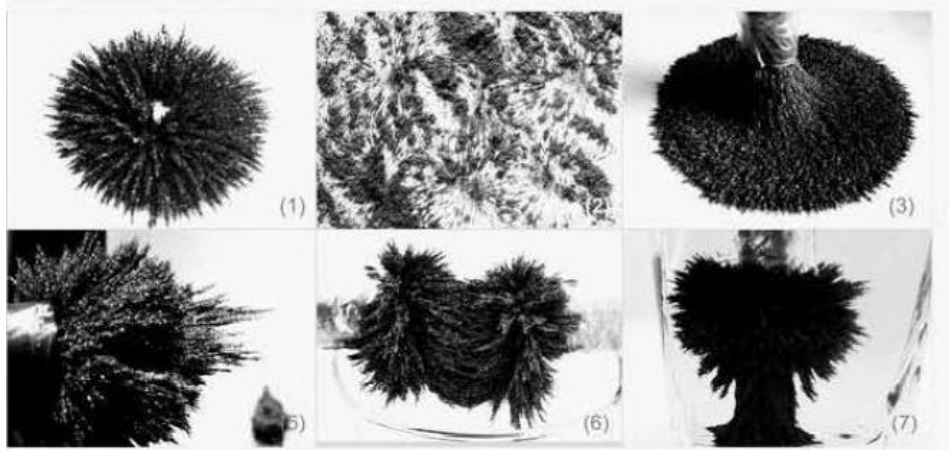


Ilustración 59: Partículas metálicas y magnetismo - Resultados experimentación

Tabla de variables 33: Partículas metálicas y magnetismo

Espumas Metálicas		
Metal		
DESCRIPCIÓN:		
Sintonización de espumas metálicas a partir de estructuras porosas		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas a utilizar
	Cantidad de soporte físico del soporte físico	Peso o número de piezas necesarias del material
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.
	Ubicación del esfuerzo	Puntos en los que se realizan las fuerzas
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, aire...) al que se somete la pieza
	Movimiento	Tipo de movimiento a aplicar, dirección
	Velocidad de	Velocidad de agregado del soporte físico

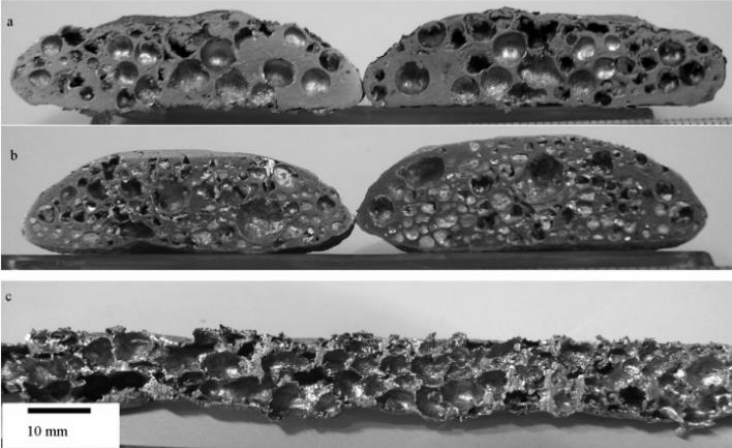
	inmersión	
	Tiempo de curado	Tiempo que tarda el soporte físico en curarse generando la forma final de la experimentación
COMENTARIOS:		
 Ilustración 62: Aluminium foams by PM route: a) slow heating rate, b) high heating rate		

Tabla de variables 34: Espumas metálicas

Películas con burbujas de jabón		
Membranas elásticas		
DESCRIPCIÓN:		
Experimentación con diferentes moldes para observar las características de las burbujas, como por ejemplo tipo de poliedros, ángulos, tamaños.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Cantidad de soporte físico del soporte físico	Peso o número de piezas necesarias del material
	Homogeneidad	Pureza del material
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Tamaño del contenedor	Dimensiones del contenedor
	Uniones del contenedor	Número de planos o partes que tiene el contenedor
	Tipo de Uniones	Tipo de uniones articuladas o fijas
	Amplitud de movimiento	Ángulos de giro permitidos por la estructura del contenedor
	Elementos internos del contenedor	Selección del tipo de elementos que debe contener el contenedor
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de	Período durante el que se aplica la fuerza.

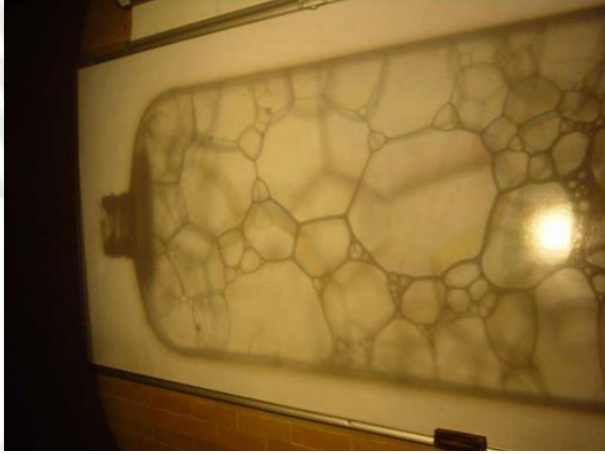
	exposición al esfuerzo	
	Ubicación del esfuerzo	Puntos en los que se realizan las fuerzas
	Humedad	Porcentaje de humedad al que se somete la pieza
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, aire...) al que se somete la pieza
	Movimiento	Tipo de movimiento a aplicar, dirección
COMENTARIOS:		
		
<i>Ilustración 63: Experimentaciones con burbujas de jabón</i> <i>Ilustración 59: Partículas metálicas y magnetismo - Resultados experimentación</i>		

Tabla de variables 35: Películas con burbujas de jabón

Construcciones neumáticas		
Membranas Elásticas		
DESCRIPCIÓN:		
Membranas elásticas infladas a través de redes		
Preparar soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Cantidad de soporte físico del soporte físico	Peso o número de piezas necesarias del material
	Homogeneidad	Pureza del material
Diseñar el contenedor	Forma del contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Material del Contenedor	Selección de la forma del soporte sobre el que se realizará el experimento
	Tamaño del contenedor	Dimensiones del contenedor
	Uniones del contenedor	Número de planos o partes que tiene el contenedor
	Tipo de Uniones	Tipo de uniones articuladas o fijas
	Amplitud de movimiento	Ángulos de giro permitidos por la estructura del contenedor

	Elementos internos del contenedor	Selección del tipo de elementos que debe contener el contenedor
Aplicar esfuerzos Aplicar el Soporte físico	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.
	Ubicación del esfuerzo	Puntos en los que se realizan las fuerzas
	Humedad	Porcentaje de humedad al que se somete la pieza
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, aire...) al que se somete la pieza
	Movimiento	Tipo de movimiento a aplicar, dirección

COMENTARIOS:

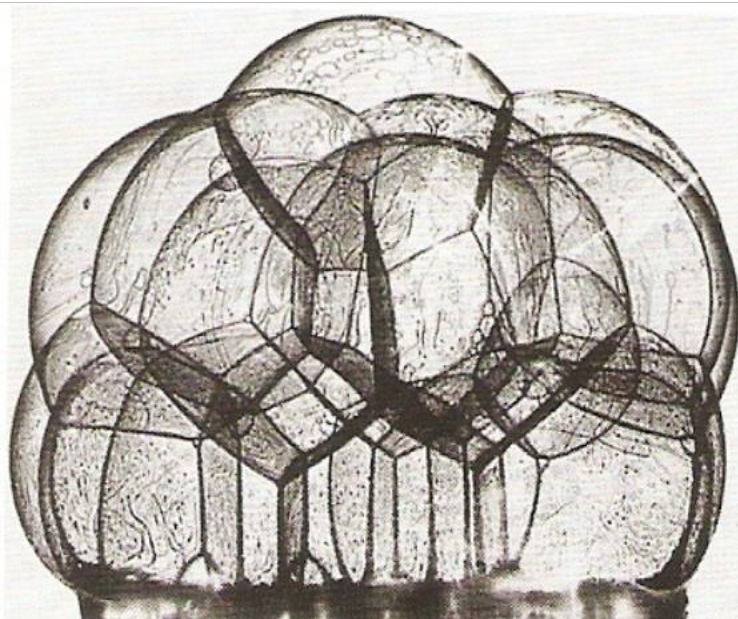


Ilustración 64: Pneumatic construction Frei Otto

Tabla de variables 36: Construcciones neumáticas

Textiles texturizados		
Sintéticos		
DESCRIPCIÓN:		
Intervenir un textil o sintético por medio de calor para cubrir una superficie y obtener una nueva forma.		
Preparar el soporte físico	Tamaño del soporte físico	Dimensiones del piezas
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que poseen las piezas, no necesariamente tienen que ser regulares
	Tipo de Soporte físico	Selección del material
Preparar el textil	Tipo de textil	Selección del textil

Aplicar esfuerzos	Temperatura	La temperatura afecta las propiedades de los textiles y sintéticos
COMENTARIOS:		
		
Ilustración 65: Textiles texturizados		

Tabla de variables 37: Textiles texturizados

Agregados de gránulos		
Arena		
DESCRIPCIÓN:		
Arena, sometida al viento.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Cantidad de soporte físico del soporte físico	Peso o número de piezas necesarias del material
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.
	Ubicación del esfuerzo	Puntos en los que se realizan las fuerzas
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, aire...) al que se somete la pieza
	Movimiento	Tipo de movimiento a aplicar, dirección
	Velocidad de inmersión	Velocidad de agregado del soporte físico
COMENTARIOS:		

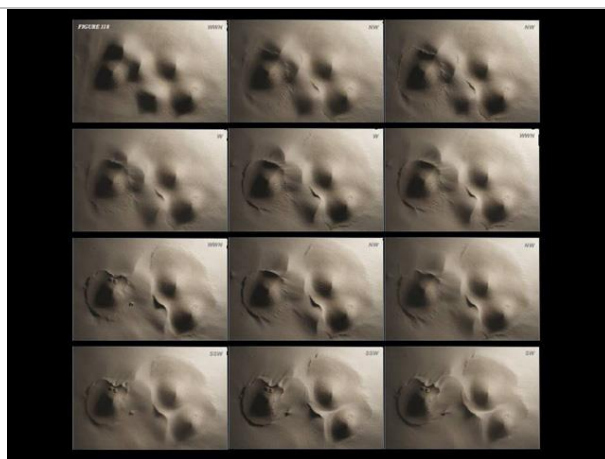


Ilustración 66: Agregaciones, Karola Dierichs, AA London, 2007-09
 Tabla de variables 38: Agregados de gránulos

POTENCIAL DE LAS TÉCNICAS DE LA BÚSQUEDA OBJETIVA DE LA FORMA FÍSICA –BOFF– PARA EL DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS.

Las metodologías experimentales arrojadas tras la documentación bibliográfica realizada, tienen por su naturaleza morfológica un gran potencial para su aplicación directa a objetos industriales, algunas de ellas hacen parte de procesos de diseño para desarrollo de producto y por lo tanto ya están ligadas a una “función” específica. Por otro lado, algunas de las experimentaciones estudiadas aún no están directamente relacionadas con una función directa, aun cuando su potencial para ciertos usos es evidente a los ojos del diseñador.

La finalidad de este capítulo es evidenciar las aplicaciones que surgieron a partir de las técnicas de búsqueda formal estudiadas y relacionar aquellas que por uno u otro motivo aún no arrojan un desarrollo industrial, con una posible aplicación, a partir de referentes de objetos, espacios u otros. Como se verá a continuación, las formas dadas por las experimentaciones, y más aún por las variables metodológicas aplicadas en ellas, sugieren la función o el uso que se le puede dar a una forma determinada. No se pretende con esto sesgar la idea del proyectista, ya que probablemente, a los ojos de otro diseñador, las técnicas estudiadas podrían recibir una función diferente; se intenta evaluar las posibles funciones o situaciones de uso, para con ello avalar la trascendencia de la forma generada a partir de cada una de las técnicas estudiadas.

PRODUCTOS INDUSTRIALES PROYECTADOS A PARTIR DE PROCESOS BOFF

A continuación se relacionan productos industriales existentes que fueron proyectados a partir de las técnicas BOFF estudiadas anteriormente:

Concret Chair

Hand On es una colección de los diseñadores Tejo Remy y René Veenhuizen, fabricada en hormigón. El mobiliario fue formado dentro de bolsas de plástico y reforzadas con barras de acero y fibras metálicas (ETHERINGTON, Marzo).



Ilustración 68: Concret Chair⁴⁸

Tabla productos industriales 1: Concret Chair

⁴⁸ (ETHERINGTON, Marzo)

Venus Natural Crystal Chair

Venus Natural Crystal Chair es un proyecto a través del cual Tokujin Yoshioka exhibió artísticamente la creación de una silla. Las sillas fueron construidas en tanques de agua, a través de reacciones químicas por medio de las cuales una estructura de fibra reacciona en el agua y se transforma mientras el público observa (HANS, 2008).



Ilustración 69: Venus Natura Crystal Chair by Tokujin Yoshioka⁴⁹

Tabla productos industriales 2: Venus Natura Crystal Chair by Tokujin Yoshioka

Knotte Chair by Marcel Wanders

Knotted Chair es un proyecto en el cual se toma el tejido de macramé –tejido de nudos– y se adapta a una escala mayor, a través de cuerdas de fibra sintética que son trenzadas alrededor de un centro de carbón y anudadas a mano, para luego ser puestas en un molde donde se recubren con resina epóxica. Diseñada por Marcel Wanders para Droog Design (MOMA, 1996).

⁴⁹ (HANS, 2008)



Ilustración 70: Knotte Chair by Marcel Wanders⁵⁰

Tabla productos industriales 3: Knotte Chair by Marcel Wanders

Wooden Textile Fashion

Colección de moda femenina diseñada por Elisa Strozky y Maria Bonita en la cual se puede apreciar el uso de telas geométricas compuestas por piezas triangulares de madera, que se unen formando una red sobre una base textil. En el proceso de experimentación formal, diferentes formas geométricas fueron cortadas y adheridas a mano sobre una lona, jugando con su disposición con el fin de generar una red, que una vez ubicada sobre una superficie irregular pasa de una forma 2D a una forma 3D. (HARRY, 2011) .



⁵⁰ (MOMA, 1996)



Ilustración 71: Wooden Textile. Elisa Strozyk y Maria Bonita⁵¹

Tabla productos industriales 2: Wooden Textile. Elisa Strozyk y Maria Bonita

Obras Frei Otto

Frei Otto fue pionero de las construcciones tensadas de bajo peso y su experimentación formal se basaba en modelos a escala, en los cual dejaba que la forma fluyera hasta encontrar caminos de menor resistencia. Las construcciones resultantes se caracterizan por minimizar el uso de energía y disminuir la cantidad de material, por ser transformables y efímeras. Son construcciones abiertas y luminosas (NERDINGER & Princeton Architectural Press, 2005)

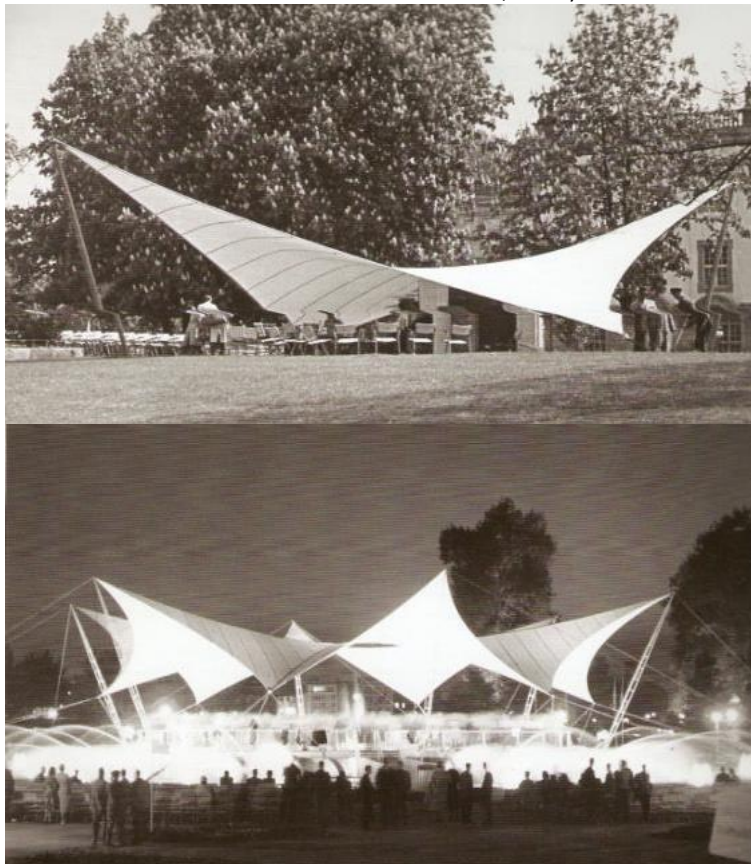


Ilustración 72: Obras Frei Otto⁵²

Tabla productos industriales 4: Lighweight construction Frei Otto

⁵¹ (HARRY, 2011)

⁵² (RAINER & WINFRED, 2005)

Lighthearted

Lighthearted es un proyecto participativo que fue levantado por miles de personas en San Valentín en medio de Times Square en el año 2011. Es una estructura de peso ligero, con un diámetro de 10 pies, compuesta por un tejido abierto, que permite el paso de viento y retiene y refleja la luz. La estructura está construida en tubo de aluminio de peso ligero con el cual se formaron ondulaciones en la parte superior y un marco triangular en la mitad inferior. Estos giran alrededor de un anillo, lo que permitió que el corazón se transformara desde su posición cerrada en el suelo, a su posición abierta, cuando se elevaba. Fue diseñado por Freecell en colaboración con Peter Dorsey (FREECELL, 2008).

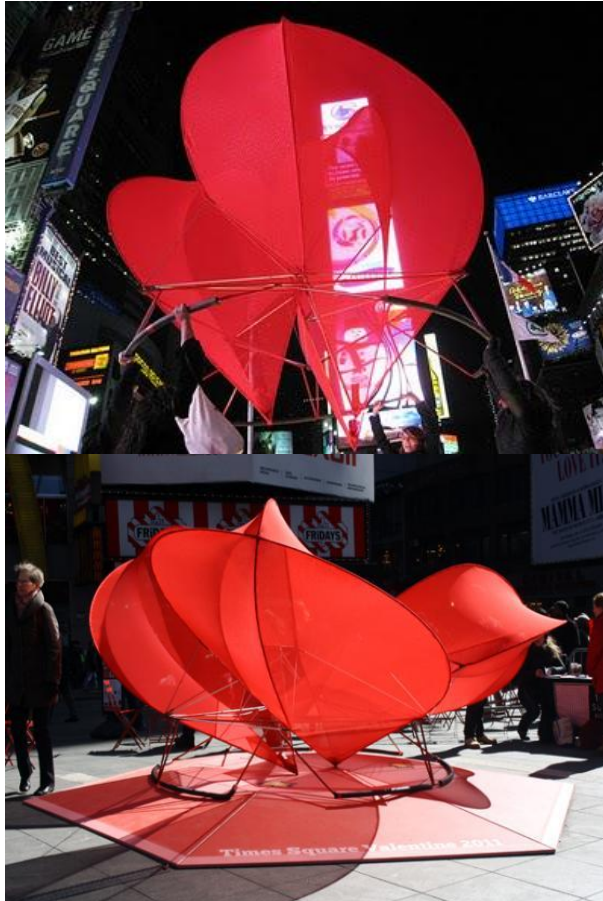


Ilustración 73: LightHearted Peter Dorsey⁵³

Tabla productos industriales 5: LightHearted Peter Dorsey

Floating Dome Home

Este proyecto consiste en una cúpula muy estable de construcción ligera que puede ser anclada en diferentes lugares y ser amoblada para diferentes actividades (DORNOB, 2012).

⁵³ (FREECELL, 2008)



Ilustración 74: Floating Dome Home: Off-the-Grid Geodesic Island Retreat⁵⁴

Tabla productos industriales 6: Dome Home

Hot Air

HOT AIR es un monumento inflable y habitable, diseñado por Anca Trandafirescu para conmemorar el 20 aniversario de la caída del comunismo en Rumania. La propia diseñadora construyó esta estructura impresionante manualmente, con la asistencia de Le Nguyen. El patrón y el corte de las láminas de polietileno plástico se realizan a mano, usando modelos físicos, y la soldadura se realiza con una plancha doméstica sencilla (THE FLYING MAST, 2009).

⁵⁴ (DORNOB, 2012)



Ilustración 75: HOT AIR from Timisoara, Rumania⁵⁵

Tabla productos industriales 7: HOT AIR

Stack to Fold

Experimentación formal a través del origami. Se construye a partir de láminas de cartón corrugado, en cuatro modelos de planos, que al plegarse permiten a las personas crear su propio entorno. Los patrones son troquelados e impresos con ilustraciones gráficas para indicar al usuario como hacer el montaje. (FREECELL, 2008).

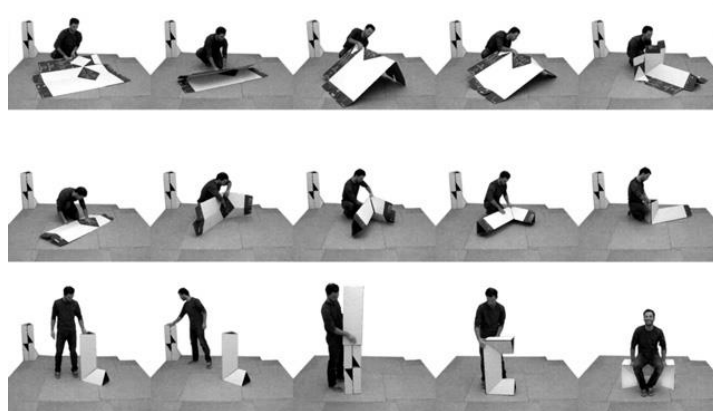


Ilustración 76: Stack to Fold, SFMOMA⁵⁶

Tabla productos industriales 8: Stack to Fold

⁵⁵ (THE FLYING MAST)

⁵⁶ (FREECELL, 2008)

One Box One Chair

Diseñada por Sungun Chang, One Box One Chair es una caja de cartón corrugado que a partir de simples dobleces se convierte en una silla para una persona. La silla puede regresar a su forma de caja cuando sea necesario, por lo que puede ser usada como silla o contenedor en cualquier momento. Experimentación formal a través del origami (PLEATFARMER, 2009).



Ilustración 77: One Box One Chair by Sungun Chang⁵⁷

Tabla productos industriales 9: One Box One Chair

Origamic textiles

La diseñadora Anna O'Neill realizó exploración formal a través del origami. En lugar de papel, aplicó teselaciones plegables a la tela, uniendo los pliegues por las puntas. El resultado es un juego impresionante en las texturas, luces y sombras, que llevaron a un nivel superior las piezas, con su gran resistencia al desgaste (PLEATFARMER, 2010).



Ilustración 78: Origamic textile studies by Anna O'Neill⁵⁸

Tabla productos industriales 10: Origamic Textiles

⁵⁷ (PLEATFARMER, 2009)

⁵⁸ (PLEATFARMER, 2010)

PRODUCTOS INDUSTRIALES A SER PROYECTADOS A PARTIR DE PROCESOS BOFF

En este apartado se analizan posibles aplicaciones industriales a partir de los procesos BOFF documentados y relacionados en los capítulos anteriores. Las aplicaciones son determinadas a partir de las características morfológicas generadas por cada experimento y las variables aplicadas y surgen del criterio de cada investigador, reiteramos, no son limitaciones y se entiende además que podrían no ser finalmente funcionales luego de una experimentación aplicada al proyecto específico.

Rigidización por vacío

Las sillas Cell Chair de David Munscher e Identita Home Theatre Chair podrían ser proyectadas a partir de experimentación con “Rigidización por vacío”, ver Tabla de variables 28 página 87; empacando al vacío un sistema dándole la forma deseada.

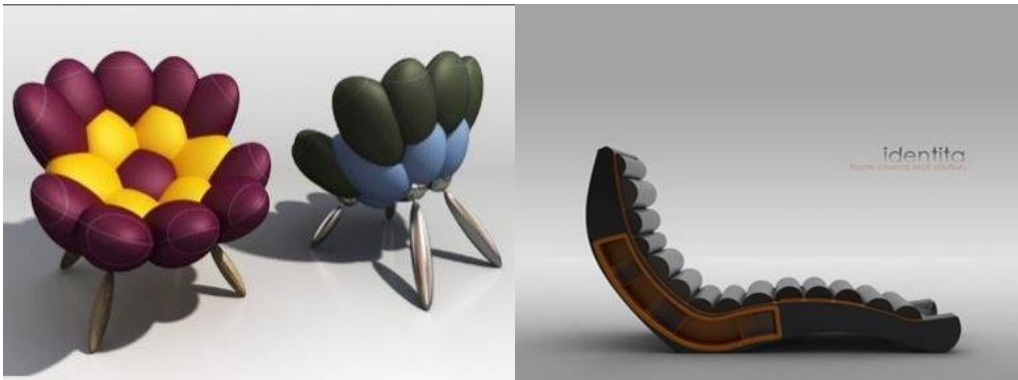


Ilustración 79: Cell Chair- David Munscher⁵⁹

Ilustración 80: Identita Home Theatre Chair⁶⁰

Tabla productos industriales 11: Sillas a partir de “Vacuumatics 3D-Formwork Systems”

⁵⁹ (DESIGNSPOTTER, 2011)

⁶⁰ (ArtRSS, 2011)

Tejido de láminas flexibles

Flow Chair de Hyperthesis Visual Lab podría ser proyectada a partir de la experimentación de un tejido de láminas flexibles -Ver Tabla de variables 4 página 64-. También podría lograrse como la colección Leaf de Avanzini, la cual se realizaba con variables como: tipo de material utilizado, calibre, longitud de las superficies, ondulaciones, temperatura y tipo de secado.



Ilustración 81: Flow Chair from Hyperthesis Visual Lab⁶¹

La banca 'The Modern Stretch Wood Bench', la cual tiene curvas en dos direcciones también puede ser realizada bajo esta experimentación, con variables como: longitud de tiras, grosor, tipo de madera, puntos de unión y cantidad de tiras requeridas.



Ilustración 82: Charming furniture design⁶²

⁶¹ (HYPERTHESIS VISUAL LAB, 2011)

⁶² (TRÉNDIR, 2010)

La lámpara Spiral está hecha de una sola pieza de lámina de plástico con aberturas en la misma, dobladas e intersectadas entre sí mismas. Si dicha experimentación se realizara con variables como longitud de las líneas de corte, cantidad de líneas de corte, dimensiones, tipo de plástico, número de tiras requeridas; se podría obtener resultados similares a esta lámpara que explora la intersección de la luz y la materia, logrando obtener formas más complejas desde un mismo punto de partida.



Ilustración 83: Wood Bench⁶³



⁶³ (SANWALI, 2011)

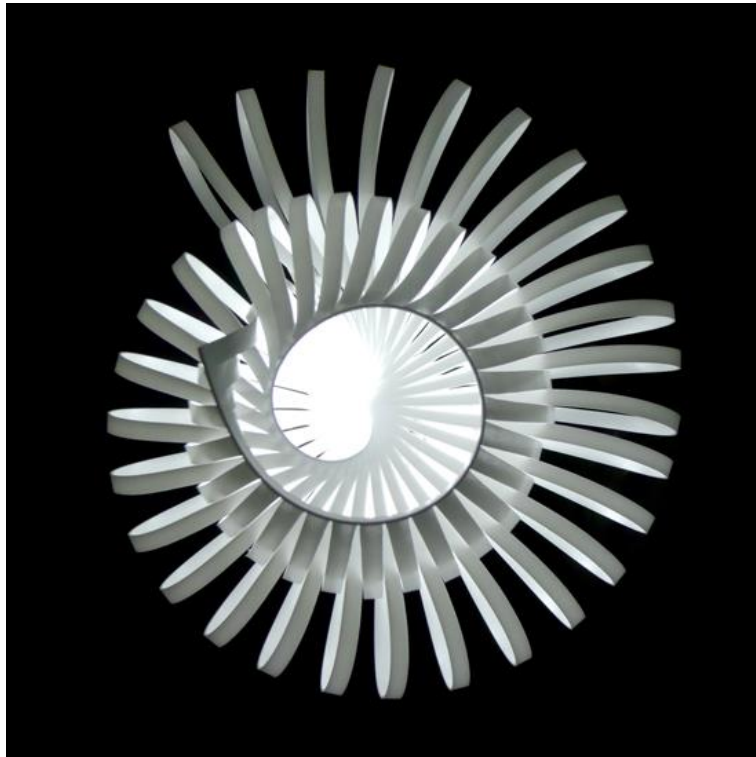


Ilustración 84: 'Spiral lamp' by Chris Kirby⁶⁴

Tabla productos industriales 12: Mobiliario a partir de Tejido de láminas flexibles

Material flexible tensado en marcos

La silla Tri fold de Mark Hagen, podría ser proyectada a partir de la experimentación de tensión de membranas elásticas, "Material flexible tensado en marcos"- ver Tabla de variables 12, página 72-. La construcción podría darse a partir de tubos rígidos de metal y una lona elástica, resistente e impermeable, tensionada a partir de cuerdas.

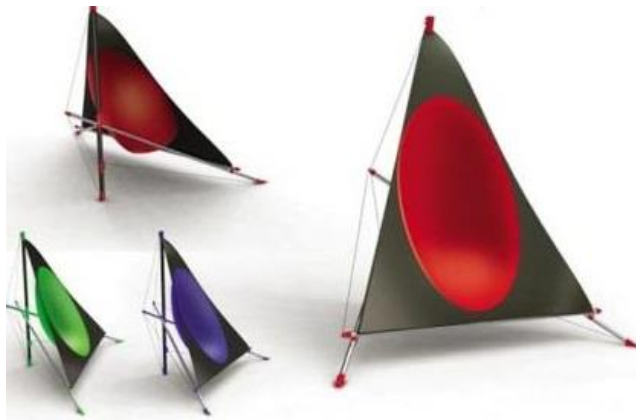


Ilustración 85: Tri fold by Mark Hagen⁶⁵

Tabla productos industriales 13: Sillas a partir de Material flexible tensado en marcos

⁶⁴ (DESIGNBOOM®, 2009)

⁶⁵ (RAJNI, 2009)

Cuerpos Porosos

La experimentación con cuerpos porosos podría ser aplicada a las lámparas 'Space time', no sólo por las grandes perforaciones que presenta, sino también porque se puede controlar la porosidad, curvaturas, densidad y cantidad de material vertido. Si esta experimentación se realiza con variables como: Cantidad de poros, material seleccionado, curvatura, dimensiones de cada poro, cantidad de material utilizado; se podría lograr resultados similares a 'space time', diseñada por Karim Rashid en el 2011 para Zero en Suecia
- Ver Tabla de variables 12 página 71-.



Ilustración 86: La lámpara 'space time'⁶⁶

Tabla productos industriales 14: Lámpara 'a partir de Cuerpos Porosos

⁶⁶ (DSG NR STUDIO, 2011)

Transformación Películas Plásticas

La experimentación transformación de películas plásticas a presión puede ser aplicada a las lámparas diseñadas por Karim Rashid 'Blob Lamps', las cuales son lámparas de diferentes tamaños y colores uniformes. Tienen una forma irregular, curva y de dimensiones según su función; silla, mesa, pared, techo o piso. En esta experimentación se podrían aplicar materiales como el poliestireno, polipropileno, entre otros polímeros. Si esta experimentación se realizara con variables como: calor uniforme, calor específico, puntos de apoyo; se podría lograr resultados similares - Ver

Transformación Películas Plásticas II		
Películas Termoplásticas		
DESCRIPCIÓN:		
Transformación películas plásticas por medio de calor y compresión de aire.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del tipo material de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas
	Forma del soporte físico	Forma geométrica que ideal para el logro de los objetivos de la experimentación
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas a utilizar
	Calibre del soporte físico	Espesor del material
Intervenir el Soporte físico	Corte de las piezas	Alteración de la morfología de la pieza a partir de patrones de corte
	Frecuencia del corte	Espacio entre cada uno de los cortes
	Patrón	Repetición rítmica de la conformación de la superficie.
	Elemento disyuntivo	Tipo de material que se implementará para generar espacios entre las piezas
	Frecuencia del elemento disyuntivo	Espacio entre cada uno de los elementos disyuntivos
Aplicar esfuerzos	Tipo de esfuerzo	Selección del esfuerzo a realizar sobre la superficie. Puede ser tensión o compresión
	Intensidad del esfuerzo	Potencia con la que se aplica la fuerza.
	Tiempo de exposición al esfuerzo	Período durante el que se aplica la fuerza.
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agente (agua, aire...) al que se somete la pieza
COMENTARIOS:		

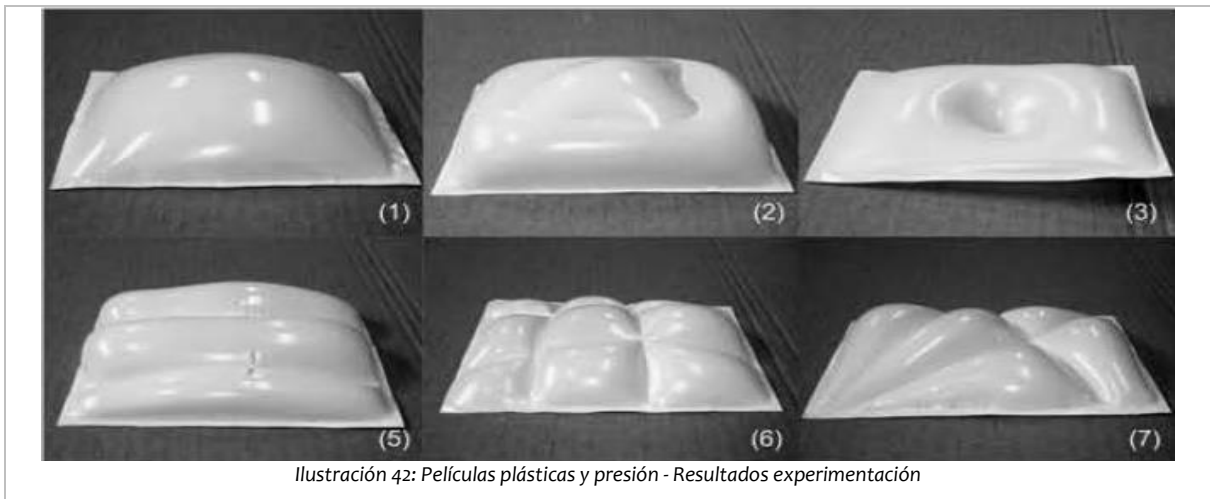


Tabla de variables 25 página 83-.



Tabla productos industriales 15: 'Lámpara a partir de Transformación Películas Plásticas

Superficie laminar conectada

La experimentación "Superficie laminar conectada" podría ser aplicada a las alfombras 'Zip Rug', polígonos plegados que forman uno a uno alfombras de tamaños y colores diferentes, debido a su flexibilidad y la forma obtenida se podrían aplicar materiales como tela, lana, poliéster, entre otros. Si esta experimentación se realizara con variables como: dimensiones tiras para doblas, colores, secuencia del doblado; se podría lograr resultados como esta alfombra diseñada por Mut design-Ver Tabla de variables 6 página 66-.

⁶⁷ (FOSCARINI, 2002)



Ilustración 88: ZIP RUG by Mut design⁶⁸

Tabla productos industriales 16: Tapete a partir de Superficie laminar conectada

⁶⁸ (MUT, Mut design estudio + atelier, 2011)

Superficie arrugada

La experimentación “Superficie arrugada” podría ser aplicada a las sillas ‘Furniture’ del diseñador Stuart Melrose que tienen una morfología irregular, formada por varios polígonos de diferentes tamaños unidos entre sí. Se asimila a la experimentación de papel arrugado por el uso de polígonos unidos que llevan a una forma determinada. En esta experimentación se tomarían en cuenta variables como: dimensiones, ángulos, tipo de material. También podría ser aplicada a las sillas ‘Orion’ igualmente formada por varios polígonos de diferentes tamaños unidos entre sí. Esta experimentación puede ser realizada en fibra de vidrio, metal, fibra de carbono y su estructura de acero inoxidable. La técnica utilizada por Alberto Sánchez fue realizar la carcasa en fibra de vidrio con refuerzo de fibra de carbono pintada sobre moldes. La estructura metálica es soldada y atornillada a la carcasa del asiento-Ver Tabla de variables 7 página 66-.



Ilustración 89: Furniture by Stuart Melrose⁶⁹



Ilustración 90: Asiento ‘Orion’⁷⁰

Tabla productos industriales 17: Sillas a partir de Superficie arrugada

⁶⁹ (Melrose, 2011)

⁷⁰ (MUT, 2008)

ENTREVISTAS A EXPERTOS

		Mauricio Velázquez
Textiles plegados		
PROFESIÓN:	Arquitecto	
PÁGINA WEB:	http://morrisvel.com/	
ENTREVISTADORES:	Natalia Trujillo Garcés Juan José Londoño Mora	
FECHA Y LUGAR DE LA ENTREVISTA:	Medellín – Universidad Pontificia Bolivariana Abril 12 de 2012	
REGISTRO DE LA ENTREVISTA AUDIO /VIDEO:	Entrevista Mauricio Velézquez.m4a	
PALABRAS CLAVE:		
Tejidos, Habitar, Vestimentos, Abstracción, Contexto, Experimentación Plegado y Corte.		
CONCEPTOS IMPORTANTES:		
<u>Superficie como límite de la forma:</u> La superficie es el límite físico y conceptual de la forma. La expansión de un concepto aplicado a una forma da como resultado la expansión y alteración de aquella superficie como límite de la forma física.		
<u>Forma a partir de acciones:</u> Los procesos de generación de la forma son procesos activos y dinámicos que implican en el ser humano la acción. Todo corte, plegado o pegado para la generación de la forma es una acción exteriorización del ser humano que modifica la forma.		
<u>Contextualización de la forma:</u> Los resultados de los procesos de experimentación formal solo pueden ser serializado o sujetos al uso cuando se hace una reflexión sobre el contexto de la forma. Todo resultado formal necesita de un contexto al que pueda decirse perteneciente para que aquella forma pueda ser usada.		
AUTORES RECOMENDADOS:		
Nicolas Bourriaud http://proyectomedussa.com/		
COMENTARIOS:		
IMÁGENES:		



*Geomorphos*⁷¹

⁷¹ (VELÁSQUEZ POSADA, 2010)

		Fernando Sierra “Elvis”
Plegados		
PROFESIÓN:	Diseñador Industrial	
PÁGINA WEB:	http://www.ambientesluar.net/ - http://www.flickr.com/photos/elevvis/sets/72157594523461154/	
ENTREVISTADORES:	Natalia Trujillo Garcés Juan José Londoño Mora	
FECHA Y LUGAR DE LA ENTREVISTA:	Medellín – Bogotá Vía Skype Abril 12 de abril de 2012	
REGISTRO DE LA ENTREVISTA AUDIO /VIDEO:	Entrevista Fernando Sierra Elvis Abr.m4a	
PALABRAS CLAVE:		
Plegado, Experimentación con láminas, Patrones Naturales (Biónica), Estructura y Transformabilidad de la forma. Escala/tamaño.		
CONCEPTOS IMPORTANTES:		
<u>Patrones Naturales:</u> La observación de los patrones naturales puede guiar los procesos de experimentación formal. La observación de los patrones es seguida de una analogía formal para luego llegar a una posible etapa de digitalización.		
<u>Procesos experimentales:</u> Los procesos de experimentación son procesos de prueba y error. Los experimentos deben considerar diferentes variables y se debe considerar la posibilidad de la forma de tomar vida en un objeto.		
<u>Factor de Escala:</u> El factor de escala de una experimentación o de su resultado puede lograr resultados muy determinantes. La variación de la escala permite no solo dimensionar las formas de manera distinta sino que permite re-contextualizar a la misma forma.		
<u>Innovación experimental:</u> La innovación en los procesos de experimentación es posible en la medida que se cuestione tres aspectos de la forma: materia/material – técnica – contexto. En cuanto se entienden estas relaciones y se comienza a experimentar con diferentes configuraciones de estos elementos será posible la consideración de nuevas formas.		
AUTORES RECOMENDADOS:		TÉCNICAS RECOMENDADAS:
Erwin Hauer - http://www.erwinhauer.com/ CAST - http://www.umanitoba.ca/cast_building/research/fabric_formwork/index.html Carlos Párraga Heinz Isler Johan Van Lengen - Manual Del Arquitecto Descalzo - http://es.scribd.com/doc/17023941/Johan-Van-Lengen-Manual-Del-Arquitecto-Descalzo		Seacrete Slowprototyping
COMENTARIOS:		

El entrevistado recomendó considerar los residuos de la fabricación de papel Kimberley como posible insumo para la experimentación.
Hizo mucho énfasis en considerar la escala como una variable importante en la experimentación.

IMÁGENES:



Ilustración 91: Lámparas Cubo - Ambientes LUAR⁷²

⁷² (SIERRA, 2012)

	Ever Patiño Mazo
Emulación de principios Naturales	
PROFESIÓN:	Diseñador Industrial
ENTREVISTADORES:	Juan Jose Londoño Mora Susana Montoya Vega Miguel Vélez Marín
FECHA Y LUGAR DE LA ENTREVISTA:	Abril 27 de 2012. Universidad Pontificia Bolivariana
REGISTRO DE LA ENTREVISTA AUDIO /VIDEO:	Entrevista Ever Patiño.amr
PALABRAS CLAVE:	
Morfología experimental, vocación de las formas, técnicas, principios naturales, recreación de las formas.	
CONCEPTOS IMPORTANTES:	
La búsqueda objetiva de la forma física es un proceso extenso y los resultados pueden ser nulos. Cuando se diseñan las experimentaciones desde cero es importante plantear metas alcanzables y realistas y tener una intención básica desde el principio del proyecto. Las hipótesis no pueden ser muy arriesgadas ya que estas experimentaciones son más riesgosas en cuanto a la obtención de los resultados esperados. Durante el desarrollo de la experimentación deben establecerse unas variables y estas pueden definirse según los tipos de formas y las propiedades de cada una. El tiempo y los recursos económicos son factores determinantes en la duración de cada proyecto, llegando al punto que determinan si el proyecto continúa o debe detenerse. Un modo de iniciar los proyectos es a través de los principios naturales y como estos ofrecen oportunidades de diseño. Es un proceso inverso al proceso de diseño tradicional, en el que se buscan necesidades primero y luego posibles soluciones a estas en los principios naturales. Estos principios naturales se pueden clasificar en tablas de oportunidades, según la vocación de sus formas, lo que conlleva una gran base de formas de las que pueden surgir miles de oportunidades. La digitalización es una herramienta clave a la hora de reproducir las formas obtenidas en cada experimentación. Permite recrear.	
AUTORES RECOMENDADOS:	
COMENTARIOS:	
IMÁGENES:	

		Juan Esteban Vélez
Morfología Experimental		
PROFESIÓN:	Ingeniero Mecánico, Docente universitario en Universidad Pontificia Bolivariana, Chef	
ENTREVISTADORES:	Laura Mesa Laura M. Echeverri	
FECHA Y LUGAR DE LA ENTREVISTA:	Junio 4 de 2012, Universidad Pontificia Bolivariana	
REGISTRO DE LA ENTREVISTA AUDIO /VIDEO:		
PALABRAS CLAVE:		
Diseño mecánico, Formas transformables, Desarrollo de volúmenes, Transformaciones geométricas		
CONCEPTOS IMPORTANTES:		
Trabajó en el Parque Explora siendo el apoyo en la parte mecánica para los diseños. En el Parque Explora conoció a Fernando Sierra, quien era uno de los asesores científicos, con el que estaba desarrollando unas estructuras transformables, que luego pasaron a ser el objeto de estudio para su trabajo de grado. Siendo docente de diseño industrial en la Universidad Pontificia Bolivariana, participó en el 2008 en el Encuentro Internacional de Investigación en Diseño en Cali. Con la buena aceptación que tuvo su proyecto, sugirió a la universidad un proyecto de investigación en mutaciones geométricas. Con los estudiantes implementó una clase en la cual cada uno generaba nuevas formas a través de la mutación de cuerpos geométricos en modelos de papel, entendiendo como un volumen puede desarrollarse en una superficie plana. Esto dio como resultado un gran banco de formas, 150 en sólo un mes, con el objetivo de que después estas se miraran en busca de encontrar en ellas “la cara de algo” para posteriormente proyectar un diseño Se buscó a través de la forma proyectar un diseño, y no a través de la función buscar una forma. El buen resultado del trabajo con los estudiantes de clase dio pie para la creación de un semillero de investigación en morfología, donde el objetivo era generar un banco de formas para la proyección de diseño. 30 estudiantes generaron un banco de casi 1000 formas a través de la transformación de sólidos geométricos.		
AUTORES RECOMENDADOS:		
COMENTARIOS:		
Comenzar el diseño desde la forma, buscando su posible aplicación, y no necesitar de una función para buscar la forma		
IMÁGENES:		

		Sebastián Castaño
Ingeniería del Papel		
PROFESIÓN:	Diseñador industrial, Docente universitario en Universidad San Buenaventura y Bellas Artes	
ENTREVISTADORES:	Laura Mesa	
FECHA Y LUGAR DE LA ENTREVISTA:	Junio 5 de 2012, Universidad EAFIT	
REGISTRO DE LA ENTREVISTA AUDIO /VIDEO:		
PALABRAS CLAVE:		
Propiedades de los materiales, Visual Merchandising, Observación, Consumismo, Diseño Emocional, Delimitado por la máquina.		
CONCEPTOS IMPORTANTES:		
El material es el que está totalmente ligado a la forma, el interés por este lleva al interés por el estudio de la forma. Cada material, con sus diferentes propiedades, aporta características especiales a una forma. A través de la observación se busca determinar cómo esta forma puede funcionar en otras aplicaciones. A realizado visual merchandising desde la experimentación formal, pero el problema con el que se ha enfrentado, es que los proyectos no son aceptados por el costo de su producción. A partir del estudio de formas plegadas, investiga como las resinas de poliéster pueden copiar esas formas y así generar una concha acústica, para ofrecerla como producto. Dice que esto es un proceso de ensayo y error. La aplicación de estas formas geométricas generadas en los plegados tiene muy poca aplicación en el medio, cuando hablamos de Medellín. Las facultades de diseño son muy tímidas con esta experimentación formal. Además las aplicaciones que se conocen, desde la experimentación formal, son dirigidas más hacia el consumismo, que a la solución de problemas. La forma no la debería delimitar la máquina, ahí es cuando el diseñador debe ser creativo y proponer nuevos procesos. Además hay inigualable número de materiales que no conocemos o subestimamos. La morfología va muy de la mano con el diseño emocional, las aplicaciones que se conocen, desde la experimentación formal, son dirigidas más hacia el consumismo, que a la solución de problemas.		
AUTORES RECOMENDADOS:		
COMENTARIOS:		
Una de las mejores formas de estudiar y generar nuevas formas, es conociendo los materiales,		

no solo los tradicionales, sino también los nuevos materiales. En la universidad EAFIT se encuentra una gran muestra de estos en el laboratorio de materiales.

IMÁGENES:

		Andrés Aguirre
Mecánica de Fluidos		
PROFESIÓN:	Docente Universitario de ingeniería en Universidad de Eafit Investigador	
PÁGINA WEB:		
ENTREVISTADORES:	Laura Mesa	
FECHA Y LUGAR DE LA ENTREVISTA:	Junio 5 de 2012, Universidad Eafit	
REGISTRO DE LA ENTREVISTA AUDIO /VIDEO:		

PALABRAS CLAVE:

Simulación, Mecánica de fluidos, Modelos matemáticos, Interacción de fluidos y estructuras.

CONCEPTOS IMPORTANTES:

Simulación Computacional: Hay dos grandes aéreas de trabajo, estructuras; que es lo referente a la resistencia de materiales, propagación de ondas sísmicas, e general todo lo que se refiere a con materiales sólidos. La otra gran área de trabajo es la de simulación de fluidos; líquidos y gases, principalmente líquidos.

El grupo de investigaciones se basa en la mecánica de medios continuos, que es una ciencia que estudia todos los materiales, idealizándolos, considerando que la materia se puede dividir infinitamente. En base a esto hay unos modelos matemáticos que por medio de ecuaciones diferenciales, hacen una muy buena simulación de lo que pasa en el mundo real.

Tomando esos modelos matemáticos, y por medio de programación en computador, se logra la simulación con muy buenas aproximaciones al mundo real.

Interacción Fluido-Estructura: Esto se hace a través de programas comerciales, donde se puede tomar un modelo 3d de un solidwork, o cualquier software CAD y lo pasarlo a un software de simulación donde se colocan todas las condiciones.

Por ejemplo podríamos importar al programa de simulación alguna estructura y simular todas las condiciones a las que está sometida, podríamos estudiar en un ferri, el fluido como cambia sus trayectorias, su velocidad, su aceleración, la resistencia al movimiento, y también se podría estudiar las presiones y deformación que está sufriendo el barco.

Para esto se necesita conocer bien la física del problema, saber toda la parte estructural, conocer resistencia de materiales, saber de mecánica de fluidos, se debe conocer lo más posible el problema a estudiar. Hay que tener en cuenta que los datos

que nos da el programa no necesariamente tienen sentido, si no se encargó bien de estudiar las condiciones del problema. El desconocimiento de la herramienta también es un factor para no llegar a resultados lógicos.

El paquete de simulación que se maneja se llama ANSYS.

AUTORES RECOMENDADOS:

TÉCNICAS RECOMENDADAS:

COMENTARIOS:

A través de la simulación computacional y con ayuda de expertos, podemos determinar diferentes propiedades que una forma en cualquier material posee y donde podría aplicarse.

IMÁGENES:

FABRICACIÓN DIGITAL

“Los medios digitales y las tecnologías emergentes están expandiendo lo que se concibe formal, espacial y materialmente posible” (IWAMOTO, 2009, pág. 4). La Fabricación Digital ha alentado una revolución del diseño, generando una cantidad de inventos e innovaciones. Como en el dibujo, la producción digital trae sus propias restricciones y posibilidades. La Fabricación Digital es a menudo uno de los últimos pasos en el proceso de diseño y es una manera de producción que usa la información digital para controlar el proceso de fabricación (IWAMOTO, 2009, págs. 4-5). “Las tecnologías de fabricación digital están cambiando las formas de los objetos, incorporando configuraciones complejas que eran impensables antes de su incorporación” (MUÑOZ, LÓPEZ, RAFFO, & SEQUEIRA, 2012, pág. 5);

La producción digital -el diseño asistido por computador y la manufactura CAD /CAM- envuelve máquinas computarizadas que construyen o cortan partes. Cuando se finaliza el modelo computarizado, la información se transfiere a las máquinas, que escalan las partes, y las moldean en materiales como aluminio, acero, madera y polímeros. Estas técnicas minimizan los pasos entre el diseño y la producción final de un objeto (IWAMOTO, 2009, pág. 5). En un corto periodo de tiempo, han emergido métodos innovadores para aplicaciones específicas proyectuales. Este proceso de archivo a fabricación posibilita la realización de proyectos cada vez más complejos (Revista SEMANA, 2011).

Las técnicas de fabricación digital (FAB-DIG) han sido muy usadas en la industria automotriz y aeroespacial por más de medio siglo. Partes de motor y celulares se han diseñado y construido por medio de tecnologías 3D (IWAMOTO, 2009, pág. 5).

EXPONENTES DE LA FABRICACIÓN DIGITAL

En el campo de la Fabricación Digital, son muchos los exponentes que encontramos que trabajan y experimentan excepcionalmente con estas técnicas.

John Parsons - Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT)

Durante la segunda guerra mundial, la armada de los Estados Unidos, pidió a Parsons que en colaboración con el MIT diseñara una máquina capaz de producir partes de avión cada vez más complejas y sofisticadas. Produjeron la máquina de control numérico (GROOVER, 1997, págs. 925-926).



Img. 4.6 John Parsons y la primera fresadora de control numérico⁷³

David Williamson

El concepto de sistemas de manufactura flexible fue conceptualizado por Williamson a mediados de los años sesenta una vez fue desarrollada la máquina de control numérico. Este ingeniero inglés trabajó en Molins, quien patentó el en 1965 “sistema 24”, ya que el grupo de máquinas herramienta del sistema podía operar 24 horas al día, donde 16 de estas no tendría que ser supervisado por trabajadores. El concepto incluía el control computarizado de las máquinas de control numérico, la producción de diversas partes y depósitos capaces de contener diversas herramientas para diferentes operaciones de maquinado (GROOVER, 1997, pág. 958).

⁷³ (DÍAZ DEL CASTILLO, 2010)

Frank Gehry

El trabajo de este arquitecto junto con Gehry Partners y Gerhy Technologies ha jugado un rol muy importante en la reestructuración del proceso de construcción; por ellos, la integración digital fue necesaria debido a la complejidad de sus formas arquitectónicas. La oficina empezó a usar procesos CAD/CAM en 1989 para desarrollar y evaluar la viabilidad constructiva de un sistema de edificios para el Disney Concert Hall. El proceso comenzó por modelos físicos, que luego fueron a partir de coordenadas digitalizados e importados a un ambiente digital 3D. Tras evolucionar el proyecto física y digitalmente, Gehry adaptó un software usado en la industria aeroespacial (aplicación interactiva tridimensional asistida por computador – CATIA –) para modelar la fachada del edificio; la cual fue luego traducida directamente a la forma física mediante máquinas manejadas digitalmente que esculpieron el material. En 2002 Gerhy Technologies comenzó a desarrollar Proyecto Digital, en el cual integraban muchos aspectos del proceso de construcción (IWAMOTO, 2009, págs. 5-6).

Within Technologies

En Londres, Within Technologies es un consultorio de diseño que ha creado herramientas que expanden los límites de la manufactura por adición de capas. Recientemente desarrolló un guante de eslabones que ilustra las posibilidades de su software de generar ropa funcional. Este guante puede ser producido usando impresión 3D y puede manufacturarse en metales como acero inoxidable y titanio, o polímeros como el nailon (WithinLab, 2011).

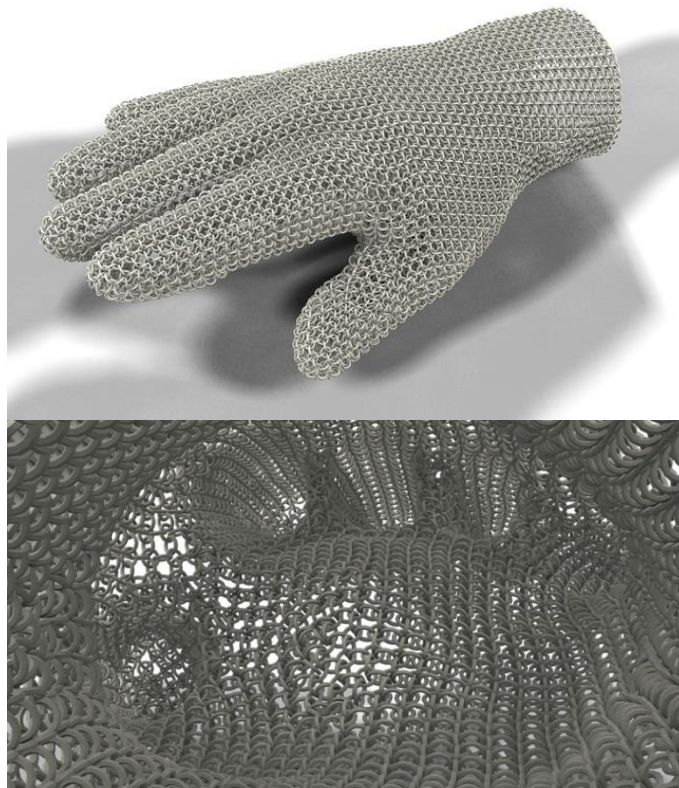


Ilustración 92: Guante de eslabones⁷⁴

⁷⁴ (WITHINLAB, 2011)

Freedom of Creation

Compañía pionera en diseño e investigación, especializada en el diseño con tecnologías de impresión 3D. Desde el año 2000 han innovado con productos comerciales, nuevos materiales y productos de software a partir de esta tecnología. Sus productos comprenden piezas de mobiliario, lámparas, accesorios y joyas (FREEDOM OF CREATION, 2011).



Ilustración 93: Basada en el sistema de Gaudí de colgar cadenas. La superficie es en fibra de carbono y las costillas en nailon reforzado con fibra de vidrio ambos fabricados por sinterizado láser selectivo⁷⁵.

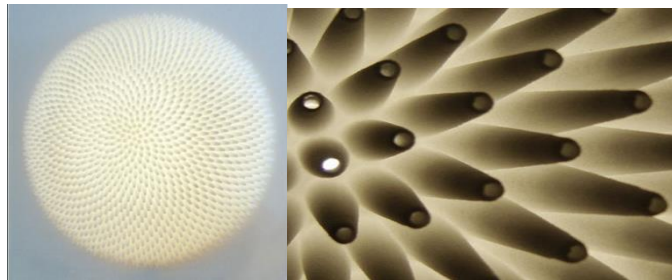


Ilustración 94: 1597 Wall Light (D50). Su nombre proviene del número Fibonacci que representa el arreglo de los pétalos y semillas en la naturaleza⁷⁶

Materialize .MGX

La colección de .MGX combina la artesanía tradicional y moderna fabricándola con métodos de impresión 3D. Estas tecnologías permiten la producción y personalización de formas que serían imposibles de fabricar por otros métodos. Cada pieza es producida individualmente con resina epóxica o poliamida en rayo láser y terminada a mano. La línea de productos incluye lámparas, mobiliario y accesorios (MATERIALISE, 2011).

⁷⁵ (FREEDOM OF CREATION, 2011)



Ilustración 95: Module.MGX is a modular table system that was inspired by the designers' earlier collaboration with Matthias Bär and their creation: the Fractal.MGX⁷⁷.



Ilustración 96: Quin.MGX lamp, created so that our eyes are lead along many swooping paths of light, from triangles to pentagons and back again. It was chosen one of the top 100 designs of 2008 by Time Magazine⁷⁶.

Nervous System

Nervous System es un estudio de diseño que trabaja conectando ciencia, arte y tecnología. Trabajan con procesos novedosos entre simulaciones por computador y Fabricación Digital para realizar sus productos, basados en la observación de la naturaleza. Sus productos son arte, joyería y utensilios para el hogar (NERVOUS SYSTEM, 2012).

⁷⁶ (MATERIALISE, 2011)



Ilustración 97: Seed Lamp. Inspirada en imágenes microscópicas de semillas, realizada por sinterizado láser⁷⁸.

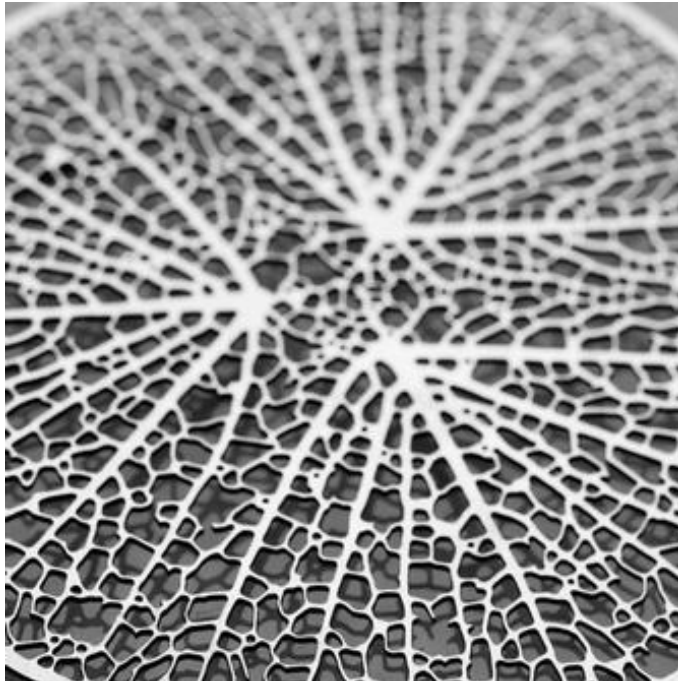


Ilustración 98: El patrón creció en el computador imitando las venas de las hojas y luego fue grabado en una lámina de acero inoxidable⁷⁷

⁷⁷ (NERVOUS SYSTEM, 2012)

TÉCNICAS DE FABRICACIÓN DIGITAL

Los equipos usados para la Fabricación Digital –FAB-DIG– son máquinas láser o máquinas de mecanizado por CNC (control numérico computarizado) como molinos, tornos, fresadoras, etc. Estas máquinas son controladas por una serie de datos alfanuméricos codificados que controlan las acciones de un equipo, constituyendo los llamados bloques de información y que se introducen a la máquina por medio de cinta perforada o cinta magnética y la máquina los procesa uno a uno. Estas máquinas se utilizan para maquinar bloques enteros de determinado material, devastando y perforando con diferentes herramientas (GROOVER, 1997, págs. 925-926).

Además existen también máquinas de prototipado rápido y las impresoras 3d. Las máquinas de prototipado rápido se denominan de esta manera porque fueron pensadas para hacer prototipos sin la necesidad de los moldes. El proceso consiste en añadir el material capa por capa, hasta terminar la forma. A pesar de ser un proceso para prototipos las propiedades físicas del producto resultante son muy parecidas a las del producto real y debido a esto se empezó a usar para hacer productos finales (IWAMOTO, 2009, págs. 4-5).

Estereolitografía (SLS)

Los productos son generados por capas, una a una, por la energía térmica de un rayo láser que pasa recorriendo la sección transversal de la forma en coordenadas x - y sobre resina fotosensible en estado semi-viscoso de acrílico o epoxi, curándola. Este proceso es uno de los más comunes de prototipado rápido y es controlado por un archivo CAD. Es un proceso muy preciso y se puede aplicar a cerámicos, plásticos o cauchos como el ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno), el propileno y las imitaciones acrílicas. Se puede aplicar a cualquier forma creada en el computador (LEFTERI, 2008, págs. 218-221) (REVISTA LETREROS, 2008).

Cantidad de material	Las máquinas convencionales tienen un área estándar de 50 x 50 x 60 cms
Posibles materiales	Variedad de polímeros, cerámicos y cauchos
Disponibilidad local	No se encuentra información en el área metropolitana
Costo de producción	El costo unitario es elevado pero es el más económico en cuanto a prototipos
Posibilidad de acabado	Requiere post acabado ya que el proceso deja huellas de cada capa
Tiempo de producción	El tiempo depende del material, el grosor de cada capa y la orientación de la pieza

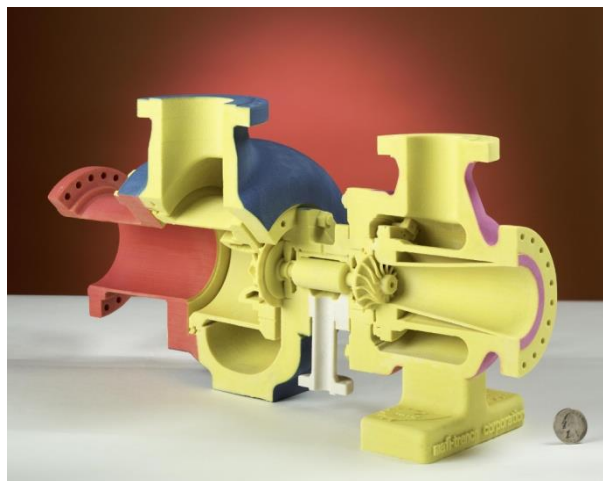
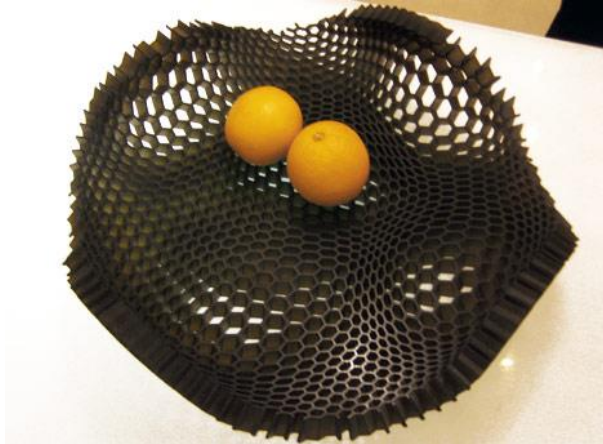


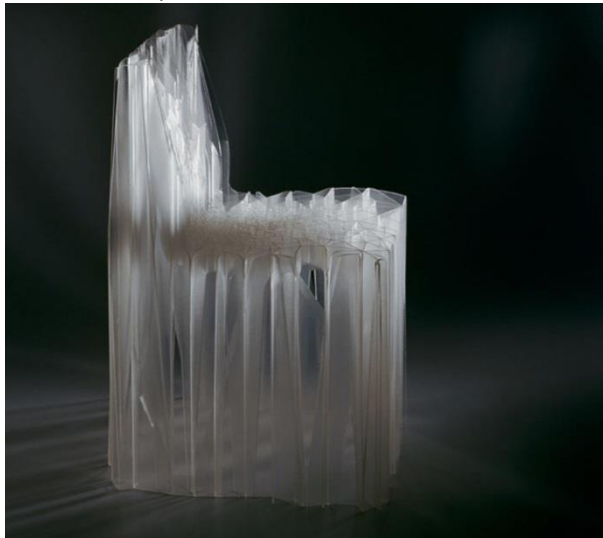
Ilustración 99: Turbina en Estereolitografía⁷⁸



Frutero Black honey, Arik Levy⁷⁹



Ilustración 100: ¿De las computadoras personales a la fabricación personal?⁸⁰



Silla c1 por Patrick Jouin⁸¹

⁷⁸ (HOFFMAN, 2003)

⁷⁹ (MGX, 2005)

⁸⁰ (MANCINI, 2007)

Sinterizado selectivo por láser (SLS)

El sinterizado selectivo por láser es una adaptación del sinterizado que se da en la pulvimetalurgia, el cual consiste en calentar un material en polvo, por debajo de su punto de fusión hasta que las partículas se fundan entre sí. El sinterizado selectivo por láser consiste en utilizar un rayo láser para solidificar áreas específicas dentro de un material en polvo y de esta manera producir objetos ligeros. El láser es controlado por un archivo CAD y es disparado hacia el polvo para fundir las partículas entre sí, por capas hasta que se completa el proceso. Se puede realizar en muchos metales particulados y en polímeros. Ofrece un acabado muy bueno y no hay limitaciones en cuanto a la forma, siempre y cuando ésta pueda ser diseñada en el sistema CAD. Pueden conseguirse detalles muy finos. Las limitaciones de forma y tamaño están dadas por la cantidad de polvo que pueda contener la máquina (LEFTERI, 2008, págs. 224-226).

Cantidad de material	El tamaño se ve limitado por la capacidad de las máquinas para contener el polvo
Posibles materiales	Metales y polímeros particulados
Disponibilidad local	No se encuentra información en el área metropolitana
Costo de producción	El costo es elevado porque hay que hacer cada pieza una a una
Posibilidad de acabado	La superficie resultante es pulida pero podrá necesitar acabado, depende del efecto que se busque
Tiempo de producción	Es un proceso lento, se usa generalmente para prototipos





Ilustración 101: Silla On Shot, Patrick Jouin. Materialise⁸²



Ilustración 102: Sinterizado láser por ALAVA Ingenieros⁸³

⁸² (MATERIALISE, 2006)

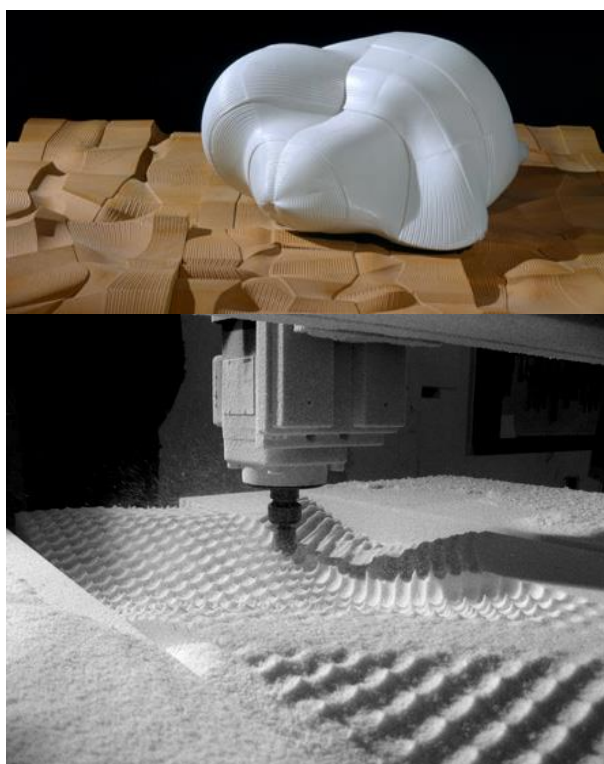
⁸³ (ALAVA, 2012)

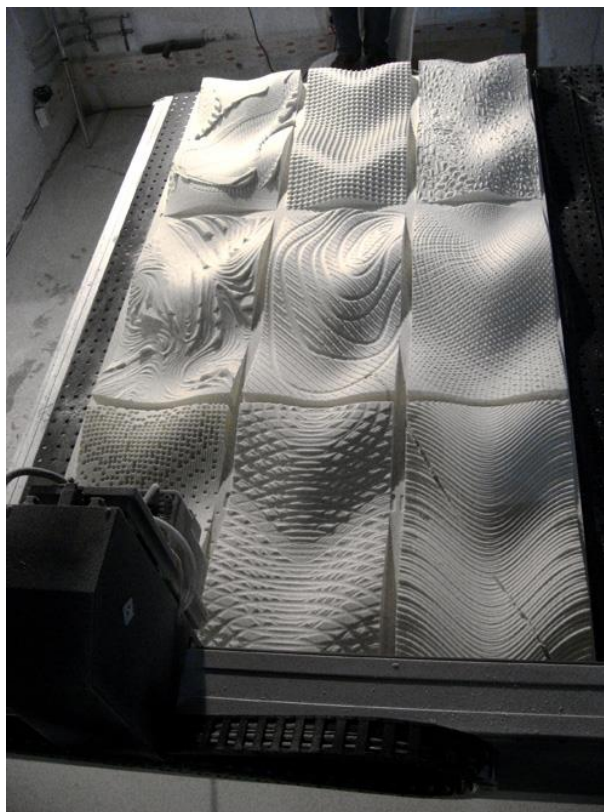
Fresadora de Control Numérico CNC

Una fresadora es una máquina herramienta utilizada para realizar mecanizados por desgarramiento de viruta gracias al movimiento rotativo de una herramienta cortante denominada fresa. La fresadora CNC cumple esta función a partir de movimientos en las coordenadas x, y, z orientados por un computador (MAYA & SIERRA, 2011). Esta técnica puede producir objetos con excelente acabado, depende de la fresa que se use, la cual puede cambiarse según las especificaciones del diseño. Se puede trabajar con altos volúmenes de producción.

Esta máquina trabaja desbastando el material, por lo cual la materia prima son bloques, generalmente de metal pero puede trabajarse con plástico, vidrio, madera e incluso algunos cerámicos; el tamaño de las piezas depende el tamaño de la máquina (LEFTERI, 2008, págs. 12-14)

Cantidad de material	Depende el tamaño de la máquina
Posibles materiales	Puede trabajarse madera, metal, polímeros y algunos cerámicos. El material debe ser rígido.
Disponibilidad local	En el área metropolitana se encuentran empresas que ofrecen el servicio. Universidad Pontificia Bolivariana, DynaCad, Tecnoparque SENA
Costo de producción	Es un proceso económico, pero pueden necesitarse piezas específicas que incrementarán el costo.
Posibilidad de acabado	El proceso ofrece una superficie pulida que no requiere post acabado.
Tiempo de producción	El tiempo depende de la complejidad de las piezas a realizar.





Pared Fresado CNC⁸⁴

Corte por control numérico computarizado (CNC)

Este método permite cortar sin ningún esfuerzo materiales sólidos. Consiste en cabezales de corte que van sobre varios ejes (6 o menos) para cincelar la pieza. Estas máquinas tienen la capacidad de tallar formas tridimensionales muy complejas a partir de la información suministrada por un archivo CAD (LEFTERI, 2008, págs. 15-17).

Con esta técnica puede trabajarse casi cualquier material y la máquina puede cortar prácticamente cualquier forma que se pueda diseñar en programas de modelado 3D en el computador. El tamaño depende del tamaño de la máquina, pero existen máquinas de más de 15 metros.

Este proceso suele ser lento, y es mejor para unidades por encargo. En algunos materiales la pieza necesita de un acabado posterior. Puede ser usado para hacer prototipos en arcilla o espuma. El tiempo que requiere la máquina para trabajar hace que los costos se incrementen, depende de la complejidad de la forma y el acabado deseado (LEFTERI, 2008, págs. 15-17).

Cantidad de material	El tamaño depende de la máquina, pueden encontrarse máquinas de hasta 15 metros de largo x 3 de alto x 6 de ancho.
Posibles materiales	Madera, metal, polímeros termofijos, granito, mármol espumas y algunos cerámicos como la arcilla.
Disponibilidad local	En el área metropolitana se encuentran empresas que ofrecen el servicio. Universidad Pontificia Bolivariana, Dynacad, HD Mecanizados.
Costo de producción	Resulta alto por el costo de la maquinaria y el tiempo que toma el proceso.

⁸⁴ (OSFA, 2009)

Posibilidad de acabado	En general la superficie resultante es pulida, pero puede necesitar acabado dependiendo del material.
Tiempo de producción	El tiempo se ve condicionado por la complejidad de la pieza, el material a trabajar y el acabado deseado.



Ilustración 103: Mesa Cinderella, Jeroen Verhoeven para Demakersvan 2004⁸⁵

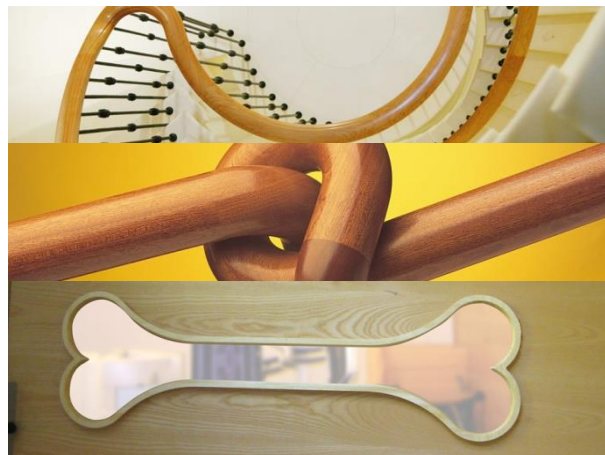


Ilustración 104: Pasamanos y tapas para camas de Haldane⁸⁶

⁸⁵ (DEMAKERSVAN, 2004)

Impresoras 3D

También llamada Manufactura por adhesión o prototipado rápido, es la construcción de objetos a partir de un archivo digital en plástico u otros materiales. Lleva más de 25 años en el medio y en los últimos años se ha diversificado hasta llegar inclusive a impresoras 3D personales (EVANS, 2012).

Los archivos diseñados en un programa CAD, se transfieren a la máquina, donde se realiza la construcción del prototipo por medio de capas en materias primas en polvo de almidón o yeso, que son aglutinadas con resinas que lanza una boquilla que se mueve en los planos x y y. Se realiza una capa, la plataforma desciende, se esparce una nueva capa de polvo y se aglutina y así sucesivamente hasta generar el objeto 3d. Las piezas necesitan procesos de curado posterior para aumentar la resistencia y para evitar que absorban la humedad. Estos objetos 3D permiten analizar y estudiar los objetos antes de lanzarlos al mercado, tanto estética como funcionalmente, ya que se pueden montar las partes eléctricas o mecánicas en caso de ser necesario. Lo que conlleva a una optimización de los tiempos de desarrollo de productos (REVISTA LETREROS, 2008).

Cantidad de material	El tamaño depende del tamaño de la máquina.
Posibles materiales	Polímeros termoplásticos
Disponibilidad local	En el área metropolitana se encuentran empresas que ofrecen el servicio como : i3D, SolidPRINT 3D, ATE Group.
Costo de producción	El costo no es muy elevado, pero depende del tamaño y la complejidad de la forma.
Posibilidad de acabado	Necesitan acabado posterior y curado.
Tiempo de producción	El proceso es ágil.



Ilustración 105: Impresión con una 3D Zprinter 450 y 650⁸⁷

⁸⁶ (HALDANE, 2010)

⁸⁷ (3D SYSTEMS, 2010)



Ilustración 106: Impresión con una 3D Zprinter 850⁸⁸



Ilustración 107: EADS's Airbike impresión 3d en Nylon⁸⁹



Ilustración 108: Tacones Malonia de Naim Josefi Y Souzan Youssouf producido por Materialise⁹⁰

Contour Crafting

El Contour Crafting es una técnica de construcción automatizada inventada por el doctor Behrokh Khoshnevis de la Universidad de California del Sur, que consiste en vaciar hormigón de secado rápido, capa a capa por medio de una máquina controlada por archivos CAD. La máquina tiene un cabezal de “impresión”, que consta de varias boquillas y se mueve en 6 ejes sobre un carro movedizo para vaciar el hormigón a presión, el cual va conformando una paleta integrada en el sistema y operada por un mecanismo de cilindros y pistones. Además el proceso permite ubicar las redes eléctricas, de acueducto y el aire acondicionado (LEFTERI, 2008, págs. 216-217) (PETROS, 2010) (LEACH, 2010).

Este proceso es muy eficiente y económico; se puede levantar una casa de unos 190 metros cuadrados con la electricidad y el acueducto en menos de 24 horas y el costo sería un cuarto del costo de una construcción convencional (LEACH, 2010).

La máquina trabaja con cemento, que puede llevar aditivos como arena, grava o alguna fibra. El acabado de la superficie es bueno y no requiere acabado posterior antes de pintar.

Puede construirse desde una casa pequeña hasta un bloque grande, las restricciones de la forma están en las fuerzas físicas comunes que afectan los edificios (aunque la máquina podrá crear arcos y otras formas complejas) y en la capacidad de los archivos CAD (LEFTERI, 2008, págs. 216-217).

Cantidad de material	Los desarrolladores sostienen que no hay límites en cuanto al tamaño. Pueden hacerse bloques de gran tamaño.
-----------------------------	--

⁸⁸ (3D SYSTEMS, 2010)

⁸⁹ (LAI, 2011)

⁹⁰ (MATERIALISE, 2011)

Posibles materiales	Cementos con aditivos.
Disponibilidad local	No hay disponibilidad.
Costo de producción	Se estima que este proceso reducirá el costo de construcción a una cuarta parte de su costo habitual.
Posibilidad de acabado	No requiere post acabado. Puede incluso aplicar la pintura.
Tiempo de producción	Es un proceso rápido. Se estima que se pueda construir una casa de 190 metros en 24 horas.

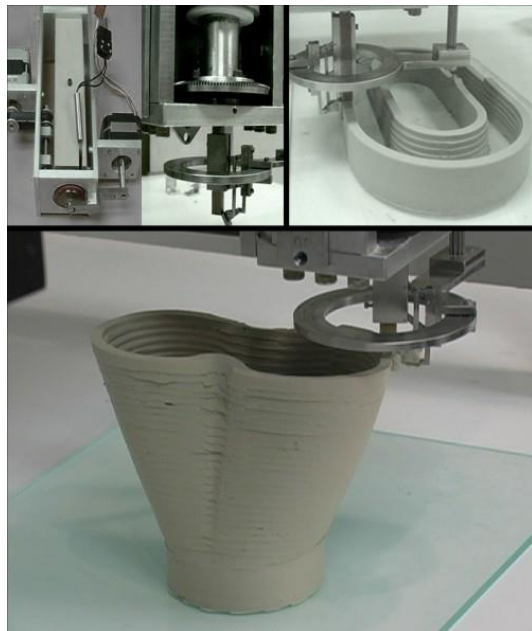


Ilustración 109: Robot de Contour Crafting desarrollado en colaboración con R&Sie(n)⁹¹



Ilustración 110: La tecnología de Contour Crafting tiene el potencial para construir estructuras en la Luna o en Marte⁹²

⁹¹ (LEACH, 2010)

⁹² (PETROS, 2010)

Corte y mecanizado por láser

Los procesos con láser consisten en un rayo de luz enfocado con gran exactitud que genera mucha energía y va fundiendo el material. Hay dos procesos con este método (LEFTERI, 2008, pág. 40).

El corte a láser que es un proceso para cortar, grabar y decorar materiales, no provoca desprendimiento de virutas, es muy preciso y se basa en la información suministrada por un archivo CAD. Por otro lado el mecanizado por rayo láser consiste en un rayo montado en un cabezal multieje que secciona objetos tridimensionales. También es controlado por un archivo CAD. Los dos procesos permiten cortar con mucha precisión y el contacto con el material se minimiza durante el proceso.

Es ideal para cortar metales, aunque los conductores de calor como el cobre pueden presentar dificultades; también se utiliza para cortar madera, papel, plástico y cerámicos, estos particularmente se prestan para este proceso. En la madera quedan marcas de quemado, pero en los metales el acabado de los perfiles queda muy bien y no necesita un pos acabado (LEFTERI, 2008, pág. 40).

Las formas pueden variar según el método que se use: corte o mecanizado; lo que permite realizar formas muy complejas en 3D y en 2D, la única limitación es el tamaño, que está condicionado a la dimensión de las máquinas. Es adecuado para la producción de lotes o piezas por encargo, su costo es bajo y la velocidad de trabajo es más o menos lenta y depende completamente del material (LEFTERI, 2008, pág. 40).

Cantidad de material	El tamaño se ve limitado por el tamaño de las máquinas de corte.
Posibles materiales	Metales que no conduzcan mucho el calor, maderas, polímeros, papel, cartón y cerámicos.
Disponibilidad local	Empresas que ofrecen el servicio como: Corta laser, Acrílicos Serna, Hydrocorte, Grabafer.
Costo de producción	El costo es bajo ya que no se requieren piezas mecánicas.
Posibilidad de acabado	El corte produce una superficie muy pulida que no requiere post acabado. Puede dejar marcas de quemado en la madera.
Tiempo de producción	La velocidad depende del material y el espesor de éste, pero se considera un proceso rápido.



Ilustración 111: Centro de mesa Hexagonal: Centro de mesa o frutero en lámina de aluminio anodizado cortado en láser y doblado a mano. Tamaño: 24 x 24cm⁹³

⁹³ (PATIÑO, JARAMILLO, & ARANGO, 2010)

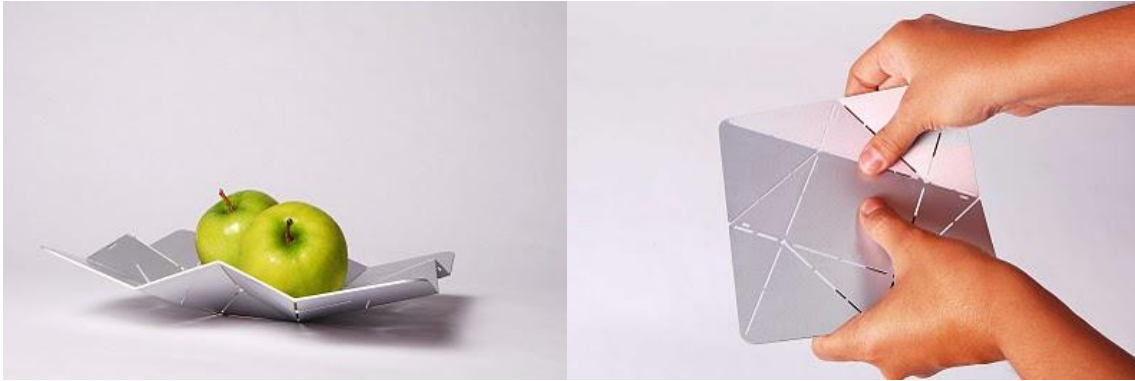


Ilustración 112: Centro de mesa en rama: Centro de mesa o frutero en lámina de aluminio anodizado cortado en láser y doblado a mano. Disponible en dos tamaños: 14.5 x 14.5cm de ancho y 23x23cm de ancho⁹⁴

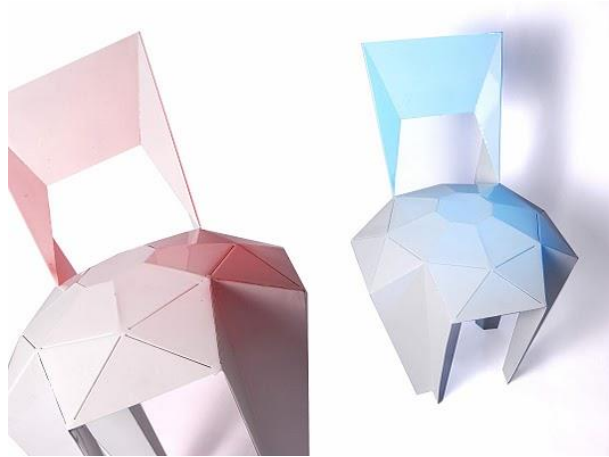


Ilustración 113: Silla ARISTA: Piezas dobladas y remachadas formando geometrías complejas. Producto conceptual (Pieza única/one off)⁹⁴

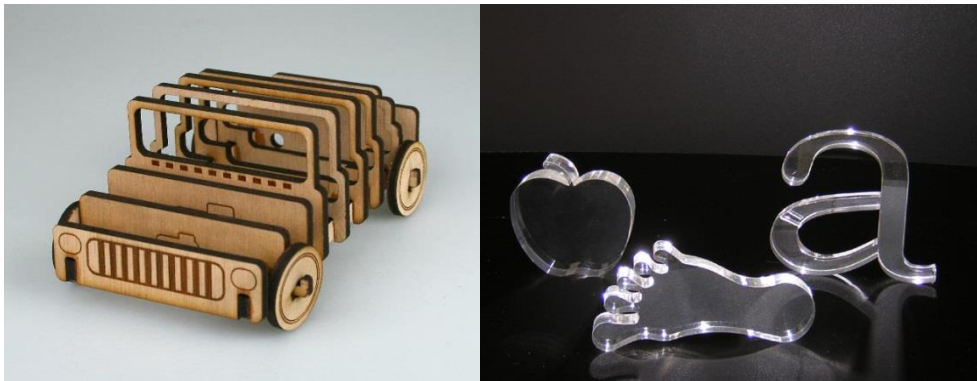


Ilustración 114: Diferentes materiales cortados a láser⁹⁴

⁹⁴ (ATELIER LÁSER, 2010)

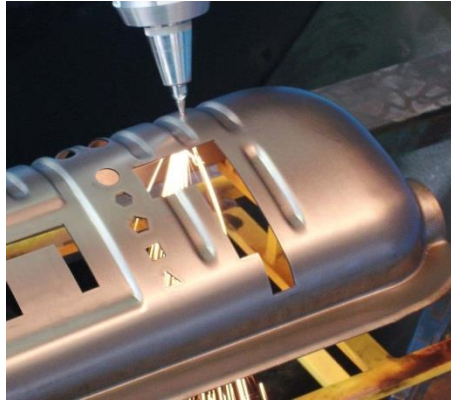


Ilustración 115: Corte y grabado de metal⁹⁵

Mecanizado por haz de electrones (EBM)

El mecanizado por haz de electrones (tecnología EBM) es un proceso versátil utilizado para cortar, soldar, taladrar o recocer componentes. Una de sus muchas ventajas es que posibilita la ejecución de cortes ultra finos con una precisión tan alta que se puede medir en micrómetros. La tecnología EBM implica la utilización de un haz de electrones de alta energía que se enfoca por medio de una lente y se dispara a velocidades muy altas (entre el 50 y el 80 por ciento de la velocidad de la luz) contra una zona concreta del producto, haciendo que el material se caliente, se funda y vaporice. El proceso ha de tener lugar en una cámara de vacío para garantizar que los electrones no sufran alteraciones ni sean desplazados de su trayectoria por efecto de las moléculas del aire, haciendo que su costo sea muy elevado.

Esta técnica es ideal para realizar agujeros en serie que requieran un nivel de precisión muy alto. También se usa para hacer uniones en nano escalas ya que evita que se aplasten los elementos. Puede aplicarse a casi cualquier material, es ideal para hacer piezas por encargo o piezas de producción en serie. La velocidad del proceso generalmente es rápida pero esto dependerá del material. Las superficies quedaran llenas de marcas y salpicaduras que genera el proceso. Hay limitaciones en cuanto al tamaño de las piezas a cortar (LEFTERI, 2008, pág. 18).

Cantidad de material	Este proceso tiene limitaciones de tamaño ya que requiere una cámara de vacío.
Posibles materiales	Se puede realizar el proceso en casi cualquier material.
Disponibilidad local	No se encuentra información en el área metropolitana
Costo de producción	El equipo es muy costoso, lo cual aumenta los costos unitarios.
Posibilidad de acabado	Requiere acabado posterior ya que la superficie queda irregular.
Tiempo de producción	El proceso es rápido, varía de acuerdo al material y su espesor.

⁹⁵ (IDEAS EN METAL, 2012)

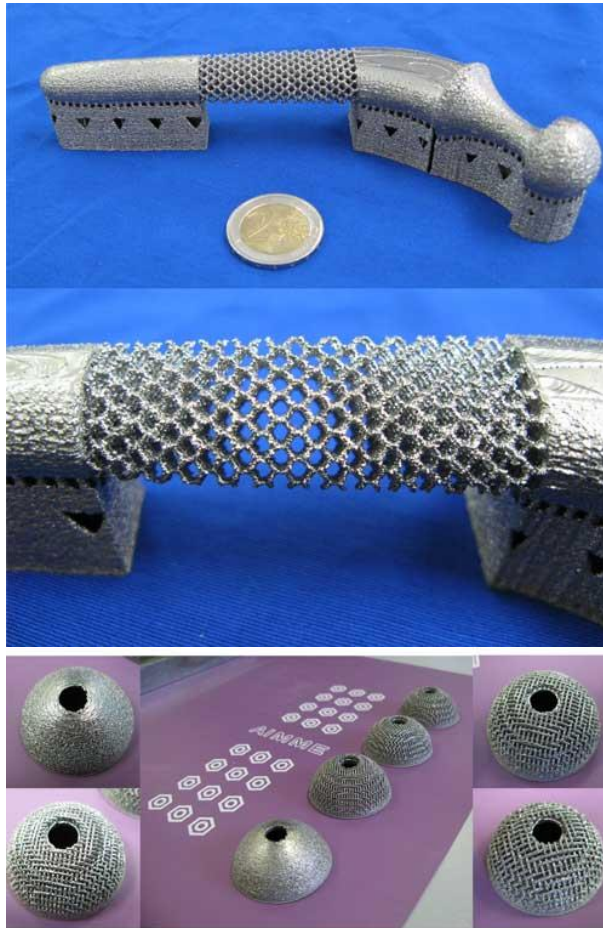


Ilustración 116: Prótesis biomecánicas⁹⁶

Mecanizado hidrodinámico

El mecanizado hidrodinámico o corte por chorro de agua es una técnica que produce un chorro de agua muy fino (generalmente de 0,5 milímetros) que sale de una boquilla a una presión de entre 20.000 y 55.000 psi (libras por pulgada cuadrada), velocidades que pueden llegar a duplicar la del sonido. Esto produce un sesgo fino, y para poder cortar materiales más duros se emplea un abrasivo adicional como el granate (LEFTERI, 2008, pág. 36).

El mecanizado hidrodinámico puede ser usado para cortar una gran cantidad de materiales (vidrio, acero, madera, plástico, cerámica, piedra, mármol y papel) teniendo en cuenta que los materiales que suelen absorber el agua no podrán cortarse (LEFTERI, 2008, pág. 36).

Este dispositivo funciona como una trazadora y utiliza una plancha de corte lo que limita el tamaño de las piezas a 3x3 mts máximo pero permite cortar formas muy finas y complejas, teniendo en cuenta que la presión del chorro podría deformar o curvar el material si la lámina es demasiado delgada. El grosor máximo depende de cada material. El acabado de la pieza será pulido y la tolerancia es mínima, aunque en materiales muy gruesos habrá oscilaciones en el corte (LEFTERI, 2008, pág. 36).

⁹⁶ (AIMME, 2011)

Los costos no son demasiado elevados y se pueden minimizar acomodando las piezas en la superficie de manera que no se desperdicie espacio. El proceso es muy rápido y es adecuado tanto para piezas por encargo como para producción en serie (LEFTERI, 2008, pág. 36).

Cantidad de material	Se ve limitado por el tamaño de las mesas de corte, que tienen un tamaño máximo de 3 por 3 metros.
Posibles materiales	Maderas no muy absorbentes, metales, polímeros, cerámicos y mármol. Puede usarse incluso para cortar alimentos.
Disponibilidad local	En el área metropolitana se encuentran empresas que ofrecen el servicio como: Hydrocorte.
Costo de producción	El costo unitario es bajo ya que no hay equipamiento mecánico y las piezas se pueden disponer de manera que se optimice el espacio.
Posibilidad de acabado	El acabado no es muy pulido, pero no deja rebaba.
Tiempo de producción	El proceso se hace rápido debido a la presión del agua.



Ilustración 117: Silla Prince, Louise Campbell para Hay⁹⁷

Escáner 3D

Los sistemas de adquisición de imágenes tridimensionales o ingeniería inversa, son sistemas de análisis de las formas de los objetos o los espacios por medio de sistemas que ingresan al computador la forma en forma de nubes de puntos que se conectan en redes o superficies divididas –NURBS –. Este tipo de escáner ha sido ampliamente usado en los últimos años para sistemas de juegos y de video y para diseño. Es posible escanear tanto la forma como el color y la textura, dependiendo de la técnica que se utilice; el acabado y el color se guardan como imágenes que luego cubren la geometría (BERNARDINI & RUSHMEIER, 2002).

Cantidad de material	El tamaño depende del tipo de láser y su tamaño.
Posibles materiales	Se pueden escanear todos los materiales
Disponibilidad local	En el área metropolitana se encuentran empresas que ofrecen el servicio como: i3D, Tecnoparque SENA, ATE Group.
Costo de producción	El costo depende del tamaño y la complejidad de la forma.
Posibilidad de acabado	No aplica
Tiempo de producción	Depende de la morfología a digitalizar

⁹⁷ (BILLEDARKIV, Kontainer, 2009)

*La disponibilidad en la ciudad está limitada, ya que los equipos disponibles sólo escanean superficialmente, es decir lo que el ojo puede ver.



Ilustración 118: Estos floreros, del diseñador holandés Marcel Wanders, están basados en el escaneo 3D de partículas producidas en un estornudo y desarrollados en poliamida⁹⁸

⁹⁸ (DEZEEN, 2007)

DISEÑO DE LA EXPERIMENTACIÓN BOFF

Luego de la documentación realizada, y del estudio de las variables necesarias para cada tipo de experimentación, se seleccionaron cuatro experimentaciones para ser realizadas. A continuación se presenta el diseño de detalle de las experimentaciones, incluidas todas las variables que se deben tener en cuenta; contando además con que algunas experimentaciones fueron tomadas a partir de dos o más de las documentadas.

Solidificación de sustancias

La solidificación de sustancias es una experimentación en la cual se experimenta con sustancias en estado líquido y que pasan de estado a sólido por un cambio de temperatura. Luego de estudiar las variables tenidas en cuenta por los investigadores de la –LIME – (Ver Ilustración 54 e Ilustración 55), se toma esta experimentación como referencia para ampliar el espectro experimental del proyecto.

Solidificación de sustancias		
Polímeros fundidos		
DESCRIPCIÓN:		
Transformación y generación de forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.		
Preparar soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del soporte físico según sus propiedades de cambio de estado por choque térmico con agua o con aire.
		Parafina
	Cantidad de soporte físico	Volumen total del soporte físico con el que se va a experimentar.
		Se debe llevar registro con cada experimentación de la cantidad específica de material utilizado.
Diseñar el contenedor	Material del contenedor	Medidores de volumen. Deben ser resistentes al calor de los soportes físicos en estado líquido.
		El material del contenedor debe resistir el choque térmico producido por la entrada del material caliente en el fluido frío.
	Tamaño del contenedor	El contenedor debe ser grande, para poder contener el agua para el choque térmico.
		El soporte físico se puede arrojar al fluido para el choque térmico directamente, o se pueden obligar ciertas formas a partir de objetos en el fluido.
	Apoyos dentro del contenedor para recibir el soporte físico	Formas en alambre
		Recipientes con formas diversas
Intervenir el Soporte físico	Fundir el soporte físico	Se debe llevar registro con cada experimentación de la forma de los recipientes
		El fluido debe calentarse hasta que se funda por completo. Se debe tener en cuenta la temperatura de fusión del material.
		Según el material se calentará al baño maría o al fuego directo.
		Se debe llevar registro con cada experimentación de la temperatura del soporte físico, procurando siempre la misma.
Aplicar esfuerzos	Método de	Agua

	solidificación del soporte físico	Es importante registrar tanto la cantidad de fluido receptor como la temperatura del mismo.
	Temperatura del fluido receptor	Temperatura del fluido para la inmersión. Las variaciones en ésta generaran cambios en la forma.
		Se debe llevar registro con cada experimentación de la temperatura del fluido receptor, procurando siempre la misma.
	Distancia de vertimiento del soporte físico	Distancia desde la cual se vierte el soporte físico en estado líquido al agua. Las diferentes distancias generan diferentes resultados.
		Se debe llevar registro con cada experimentación de la distancia desde la cual se vierte el soporte físico.
	Velocidad de inmersión del soporte físico	Rapidez con la que el material en estado líquido entra en el agua. Se pueden generar diferentes resultados según las distintas velocidades. Dependiendo de la velocidad a la que se libere el líquido la forma cambiará.
		Se debe llevar registro con cada experimentación de la velocidad (relación tiempo/distancia) con que se vierte cada soporte físico.
	Forma de inmersión del soporte físico	El soporte físico se puede vaciar en el fluido o se puede vaciar en recipientes con formas variadas para luego ser introducido en el fluido.
		Se debe llevar registro con cada experimentación de cómo se introdujo el soporte físico.
	Movimiento durante el vertimiento del soporte físico	Movimiento aplicado al material en estado líquido cuando entra en contacto con el agua. Esto genera una deformación según el tipo de movimiento.
		Tipos de movimiento: Circular Zigzag Recta
		Se debe llevar registro con cada experimentación del movimiento empleado para verter el soporte físico.
	Movimiento del fluido receptor	Movimiento circular en el fluido receptor y arrojar el soporte físico en el vórtice.
		Se realiza en tres niveles de velocidad alto, medio, bajo
		Se debe llevar registro con cada experimentación de la velocidad del movimiento del fluido, procurando siempre la misma.
	Tiempo de solidificación del soporte físico	El tiempo que permaneció el soporte físico en el fluido antes de su solidificación puede variar las formas obtenidas.
Se puede registrar la transformación en diferentes momentos.		
COMENTARIOS:		
Previo al experimento se deben tejer las redes con la hilaza.		
Durante la experimentación se debe hacer tanto registro fotográfico como llenar datos en las tablas de registro de información de los diferentes estados del experimento.		

MATERIALES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Parafina	Tableta de 5kilos	
Pigmento rojo para parafina		
Alambre dulce calibre 18	1 kilo	
Pecera	50x70x70	
Recipientes de aluminio	3 unidades	Varear las formas entre cuadrado, rectangular y circular o esférico
Medidores de volumen	2 unidades	Preferiblemente vítreo o metálico
Agua		
Estufa	1 unidad	
Olla aluminio	2 unidades	Para hacer el baño maría es necesario que una se pueda introducir dentro de la otra. Por lo menos una de las ollas debe tener tapa
Desmoldante para parafina	1 unidad	Es importante para evitar que se dañen los recipientes
Cámara fotográfica	1 unidad	
Cámara de vídeo	1 unidad	
Cronómetro	2 unidades	
Termocupla tipo K	2 unidades	
Flexómetro	1 unidad	
Gramera	1 unidad	
Palitos de paleta	2 docenas	
Varilla acero inoxidable ¼"	3 mt	
Silicona de sellado 300ml	1 unidad	
Taladro	1 unidad	
Mezcladora de Batidora	1 unidad	

Solidificación de sustancias					Experimento N°/ Clasificación	
Polímeros fundidos					SS __/__	
DESCRIPCIÓN:						
Fecha		Hora		Lugar		
Investigadores						
Soporte físico		Parafina				
Volumen			Peso forma			
Temperatura °C			Distancia de vertimiento			
Velocidad de inmersión			Tiempo de inmersión			
Fluido receptor						
°C fluido receptor			ML fluido receptor			
Forma de vertimiento del soporte físico						
		Libre		Forma	Marco	
Con movimiento del soporte físico			Sin movimiento del soporte físico			
Radial		Lineal		Zigzag	Ondulatorio	
Forma de contenedor			Esférico		Cilíndrico	
Estado del fluido receptor						
Con movimiento del fluido receptor			Sin movimiento del fluido receptor			
Movimiento circular						
Registro de la experimentación						
Video						
Comentarios:						

Compresión de cuerpos de material rígido

La Compresión de cuerpos de material rígido es una experimentación en la cual se experimenta con cuerpos de material rígido que son sometidos a compresión. Luego de estudiar las variables tenidas en cuenta por los investigadores de la –LIME – y los diseñadores de DIVA (Ver Ilustración 38), se toman estas dos experimentaciones como referencia para ampliar el espectro experimental del proyecto.

Compresión de cuerpos de material rígido		
Material susceptible a compresión		
DESCRIPCIÓN:		
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, contruidos a partir de superficies de revolución.		
Preparar el soporte físico	Tipo de soporte físico	Selección del soporte físico según sus propiedades de trabajo a compresión
		Perfiles tubulares: Acero 1020, Envases PET, Aluminio Superficies de revolución: Papel, chapilla Lámina PVC
	Dimensiones del soporte físico	Dimensiones de las piezas que se extraigan del material. Perfiles tubulares: largo, diámetro exterior y diámetro interior Superficies de revolución: diámetro y largo del cuerpo más la cantidad de piezas o casquetes que la generan
		Se debe llevar registro tanto de los tamaños como de la cantidad de las piezas
	Calibre	Calibre de los soportes físicos utilizados
		Se debe llevar registro del calibre de las piezas
	Número de piezas	Cantidad de casquetes utilizados en las superficies de revolución.
		Se debe llevar registro del número de casquetes
	Patrón	En la intervención del soporte físico se debe tener en cuenta el patrón geométrico realizado en la ubicación, frecuencia y/o dirección de los cortes.
		Se debe llevar registro del patrón usado.
Aplicar esfuerzos	Cantidad de fuerza	Cantidad de fuerza con que se afecta la pieza
		Se debe llevar registro de la cantidad de fuerza utilizada
	Velocidad	Dependiendo del material se debe manejar una velocidad que no estropee la pieza al ejercer la compresión
		Se debe llevar registro de la velocidad usada al ejercer la compresión
COMENTARIOS:		
Previo al experimento se deben realizar las superficies de revolución y diseñar los patrones con que se cortarán las piezas, al igual que los respectivos cortes.		

MATERIALES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Latas de gaseosa	10	Sería interesante conseguir de diferentes tamaños como la de Coca-Cola pequeña o la de cerveza grande
Perfil tubular de sección circular Acero 1020	2 mt 3" o 4" Calibre 16 o 18	
Lámina PVC	1 lámina 200 x 150 cm Calibre 40	
Pega PCV 30ml	2 unidades	
Botellas PET	20	2 unidades de cada tamaño o familia de la misma gaseosa
Chapilla	3 láminas de 250 X 65 cm	Roble, nogal y okume.
Papel	1 lámina 100 x 70 cm bond 120 gr	
Bisturí	1	Bisturí caja metálica
Hojas de bisturí	10 unidades	
Marcador permanente punta fina	2 unidades	
Flexómetro	1 unidad	
Máquina de compresión	1 unidad	
Sacol	1 frasco 500ml	
Colbón madera	1 frasco 500ml	
Pegaloca	2 unidades	
Cronómetro	2 unidades	
Cámara fotográfica	1 unidad	
Cámara de video	1 unidad	
Calculadora	1 unidad	
Instrumentos de dibujo	1 kit	Lápiz, compás, regla, papel milimetrado, curvígrafo
Calibrador	1 unidad	
Gramera	1 unidad	

Compresión de cuerpos de material rígido					Experimento N°/ Clasificación	
Material susceptible a compresión					CC __/ __	
DESCRIPCIÓN:						
Fecha		Hora		Lugar		
Investigadores						
Soporte físico						
Peso				Altura		
Diámetro Exterior				Diámetro Interior		
Fuerza de compresión				Velocidad de compresión		
Forma y patrón del soporte físico						
Forma				Patrón		
Superficie tubular				A	B	
Registro de la experimentación						
Video						
Comentarios:						

Superficies fibrosas

La experimentación con superficies fibrosas busca explorar nuevas formas superficiales a partir de fibras de materiales termoplásticos sometidos a calor. Luego de estudiar las variables tenidas en cuenta por los investigadores (Ver Ilustración 28), se toma esta experimentación como referencia para ampliar el espectro experimental del proyecto.

Superficies fibrosas		
Fibras		
DESCRIPCIÓN:		
Crear una superficie a partir de la sobre posición de tiras dentadas simples y rectas.		
Preparar soporte físico	Tipo de soporte físico	Selección del soporte físico según sus propiedades termoplásticas. El material se debe poder comenzar a derretir con calor.
		Poliestireno Acrílico Polietileno Polipropileno PVC en lámina
	Tamaño	Dimensiones de las piezas que se extraen del material, teniendo en cuenta: Largo y ancho o diámetro
		Se pueden considerar tamaños desde los 5cms a los 20cms
	Cantidad	Se debe llevar registro de la cantidad de las dimensiones de los soportes físicos utilizados
		Cantidad de material utilizado en cada experimentación
Diseñar el contenedor	Forma	Se debe llevar registro con cada experimentación de la cantidad de material que se utiliza
		Inicialmente se trabajará sobre una superficie plana; siguiente a eso sobre una red realizada en hilo dentro de un marco cúbico. La superficie con deformaciones puede variar para obtener resultados variados.
	Tamaño	Dimensiones que debe tener la superficie o red para contener las fibras. 35 x 50cm
Aplicar esfuerzos	Material	El material debe ser resistente al calor
	Depositar las tiras	El soporte físico debe ser liberado aleatoriamente sobre una superficie específica.
		Distancia
	Se debe llevar registro con cada experimentación de la distancia desde la que se aplica cada soporte físico.	
	Someter al calor	Una vez agregado el soporte físico se calentará el material o la superficie hasta que se suelde o tome una forma adecuada.
	Temperatura	De acuerdo al material se realizarán las pruebas con varias temperaturas para permitir la soldada
Se debe llevar registro con cada experimentación de la		

		temperatura que se aplica a cada soporte físico.
	Tiempo	Dependiendo del tiempo de exposición al calor los resultados tendrán variaciones
		Se debe llevar registro con cada experimentación del tiempo de exposición del soporte físico.
COMENTARIOS:		
La investigación original no cuenta con una base sobre la cual se realiza la superficie, en el experimento descrito se propone con una estructura tridimensional que sirva de apoyo y que sugiera una forma a las fibras.		
Previo al experimento se deben tejer las redes con la hilaza.		

MATERIALES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Poliestireno	1 lámina 200 x 100 cm calibre 20	
Acrílico	1 lámina 200 x 100 cm 4mm	
Chapilla	30 láminas de 250 X65cm	Roble, nogal y okume.
PVC en lámina	1 lámina 200 x 100 cm 3mm	
Hilaza	1 cono	
Bisturí	2	Bisturí caja metálica
Hojas de bisturí	20 unidades	
Marco cúbico en tubería 35 x 50 x 50	3	
Lámina acero 1020 35 x 50	5	
Cierra circular	1	
Secador industrial	1	
Tijeras para jardinería	1	
Termocupla tipo K	2 unidades	Para más de 100 grados
Cronómetro	2 unidades	
Flexómetro	1 unidad	
Gramera	1 unidad	
Calibrador	1 unidad	
Cámara fotográfica	1 unidad	
Cámara de vídeo	1 unidad	

Cambios por humedad y temperatura

La experimentación de cambios por humedad y temperatura busca generar nuevas morfologías al aplicar cambios en el ambiente de los materiales. Luego de estudiar las variables tenidas en cuenta por los investigadores (Ver Ilustración 54 e Ilustración 55), se toma esta experimentación como referencia para ampliar el espectro experimental del proyecto.

Cambios por humedad y temperatura		
Chapilla Madera y láminas termoplásticas		
DESCRIPCIÓN:		
Transformación y generación de forma a través de la capacidad de los materiales de transformarse a partir de cambios de humedad o de temperatura.		
Preparar el soporte físico	Tipo de Soporte físico	Selección del soporte físico según sus propiedades de cambio de su configuración formal frente a la humedad y/o el calor
		Chapilla Acetato Poliestireno
		Se debe tener en cuenta que el calibre del material influenciará el resultado
Intervenir el Soporte físico	Forma del soporte físico	Forma geométrica que poseen las piezas, no necesariamente tienen que ser regulares
		Se debe llevar registro con cada experimentación de la forma dada al soporte físico
	Tamaño del soporte físico	Dimensiones de las piezas que se extraen del material
		Se debe llevar registro con cada experimentación de la dimensión del soporte físico
	Patrón del soporte físico	Patrón en que se unirán las piezas cortadas
	Ángulo del corte	Ángulos en los que se realizan los cortes en la chapillas según sus fibras
		Se debe llevar registro con cada experimentación de ángulo en que se corta a chapilla con respecto a las fibras
	Patrón	Patrón que sigue la unión del soporte físico en la red
		Se debe llevar registro con cada experimentación del patrón que sigue la red
Diseñar el contenedor	Densidad de la red	Cantidad de piezas por metro ²
		Se debe llevar registro con cada experimentación de la cantidad de piezas utilizadas de soporte físico
	Tamaño de la red	La red se configurará de máximo 50 x 70 cm
Diseñar el contenedor	Material	El material del contenedor debe resistir a la humedad y al calor
	Tamaño	Se trabajará en un formato interior de 50 x 70 x 50 cm
	Forma	El contenedor consta de una tapa traslúcida y una base desmontable (superficie plana y superficie de doble curvatura)

Aplicar esfuerzos	Humedad	Nivel de humedad del aire que será aplicado sobre la estructura.
		Se debe llevar registro con cada experimentación del nivel de humedad generado dentro del contenedor
	Temperatura	La temperatura tanto del ambiente como del agua con que se humedece la pieza
		Temperatura de la fuente de calor con la que será intervenido el polímero
		Se debe llevar registro con cada experimentación de la temperatura tanto ambiental como la que se aplica al soporte físico
	Distancia	Distancia desde la cual se aplica la humedad y/o el calor
		Se pueden generar distintas variaciones en el resultando dependiendo de la distancia que se tome para aplicar la humedad
		Se debe llevar registro con cada experimentación de distancia desde la cual se aplica la humedad y/o calor
	Velocidad	Velocidad de aplicación de la humedad y/o calor
		Se pueden generar distintas variaciones en el resultado dependiendo de la velocidad con la que se aplique la humedad
		Se debe llevar registro con cada experimentación de la velocidad con que se aplica la humedad y/o calor

COMENTARIOS:
La chapilla tiene la capacidad de revertir los cambios con mucha rapidez, por lo tanto los cambios de morfología deben ser registrados mediante video o fotografía.
Previo al experimento se deben tener los contenedores sobre los cuales se aplicarán los soportes físicos.

MATERIALES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Poliestireno	1 lámina 200 x 100 cm Calibre 20 1 lámina 200 x 100 cm Calibre 80 1 lámina 200 x 100 cm Calibre 60	Cristal calibre 80 para el contenedor y blanco calibre 60 para la superficie de soporte.
Acetato de vinilo	1 láminas de 150 x 200 cm Calibre 10 1 láminas de 150 x 200 cm Calibre 15 1 láminas de 150 x 200 cm Calibre 20	
Acrílico	1 lámina 200 x 100 cm 1.5 mm	
PVC en lámina	1 lámina 3mm	
Chapilla	3 láminas de 250 X65cm	
Malla metálica de gallinero	200 x 100 cm	Para la superficie de soporte

Manguera PVC cristal	4 mt diámetro ½"	Para conducir el vapor desde la olla hacia el contenedor
Yeso	1 bolsa	Para la superficie de soporte
Bisturí	1	Bisturí caja metálica
Hojas de bisturí	10 unidades	
Marcador permanente punta fina	2 unidades	
Regla metálica	1 unidad	
Flexómetro	1 unidad	
Sacol	1 frasco 500ml	
Pega loca	3 unidades	Par adherir el acetato
Silicona líquida	1 tubo	Para sellar el contenedor
Jeringa	5 unidades	De 5ml
Colbón	1 frasco 500ml	
Cierra circular	1	
Secador industrial	1	
Tijeras para jardinería	1	
Taza de medir	1 unidad	Medir la cantidad de agua a calentar
Cloruro de Metileno	1 botella	
Contenedor 35x50x50	2 unidades	tapa acrílica y base curvada metálica
Termocupla tipo K	2 unidades	
Cronometro	1 unidad	Documentar el tiempo de exposición
Higrómetro	2 unidades	
Cámara fotográfica	1 unidad	
Cámara de video	1 unidad	
Resinas de poliéster	1 Galón	Básica, con catalizador y acelerante aparte
Palitos de paleta	Una docena	
Recipientes plásticos	Una docena	
Thiner	Una media	
Estopa	1 paquete	
Olla aluminio	1 unidad	Para vaporizar el agua.
Estufa	1 unidad	Para calentar el agua y generar el vapor
Taladro	1 unidad	
Secador industrial	1 unidad	Para calentar el acetato

DESARROLLO DE LA EXPERIMENTACIÓN

Solidificación de sustancias

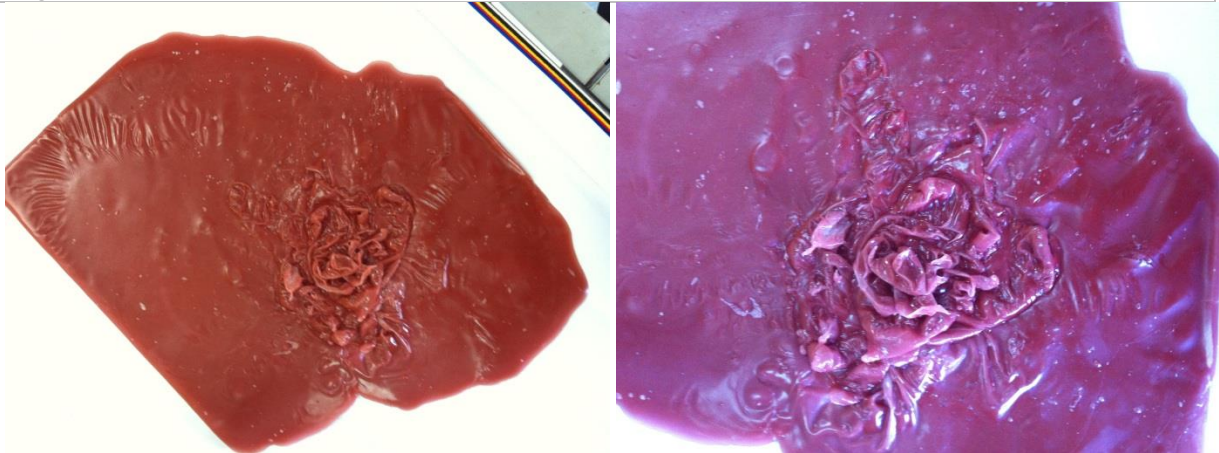
Las experimentaciones comenzaron con solidificación de sustancias, que consistió en verter la parafina líquida sobre un fluido a menor temperatura, de manera que las formas obtenidas al caer se solidificaran con el choque térmico.

Para el desarrollo de estos experimentos se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

1. Cantidad de parafina, que al principio fue de 500 gr y varió entre 100 gr y 200 gr. Para las experimentaciones con marco se usaron siempre 300 gr.
2. Temperatura de la parafina (soporte físico) en un principio se vertió la parafina a una temperatura alta entre los 85 y 95 grados Centígrados y debido a que los resultados obtenidos no eran los esperados se decidió bajar la temperatura para que al momento de verterla estuviera entre 60 y 75 grados Centígrados.
3. El vertimiento, que se realizó de forma libre (la parafina directamente al agua) y en recipientes, introduciendo éstos en el agua.
4. Moviendo la parafina en zigzag, en círculos, de forma lineal o vertiéndola desde un punto fijo.
5. Temperatura del fluido receptor (agua) se mantuvo entre los 11 y 16.5 grados Centígrados para facilitar la solidificación de la parafina.
6. La distancia de vertimiento varió para obtener resultados más versátiles.

La cantidad de parafina, su temperatura, y la temperatura del fluido receptor se cambiaron debido a que a medida que los experimentos avanzaban se hizo evidente que había que hacer algunos ajustes para obtener resultados más versátiles.

Con esta experimentación se pudo observar la complejidad de formas que se pueden obtener además de lo fácil que es generarlas.

Solidificación de sustancias					Experimento N°/ Clasificación	
Polímeros fundidos					SS 1/13	
DESCRIPCIÓN:						
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.						
Fecha	Nov 26 2012	Hora	3:00pm	Lugar	UPB Aula 141	
Investigadores	Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Laura Mesa Pulgarín Natalia Trujillo Garcés					
Soporte físico	Parafina					
Volumen	500gr	Peso forma				
Temperatura °C	91.8 °C	Distancia de vertimiento	60cm			
Velocidad de inmersión	2,6cm/s	Tiempo de inmersión	4,15min			
Fluido receptor	Agua					
°C fluido receptor	21°	ML fluido receptor	400 ml			
Forma de vertimiento del soporte físico						
	Libre	X	Forma		Marco	
Con movimiento del soporte físico			Sin movimiento del soporte físico			X
Radial	Lineal		Zigzag		Ondulatorio	
Forma de contenedor			Esférico		Cilíndrico	
Estado del fluido receptor						
Con movimiento del fluido receptor			Sin movimiento del fluido receptor			X
Movimiento circular						
Registro de la experimentación						
						
Vídeo	MOV 305					
Comentarios:						
Gran cantidad de parafina no sufrió cambios con la experimentación, se expandió a lo largo de la superficie del fluido receptor (agua).						
Próxima experimentación: menor cantidad de soporte físico (Parafina).						

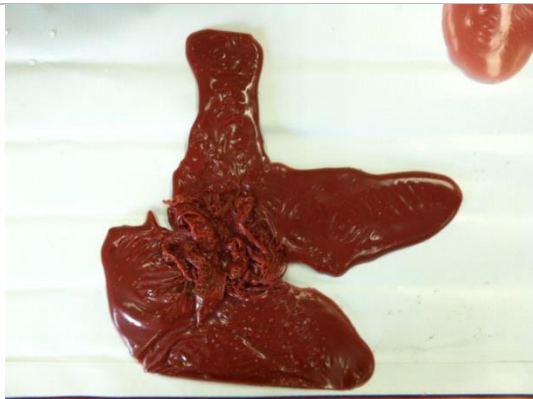
SS 1.2/13

Solidificación de sustancias					Experimento N°/ Clasificación	
Polímeros fundidos					SS 1.2/13	
DESCRIPCIÓN:						
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.						
Fecha	Nov 26 2012	Hora	3:40pm	Lugar	UPB Aula 141	
Investigadores	Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Laura Mesa Pulgarín Natalia Trujillo Garcés					
Soporte físico	Parafina					
Volumen	300gr	Peso forma				
Temperatura °C	91.8 °C	Distancia de vertimiento	60cm			
Velocidad de inmersión	2,6cm/s	Tiempo de inmersión	4,15min			
Fluido receptor	Agua					
°C fluido receptor	22.8°	ML fluido receptor	400 ml			
Forma de vertimiento del soporte físico						
	Libre	X	Forma		Marco	
Con movimiento del soporte físico			Sin movimiento del soporte físico	X		
Radial	Lineal		Zigzag		Ondulatorio	
Forma de contenedor			Esférico		Cilíndrico	
Estado del fluido receptor						
Con movimiento del fluido receptor			Sin movimiento del fluido receptor	X		
Movimiento circular						
Registro de la experimentación						
						
Video		MOV 306				
Comentarios:						
El porcentaje de soporte físico (Parafina) que sufre cambios es similar al anterior y no ocupa un espacio tridimensional significativo. Próxima experimentación: menor distancia de vertimiento.						

SS 1.3/13

Solidificación de sustancias					Experimento N°/ Clasificación	
Polímeros fundidos					SS 1.3/13	
DESCRIPCIÓN:						
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.						
Fecha	Nov 26 2012	Hora	4:00pm	Lugar	UPB Aula 141	
Investigadores	Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Laura Mesa Pulgarín Natalia Trujillo Garcés					
Soporte físico	Parafina					
Volumen	300gr	Peso forma				
Temperatura °C	88.6 °C	Distancia de vertimiento	40cm			
Velocidad de inmersión	9,64cm/s	Tiempo de inmersión	4,15min			
Fluido receptor	Agua					
°C fluido receptor	23°	ML fluido receptor	400 ml			
Forma de vertimiento del soporte físico						
	Libre	X	Forma		Marco	
Con movimiento del soporte físico			Sin movimiento del soporte físico	X		
Radial	Lineal		Zigzag		Ondulatorio	
Forma de contenedor			Esférico		Cilíndrico	
Estado del fluido receptor						
Con movimiento del fluido receptor			Sin movimiento del fluido receptor	X		
Movimiento circular						
Registro de la experimentación						
						
Video	MOV 307					
Comentarios:						
Resultados similares a las experimentación anteriores. Próxima experimentación: menor temperatura del fluido receptor (Agua).						

SS 1.4/13

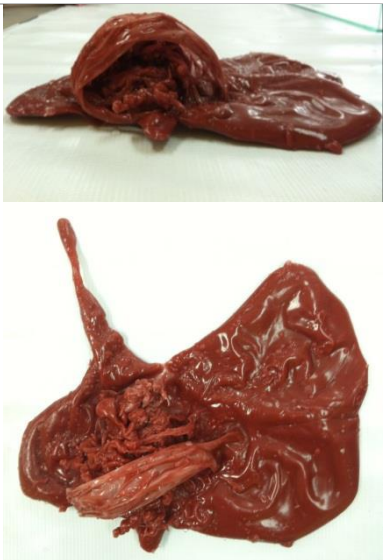
Solidificación de sustancias					Experimento N°/ Clasificación	
Polímeros fundidos					SS 1.4/13	
DESCRIPCIÓN:						
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.						
Fecha	Nov 26 2012	Hora	4:30pm	Lugar	UPB Aula 141	
Investigadores	Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Laura Mesa Pulgarín Natalia Trujillo Garcés					
Soporte físico	Parafina					
Volumen	300gr	Peso forma				
Temperatura °C	86.1 °C	Distancia de vertimiento	60cm			
Velocidad de inmersión	5.86cm/s	Tiempo de inmersión	4,15min			
Fluido receptor	Agua					
°C fluido receptor	13.5°	ML fluido receptor	400 ml			
Forma de vertimiento del soporte físico						
	Libre	X	Forma		Marco	
Con movimiento del soporte físico			Sin movimiento del soporte físico	X		
Radial	Lineal		Zigzag		Ondulatorio	
Forma de contenedor			Esférico		Cilíndrico	
Estado del fluido receptor						
Con movimiento del fluido receptor			Sin movimiento del fluido receptor	X		
Movimiento circular						
Registro de la experimentación						
NO HAY REGISTRO						
Video	NO HAY REGISTRO					
Comentarios:						
La experimentación arrojó una forma mas intrincada aunque los cambios siguen sin ocupar un espacio tridimensional significativo.						
Próxima experimentación: menor cantidad de soporte físico (Parafina).						

SS 1.5/13

Solidificación de sustancias					Experimento N°/ Clasificación	
Polímeros fundidos					SS 1.5/13	
DESCRIPCIÓN:						
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.						
Fecha	Nov 26 2012	Hora	4:47pm	Lugar	UPB Aula 141	
Investigadores	Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Laura Mesa Pulgarín Natalia Trujillo Garcés					
Soporte físico	Parafina					
Volumen	100gr	Peso forma				
Temperatura °C	83.9 °C	Distancia de vertimiento	60cm			
Velocidad de inmersión	7.94cm/s	Tiempo de inmersión	4,15min			
Fluido receptor	Agua					
°C fluido receptor	14.1°	ML fluido receptor	300 ml			
Forma de vertimiento del soporte físico						
	Libre	X	Forma		Marco	
Con movimiento del soporte físico			Sin movimiento del soporte físico	X		
Radial	Lineal		Zigzag		Ondulatorio	
Forma de contenedor			Esférico		Cilíndrico	
Estado del fluido receptor						
Con movimiento del fluido receptor			Sin movimiento del fluido receptor	X		
Movimiento circular						
Registro de la experimentación						
						
Video	MOV 308					
Comentarios:						
Nuevamente una forma mas intrincada, el porcentaje de parafina que sufre cambios es significativo en comparación con la totalidad.						
Próxima experimentación: mayor cantidad de soporte físico (Parafina) y mayor velocidad de inmersión.						

Basados en la cantidad de parafina que se expandía en la superficie sin tomar ninguna forma, se decidió hacer una con menos gramos de parafina, dando como resultado una forma con menos parafina esparcida en la superficie.

SS 1.6/13

Solidificación de sustancias				Experimento N°/ Clasificación	
Polímeros fundidos				SS 1.6/13	
DESCRIPCIÓN:					
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.					
Fecha	Nov 28 2012	Hora	2:35pm	Lugar	UPB Aula 141
Investigadores	Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés				
Soporte físico	Parafina				
Volumen	200gr	Peso forma			
Temperatura °C	74.4 °C	Distancia de vertimiento	60cm		
Velocidad de inmersión	8.86cm/s	Tiempo de inmersión	4min		
Fluido receptor	Agua				
°C fluido receptor	14.2°	ML fluido receptor	400 ml		
Forma de vertimiento del soporte físico					
	Libre	X	Forma	Marco	
Con movimiento del soporte físico			Sin movimiento del soporte físico	X	
Radial	Lineal		Zigzag	Ondulatorio	
Forma de contenedor			Esférico	Cilíndrico	
Estado del fluido receptor					
Con movimiento del fluido receptor			Sin movimiento del fluido receptor	X	
Movimiento circular					
Registro de la experimentación					
					

Video	MOV 314
Comentarios:	
La velocidad permite que el soporte físico (Parafina) se sumerja a una distancia mayor de la superficie en el fluido receptor (Agua) y se solidifique mas rápidamente, logrando unos resultados más ricos formalmente.	
Próxima experimentación: movimiento del soporte físico.	

SS 1.7/13

Solidificación de sustancias					Experimento N°/ Clasificación	
Polímeros fundidos					SS 1.7/13	
DESCRIPCIÓN:						
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.						
Fecha	Nov 28 2012	Hora	2:45pm	Lugar	UPB Aula 141	
Investigadores		Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés				
Soporte físico		Parafina				
Volumen		100gr	Peso forma			
Temperatura °C		74.4 ° C	Distancia de vertimiento		60cm	
Velocidad de inmersión		N/Acm/s	Tiempo de inmersión		4.15min	
Fluido receptor		Agua				
°C fluido receptor		14.7°	ML fluido receptor		300 ml	
Forma de vertimiento del soporte físico						
		Libre	X	Forma	Marco	
Con movimiento del soporte físico			X	Sin movimiento del soporte físico		
Radial		Lineal		Zigzag	X	Ondulatorio
Forma de contenedor				Esférico	Cilíndrico	
Estado del fluido receptor						
Con movimiento del fluido receptor				Sin movimiento del fluido receptor		X
Movimiento circular						
Registro de la experimentación						

			
Video	MOV 315		
Comentarios:			
El movimiento en zigzag creó una pieza tridimensionalmente significativa; por otro lado es una pieza frágil por el área que ocupa el soporte físico (Parafina).			
Próxima experimentación: no se aumentara la cantidad de soporte físico (Parafina) ya que los resultados posiblemente pierdan riqueza formal.			

SS 1.8/13

Solidificación de sustancias					Experimento N°/Clasificación	
Polímeros fundidos					SS 1.8/13	
DESCRIPCIÓN:						
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.						
Fecha	Nov 28 2012	Hora	3:28pm	Lugar	UPB Aula 141	
Investigadores		Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés				
Soporte físico		Parafina				
Volumen		200gr	Peso forma			
Temperatura °C		65° C	Distancia de vertimiento		60cm	
Velocidad de inmersión		5.73cm/s	Tiempo de inmersión		4.15min	
Fluido receptor		Agua				
°C fluido receptor		13,8°	ML fluido receptor		400 ml	
Forma de vertimiento del soporte físico						
		Libre	X	Forma		Marco
Con movimiento del soporte físico			X	Sin movimiento del soporte físico		
Radial	X	Lineal		Zigzag		Ondulatorio
Forma de contenedor				Esférico		Cilíndrico
Estado del fluido receptor						

Con movimiento del fluido receptor		Sin movimiento del fluido receptor	X
Movimiento circular			
Registro de la experimentación			
			
Video	MOV 316		
Comentarios:			
El movimiento radial creó otra pieza tridimensionalmente significativa; aunque esta vez fue una pieza mucho más frágil debido al área que ocupa el soporte físico (Parafina) por lo que se fragmentó al retirarse del fluido receptor (Agua).			
Próxima experimentación: Repetición de una experimentación anterior. Sin movimiento y mayor velocidad de vertimiento del soporte físico.			

SS 1.9/13

Solidificación de sustancias					Experimento N°/ Clasificación	
Polímeros fundidos					SS 1.9/13	
DESCRIPCIÓN:						
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.						
Fecha	Nov 28 2012	Hora	3:35pm	Lugar	UPB Aula 141	
Investigadores		Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés				
Soporte físico		Parafina				
Volumen		200gr	Peso forma			
Temperatura °C		63.2° C	Distancia de vertimiento		60cm	
Velocidad de inmersión		8.68cm/s	Tiempo de inmersión		4.15min	
Fluido receptor		Agua				
°C fluido receptor		14.4°	ML fluido receptor		300 ml	
Forma de vertimiento del soporte físico						
		Libre	X	Forma		Marco
Con movimiento del soporte físico				Sin movimiento del soporte físico		
Radial	X	Lineal		Zigzag		Ondulatorio

Forma de contenedor		Esférico		Cilíndrico	
Estado del fluido receptor					
Con movimiento del fluido receptor		Sin movimiento del fluido receptor		X	
Movimiento circular					
Registro de la experimentación					
					
Video		MOV 317			
Comentarios:					
Nuevamente la velocidad permite que el soporte físico (Parafina) se sumerja a una distancia mayor de la superficie en el fluido receptor (Agua) y se solidifique más rápidamente, logrando unos resultados más ricos formalmente.					
Próxima experimentación: continuación de movimiento del soporte físico.					

SS 1.10/13

Solidificación de sustancias					Experimento N°/ Clasificación	
Polímeros fundidos					SS 1.10/13	
DESCRIPCIÓN:						
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.						
Fecha	Nov 28 2012	Hora	3:40pm	Lugar	UPB Aula 141	
Investigadores		Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés				
Soporte físico		Parafina				
Volumen		200gr		Peso forma		
Temperatura °C		63.2° C		Distancia de vertimiento		60cm
Velocidad de inmersión		8.71cm/s		Tiempo de inmersión		4.15min
Fluido receptor		Agua				
°C fluido receptor		14.5°		ML fluido receptor		300 ml
Forma de vertimiento del soporte físico						
	Libre	X	Forma		Marco	

Con movimiento del soporte físico			Sin movimiento del soporte físico	X
Radial		Lineal	X	
Forma de contenedor			Esférico	Cilíndrico
Estado del fluido receptor				
Con movimiento del fluido receptor			Sin movimiento del fluido receptor	X
Movimiento circular				
Registro de la experimentación				
				
Video	MOV 318			
Comentarios:				
El movimiento radial creó otra pieza tridimensionalmente significativa; aunque esta vez fue una pieza mucho más frágil debido al área que ocupa el soporte físico (Parafina) por lo que se fragmentó al retirarse del fluido receptor (Agua).				
Próxima experimentación: vertimiento con marco.				

SS 2/13

Forma de vertimiento del soporte físico						
	Libre	X	Forma		Marco	X
Con movimiento del soporte físico			Sin movimiento del soporte físico			
Radial		Lineal	Zigzag		Ondulatorio	
Forma de contenedor			Esférico	X	Cilíndrico	
Estado del fluido receptor						
Con movimiento del fluido receptor			Sin movimiento del fluido receptor		X	
Movimiento circular						
Registro de la experimentación						
						
Video		MOV 319				
Comentarios:						
El sumergir el soporte físico en vez de verterlo genera unos resultados formales completamente diferentes; bloques que van desde el marco hasta la superficie por medio de extensiones o puntas. Desafortunadamente estas extensiones quedan muy débiles y se quiebran. Próxima experimentación: mayor cantidad de soporte físico.						

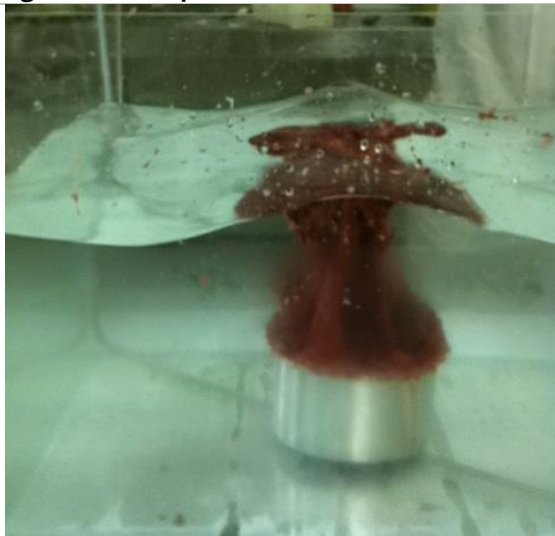
SS 3/13

Solidificación de sustancias					Experimento N°/ Clasificación	
Polímeros fundidos					SS 3/13	
DESCRIPCIÓN:						
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.						
Fecha	Nov 28 2012	Hora	3:50pm	Lugar	UPB Aula 141	
Investigadores		Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés				
Soporte físico		Parafina				
Volumen		300gr	Peso forma			
Temperatura °C		64.5° C	Distancia de vertimiento		N/Acm	
Velocidad de inmersión		N/Acm/s	Tiempo de inmersión		4.15min	
Fluido receptor		Agua				

°C fluido receptor		16.6°		ML fluido receptor		400 ml											
Forma de vertimiento del soporte físico																	
		Libre				Forma		Marco		X							
Con movimiento del soporte físico								Sin movimiento del soporte físico				X					
Radial				Lineal				Zigzag				Ondulatorio					
Forma de contenedor								Esférico						Cilíndrico		X	
Estado del fluido receptor																	
Con movimiento del fluido receptor								Sin movimiento del fluido receptor				X					
Movimiento circular																	
Registro de la experimentación																	
NO HAY REGISTRO																	
Video		MOV 320															
Comentarios:																	
Resultado de bloques porosos que van desde el marco hasta la superficie por medio de extensiones o puntas igualmente débiles aunque ya compactas o más resistentes. Próxima experimentación: mayor cantidad de soporte físico.																	

SS 4/13

Solidificación de sustancias					Experimento N°/ Clasificación
Polímeros fundidos					SS 4/13
DESCRIPCIÓN:					
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.					
Fecha	Nov 28 2012	Hora	4:00pm	Lugar	UPB Aula 141
Investigadores		Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés			
Soporte físico		Parafina			
Volumen		500gr	Peso forma		
Temperatura °C		57.9° C	Distancia de vertimiento		N/Acm
Velocidad de inmersión		N/Acm/s	Tiempo de inmersión		4.15min

Fluido receptor		Agua			
°C fluido receptor		15.1°	ML fluido receptor		300 ml
Forma de vertimiento del soporte físico					
Libre		Forma		Marco	X
Con movimiento del soporte físico		Sin movimiento del soporte físico		X	
Radial	Lineal	Zigzag		Ondulatorio	
Forma de contenedor		Esférico		Cilíndrico	X
Estado del fluido receptor					
Con movimiento del fluido receptor		Sin movimiento del fluido receptor		X	
Movimiento circular					
Registro de la experimentación					
					
Video	MOV 321				
Comentarios:					
Resultado de bloque poroso más compacto con unas extensiones más resistentes. Próxima experimentación: movimiento del fluido receptor.					

SS 5/13

Solidificación de sustancias					Experimento N°/ Clasificación	
Polímeros fundidos					SS 5/13	
DESCRIPCIÓN:						
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.						
Fecha	Nov 29 2012	Hora	9:00am	Lugar	UPB Aula 141	
Investigadores		Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés				
Soporte físico		Parafina				
Volumen		300gr		Peso forma		
Temperatura °C		67.8° C		Distancia de vertimiento		N/Acm
Velocidad de inmersión		N/Acm/s		Tiempo de inmersión		4.15min

Fluido receptor	Agua		
°C fluido receptor	16.4°	ML fluido receptor	300 ml
Forma de vertimiento del soporte físico			
	Libre	X	Marco
Con movimiento del soporte físico		Sin movimiento del soporte físico	X
Radial	Lineal	Zigzag	Ondulatorio
Forma de contenedor		Esférico	Cilíndrico
Estado del fluido receptor			
Con movimiento del fluido receptor	X	Sin movimiento del fluido receptor	
Movimiento circular	X		
Registro de la experimentación			
			
Video	MOV 330		
Comentarios:			
Se creó un vórtice en el fluido receptor con ayuda de un taladro y una hélice y así se generó un movimiento circular. El verter el soporte físico hace que el resultado sea un bloque alargado. Próxima experimentación: repetición.			

SS 6/13

Solidificación de sustancias				Experimento N°/ Clasificación	
Polímeros fundidos				SS 6/13	
DESCRIPCIÓN:					
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.					
Fecha	Nov 29 2012	Hora	9:10am	Lugar	UPB Aula 141
Investigadores	Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés				
Soporte físico	Parafina				
Volumen	300gr	Peso forma			
Temperatura °C	73.0° C	Distancia de vertimiento	N/Acm		

Velocidad de inmersión	N/Acm/s		Tiempo de inmersión	5min	
Fluido receptor	Agua				
°C fluido receptor	16.8°		ML fluido receptor	300 ml	
Forma de vertimiento del soporte físico					
	Libre	X	Forma		Marco
Con movimiento del soporte físico			Sin movimiento del soporte físico		X
Radial		Lineal		Zigzag	Ondulatorio
Forma de contenedor			Esférico		Cilíndrico
Estado del fluido receptor					
Con movimiento del fluido receptor		X	Sin movimiento del fluido receptor		
Movimiento circular	X				
Registro de la experimentación					
					
Video	MOV 331				
Comentarios:					
El resultado fue nuevamente un bloque con un crecimiento unidireccional creado por extensiones que forman líneas curvas.					
Próxima experimentación: repetición de sumergir el soporte físico con el marco esférico sin movimiento del fluido receptor y con mayor cantidad del soporte físico.					

SS 7/13

Solidificación de sustancias					Experimento N°/ Clasificación	
Polímeros fundidos					SS 7/13	
DESCRIPCIÓN:						
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.						
Fecha	Dic 03 2012	Hora	1:10pm	Lugar	UPB Aula 141	
Investigadores		Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Susana Montoya Laura Mesa Pulgarín				
Soporte físico		Parafina				
Volumen		300gr		Peso forma		

Temperatura °C	61.0° C	Distancia de vertimiento	N/Acm
Velocidad de inmersión	N/Acm/s	Tiempo de inmersión	5min
Fluido receptor	Agua		
°C fluido receptor	13.9°	ML fluido receptor	300 ml
Forma de vertimiento del soporte físico			
	Libre	Forma	X
Con movimiento del soporte físico		Sin movimiento del soporte físico	X
Radial	Lineal	Zigzag	Ondulatorio
Forma de contenedor		Esférico	X
		Cilíndrico	
Estado del fluido receptor			
Con movimiento del fluido receptor		Sin movimiento del fluido receptor	X
Movimiento circular			
Registro de la experimentación			
NO HAY REGISTRO			
Video	NO HAY REGISTRO		
Comentarios:			
Resultado de un bloque poroso más compacto con unas extensiones más resistentes formadas por medio de capas.			
Próxima experimentación: repetición.			

SS 8/13

Solidificación de sustancias					Experimento N°/ Clasificación SS 8/13
Polímeros fundidos					
DESCRIPCIÓN:					
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.					
Fecha	Dic 03 2012	Hora	1:40pm	Lugar	UPB Aula 141
Investigadores		Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Susana Montoya Laura Mesa Pulgarín			
Soporte físico		Parafina			

Volumen	300gr	Peso forma	
Temperatura °C	59.8° C	Distancia de vertimiento	N/Acm
Velocidad de inmersión	N/Acm/s	Tiempo de inmersión	5min
Fluido receptor	Agua		
°C fluido receptor	15.4°	ML fluido receptor	300 ml
Forma de vertimiento del soporte físico			
	Libre	Forma	X
Con movimiento del soporte físico		Sin movimiento del soporte físico	X
Radial	Lineal	Zigzag	Ondulatorio
Forma de contenedor		Esférico	X
		Cilíndrico	
Estado del fluido receptor			
Con movimiento del fluido receptor		Sin movimiento del fluido receptor	X
Movimiento circular			
Registro de la experimentación			
NO HAY REGISTRO			
Video	NO HAY REGISTRO		
Comentarios:			
Nuevamente resultado de un bloque poroso compacto con unas extensiones más resistentes formadas por medio de capas. El resultado presenta un vacío al interior, generado al ingresar el agua por el vacío creado al sumergir el molde. Próxima experimentación: movimiento del fluido receptor.			

SS 9/13

Solidificación de sustancias					Experimento N°/ Clasificación
Polímeros fundidos					SS 9/13
DESCRIPCIÓN:					
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.					
Fecha	Dic 04 2012	Hora	9:40am	Lugar	UPB Aula 141
Investigadores		Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Natalia Trujillo Garcés			

		Susana Montoya Vega			
Soporte físico		Parafina			
Volumen		300gr	Peso forma		
Temperatura °C		63.7° C	Distancia de vertimiento		N/Acm
Velocidad de inmersión		N/Acm/s	Tiempo de inmersión		5min
Fluido receptor		Agua			
°C fluido receptor		14.9°	ML fluido receptor		300 ml
Forma de vertimiento del soporte físico					
		Libre		Forma	X
Con movimiento del soporte físico			Sin movimiento del soporte físico		X
Radial		Lineal		Zigzag	Ondulatorio
Forma de contenedor			Esférico	X	Cilíndrico
Estado del fluido receptor					
Con movimiento del fluido receptor		X	Sin movimiento del fluido receptor		
Movimiento circular		X			
Registro de la experimentación					
					
Video		NO HAY REGISTRO			
Comentarios:					
El resultado son nuevamente bloques porosos con un vacío al interior y unas extensiones que ya no son lineales o verticales sino que suben hasta la superficie en línea curva generando un espiral o resorte. Próxima experimentación: repetición.					

SS 10/13

Solidificación de sustancias				Experimento N°/ Clasificación	
Polímeros fundidos				SS 10/13	
DESCRIPCIÓN:					
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.					
Fecha	Dic 04 2012	Hora	10:10am	Lugar	UPB Aula 141
Investigadores		Miguel Vélez Marín Juan José Londoño			

	Natalia Trujillo Garcés Susana Montoya Vega				
Soporte físico	Parafina				
Volumen	300gr	Peso forma			
Temperatura °C	63,5° C	Distancia de vertimiento	N/Acm		
Velocidad de inmersión	N/Acm/s	Tiempo de inmersión	5min		
Fluido receptor	Agua				
°C fluido receptor	15.8°	ML fluido receptor	300 ml		
Forma de vertimiento del soporte físico					
	Libre		Forma	X	Marco
Con movimiento del soporte físico			Sin movimiento del soporte físico	X	
Radial	Lineal		Zigzag		Ondulatorio
Forma de contenedor			Esférico		Cilíndrico
Estado del fluido receptor					
Con movimiento del fluido receptor	X	Sin movimiento del fluido receptor			
Movimiento circular	X				
Registro de la experimentación					
		NO HAY REGISTRO SE DESTRUYÓ AL DESMOLDAR			
Video	NO HAY REGISTRO				
Comentarios:					
Resultado formal similar. Próxima experimentación: movimiento del fluido receptor en marco cilíndrico.					

SS 11/13

Solidificación de sustancias				Experimento N°/ Clasificación	
Polímeros fundidos				SS 11/13	
DESCRIPCIÓN:					
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.					
Fecha	Dic 04 2012	Hora	10:40am	Lugar	UPB Aula 141
Investigadores	Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Natalia Trujillo Garcés Susana Montoya Vega				
Soporte físico	Parafina				

Volumen	300gr	Peso forma	
Temperatura °C	60.7° C	Distancia de vertimiento	N/Acm
Velocidad de inmersión	N/Acm/s	Tiempo de inmersión	5min
Fluido receptor	Agua		
°C fluido receptor	11.0°	ML fluido receptor	300 ml
Forma de vertimiento del soporte físico			
	Libre	Forma	X
Con movimiento del soporte físico		Sin movimiento del soporte físico	X
Radial	Lineal	Zigzag	Ondulatorio
Forma de contenedor		Esférico	X
		Cilíndrico	
Estado del fluido receptor			
Con movimiento del fluido receptor	X	Sin movimiento del fluido receptor	
Movimiento circular	X		
Registro de la experimentación			
			
Vídeo	NO HAY REGISTRO		
Comentarios:			
Resultado formal similar.			
Próxima experimentación: repetición.			

SS 12/13

Solidificación de sustancias				Experimento N°/ Clasificación	
Polímeros fundidos				SS 12/13	
DESCRIPCIÓN:					
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.					
Fecha	Dic 04 2012	Hora	11:10am	Lugar	UPB Aula 141
Investigadores		Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Natalia Trujillo Garcés			

	Susana Montoya Vega				
Soporte físico	Parafina				
Volumen	300gr	Peso forma			
Temperatura °C	61.8° C	Distancia de vertimiento	N/Acm		
Velocidad de inmersión	N/Acm/s	Tiempo de inmersión	5min		
Fluido receptor	Agua				
°C fluido receptor	11.4°	ML fluido receptor	300 ml		
Forma de vertimiento del soporte físico					
	Libre		Forma	X	Marco
Con movimiento del soporte físico			Sin movimiento del soporte físico	X	
Radial	Lineal		Zigzag		Ondulatorio
Forma de contenedor			Esférico	X	Cilíndrico
Estado del fluido receptor					
Con movimiento del fluido receptor	X	Sin movimiento del fluido receptor			
Movimiento circular	X				
Registro de la experimentación					
					
Video	NO HAY REGISTRO				
Comentarios:					
Resultado formal similar. Próxima experimentación: repetición.					

SS 13/13

Solidificación de sustancias					Experimento N°/ Clasificación	
Polímeros fundidos					SS 13/13	
DESCRIPCIÓN:						
Transformación y generación de la forma a través de la solidificación de parafina en un medio líquido.						
Fecha	Dic 04 2012	Hora	11:40am	Lugar	UPB Aula 141	
Investigadores	Miguel Vélez Marín Juan José Londoño Natalia Trujillo Garcés Susana Montoya Vega					
Soporte físico	Parafina					
Volumen	300gr	Peso forma				
Temperatura °C	61.8° C	Distancia de vertimiento	N/Acm			
Velocidad de inmersión	N/Acm/s	Tiempo de inmersión	5min			
Fluido receptor	Agua					
°C fluido receptor	13.5°	ML fluido receptor	300 ml			
Forma de vertimiento del soporte físico						
	Libre		Forma	X	Marco	
Con movimiento del soporte físico			Sin movimiento del soporte físico			X
Radial	Lineal		Zigzag		Ondulatorio	
Forma de contenedor			Esférico	X	Cilíndrico	
Estado del fluido receptor						
Con movimiento del fluido receptor	X	Sin movimiento del fluido receptor				
Movimiento circular	X					
Registro de la experimentación						
						
Video	NO HAY REGISTRO					
Comentarios:						
Resultado formal similar.						

Compresión de cuerpos de material rígido

La segunda experimentación fue ensayos de compresión, la cual consistió en someter botellas, latas, tubos de polipropileno y tubos de acero 1020 a esfuerzos de compresión para observar las deformaciones que se generan.

Para obtener resultados variados se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

1. El material a comprimir: latas de aluminio, botellas PET, tubos de polipropileno y tubos de acero 1020.
2. Patrones de corte: se realizaron cortes en los tubos, latas y botellas para alterar los resultados obtenidos con la compresión. Igualmente se comprimieron piezas sin patrón o corte alguno.
3. Tamaño de los tubos: se usaron tubos de 20 y 30 cm de longitud
4. Velocidad de compresión: se hicieron ensayos con 3 velocidades 10, 20 y 30 mm por minuto.

El resultado del ensayo de compresión fue una variedad de formas que varían dependiendo del material, la velocidad de compresión y los patrones aplicados. En el caso de las botellas y los tubos de polipropileno los patrones de corte afectaron los resultados, debido a que las propiedades elásticas del material le permiten volver a su forma original después de la compresión.

CC 1/43

Compresión de cuerpos de material rígido					Experimento N°/ Clasificación	
Material susceptible a compresión					CC 1/43	
DESCRIPCIÓN:						
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.						
Fecha	Nov 27 2012	Hora	2:20 pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica	
Investigadores		Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés				
Soporte físico		Polipropileno				
Peso	44,5gr	Altura		30cm		
Diámetro Exterior	8,7 cm	Diámetro Interior		8,35 cm		
Fuerza de compresión	300kg/fuerza	Velocidad de compresión		20mm/min		
Forma y patrón del soporte físico						
Forma			Patrón			
Superficie tubular	X	A		B		
Registro de la experimentación						
						
Video		NO HAY REGISTRO				
Comentarios:						
La deformación al final de la compresión no es la misma que después de retirar la pieza de la máquina de compresión, ya que el material tiende a recuperar parte de su forma.						

CC 2/43

Compresión de cuerpos de material rígido				Experimento N°/ Clasificación	
Material susceptible a compresión				CC 2/43	
DESCRIPCIÓN:					
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.					
Fecha	Nov 27 2012	Hora	2:30pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica
Investigadores		Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés			
Soporte físico		Polipropileno			
Peso	43.5gr	Altura	30cm		
Diámetro Exterior	8.79 cm	Diámetro Interior	8.86cm		
Fuerza de compresión	200kg/fuerza	Velocidad de compresión	30mm/min		
Forma y patrón del soporte físico					
Forma			Patrón		
Superficie tubular	X	A		B	
Registro de la experimentación					
					
Video	2012-11-27 14.31.20				
Comentarios:					
La velocidad de compresión aumento aumentando así los puntos de fractura del material.					

CC 3/43

Compresión de cuerpos de material rígido				Experimento N°/ Clasificación	
Material susceptible a compresión				CC 3/43	
DESCRIPCIÓN:					
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.					
Fecha	Nov 27 2012	Hora	2:30pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica
Investigadores		Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés			
Soporte físico		Polipropileno			
Peso	43.0gr	Altura	30cm		
Diámetro Exterior	8.60 cm	Diámetro Interior	8.86cm		
Fuerza de compresión	220kg/fuerza	Velocidad de compresión	20mm/min		
Forma y patrón del soporte físico					
Forma			Patrón		
Superficie tubular	X	A		B	
Registro de la experimentación					
					
Video	2012-11-27 14.36.25				
Comentarios:					

Compresión de cuerpos de material rígido					Experimento N°/ Clasificación	
Material susceptible a compresión					CC4/43	
DESCRIPCIÓN:						
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.						
Fecha	Nov 27 2012	Hora	2:40pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica	
Investigadores		Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés				
Soporte físico		Polipropileno				
Peso	46.0gr		Altura		30cm	
Diámetro Exterior	8.95 cm		Diámetro Interior		8.75cm	
Fuerza de compresión	200kg/fuerza		Velocidad de compresión		30mm/min	
Forma y patrón del soporte físico						
Forma			Patrón			
Superficie tubular	X		A	B		
Registro de la experimentación						
						
Video			NO HAY REGISTRO			
Comentarios:						
Se generó una inclinación en la deformación final debido a una pequeña inclinación en las bases del desarrollo.						

Compresión de cuerpos de material rígido					Experimento N°/ Clasificación	
Material susceptible a compresión					CC5/43	
DESCRIPCIÓN:						
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.						
Fecha	Nov 27 2012	Hora	2:45pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica	
Investigadores		Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés				
Soporte físico		Polipropileno				
Peso	46.0gr	Altura		30cm		
Diámetro Exterior	8.38 cm	Diámetro Interior		8.27cm		
Fuerza de compresión	220kg/fuerza	Velocidad de compresión		20mm/min		
Forma y patrón del soporte físico						
Forma			Patrón			
Superficie tubular	X	A	X	B		
Registro de la experimentación						
						
Video	NO HAY REGISTRO					
Comentarios:						
Los cortes realizados en la figura hacen que no se genere ninguna fractura por lo que la figura recuperara su forma una vez deja de ser comprimida.						

CC 6/43

Compresión de cuerpos de material rígido					Experimento N°/ Clasificación	
Material susceptible a compresión					CC6/43	
DESCRIPCIÓN:						
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.						
Fecha	Nov 27 2012	Hora	2:50pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica	
Investigadores		Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés				
Soporte físico		Polipropileno				
Peso	46.0gr		Altura		30cm	
Diámetro Exterior	9.17 cm		Diámetro Interior		9.05cm	
Fuerza de compresión	220kg/fuerza		Velocidad de compresión		30mm/min	
Forma y patrón del soporte físico						
Forma			Patrón			
Superficie tubular	X		A	X	B	
Registro de la experimentación						
						
Video		2012-11-27 14.49.03				
Comentarios:						
Los cortes realizados en la figura hacen que no se genere ninguna fractura por lo que la figura recuperara su forma una vez deja de ser comprimida.						

CC 7/43

Compresión de cuerpos de material rígido				Experimento N°/ Clasificación	
Material susceptible a compresión				CC7/43	
DESCRIPCIÓN:					
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.					
Fecha	Nov 27 2012	Hora	2:55pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica
Investigadores		Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés			
Soporte físico		Polipropileno			
Peso	46.0gr	Altura	30cm		
Diámetro Exterior	8.52 cm	Diámetro Interior	8.47cm		
Fuerza de compresión	180kg/fuerza	Velocidad de compresión	40mm/min		
Forma y patrón del soporte físico					
Forma			Patrón		
Superficie tubular	X	A	X	B	
Registro de la experimentación					
					
Vídeo	NO HAY REGISTRO				
Comentarios:					
Los cortes realizados en la figura hacen que no se genere ninguna fractura por lo que la figura recuperara su forma una vez deja de ser comprimida.					

CC 8/43

Compresión de cuerpos de material rígido					Experimento N°/ Clasificación	
Material susceptible a compresión					CC8/43	
DESCRIPCIÓN:						
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.						
Fecha	Nov 27 2012	Hora	0:00pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica	
Investigadores		Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés				
Soporte físico		Polipropileno				
Peso	00.0gr		Altura		00cm	
Diámetro Exterior	0.00 cm		Diámetro Interior		0.00cm	
Fuerza de compresión	000kg/fuerza		Velocidad de compresión		00mm/min	
Forma y patrón del soporte físico						
Forma			Patrón			
Superficie tubular			A		B	
Registro de la experimentación						
NO HAY REGISTRO			NO HAY REGISTRO			
Video		NO HAY REGISTRO				
Comentarios:						
No se realizó al no haber obtenido resultados significativos con la anterior experimentación, esto debido a que la probeta recobra su forma original.						

CC 9/43

Compresión de cuerpos de material rígido					Experimento N°/ Clasificación	
Material susceptible a compresión					CC9/43	
DESCRIPCIÓN:						
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.						
Fecha	Nov 27 2012	Hora	3:00pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica	
Investigadores		Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés				
Soporte físico		Polipropileno				
Peso	46.0gr		Altura		30cm	
Diámetro Exterior	8.41 cm		Diámetro Interior		8.37cm	
Fuerza de compresión	160kg/fuerza		Velocidad de compresión		40mm/min	
Forma y patrón del soporte físico						
Forma			Patrón			

Superficie tubular	X	A		B	X
Registro de la experimentación					
					
Video	NO HAY REGISTRO				
Comentarios:					
Los cortes realizados en la figura hacen que no se genere ninguna fractura por lo que la figura recuperara su forma una vez deja de ser comprimida.					

CC 13/43

Compresión de cuerpos de material rígido					Experimento N°/ Clasificación	
Material susceptible a compresión					CC13/43	
DESCRIPCIÓN:						
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.						
Fecha	Nov 27 2012	Hora	3:05pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica	
Investigadores		Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés				
Soporte físico		Lata				
Peso		15.0gr	Altura		15.74cm	
Diámetro Exterior		6.64 cm	Diámetro Interior		N/A	
Fuerza de compresión		120kg/fuerza	Velocidad de compresión		10mm/min	
Forma y patrón del soporte físico						

Forma		Patrón			
Superficie tubular	X	A	X	B	
Registro de la experimentación					
					
Video	2012-11-27 15.11.30				
Comentarios:					
El material genera quiebres bajo la compresión sin importar las diferentes intervenciones realizadas previamente.					

CC 14/43

Compresión de cuerpos de material rígido					Experimento N°/ Clasificación
Material susceptible a compresión					CC14/43
DESCRIPCIÓN:					
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.					
Fecha	Nov 27 2012	Hora	3:10pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica
Investigadores	Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés				
Soporte físico	Lata				
Peso	15.0gr	Altura	15.74cm		
Diámetro Exterior	6.64 cm	Diámetro Interior	N/A		
Fuerza de compresión	100kg/fuerza	Velocidad de compresión	20mm/min		

Forma y patrón del soporte físico					
Forma		Patrón			
Superficie tubular	X	A	X	B	
Registro de la experimentación					
					
Vídeo	NO HAY REGISTRO				
Comentarios:					
El material genera quiebres bajo la compresión sin importar las diferentes intervenciones realizadas previamente.					

CC 15/43

Compresión de cuerpos de material rígido					Experimento N°/ Clasificación
Material susceptible a compresión					CC15/43
DESCRIPCIÓN:					
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.					
Fecha	Nov 27 2012	Hora	3:15pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica
Investigadores	Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés				
Soporte físico	Lata				
Peso	11.5gr	Altura		8.73cm	
Diámetro Exterior	6.58 cm	Diámetro Interior		N/A	
Fuerza de compresión	120kg/fuerza	Velocidad de compresión		10mm/min	

Forma y patrón del soporte físico					
Forma		Patrón			
Superficie tubular	X	A		B	
Registro de la experimentación					
					
Video	NO HAY REGISTRO				
Comentarios:					
El material genera diferentes quiebres y e va comprimiendo poco a poco, no debe comprimirse en su totalidad para conservar algunas de la formas generadas debido a los quiebres y la misma compresión.					

CC 16/43

Compresión de cuerpos de material rígido					Experimento N°/ Clasificación
Material susceptible a compresión					CC16/43
DESCRIPCIÓN:					
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.					
Fecha	Nov 27 2012	Hora	3:20pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica
Investigadores	Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés Laura Mesa Pulgarín				
Soporte físico	Lata				
Peso	11.5gr		Altura	8.73cm	

Diámetro Exterior	6.58 cm	Diámetro Interior	N/A
Fuerza de compresión	80kg/fuerza	Velocidad de compresión	20mm/min

Forma y patrón del soporte físico

Forma		Patrón			
Superficie tubular	X	A		B	

Registro de la experimentación



Video	NO HAY REGISTRO
Comentarios:	
El material genera diferentes quiebres y e va comprimiendo poco a poco, no debe comprimirse en su totalidad para conservar algunas de la formas generadas debido a los quiebres y la misma compresión.	

CC 17/43

Compresión de cuerpos de material rígido				Experimento N°/ Clasificación	
Material susceptible a compresión				CC17/43	
DESCRIPCIÓN:					
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.					
Fecha	Nov 27 2012	Hora	3:25pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica
Investigadores		Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés Laura Mesa Pulgarín			

Soporte físico		Lata							
Peso		11.5gr		Altura		8.73cm			
Diámetro Exterior		6.58 cm		Diámetro Interior		N/A			
Fuerza de compresión		80kg/fuerza		Velocidad de compresión		10mm/min			
Forma y patrón del soporte físico									
Forma				Patrón					
Superficie tubular		X		A		X		B	
Registro de la experimentación									
									
Video		NO HAY REGISTRO							
Comentarios:									
El material genera quiebres bajo la compresión sin importar las diferentes intervenciones realizadas previamente.									

CC 18/43

Compresión de cuerpos de material rígido					Experimento N°/ Clasificación
Material susceptible a compresión					CC18/43
DESCRIPCIÓN:					
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.					
Fecha	Nov 27 2012	Hora	3:30pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica
Investigadores		Susana Montoya			

		Natalia Trujillo Garcés Laura Mesa Pulgarín			
Soporte físico		Lata			
Peso	11.5gr	Altura		8.73cm	
Diámetro Exterior	6.58 cm	Diámetro Interior		N/A	
Fuerza de compresión	60kg/fuerza	Velocidad de compresión		20mm/min	
Forma y patrón del soporte físico					
Forma		Patrón			
Superficie tubular	X	A	X	B	
Registro de la experimentación					
					
Video	NO HAY REGISTRO				
Comentarios:					
El material genera quiebres bajo la compresión sin importar las diferentes intervenciones realizadas previamente.					

CC 19/43

Compresión de cuerpos de material rígido					Experimento N°/ Clasificación	
Material susceptible a compresión					CC19/43	
DESCRIPCIÓN:						
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.						
Fecha	Nov 27	Hora	3:35pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica	

	2012				
Investigadores	Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés Laura Mesa Pulgarín				
Soporte físico	Lata				
Peso	11.5gr	Altura		8.73cm	
Diámetro Exterior	6.58 cm	Diámetro Interior		N/A	
Fuerza de compresión	100kg/fuerza	Velocidad de compresión		10mm/min	
Forma y patrón del soporte físico					
Forma		Patrón			
Superficie tubular	X	A		B	X
Registro de la experimentación					
					
Video	NO HAY REGISTRO				
Comentarios:					
El material genera quiebres bajo la compresión sin importar las diferentes intervenciones realizadas previamente.					

CC 20/43

Compresión de cuerpos de material rígido	Experimento N°/ Clasificación
Material susceptible a compresión	CC20/43
DESCRIPCIÓN:	
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.	

Fecha	Nov 27 2012	Hora	3:40pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica
Investigadores	Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés Laura Mesa Pulgarín				
Soporte físico	Lata				
Peso	11.5gr	Altura	8.73cm		
Diámetro Exterior	6.58 cm	Diámetro Interior	N/A		
Fuerza de compresión	60kg/fuerza	Velocidad de compresión	20mm/min		
Forma y patrón del soporte físico					
Forma		Patrón			
Superficie tubular	X	A	B	X	
Registro de la experimentación					
					
Video	NO HAY REGISTRO				
Comentarios:					
El material genera quiebres bajo la compresión sin importar las diferentes intervenciones realizadas previamente.					

CC 21/43

DESCRIPCIÓN:	Compresión de cuerpos de material rígido	Experimento N°/ Clasificación CC21/43
	Material susceptible a compresión	

Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, contruidos a partir de superficies de revolución.

Fecha	Nov 27 2012	Hora	3:45pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica		
Investigadores		Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés Laura Mesa Pulgarín					
Soporte físico		Lata					
Peso		12.5gr		Altura		11.6cm	
Diámetro Exterior		6.60 cm		Diámetro Interior		N/A	
Fuerza de compresión		60kg/fuerza		Velocidad de compresión		20mm/min	
Forma y patrón del soporte físico							
Forma				Patrón			
Superficie tubular			X	A	X	B	

Registro de la experimentación



Video	NO HAY REGISTRO
Comentarios:	
El material genera quiebres bajo la compresión sin importar las diferentes intervenciones realizadas previamente.	

CC 22/43

Compresión de cuerpos de material rígido					Experimento N°/ Clasificación	
Material susceptible a compresión					CC2243	
DESCRIPCIÓN:						
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.						
Fecha	Nov 27 2012	Hora	0:00pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica	
Investigadores	Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés Laura Mesa Pulgarín					
Soporte físico	Polipropileno					
Peso	00.0gr	Altura		00cm		
Diámetro Exterior	0.00 cm	Diámetro Interior		0.00cm		
Fuerza de compresión	000kg/fuerza	Velocidad de compresión		00mm/min		
Forma y patrón del soporte físico						
Forma			Patrón			
Superficie tubular			A	B		
Registro de la experimentación						
NO HAY REGISTRO			NO HAY REGISTRO			
Video	NO HAY REGISTRO					
Comentarios:						
No se realizó al no haber obtenido resultados significativos con la anterior experimentación, esto debido a que la probeta recobra su forma original.						

CC 23/43

Compresión de cuerpos de material rígido					Experimento N°/ Clasificación	
Material susceptible a compresión					CC23/43	
DESCRIPCIÓN:						
Producir deformaciones por medio de la fuerza de compresión sobre perfiles tubulares, construidos a partir de superficies de revolución.						
Fecha	Nov 27 2012	Hora	3:50pm	Lugar	UPB Laboratorio mecánica	
Investigadores	Susana Montoya Natalia Trujillo Garcés Laura Mesa Pulgarín					
Soporte físico	Pet					
Peso	4.15gr	Altura		34.0cm		
Diámetro Exterior	9.60 cm	Diámetro Interior		N/A		
Fuerza de compresión	240kg/fuerza	Velocidad de compresión		10mm/min		

Forma y patrón del soporte físico					
Forma		Patrón			
Superficie tubular	X	A		B	
Registro de la experimentación					
					
Video		NO HAY REGISTRO			
Comentarios:					
Como el punto de sujeción superior no es fijo la botella se salió de los platos de la máquina de compresión.					

ENCUESTAS

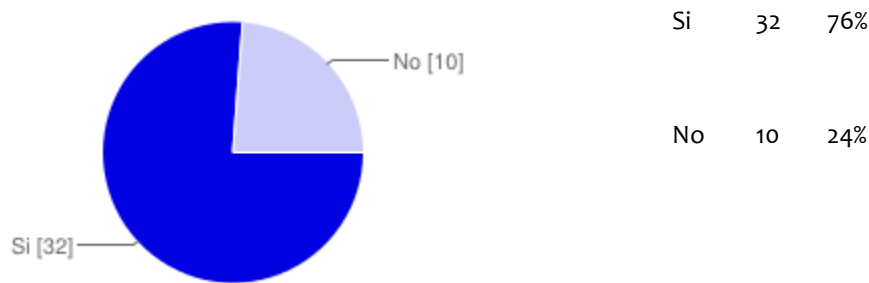
Como parte importante dentro del proceso de validación de las formas generadas a partir de las experimentaciones, se consideró pertinente realizar encuestas con el fin de validar las formas a través de una caracterización morfológica y un análisis metodológico de las experimentaciones y también a partir de la percepción y apreciación de personas que no hubieran tenido un contacto cercano con la experimentación, su metodología y los resultados obtenidos.

Para esto se realizó una encuesta a 42 personas de diferentes perfiles y que no conocían ni el proyecto ni los resultados formales. La encuesta se realizó en dos bloques de preguntas, la percepción y apreciación sobre las formas resultantes de la experimentación de solidificación de sustancias soportado por fotografías en blanco y negro, y la percepción y apreciación sobre las formas resultantes de la experimentación de comprensión también con soporte fotográfico en blanco y negro.

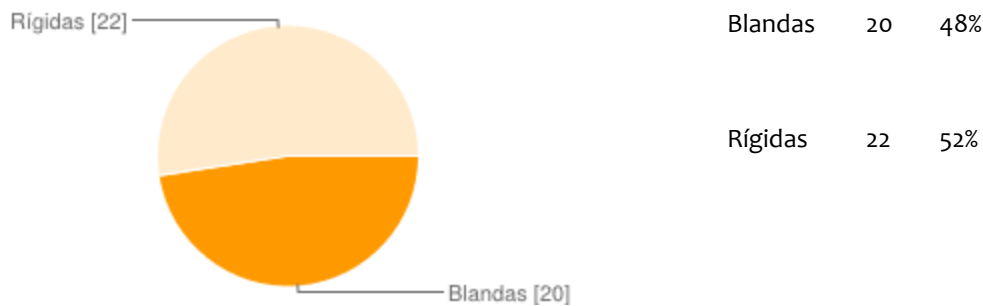
A continuación se presentan los resultados de las encuestas separadas en los dos grandes bloques de preguntas:

Encuesta Solidificación de Sustancias (Preguntas 1-10)

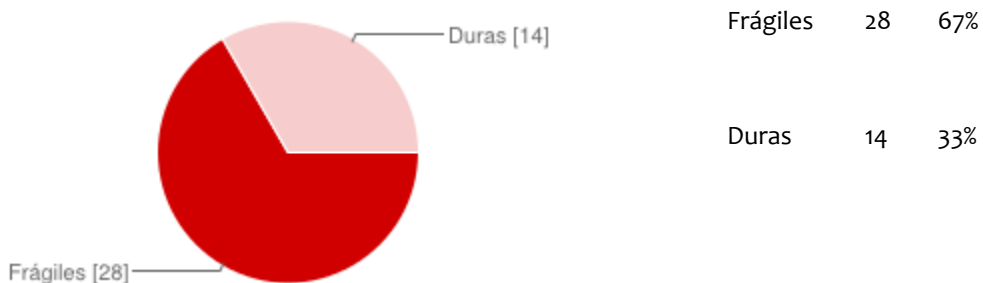
1 - ¿Las formas vistas te parecen tocables?



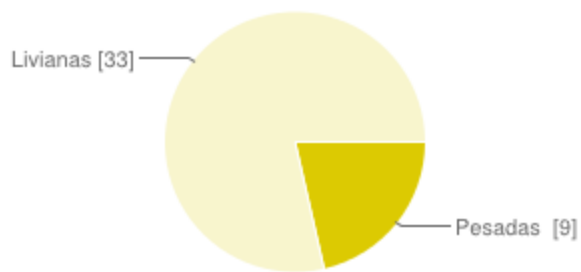
2.1 - ¿Cómo crees que son?



2.2 - ¿Cómo crees que son?



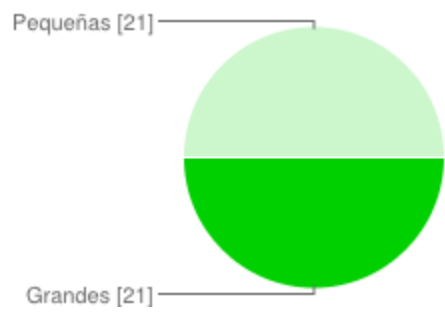
2.3 - ¿Cómo crees que son?



Pesadas 9 21%

Livianas 33 79%

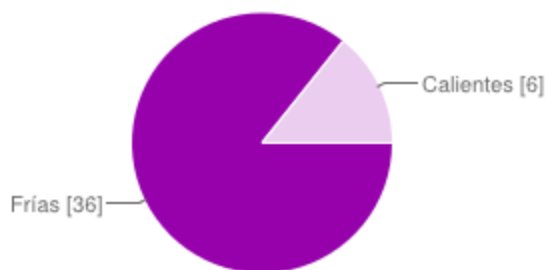
2.4 - ¿Cómo crees que son?



Grandes 21 50%

Pequeñas 21 50%

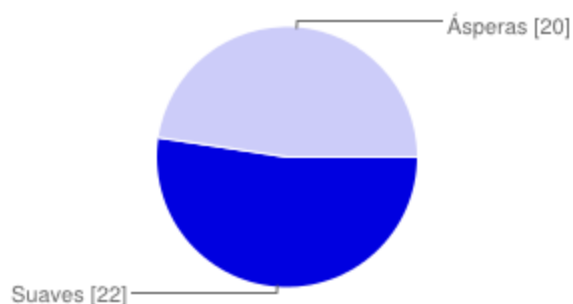
2.5 - ¿Cómo crees que son?



Frías 36 86%

Calientes 6 14%

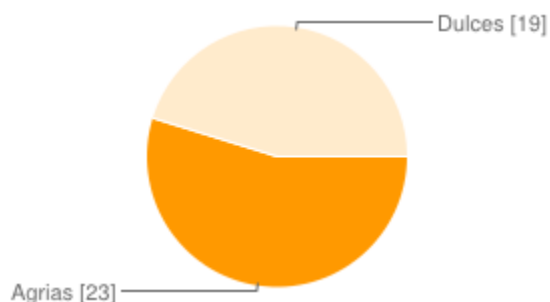
2.6 - ¿Cómo crees que son?



Suaves 22 52%

Ásperas 20 48%

2.7 - ¿Cómo crees que son?



Agrias 23 55%

Dulces 19 45%

3 - ¿A qué se te asemejan formalmente?

Pregunta abierta la cual arrojó muchas respuestas diferentes entre ellas:

- Agua, líquidos, pantano.
- Partes internas del cuerpo, agua salpicada.
- Crestas de ola.
- Algunas parecen 'regueros', salpicaduras de líquido, otras parecen algo que se derrite por el calor.
- A la explosión de líquidos.
- Bolsas de plástico derretidas, también parecen algún tipo de piedra.
- Cera y plástico.
- Al choque de un líquido con un sólido.
- Fluidos en movimiento.
- Tejidos internos de seres vivos.
- Al líquido (endurecido luego de enfriarse) que es expulsado por un volcán posterior a una erupción.
- Agua en movimiento, llamas.

4 - ¿Cómo crees que fueron logradas?

Pregunta abierta la cual arrojó muchas respuestas diferentes entre ellas:

- No sé.
- Un líquido que ha sido solidificado.

- Quemando el material al punto de derretirlo y mientras toma forma, se cambia la temperatura a frío para que sea rígida.
- Creatividad.
- Son imágenes en movimiento de algún tipo de líquido.
- Exponiendo el plástico al fuego para que se deformaran.
- Arrojando velas derretidas contra la pared.
- Derritiendo plástico o cera.
- Introduciendo o vertiendo cera caliente en agua fría.

5 - ¿En qué material crees que están hechas?

Pregunta abierta la cual arrojó muchas respuestas diferentes entre ellas:

- Espumas y líquidos.
- Plástico.
- Resina.
- Goma.
- Cera de vela.
- Líquido extraño.
- Jalea o caramelo.
- Con arcilla, vidrio caliente.
- Acrílico.
- Plastilina líquida.
- Sangre y piel.
- Jabón.
- Con agua y algún material sólido para darle la forma.
- No sé.
- Cerámica o metal.

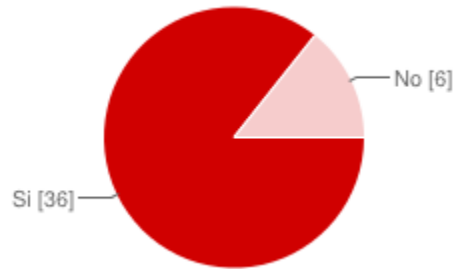
6 - Si las fueras a realizar, ¿En qué material las harías?

Pregunta abierta la cual arrojó muchas respuestas diferentes entre ellas:

- Vidrio.
- Látex.
- Resina.
- Plástico.
- Cera de vela.
- Esponjoso.
- Para que fueran como una escultura serían de vela o yeso.
- Gelatina.
- Jalea.
- Plástico derretido.
- Agua y harina.
- Mercurio.
- En chicle.
- Resina o acrílico.
- probablemente en el mismo, logra unos resultados muy interesantes.
- No sé.
- En caramelo.
- Plastilina.

- Metal.

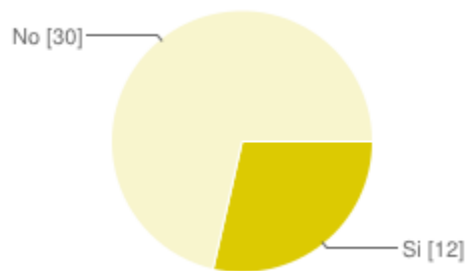
7 - ¿Te parecen llamativas?



Si 36 86%

No 6 14%

8 - ¿Relacionas estas formas con comida?



Si 12 29%

No 30 71%

9 - En caso de haber dicho si, ¿Con que comida?

Pregunta abierta la cual arrojó muchas respuestas diferentes entre ellas:

- Natilla y caramelo.
- Carne.
- Chocolate.
- Un postre.
- Brevas.
- Postres como pudines natilla.
- Chocolate derretido.
- Caramelo.
- Azúcar que se calienta y se lleva a punto de caramelizar hasta parecer cristales.

10 - ¿Cuál crees que es su función? ¿Para qué crees que sirven?

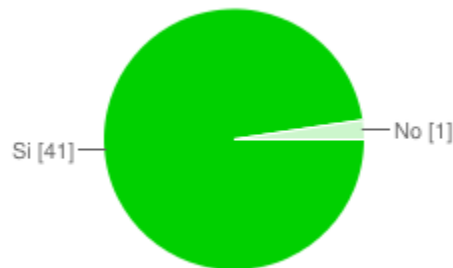
Pregunta abierta la cual arrojó muchas respuestas diferentes entre ellas:

- Para investigar propiedades físicas y comportamientos de los materiales.
- Creativas y ya.
- No sé.

- Para pruebas psicológicas.
- Como perchero.
- Exposición de arte.
- Decoración.
- Decorativas tal vez, aunque con la pregunta de la comida, sospecho que son para eso.
- Pensar su forma.
- Estética.
- No le veo un uso específico.
- Decoración de un plato para hacerlo llamativo, diferente.
- Decoración de espacios, ambientación.
- Para evocar interés en la textura, composición y forma.
- Arte moderno.
- para expresar un idea muy abstractamente.
- Para estudiar el desarrollo de las enfermedades.
- Decoración, o experimentación de la forma o la reacción de los materiales ante distintos aspectos físicos y/ o mecánicos.

Encuesta Compresión (Preguntas 11-20)

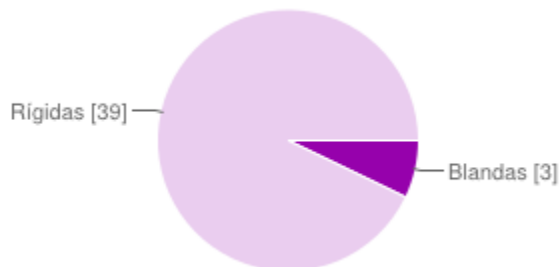
11 - ¿Las formas vistas te parecen tocables?



Si 41 98%

No 1 2%

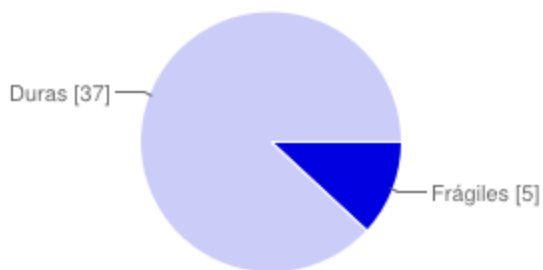
12.1 - ¿Cómo crees que son?



Blandas 3 7%

Rígidas 39 93%

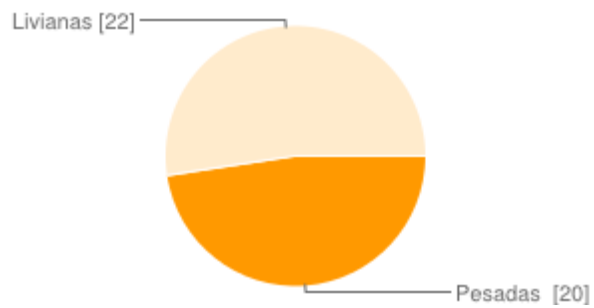
12.2 - ¿Cómo crees que son?



Frágiles	5	12%
----------	---	-----

Duras	37	88%
-------	----	-----

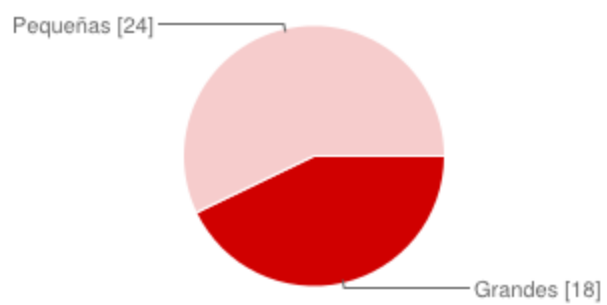
12.3 - ¿Cómo crees que son?



Pesadas	20	48%
---------	----	-----

Livianas	22	52%
----------	----	-----

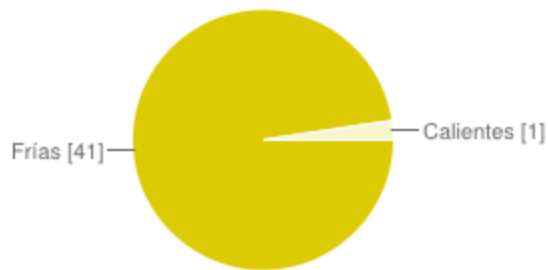
12.4 - ¿Cómo crees que son?



Grandes	18	43%
---------	----	-----

Pequeñas	24	57%
----------	----	-----

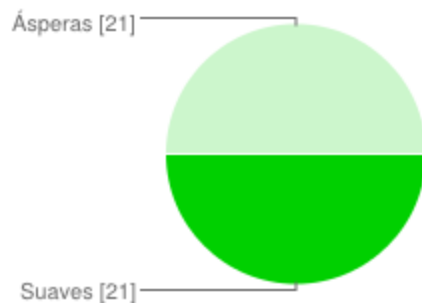
12.5 - ¿Cómo crees que son?



Frías 41 98%

Calientes 1 2%

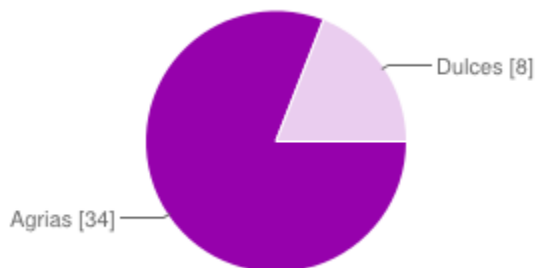
12.6 - ¿Cómo crees que son?



Suaves 21 50%

Ásperas 21 50%

12.7 - ¿Cómo crees que son?



Agrias 34 81%

Dulces 8 19%

13 - ¿A qué se te asemejan formalmente?

Pregunta abierta la cual arrojó muchas respuestas diferentes entre ellas:

- Tuberías.
- Empaques de lata.
- Acordeones.
- Al sombrero seleccionador de Harry Potter.

- Tubos de metal.
- Comida.
- A piezas mecánicas, como de motores.
- Parece que es metal deformado al calor.
- A un edificio cayéndose a las torres gemelas.
- A un tarro de pintura o a una parte de un carro.
- Son como floreros, porta lápices.
- Cera, plástico algo derretido.
- Neumático.
- Una vela derritiéndose.
- Una lámpara.
- Tubos doblados.
- Esculturas de estudiantes de arte.
- A tubos deformados.
- Vasos.
- A nada.

14 - ¿Cómo crees que fueron logradas?

Pregunta abierta la cual arrojó muchas respuestas diferentes entre ellas:

- Con calor y presión.
- Torciendo latas.
- Armandó (uniendo, pegando).
- No sé.
- Derritiendo plástico.
- Poniendo otro elemento que modificara cierta forma original.
- Creo que fueron logradas por medio de un molde redondo rodeado del material.
- Cortando tubos de metal.
- Calentado las piezas para poder moldearlas.
- Esfuerzo.
- Compresión de las mismas.
- Con alguna herramienta de termoformado. No conozco mucho.
- Cortando un frasco con una sierra.
- Madera tallada.
- Derritiendo un tubo de metal.
- Endureciendo el neumático en esa posición.
- Trozos de distintos metales comprimidos o cartón pintado y moldeado.
- Haciendo formas geométricas y deformándolas antes del secado.
- Retorciendo la lata de aceite o un cilindro de metal.
- Con moldes.

15 - ¿En qué material crees que están hechas?

Pregunta abierta la cual arrojó muchas respuestas diferentes entre ellas:

- Acero o hierro.
- Lata.
- Cartón, tubos de papel higiénico, metal.
- Metal.
- Tuberías.

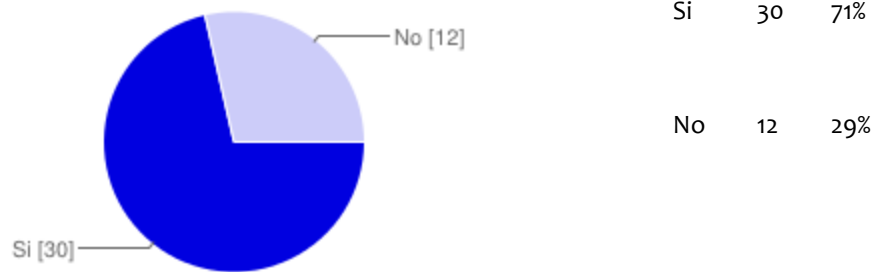
- Plástico.
- Madera.
- Latas, tubos de aluminio.
- Acrílico, plástico, cera.
- Algún metal.
- Cartulinas.

16 - Si las fueras a realizar, ¿En qué material las harías?

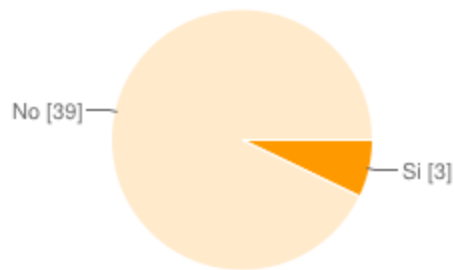
Pregunta abierta la cual arrojó muchas respuestas diferentes entre ellas:

- Acrílico.
- Lata.
- Papel, cartón.
- Derritiendo plástico, específicamente tuberías.
- Acero.
- Metal.
- Hierro o acero, tal vez cobre podría ser más fácil de manipular.
- Resina.
- Plástico.
- Arcilla.
- Policarbonato.
- Cartulina.
- Dependiendo del propósito que tuviera para realizarlas escogería el material.
- No sé.

17 - ¿Te parecen llamativas?



18 - ¿Relacionas estas formas con comida?



Si 3 7%

No 39 93%

19 - En caso de haber dicho si, ¿Con que comida?

Pregunta abierta la cual arrojó muchas respuestas diferentes entre ellas:

- Hamburguesa.
- Carne.
- Vasos para tomar algo.
- Ninguna.

20 - ¿Cuál crees que es su función? ¿Para qué crees que sirven?

- Decorativa.
- No sé.
- Recipientes.
- Son algún tipo de contenedor.
- Creo que su función es la misma de una tubería.
- Contención, decoración.
- Pensar.
- Para la unión de piezas de motores o puede que sean decoración.
- Con mejores acabados, tal vez decoración.
- Para nada.
- Puede ser un florero abstracto o simplemente decoración.
- Porta lápices, decoración de espacios.
- Para guardar objetos pequeños.
- Llamar la atención por su textura, color y forma.
- Arte moderno.
- Para observar no más y hacer figuras llamativas.
- Para realizar estudios de resistencia a esfuerzos en distintos tipos de materiales.
- Para expresar ideas.
- Para ensamblar una máquina o algo similar.
- Ninguna.
- Para guardar objetos pequeños.

CONCLUSIONES

Se darán en este capítulo tres tipos de conclusiones diferentes, las primeras a partir de las formas obtenidas en cada experimentación con relación a las variables metodológicas obtenidas, luego a partir de la percepción y apreciación de las formas obtenidas, y por último las conclusiones a los resultados de la experimentación con base en los objetivos del proyecto.

¿Cómo las variables afectan la generación de las formas?

En el siguiente apartado se presentan las consideraciones formales que se destacan en las morfologías obtenidas luego de la aplicación de variables controladas a los soportes físicos – experimentaciones realizadas –.

Solidificación de sustancias

Cantidad de soporte físico

Cuando se utilizan entre 100 y 300 gramos de soporte físico, la solidificación se genera de una forma más inmediata en la inmersión, permitiendo formas más orgánicas que al usar entre 300 y 500 gramos de soporte físico, pues de esta manera este no alcanza a solidificarse generando entonces una capa del soporte físico en la superficie del fluido receptor.

Temperatura del soporte físico

El soporte físico en este caso es menos denso que el fluido receptor por ende al estar ambos en contacto el soporte físico busca estar en la superficie. Cuando el soporte físico se encuentra a una temperatura cercana a su punto de solidificación, el choque térmico hace que esta solidificación se dé de manera más rápida, la cual permite conservar formas más cercanas a las generadas en el momento del contacto con el fluido receptor, manteniendo la forma de cuerpos con mayor complejidad formal.

Distancia de vertimiento del soporte físico

Cuando la distancia de vertimiento es mayor, o relativamente grande, el soporte físico alcanza una velocidad considerable que le permite llegar a mayor profundidad en el fluido receptor generando como resultado cuerpos con mayor volumen y complejidad formal, además se evita la generación de una capa del soporte físico en la superficie del fluido receptor.

Velocidad de inmersión

En el contacto entre el soporte físico y el fluido receptor, si se da por grandes cantidades de material, se logran formas más volumétricas y complejas formalmente, además se evita la generación de una capa del soporte físico en la superficie del fluido receptor.

Temperatura del fluido receptor

El soporte físico en este caso es menos denso que el fluido receptor, por ende al estar ambos en contacto, el soporte físico busca estar en la superficie. Cuando el fluido receptor se encuentra a bajas temperaturas, el choque térmico genera una solidificación más rápida la cual permite conservar formas más cercanas a las generadas en el momento del contacto con fluido receptor, conservando cuerpos con

mayor complejidad formal y evitando la generación de una capa del soporte físico en la superficie del fluido receptor.

Forma de vertimiento

Sin soporte

Libre: Cuando el soporte físico se vierte sin ningún movimiento, los resultados formales dependen de otras variables como las vistas anteriormente.

Con movimiento: Cuando el soporte físico se vierte en forma de zigzag, lineal, o radial; este llega al fluido receptor en pocas cantidades, solidificándose más rápidamente y formando fragmentos unidos por cordones débiles que se parten con el movimiento de este fluido en vez de ser un cuerpo macizo y compacto.

Con soporte

Marco Esférico: Cuando se sumerge la parafina, esta al buscar subir a la superficie del fluido receptor genera unas ramificaciones de forma vertical que dan volumen al cuerpo; estas ramificaciones son principalmente saliente de la periferia del marco y tienen la mayoría del soporte físico pues el fluido receptor ingresa en el marco creando una cámara al interior y evitando la creación de una base o zona de apoyo de paredes gruesas y fuertes que permitan a la pieza sostenerse por sí sola.

Marco Cilíndrico: Cuando se sumerge la parafina, esta al buscar subir a la superficie del fluido receptor genera unas ramificaciones de forma vertical que dan volumen al cuerpo; estas ramificaciones son principalmente salientes del centro del marco y sus formas son más débiles pues gran parte de su material forma una base o apoyo que da el soporte necesario para apoyarse en la superficie por sí solas.

Fluido receptor en movimiento

Sin soporte: Cuando el vertimiento se daba de forma libre ocurría el mismo principio que al verter el soporte físico con movimiento ya fuera zigzag, lineal o radial; se creaban fragmentos y no una forma compacta.

Con soporte: Cuando se sumergía el soporte físico por medio de marcos, las ramificaciones en los cuerpos no eran de carácter vertical sino que seguían la dirección del movimiento del fluido receptor, buscando la superficie de forma diagonal y periférica.

Compresión de cuerpos de material rígido

Soporte físico

La diferencia del coeficiente de elasticidad entre los materiales usados genera diferencias en los resultados obtenidos.

Al comprimir los materiales poliméricos, estos retornan a su forma original en su totalidad si poseen algún patrón o corte. Si no tiene ningún tipo de incisión conservan algunos quiebres.

En los materiales metálicos, la compresión genera un calentamiento en el cuerpo el cual hace que la propiedad de plasticidad aumente y de esta manera se conserva la forma final de la compresión sin muchos quiebres ni roturas.

Dimensiones

Cuando las dimensiones son mayores se genera un proceso más largo el cual permite mayores variaciones formales.

Patrones

El uso de patrones en los cuerpos tubulares poliméricos aumentan las propiedades elásticas permitiendo a los cuerpos volver a su forma cilíndrica original después de la compresión.

En los cuerpos metálicos, los patrones hacen que se generen quiebres al momento de la compresión.

Para poder realizar esta experimentación y obtener resultados ricos formalmente, los cuerpos a comprimir se deben fijar a la máquina de compresión, debido a que muchas de las experimentaciones debieron ser detenidas por la posibilidad de que éstas se salieran de los límites y se disparara en una dirección aleatoria, poniendo en riesgo a quienes se encontraban presentes en el momento de la experimentación.

Cómo son percibidas las formas generadas

A continuación se presentan las conclusiones de las encuestas realizadas con el fin de validar las formas a través de una caracterización morfológica y un análisis metodológico de las experimentaciones y también a partir de la percepción y apreciación de personas que no hubieran tenido un contacto cercano con la experimentación, su metodología y los resultados obtenidos. Éstas se presentan separadas en los dos grandes bloques de preguntas:

- Preguntas 1-10 (Solidificación de Sustancias)
- Preguntas 11-20 (Compresión)

Solidificación de Sustancias

En lo observado en las respuestas de las encuestas se puede concluir que existe una inclinación por querer palpar las formas más que sólo visualizarlas.

Son formas de carácter llamativo y en parte lo son debido a la intriga que generan, pues sus propiedades no pueden establecerse o definirse basados únicamente en la observación. Aunque hay una inclinación por pensar que son frágiles, livianas y frías y en cuanto a los tamaños, las formas no implican una escala específica.

Estas formas fueron relacionadas con otras soluciones formales obtenidas por medio de procesos no controlados, se definieron como formas libres aunque logradas por la intervención del hombre y no por la naturaleza; la mayoría inclinados a un proceso de solidificación de materiales principalmente poliméricos.

Los posibles usos que se le dieron fueron netamente decorativos y las formas no estuvieron muy ligadas al tema de la comida, ni siquiera se pudo definir si eran agrias o dulces; sin embargo se cree que se pueden obtener los mismos resultados con gelatina, harina, chicle o caramelo y las formas se pueden relacionar con chocolates, pudines, caramelo y natilla.

Compresión

Las formas resultantes de la experimentación de compresión fueron calificadas como llamativas, y estas no generan tanta intriga ya que hay una seguridad en cuanto a sus posibles propiedades definiendo las formas como rígidas, duras y frías; sin embargo algunas de sus propiedades son inciertas, si son pesadas o livianas y suaves o ásperas y al igual que las formas resultantes de la experimentación de solidificación, no hay una escala específica. Estas formas también fueron calificadas como agrias a pesar de que no fueron relacionadas con comida.

Su uso se limita a la decoración, relacionado con la función de contener debido a la semejanza formal con diversos tipos de contenedores. Las formas resultantes tienen bastante implícita su realidad, cilindros que han sido alterados de su forma original y se considera que pueden ser logrados de diversas maneras distintas a la compresión, en materiales poliméricos y metálicos principalmente.

Cómo se relacionan la BOFF y las FAB-DIG

Una vez traducidas todas las variables metodológicas tanto de la búsqueda formal (experimentaciones) como las variables de la fabricación digital se procedió a relacionar estas entre sí. Para esto se desarrolló un esquema del proceso que habría de tener una de estas geometrías encontradas si se quisiera producir de manera serializada, y que considera los diferentes factores que hay que tener en cuenta para poder desarrollar dichas geometrías a nivel industrial. A partir de este modelo se relacionaron las variables de las experimentaciones con las de la FAB-DIG:

Capacidad de transferir la geometría de lo físico a lo digital

Viabilidad Productiva

Capacidad Técnico/Tecnológica

Disponibilidad Local

Viabilidad Económica

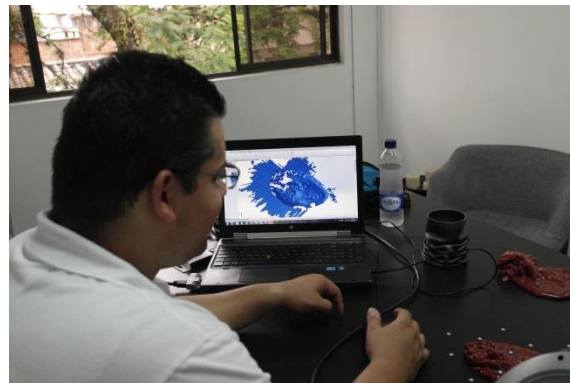
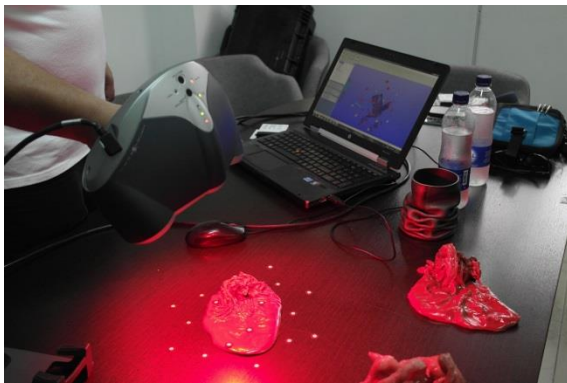
Estructura de la Pieza

Acabados de la Pieza

Oportunidad Comercial

La primera de las consideraciones para el relacionamiento es la *capacidad de transferir la geometría de lo físico a lo digital*. Es importante anotar que para un sistema de producción industrial y serializado, el archivo digital de la pieza a desarrollar es un insumo tan importante como lo es el material para producirlo o la maquinaria para llevar a cabo el proceso.

En el caso de esta experimentación, el insumo digital de las experimentaciones sólo se puede obtener mediante el escaneo 3D de las geometrías, pues dichas formas son completamente irreproducibles a través de los métodos convencionales de modelado digital. En el desarrollo del proyecto se encontró que incluso para los escáneres 3D más avanzados (encontrados en el contexto local), las formas de las experimentaciones son demasiado complejas y sólo se logra un acercamiento formal o una reproducción parcial de la pieza, pero nunca un modelo completo digitalizado el cual pueda ser usado como insumo para la producción industrial. Esta imposibilidad, de entrada, detiene todo el proceso subsiguiente para llevar la exploración formal física a la producción industrial a través de la FAB-DIG.



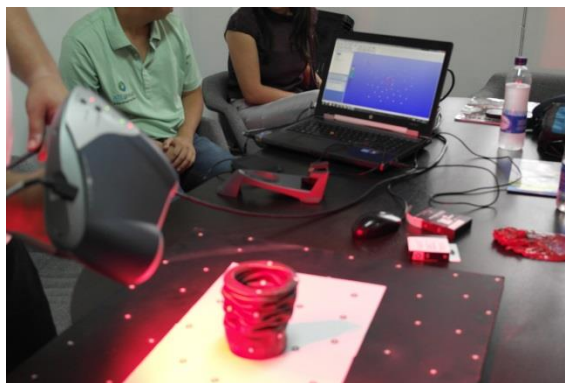
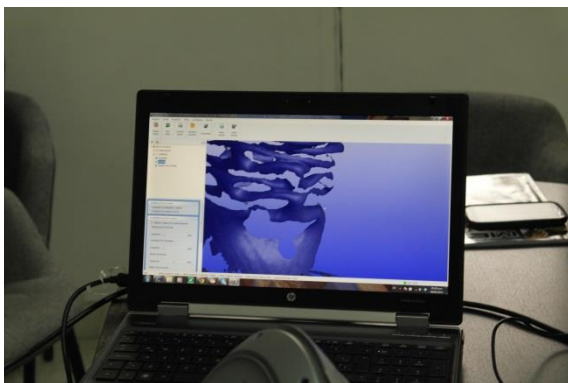


Ilustración 119: Proceso de digitalización de experimentaciones por medio de escaneo 3D

Dado que se llegó a un “Punto Muerto” en el proceso, el resto de las consideraciones para relacionar las experimentaciones de la búsqueda de la forma física con la fabricación digital se harán, desde este punto, de manera hipotética pero aterrizada a las posibilidades de las experimentaciones, el sector productivo y el mercado.

Entonces, una vez que se tiene el archivo digital resultante de la transferencia de la geometría física a una digital, se puede proceder a validar la *viabilidad productiva*. Esta viabilidad tiene en cuenta factores como la forma, el material con el que se va a producir, espesores, dimensiones, número de piezas a producir. La evaluación de la posible reproducibilidad de la forma según las propiedades de las geometrías en función de la posibilidad de los procesos productivos de la que se dispone, provee, por lo menos de manera hipotética, la certeza de que tal insumo digital puede ser leído y aceptado por cierto proceso productivo.

Directamente de la viabilidad productiva se deriva la *capacidad técnica/tecnológica* de la que se disponga para llevar a cabo el proceso de transformar el insumo digital en una pieza física. De nada sirve que en teoría una forma de la experimentación pueda ser llevada a la producción mediante un proceso productivo determinado si no se cuenta con la capacidad técnica/tecnológica para llevar a cabo tal proceso. Esta consideración depende tanto del desarrollo tecnológico de la maquinaria como del desarrollo metodológico del proceso.

En el momento que se valida la viabilidad productiva y la capacidad técnica/tecnológica, se tiene luz verde para continuar verificando y relacionando el resto de las consideraciones.

La *disponibilidad local* es la siguiente consideración. Ésta depende de los recursos tecnológicos y técnicos que se encuentren en el medio. Es común, en un país como Colombia, que haya recursos técnicos limitados, de los cuales si se dispone en el entorno mundial por lo tanto no sólo se debe validar que la forma se pueda llevar a la producción y que exista tecnología para hacerlo, sino también la accesibilidad que se tiene a la tecnología necesaria para el proceso en el contexto en el que se encuentra. Una vez que se validaron todos los aspectos productivos de tal relacionamiento, se pasa a otra consideración de vital importancia: lo económico.

Dado que el fin último de la investigación es poder llevar las formas resultantes a una producción industrial es de gran importancia determinar si tal proceso es viable económicamente. La *viabilidad económica* se centra en dos aspectos fundamentales: la función y los costos de producción. El primero, la función, hace referencia a si la geometría que se pretende desarrollar cumplirá con alguna función con el fin de poder determinar si podrá ser usada, producida y comercializada. A pesar que las formas sean “atractivas”, si no se le encuentra ninguna posible utilidad a la misma, no sería viable para una empresa producirla, pues estamos hablando de integrar la búsqueda formal con la producción industrializada y finalmente con el mercado y no de la realización de piezas artísticas. Si es posible encontrarle una

función a la forma, se precederá a considerar los costos de producción. Estos costos son la relación entre el valor real de lo que cuesta producir y comercializar una de estas formas a nivel industrial y cuánto será el valor percibido por el mercado. Si el balance de estos costos es positivo y presenta al final ganancias o rentabilidad para quien está invirtiendo en llevar la forma al mercado podríamos afirmar que tal pieza es viable económicamente. Ahora, la validación de este punto es bastante complejo por no solo estamos hablando de cifras económicas sino de otro tipo de consideraciones de mercado que podrían afectar la reproductibilidad de la geometría desarrollada. Uno de esos puntos es la *oportunidad comercial*, que hace referencia a si esa forma está solucionando una necesidad real existente en el mercado. Aunque una pieza sea viable en cuanto a costos de producción, debe estar respondiendo a una oportunidad comercial, porque de lo contrario estaríamos de nuevo cayendo en un objeto que se convertiría en algo ocasionalmente apreciado por su valor estético. Tal oportunidad comercial depende en gran medida de la vocación de la forma junto con un agudo estudio de mercado que permita encontrar la circunstancia precisa donde tal geometría no solo va a ser “diferente” sino también útil y funcional.

Finalmente se deberá tener en cuenta dos últimas consideraciones que responden primordialmente a la materialidad misma de la pieza que se va a desarrollar: La *estructura de la pieza* y los *acabados de la pieza*. La estructura de la pieza cambia mucho según la geometría y los soportes físicos, aunque afortunadamente gracias al avance en procesos y materiales, es posible afirmar que una gran mayoría de los resultados experimentales podrían tener muy buenas propiedades estructurales si se reproducen con los materiales apropiados. De igual forma hay que considerar la finalidad de la pieza, pues no es lo mismo estudiar la estructura de una pieza en función de contener agua a estudiar la misma geometría en función de soportar un ser humano. Por último, los acabados de la pieza, responden a la función y al soporte físico usado para la reproducción de las piezas. El acabado que tengan las mismas también está influenciado por la disponibilidad técnica que se tenga para realizar tal acabado.

Es así, como las variables de la búsqueda formal se relacionan con el modelo de producción serializado a través de la fabricación digital. Es importante anotar que los puntos anteriormente propuestos no son los únicos posibles a considerar ni se presentan como un modelo lineal. Es posible que en un minucioso proceso de llevar una forma a la producción serializada, según la intención o expectativa final, las consideraciones y el orden de estas cambien, adaptándose a las necesidades del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- AA Emtech. (2011). Recuperado el 1 de febrero de 2012, de <http://emtech.aaschool.ac.uk/2011/01/22/expandable-surface-system/>
- Escaner3D. (18 de 08 de 2012). Obtenido de http://www.escaner3d.com/?page_id=12
- Eximed S.A. (08 de 19 de 2012). Obtenido de <http://www.eximed.cl/cim>
- 3D SYSTEMS. (2010). *3D Systems*. Recuperado el 02 de 06 de 2012, de <http://www.zcorp.com/es/Products/3D-Printers/spage.aspx>
- 45 Kilo. (s.f.). Recuperado el 10 de marzo de 2012, de <http://www.45kilo.com/category/products/>
- 45 KILO. (2011). *45 Kilo*. Recuperado el 10 de 03 de 2012, de <http://www.45kilo.com/category/products/>
- AIMME. (10 de marzo de 2011). *Interempresas*. Recuperado el 30 de 04 de 2012, de [http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/49381-Fabricacion-aditiva-de-aluminio-y-aleaciones-ligeras-\(ANF-Forming\).html](http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/49381-Fabricacion-aditiva-de-aluminio-y-aleaciones-ligeras-(ANF-Forming).html)
- ALAVA. (2012). *ALAVA Ingenieros*. Recuperado el 04 de 05 de 2012, de <http://www.alava-ing.es/ingenieros/productos/tecnologias-de-prototipado-3d-y-simulacion/sinterizado-laser/>
- ARBELÁEZ OCHOA, E., & PATIÑO MAZO, E. (2009). *Generación y transformación de la forma*. Medellín: UPB.
- ARTHITECTURAL. (29 de 03 de 2011). *Arthitectoral*. Obtenido de <http://www.arthitectoral.com/avanto-architects-ville-hara-and-anu-puustinen-kupla-helsinki-zoo-lookout-tower/>
- ArtRSS. (2011). *ArtRSS*. Recuperado el 10 de 03 de 2012, de <http://www.artrss.net/identita-home-theatre-chair-design-by-hakan-bogazpinar/>
- ATELIER LÁSER. (2010). *ATELIER LÁSER*. Recuperado el 10 de 05 de 2012, de <http://www.atelierlaser.com.ar/trabajos-de-corte-laser-entre-rios-concepcion-del-uruguay.php>
- BASELMANS, J. (2005). *Achimmenges.net*. Recuperado el 05 de 02 de 2012, de <http://www.achimmenges.net/?p=4429>
- BERNABEU LARENA, A. (Mayo de 2009). *Shape Design Methods Based on the Optimisation of the Structure*. Recuperado el 20 de 09 de 2011, de

http://www.bma.arch.unige.it/PDF/CONSTRUCTION_HISTORY_2009/VOL1/Bernabeu-Alejandro_layouted.pdf

BERNARDINI, F., & RUSHMEIER, H. (2002). The 3D Model Acquisition Pipeline. *COMPUTER GRAPHICS forum*, 21(2), 149–172.

BILLEDARKIV, Kontainer. (21 de 04 de 2009). *HAY Furniture*. Recuperado el 30 de 04 de 2012, de <http://files.hay.dk/files/view/127065/>

BOMMEL, C. (10 de 05 de 2009). *Desing Mind*. Recuperado el 10 de 03 de 2012, de <http://designmind.frogdesign.com/blog/milan-furniture-fair-09.html>

CALLEJAS, A. (04 de 02 de 2012). Diseñadora de vestuario. (M. V. Marín, Entrevistador)

DEMAKERSVAN. (2004). *Dutch Design House - Demakersvan*. Recuperado el 04 de 03 de 2012, de <http://www.demakersvan.com/>

DERRINGER, J. (27 de 11 de 2011). *Design- Milk*. Recuperado el 06 de 05 de 2012, de <http://design-milk.com/new-from-stuart-melrose/>

DESIGNBOOM®. (2009). *DESIGNBOOM®*. Recuperado el 12 de 05 de 2012, de <http://www.designboom.com/weblog/cat/8/view/5992/chris-kirby-spiral-lamp-at-milan-design-week-09.html>

DESIGNBOOM®. (2000). *Designboom®*. Recuperado el 10 de 04 de 2012, de http://www.designboom.com/history/ban_expo.html

DESIGNBOOM®. (06 de 02 de 2011). *DESIGNBOOM®*. Recuperado el 24 de 04 de 2012, de <http://www.designboom.com/weblog/cat/8/view/12038/patrick-jouin-design-and-gesture-preview.html>

DESIGNSPOTTER. (2011). *Designs Potter*. Recuperado el 10 de Marzo de 2012, de <http://www.designspotter.com/profile/David-Muenschner.html>

DESIGNSPOTTER. (2012). *Designspotter*. Recuperado el 10 de 03 de 2012, de <http://www.designspotter.com/profile/Mete-A.-MORDAG.html#>

DEZEEN. (19 de 03 de 2007). *DeZeen Magazine*. Recuperado el 20 de 06 de 2012, de <http://www.dezeen.com/2007/03/19/airborne-snotty-vases-by-marcel-wanders/>

DÍAZ DEL CASTILLO, F. (2010). *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO*. Recuperado el 03 de Septiembre de 2011, de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/

DIERICHS, K. (2007-2009). *AA London EmTech (M. Hensel, A. Menges, M. Weinstock)*. Recuperado el 01 de Febrero de 2012, de <http://www.achimmenges.net/?p=4380>

- DOGGEN, R. (2005). *Rotterdam Academy of Architecture GPA Studio 02*. Recuperado el 31 de Enero de 2012, de <http://www.achimmenges.net/?p=4425>
- DOMINICUS, M., KETELAARS, J., VAN LAERHOVEN, P., & PRONK, A. (2002). *Arnopronk.com*. (T. N. Eindhoven University of Technology, Ed.) Recuperado el 04 de 02 de 2012, de <http://www.arnopronk.com/bestanden/acapulco%20def%20Arno%20Pronk.pdf>
- DORNOB. (2012). *Dornob*. Recuperado el 10 de 03 de 2012, de <http://dornob.com/floating-dome-home-off-the-grid-geodesic-island-retreat/?ref=search>
- DSG NR STUDIO. (03 de 02 de 2011). *DSG NR STUDIO*. Recuperado el 10 de 03 de 2011, de <http://www.dsgnr.cl/2011/02/lampara-space-time-para-zero-karim-rashid/>
- DZIUK, A., & KHAIR, S. (2010). *Achimmenges*. (I. D. ICD Stuttgart University, Ed.) Recuperado el 31 de Enero de 2012, de <http://www.achimmenges.net/?p=4693>
- eMachineShop.com. (s.f.). *eMachineShop.com*. Obtenido de eMachineShop.com: <http://www.emachineshop.com/machine-shop/CNC-Bending/page65.html>
- ESTEREOLITOGRAFÍA, d. M. (24 de 04 de 2012). *Estereolitografía de México S.A. de C.V.* Recuperado el 05 de 05 de 2012, de <http://www.estereolitografiademexico.com/>
- ETHERINGTON, R. (2010 de 18 de Marzo). *Dezeen Limited*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2012, de <http://www.dezeen.com/2010/03/18/concrete-chair-by-tejo-remy-renee-veenhuizen/>
- EVANS, B. (2012). *Practical 3D Printers: The Science and Art of 3D Printing*. Apress.
- FOSCARINI. (2002). *Foscarini*. Recuperado el 03 de 05 de 2012, de <http://www.architonic.com/pmgal/blob-foscarini/1047455>
- FREECELL. (2008). *Freecell*. Recuperado el 10 de 03 de 2012, de <http://www.frcll.com/>
- FREECELL. (2008). *Freecell*. Recuperado el 10 de marzo de 2012, de <http://www.frcll.com/>
- Freedom Of Creation. (2011). *Freedom Of Creation*. Recuperado el 03 de Septiembre de 2011, de <http://www.freedomofcreation.com/collection/products>
- FREEDOM OF CREATION. (2011). *Freedom Of Creation*. Recuperado el 03 de Septiembre de 2011, de <http://www.freedomofcreation.com/collection/products>
- GED - Grupo de Estudios en Diseño. (22 de 12 de 2010). *Universidad Pontificia Bolivariana*. Recuperado el 27 de 03 de 2012, de http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1054,32014974&_dad=portal&_schema=P
ORTAL

- GONZÁLEZ, L., & MEJÍA, G. (2006). *Experimentos con burbujas de jabón*. Recuperado el 04 de 03 de 2013, de <http://www.fenomec.unam.mx/publicaciones/notas/013.pdf>
- GROOVER, M. P. (1997). *Fundamentos De Manufactura Moderna: Materiales procesos y sistemas*. Mexico: Prentice Hall.
- HALDANE. (2010). *HALDANE - the mark of timber excellence*. Recuperado el 30 de 04 de 2012, de <http://www.haldaneuk.com/trade>
- HANS. (02 de 12 de 2008). *CubeMe*. Recuperado el 12 de 10 de 2012, de <http://cubeme.com/blog/2008/12/02/venus-natural-crystal-chair-by-tokujin-yoshioka/>
- HARRISON, A., & CECILY, L. (2008). *Design for Manufacture Project*. Recuperado el 10 de 04 de 2012, de <http://www.designcreate.info/reports/Reports%20Chronologically/2008/crumple.pdf>
- HARRY. (21 de marzo de 2011). *MOCO desing*. Recuperado el 10 de Marzo de 2012, de <http://mocoloco.com/fresh2/2011/03/21/wooden-textile-fashion-by-elisa-strozyk-maria-bonita.php>
- HENSEL, M., & MENGES, A. (2004). *ICD Universität Stuttgart*. Recuperado el 31 de Enero de 2012, de <http://www.achimmenges.net/?p=4438>
- HERNÁNDEZ, R. (30 de 12 de 2009). *Yatzer*. Recuperado el 03 de 02 de 2012, de http://www.yatzer.com/feed_2075_wooden_textiles_add_a_new_dimension
- HIVE. (2002). *Hive modern design*. Obtenido de <http://hivemodern.com/pages/product2238/foscarini-blob-ceiling-lamp>
- HOFFMAN, J. (21 de 08 de 2003). *Machine Design*. Recuperado el 20 de 05 de 2012, de <http://machinedesign.com/article/the-next-step-in-rapid-prototyping-0821>
- HUIJBEN, F., VAN HERWIJNEN, F., & NIJSSE, R. (12 de 02 de 2012). *Fabric Forming*. (Eindhoven University of Technology (NL), Ed.) Obtenido de http://www.fabricforming.org/images/papers/Vacuomatics_3D-Formwork_Systems.pdf
- HYPERTHESIS VISUAL LAB. (2011). *Hyperthesis Visual Lab*. Recuperado el 10 de marzo de 2012, de <http://www.hyperthesis.com/flow.php>
- IDEAS EN METAL. (2012). *Ideas En Metal*. Recuperado el 30 de 04 de 2012, de http://www.ideasenmetal.com/servicios-de-subcontratacion/corte-laser-en-3d/detalle%20laser%203d_1.jpg/view
- IWAMOTO, L. (2009). *Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques (Architecture Briefs)*. New York: Princeton Architectural Press; 144 p.

- Jaramillo, J. D., Patiño, E., & Arango, M. (01 de 2010). *Reformalab*. Obtenido de Reformalab: http://www.reformalab.com/2010_01_01_archive.html
- JOHNSON, A. (2006). *3D contemporary applied Arts Glass and ceramics*. Recuperado el 03 de 02 de 2012, de <http://www.adamjohnson.lionsplace.co.uk/4.html>
- KUDLESS, A. (18 de Junio de 2009). *Matsys Design*. Recuperado el 03 de Septiembre de 2011, de <http://matsysdesign.com/tag/form-finding/>
- KUDLESS, A., & VUKCEVICH, I. (2006). *CUMINCAD*. Recuperado el 03 de Septiembre de 2011, de cumincad.scix.net/data/works/att/acadia06_555.content.pdf
- LAI, R. (09 de 03 de 2011). Recuperado el 02 de 06 de 2012, de <http://www.engadget.com/2011/03/09/eadss-airbike-is-a-3d-printed-nylon-bicycle-actually-looks-rat/>
- laser, Y. (s.f.). *Yueming laser*. Obtenido de Yueming laser: <http://www.yueminglaser.es/2-cnc-laser-cutter-13.html>
- LEACH, N. (03 de 03 de 2010). *PARAsite parametric and algorithmic research in architecture*. Recuperado el 30 de 04 de 2012, de <http://parasite.usc.edu/?p=453>
- LEFTERI, C. (2008). *Así se hace*. Barcelona: Blume.
- MANCINI, P. (01 de 12 de 2007). *Amphibia*. Recuperado el 24 de 04 de 2012, de <http://www.amphibia.com.ar/futuro-y-fabbing/>
- MARROQUÍN, N. (2010). *Tras los pasos de un hacker*. Quito: CreateSpace.
- MATERIALISE. (04 de 2006). *MGX Materialise*. Recuperado el 24 de 04 de 2012, de <http://www.mgxbymaterialise.com/principal-collection/families/mgxmodel/detail/detail/45>
- MATERIALISE. (29 de 03 de 2011). *GMX by Materialise*. Recuperado el 02 de 06 de 2012, de <http://www.mgxbymaterialise.com/news/newsletter/50-winter-newsletter-2011>
- MATERIALISE. (2011). *Materialise*. Recuperado el 03 de Septiembre de 2011, de <http://www.mgxbymaterialise.com/>
- MATSUDA, E. (2004). *Achimmenges.net*. Recuperado el 31 de 01 de 2012, de <http://www.achimmenges.net/?p=4403>
- MAYA, L., & SIERRA, C. (22 de 07 de 2011). *Scribd*. Recuperado el 03 de 09 de 2011, de <http://es.scribd.com/doc/60657802/Swoosh-Pavilion1>
- Melrose, S. (2011). *Design- Milk*. Obtenido de <http://design-milk.com/new-from-stuart-melrose/>

- MENGES, A. (2004). *achimmenges.net*. Recuperado el 02 de 03 de 2012, de <http://www.achimmenges.net/?p=4436>
- MENGES, A. (2004). *achimmenges*. (I. U. Stuttgart, Ed.) Recuperado el 31 de 01 de 2012, de <http://www.achimmenges.net/?p=4436>
- MENGES, A., FELIPE, S., & TRUCO, J. (2005). *achimmenges.net*. (I. U. Stuttgart, Editor) Recuperado el 31 de 01 de 2012, de <http://www.achimmenges.net/?p=4440>
- MERCHANT, A. (2009). *Achimmenges.net*. Recuperado el 01 de 02 de 2012, de <http://www.achimmenges.net/?p=4373>
- MGX. (2005). *MGX by Materialize*. Recuperado el 24 de 04 de 2012, de <http://www.mgxbymaterialise.com/principal-collection/families/mgxmodel/detail/detail/36>
- MOMA. (1996). *MOMA*. Recuperado el 02 de octubre de 2012, de http://www.moma.org/collection/object.php?object_id=3586
- MUÑOZ, P., LÓPEZ, J., RAFFO, I., & SEQUEIRA, A. (25 de 10 de 2012). La flexibilidad en la generación de las formas. Buenos Aires: De la forma.
- MUT. (2008). *Mut design estudio + atelier*. Recuperado el 20 de 05 de 2012, de <http://www.mutdesign.com/proyecto.php?id=19>
- MUT. (2008). *Mut design estudio + atelier*. Recuperado el 20 de 05 de 2012, de <http://www.mutdesign.com/proyecto.php?id=19>
- MUT. (2011). *Mut design estudio + atelier*. Recuperado el 12 de 05 de 2012, de <http://www.mutdesign.com/producto.php?id=42>
- My deco shop*. (s.f.). Obtenido de My deco shop: <http://www.my-deco-shop.com/design/lang-es/lampara-de-mesa/481-la-luz-crea-la-sensacion-alambre-transparente-y-hermosa-deco-y-diseno.html>
- NATEDAL, P., & EGSET, T. (2009). *northernlighting®*. (I. U. Stuttgart, Editor) Recuperado el 03 de 02 de 2012, de <http://northernlighting.no/?produkter=diva>
- NERDINGER, W., & Princeton Architectural Press. (2005). *Frei Otto complete Works – Lightweight construction – Natural Design*. Berlin: Birkhauser- Publisher For Architecture Basel.
- NERVOUS SYSTEM. (18 de 08 de 2012). *Nervous System*. Recuperado el 22 de 08 de 2012, de Nervous System: <http://n-e-r-v-o-u-s.com/>
- ORTA RIAL, M. (2005). *Archivo Digital Universidad Politécnica de Madrid*. Recuperado el 03 de Septiembre de 2011, de <http://oa.upm.es/380/1/03200503.pdf>

- OSFA. (01 de 06 de 2009). *Hackitectura*. Recuperado el 31 de marzo de 2012, de http://mcs.hackitectura.net/tiki-index.php?page=MAAD&comments_parentId=227&comments_maxComments=1&comments_style=commentStyle_threaded
- PATÍÑO MAZO, E. (2006). Forma espontánea: Métodos experimentales de búsqueda formal. *Actas de Diseño Año I, Vol. 1*. Buenos Aires, Argentina.
- PATÍÑO, E., JARAMILLO, J. D., & ARANGO, M. (2010). *REFORMA Laboratorio de Diseño* ©. Recuperado el 03 de Septiembre de 2011, de <http://www.reformalab.com/search?updated-max=2011-07-26T18%3A35%3A00-07%3A00&max-results=5>
- PETROS, M. (2010). *Contour Crafting - research and development*. (B. KHOSHNEVIS, Editor) Recuperado el 20 de 05 de 2012, de <http://www.contourcrafting.org/>
- PLEATFARMER. (30 de noviembre de 2009). *PLEATFARMER*. Recuperado el 5 de abril de 2012, de <http://www.pleatfarm.com/2009/11/30/one-box-one-chair/>
- PLEATFARMER. (25 de abril de 2010). *PLEATFARMER*. Recuperado el 5 de abril de 2012, de <http://www.pleatfarm.com/2010/04/25/origamic-textiles-elena-salmistraro/>
- PRONK, A., BULLENS, T., & FOLMER, T. (26 de Abril de 2010). *ILEKlab*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2011, de http://ileklab.de/?attachment_id=1709-
- RAINER, B., & WINFRED, N. (2005). *Frei Otto complete Works – Lightweight construction – Natural Design*. Berlin: Birkhauser- Publisher For Architecture Basel.
- RAJNI. (21 de 07 de 2009). *HOMETONE*. Recuperado el 10 de 03 de 2012, de <http://www.hometone.com/entry/tri-fold-recreational-seating-for-those-lazy-evenings/>
- RAUN, C., KRISTENSEN, M. K., & KIRKEGAARD, P. H. (8-12 de Noviembre de 2010). *Fabric forming*. Recuperado el 27 de Febrero de 2012, de <http://www.fabricforming.org/images/papers/G0304paper.pdf>
- REICHERT, S. (2006). *Achimmenges*. Recuperado el 31 de Enero de 2012, de <http://www.achimmenges.net/?p=4411>
- REICHERT, S. (2008). *HfG Offenbach Form Generation and Materialization*. Recuperado el 1 de Febrero de 2012, de <http://www.achimmenges.net/?p=4638>
- REVISTA LETREROS. (02 de 2008). Impresoras 3D, tecnología de avanzada al alcance de la industria nacional. *Letreros*(Año XXIII - Nº 92).
- Revista SEMANA. (03 de 09 de 2011). Impreso en 3D. *Revista SEMANA*.

- RODRÍGUEZ, C., & NG, E. (22 de 07 de 2011). *Scribd*. Recuperado el 03 de 09 de 2011, de <http://es.scribd.com/doc/60658726/C-Space-Pabillion>
- RODRÍGUEZ, N., & SASTRE SASTRE, R. (Diciembre de 2005). *Bitstream*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2011, de <http://tdx.cat/bitstream/handle/10803/>
- Rolanddga. (s.f.). *Rolanddga*. Obtenido de Rolanddga: <http://es.rolanddga.com/products/cutters/>
- Sabia. (s.f.). Obtenido de [http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Hardware/scanner3D/Esca ner3D.html](http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Hardware/scanner3D/Esca%20ner3D.html)
- SANCHIZ, G. (2006). *achimmenges.net*. Recuperado el 29 de 03 de 2012, de <http://www.achimmenges.net/?p=4389>
- SANWALI. (23 de 03 de 2011). *Rounded off*. Recuperado el 02 de 03 de 2012, de <http://roundedoff.com/2011/03/23/wooden-stretch-bench-by-tak-euy-sung/>
- SIERRA, F. (24 de 04 de 2012). *AMbientes LUAR*. Obtenido de <http://www.ambientesluar.net/espanol/html/home.html>
- SOJOURN, D. (10 de 08 de 2011). *Flickr*. Recuperado el 12 de 03 de 2012, de <http://www.flickr.com/photos/designsojourn/2589189194/>
- SONGEL, J. (23 de 06 de 2008). *Riunet Universidad Politécnica de Valencia*. Recuperado el 03 de Septiembre de 2011, de <http://riunet.upv.es/handle/10251/2346>
- SRIVASTAVA, V., & SAHOO, K. (2007). *Materials Science-Poland*. Recuperado el 05 de 02 de 2012, de http://materialsscience.pwr.wroc.pl/bi/vol25no3/articles/ms_18sriv.pdf
- Stylehive*. (s.f.). Recuperado el 10 de marzo de 2012, de <http://www.stylehive.com/bookmark/modern-designer-furniture-blog-concept-flow-chair-from-hyperthesis-617770>
- TEMPLIN, S., & BRENNER, V. (2010). *Achimmenges.net*. Recuperado el 3 de 02 de 2012, de <http://www.achimmenges.net/?p=4703>
- THE FLYING MAST. (2009). *The Flying Mast*. Recuperado el 10 de marzo de 2012, de <http://www.flyingmast.com/?p=208>
- THE FLYING MAST. (s.f.). *The Flying Mast*. Recuperado el 10 de marzo de 2012, de <http://www.flyingmast.com/?cat=12>
- Top chair design*. (s.f.). Recuperado el 10 de marzo de 2012, de <http://www.topchairdesign.com/folding-chairs-modern-and-functional-by-mark-hagen-2/>

TRÉNDIR. (29 de 05 de 2010). *Tréndir*. Recuperado el 20 de 05 de 2012, de www.trendir.com/ultra-modern/corian-outdoor-furniture-by-avanzini-leaf.html

UPB, I. (08 de 04 de 2011). *UPB*. Obtenido de Revista IMAGO UPB:
http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1534,32633707&_dad=portal&_schema=PORTAL
http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1534,32633707&_dad=portal&_schema=PORTAL

VALENCIA ESCOBAR, A. (2011). Exp...eri...encia, mento, mentar. *El Antejardín - Fanzine No 2*, 6-8.

VALENCIA ESCOBAR, A. H. (2006). *UPB*. Recuperado el 27 de 03 de 2012, de
http://eav.upb.edu.co/banco/files/RELACIONESFORMAESTRUCTURAMOVIMIENTO_0.pdf

VALENCIA ESCOBAR, A. H. (Octubre de 2009). *Universidad Nacional de Tucumán - FAU*.
Recuperado el 27 de 03 de 2012, de Morfología experimental: esquema de formación en
diseño industrial:
http://sema2009.webfau.com.ar/Contexto_Didactica/ValenciaAndres/AValencia01.htm

VARGAS, R. (5 de 8 de 2009). *Evisos*. Obtenido de <http://cundinamarca.evisos.com.co/fotos-del-anuncio/corte-láser-en-laminas-de-acero-quot-serviláser-id-63821>

VELÁSQUEZ POSADA, M. (8 de 12 de 2010). *[ART]*. Recuperado el 24 de 04 de 2012, de
<http://morrisvel.com/author/expacios/>

VÉLEZ, J. E., & MEJÍA, D. C. (2010). *Scribd*. Recuperado el 27 de 03 de 2012, de
<http://es.scribd.com/doc/49556431/Mutaciones-geometricas-Cali-diseno>

VYZOVITI, S. (2008). *Supersurfaces* (4 ed.). BIS Publishers.

WASS, A. (2008). *Fashion indie*. Obtenido de http://fashionindie.com/designer-discovery-liv-blavarp/blavarp_10/#gallery

WATERJETS. (2010). *Waterjets.org - The most complete waterjet resource on the web*. Recuperado el 20 de 05 de 2012, de
http://waterjets.org/index.php?option=com_content&task=view&id=119&Itemid=31#Tinybike

WITHINLAB. (10 de Febrero de 2011). *Within*. Recuperado el 03 de Septiembre de 2011, de
<http://within-lab.com/case-studies/index12.php>

WITHINLAB. (10 de Febrero de 2011). *Within*. Recuperado el 03 de Septiembre de 2011, de
<http://within-lab.com/case-studies/index12.php>

WithinLab, ©. M. (10 de Febrero de 2011). *Within*. Recuperado el 03 de Septiembre de 2011, de
<http://within-lab.com/case-studies/index12.php>

Yueminglaser. (s.f.). Obtenido de <http://www.yueminglaser.es/2-cnc-laser-cutter-13.html>

Zaeh, M. (s.f.). *Mazzaeh*. Obtenido de http://www.mazzaeh.ch/designlab/olimp_-_cutting_the_zeros.html

ZARTARIAN, V. (2007). *Co-creation.net*. Recuperado el 10 de 04 de 2012, de <http://co-creation.net/architecture/livre-1-2.htm>

ZEOSPOT. (24 de NOVEMBER de 2009). *ZEOSPOT.COM*. Recuperado el 03 de 02 de 2012, de <http://zeospot.com/modern-sculptures-by-merete-rasmussen/>

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Esquema de la metodología experimental	13
Ilustración 2: Catenaria y el arco invertido ²	15
Ilustración 3: Modelo suspendido de Gaudí	15
Ilustración 4: Techo estación de gasolina en Suiza. Cáscara de concreto	16
Ilustración 5: Experimento de Frei Otto.....	17
Ilustración 6: Etapas finales: experimentación y evaluación.	17
Ilustración 7: Silla terminada y diagrama de curvas	18
Ilustración 8: Philips Pavilion Bruselas, 195 ⁶	18
Ilustración 9: Parte reconstruida del Philips Pavilion ⁶	19
Ilustración 10: Se inflaron tres balones y luego se recubrieron con aros de acero y una malla ⁶	19
Ilustración 11: Se realizó un baño con concreto hasta generar una capa de 5cm de espesor.....	20
Ilustración 12: Cellular Form-Finding. Búsqueda de la forma con yeso ⁷	20
Ilustración 13: Cellular Form-Finding. Análisis del prototipo	20
Ilustración 14: P_Wall. Molde Superior e inferior ⁷	21
Ilustración 15: Wall. Instalación de la pared	21
Ilustración 16: Ville Hara by Korkeassaari Atalaya ⁹	22
Ilustración 17: Ville Hara structure.....	22
Ilustración 18: Proceso de experimentación/producción	23
Ilustración 19: Estructura de superficie sensible, Steffen Reichert, HfG Offenbach, 2006-07	25
Ilustración 20: Responsive Surface Structure II, Steffen Reichert, HfG Offenbach 2008.....	26
Ilustración 21: MDE 03 Paper Strip Morphologies, Achim Menges, Morphogenetic Design Experiment, 2004.....	26
Ilustración 22: Expandable Surface System	27
Ilustración 23: Folding Architecture exercise (Sophia Vyzoviti)	28
Ilustración 24: A range of iterations on this theme were then explored	30
Ilustración 25: Membrane Frame Kinetics, Jaap Baselmans, Rotterdam Academy of Architecture, 2005.....	31
Ilustración 26: Cylindrical Membrane Morphologies, Sonja Templin / Valentin Brenner, ICD Stuttgart, 2010	32
Ilustración 27: Wooden Textil by Elisa Strozyk	33
Ilustración 28: Designed Particles Aggregations 01, Eichi Matsuda, AA London, 2003-04	34

Ilustración 29: Porous Cast, Gabriel Sanchiz, AA London, 2005-06.....	35
Ilustración 30: Morfología de la membrana, Michael Hensel, Achim Menges, 2004-05.....	36
Ilustración 31: Membrane Interaction, Ralph Doggen, Rotterdam Academy of Architecture, 2005	37
Ilustración 32: Sustancias viscosas - Resultados experimentación	37
Ilustración 33: Sustancias viscosas - Variables Metodológicas ²⁴	37
Ilustración 34: Lightweight construction Frei Otto	38
Ilustración 35: Technish Universiteit Eindhoven Blob Prototype: Playing object.....	39
Ilustración 36: Aplicación a presión del cemento	39
Ilustración 37: Superficie Madera - Resultados experimentación	40
Ilustración 38: Lámpara DIVA.....	41
Ilustración 39: Folding Architecture by Sophia Vyzoviti	42
Ilustración 40: Folding Architecture by Sophia Vyzoviti	43
Ilustración 41: Volumetric Membrane Hinging, Shadi Khair / Andreas Dziuk, ICD Stuttgart, 2010	44
Ilustración 44: Películas plásticas y presión - Resultados experimentación ³⁴	44
Ilustración 45: Películas plásticas y presión - Variables Metodológicas	45
Ilustración 46: Membranas elásticas y yeso - Proceso experimentación ³⁵	45
Ilustración 47: Membranas elásticas y yeso - Resultados experimentación ³⁵	45
Ilustración 48: Membranas elásticas y yeso - Variables Metodológicas.....	46
Ilustración 49: Proceso Membranas rigidizadas.....	47
Ilustración 50: Proceso Membranas rigidizadas	47
Ilustración 51: Flexibility control.....	48
Ilustración 52: Mould of façade element.....	49
Ilustración 53: The final mockup.....	50
Ilustración 54: Crecimiento de espumas - Resultados experimentación ⁴⁰	50
Ilustración 55: Crecimiento de espumas - Variables Metodológicas.....	51
Ilustración 56: Solidificación de sustancias - Resultados experimentación ⁴¹	51
Ilustración 57: Solidificación de sustancias - Variables Metodológicas	51
Ilustración 58: Deformación de metal - Resultados experimentación ⁴²	52
Ilustración 59: Deformación de metal - Variables Metodológicas	52
Ilustración 60: Partículas metálicas y magnetismo - Variables Metodológica.....	52

Ilustración 61: Partículas metálicas y magnetismo - Resultados experimentación ⁴³	53
Ilustración 62: Esquema del espumado de metal líquido directo con inyección de gas ⁴⁴	53
Ilustración 63: Estructura representativa de la morfología tipo Lotus ⁴⁴	53
Ilustración 64: Aluminium foams by PM route: a) slow heating rate, b) high heating rate.....	54
Ilustración 65: Experimentaciones con burbujas de jabón	55
Ilustración 66: Pneumatic construction Frei Otto	57
Ilustración 67: Textiles texturizados	57
Ilustración 68: Agregaciones, Karola Dierichs, AA London, 2007-09.....	58
Ilustración 69: Cuadro explicativo proceso experimental de la búsqueda	59
Ilustración 70: Concret Chair.....	98
Ilustración 71: Venus Natura Crystal Chair by Tokujin Yoshioka	99
Ilustración 72: Knotte Chair by Marcel Wanders	100
Ilustración 73: Wooden Textile. Elisa Strozzyk y Maria Bonita.....	101
Ilustración 74: Obras Frei Otto.....	101
Ilustración 75: LightHearted Peter Dorsey.....	102
Ilustración 76: Floating Dome Home: Off-the-Grid Geodesic Island Retreat.....	103
Ilustración 77: HOT AIR from Timisoara,Rumania	104
Ilustración 78: Stack to Fold, SFMOMA	104
Ilustración 79: One Box One Chair by Sungun Chang.....	105
Ilustración 80: Origamic textile studies by Anna O'Neill.....	105
Ilustración 81: Cell Chair- David Munscher	106
Ilustración 82: Identita Home Theatre Chair.....	106
Ilustración 83: Flow Chair from Hyperthesis Visual Lab.....	107
Ilustración 84: Charming furniture design	107
Ilustración 85: Wood Bench	108
Ilustración 86: 'Spiral lamp' by Chris Kirby	109
Ilustración 87: Tri fold by Mark Hagen	109
Ilustración 88: La lámpara 'space time'	110
Ilustración 89: 'Blob S'.....	111
Ilustración 90: ZIP RUG by Mut design	111

Ilustración 91: Furniture by Stuart Melrose.....	112
Ilustración 92: Asiento 'Orion'	112
Ilustración 93: Lámparas Cubo - Ambientes LUAR.....	116
Ilustración 94: Guante de eslabones	123
Ilustración 95: Basada en el sistema de Gaudí de colgar cadenas. La superficie es en fibra de carbono y las costillas en nailon reforzado con fibra de vidrio ambos fabricados por sinterizado láser selectivo.	124
Ilustración 96: 1597 Wall Light (D50). Su nombre proviene del número Fibbonacci que representa el arreglo de los pétalos y semillas en la naturaleza	124
Ilustración 97: Module.MGX is a modular table system that was inspired by the designers' earlier collaboration with Matthias Bär and their creation: the Fractal.MGX ⁷⁷	125
Ilustración 98: Quin.MGX lamp, created so that our eyes are lead along many swooping paths of light, from triangles to pentagons and back again. It was chosen one of the top 100 designs of 2008 by Time Magazine.	125
Ilustración 99: Seed Lamp. Inspirada en imágenes microscópicas de semillas, realizada por sinterizado láser ⁷⁸	126
Ilustración 100: El patrón creció en el computador imitando las venas de las hojas y luego fue grabado en una lámina de acero inoxidable	126
Ilustración 101: Turbina en Estereolitografía	128
Ilustración 102: ¿De las computadoras personales a la fabricación personal?	128
Ilustración 103: Silla On Shot, Patrick Jouin. Materialise.....	130
Ilustración 104: Sinterizado láser por ALAVA Ingenieros.....	130
Ilustración 105: Mesa Cinderella, Jeroen Verhoeven para Demakersvan 2004	133
Ilustración 106: Pasamanos y tapas para camas de Haldane	133
Ilustración 107: Impresión con una 3D Zprinter 450 y 650.....	134
Ilustración 108: Impresión con una 3D Zprinter 850	135
Ilustración 109: EADS's Airbike impresión 3d en Nylon	135
Ilustración 110: Tacones Malonia de Naim Josefi Y Souzan Youssouf producido por Materialise	135
Ilustración 111: Robot de Contour Crafting desarrollado en colaboración con R&S(n).....	136
Ilustración 112: La tecnología de Contour Crafting tiene el potencial para construir estructuras en la Luna o en Marte	136
Ilustración 113: Centro de mesa Hexagonal: Centro de mesa o frutero en lámina de aluminio anodizado cortado en láser y doblado a mano. Tamaño: 24 x 24cm.....	137
Ilustración 114: Centro de mesa en rama: Centro de mesa o frutero en lámina de aluminio anodizado cortado en láser y doblado a mano. Disponible en dos tamaños: 14.5 x 14.5cm de ancho y 23x23cm de ancho ⁹⁴	138
Ilustración 115: Silla ARISTA: Piezas dobladas y remachadas formando geometrías complejas. Producto conceptual (Pieza única/one off) ⁹⁴	138
Ilustración 116: Diferentes materiales cortados a láser	138

Ilustración 117: Corte y grabado de metal	139
Ilustración 118: Prótesis biomecánicas	140
Ilustración 119: Silla Prince, Louise Campbell para Hay	141
Ilustración 120: Estos floreros, del diseñador holandés Marcel Wanders, están basados en el escaneo 3D de partículas producidas en un estornudo y desarrollados en poliamida	142
Ilustración 121: Proceso de digitalización de experimentaciones por medio de escaneo 3D	216

LISTA DE TABLAS

Tabla de variables 1: Variables metodológicas genéricas experimentaciones.....	61
Tabla de variables 2: Cambios por humedad	62
Tabla de variables 3: Cambios por humedad II	63
Tabla de variables 4: Tejido de láminas flexibles.....	64
Tabla de variables 5: Superficie expandible.....	65
Tabla de variables 6: Superficie laminar conectada	66
Tabla de variables 7: Superficie arrugada	66
Tabla de variables 8: Membranas tensadas en marcos abatibles	67
Tabla de variables 9: Membranas conectadas	68
Tabla de variables 10: Textil madera.....	69
Tabla de variables 11: Fibras agregadas	70
Tabla de variables 12: Cuerpos Porosos.....	71
Tabla de variables 13: Material flexible tensado en marcos.....	72
Tabla de variables 14: Material flexible tubular	73
Tabla de variables 15: Transformación por tracción de pegas viscosas.....	74
Tabla de variables 16: Cadena metálica suspendida y tensionada	76
Tabla de variables 17: Vaciado de cemento a presión.....	77
Tabla de variables 18: Vaciado de cemento a presión II	77
Tabla de variables 19: Estructuras Superficiales	78
Tabla de variables 20: Compresión de Listones de material rígido	79
Tabla de variables 21: Tiras de material flexible intersectadas.....	80
Tabla de variables 22: Superficies fibrosas	81
Tabla de variables 23: Membranas rigidizadas	82
Tabla de variables 24: Transformación Películas Plásticas.....	83
Tabla de variables 25: Transformación Películas Plásticas II.....	84
Tabla de variables 26: Membranas elásticas y yeso.....	85
Tabla de variables 27: Rigidización de Membranas	86
Tabla de variables 28: Rigidización por vacío	87

Tabla de variables 29: Membranas Elásticas.....	88
Tabla de variables 30: Crecimiento de espumas	89
Tabla de variables 31: Solidificación de sustancias	90
Tabla de variables 32: Deformación de metal	91
Tabla de variables 33: Partículas metálicas y magnetismo	92
Tabla de variables 34: Espumas metálicas	93
Tabla de variables 35: Películas con burbujas de jabón	94
Tabla de variables 36: Construcciones neumáticas	95
Tabla de variables 37: Textiles texturizados	96
Tabla de variables 38: Agregados de gránulos	97