



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

DISEÑO | UC

FACULTAD DE ARQUITECTURA,
DISEÑO Y ESTUDIOS URBANOS

*Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la
Pontificia Universidad Católica de Chile para
optar al título profesional de Diseñador*

Laboratorio de aprendizaje por
indagación y sistema de filtración por
material biológico para salas de clases de
establecimientos educacionales

AUTOR | PAULA JAVIERA BÓRQUEZ ILLESCA
PROFESOR GUÍA | ALEJANDRO DURÁN

JULIO DE 2016
SANTIAGO, CHILE



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

DISEÑO | UC

FACULTAD DE ARQUITECTURA,
DISEÑO Y ESTUDIOS URBANOS

*Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la
Pontificia Universidad Católica de Chile para
optar al título profesional de Diseñador*

AUTOR **Paula Javiera Bórquez Illesca**
PROFESOR GUÍA **Alejandro Durán**

Julio de 2016
Santiago, Chile

Agradecimientos

A todos quienes me apoyaron y creyeron en mi.

Mi familia,
José Tomás,
Mis amigas,
Y @aduran

¡GRACIAS!

Contenidos

9 /	INTRODUCCIÓN
11 /	MARCO TEÓRICO
55 /	PLANTEAMIENTO
63 /	DESARROLLO DEL PROYECTO
11 /	PROYECTO FINAL
135 /	CONCLUSIONES FINALES
137 /	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
141 /	ANEXOS

Introducción

Una de las grandes preocupaciones de nuestros tiempos, es la contaminación ambiental de la cual es víctima nuestro planeta. Las aguas, el aire, las reservas ambientales como el Amazonas son constantemente amenazadas por acción del hombre, quien sin medir consecuencias, trató de dominar el medio en el que se desenvuelve.

Estas acciones tienen graves consecuencias, las que no nos afectan de inmediato, pero que de una u otra manera nos repercuten a todos, desde los seres humanos y animales, hasta los microorganismos y otros seres vivos. El calentamiento global, el cambio climático, los deshielos y la mala calidad del aire, son solo algunos de estos. Esta última, es cada vez más importante en nuestra sociedad ya que nos afecta de manera transversal tanto en la capital, como en otros centros urbanos, que antes se consideraban limpios y descontaminados.

De esta manera, durante las últimas décadas se han establecido una gran cantidad de normas reguladoras concernientes a la contaminación para las fábricas, los automóviles y sistemas de calefacción para tratar de disminuir la contaminación y mejorar la calidad del aire en las ciudades.

Sin embargo, ¿Qué pasa al interior de nuestras viviendas, colegios y oficinas? ¿Estamos al interior de nuestras viviendas y/o establecimientos a salvo de la contaminación ambiental? La contaminación de estos espacios no se considera habitualmente como una problemática a la que haya que responder, a pesar de ser los lugares que más tiempo habitamos. Debido a esto, al contexto ambiental que vive nuestro planeta y al agitado estilo de vida actual que responder a esta problemática se vuelve cada vez más importante, ya que afecta desde nuestra salud, hasta nuestra forma de vivir y nuestra eficiencia cognitiva.

Actualmente la mayor parte de las personas desarrolla su vida en centros urbanos, donde se emiten cada vez más contaminantes y existen cada vez menos áreas verdes y plantas. Las plantas por su parte, desde hace miles de años, nos permiten limpiar el aire a través de la fotosíntesis. No obstante, al bajar su presencia en los centros urbanos, se acentúa el desbalance ambiental con mayor emisión de contaminantes y menos fotosíntesis. ¿Cómo podemos volver a equilibrar la balanza? ¿Por qué no aprender de la naturaleza e implementar su sabiduría para mejorar nuestro entorno? Estas y otras interrogantes son las que motivan esta investigación y de las cuales esperamos aprender.

_01

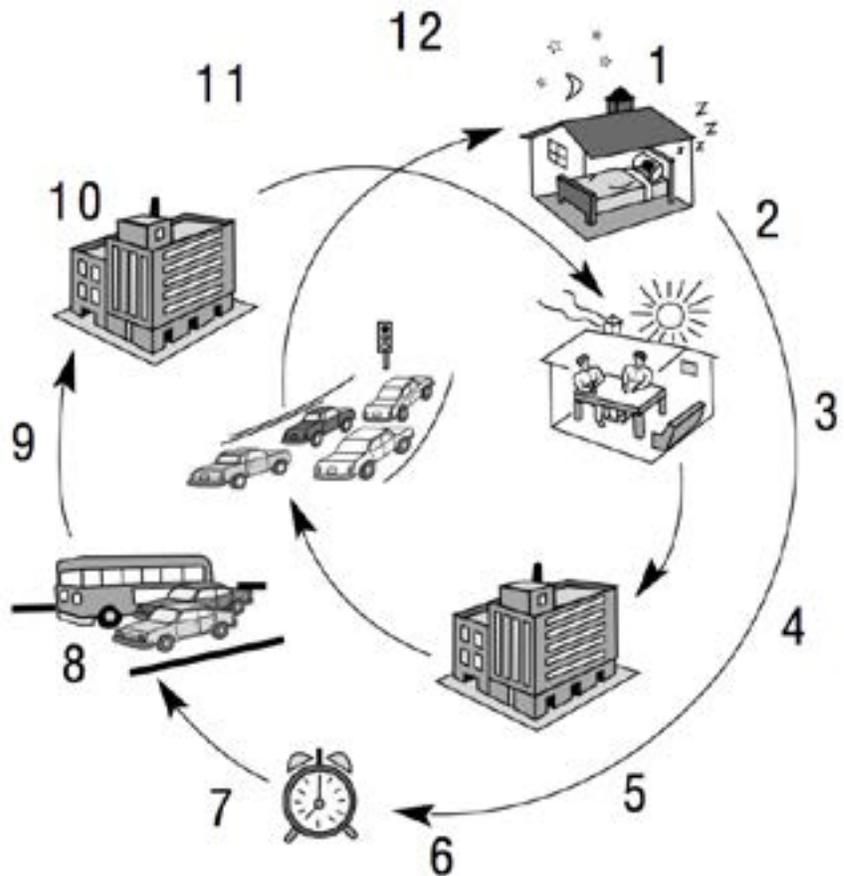
Marco Teórico

Calida de Ambientes Interiores

Estudios realizados por Environmental Protection Agency (EPA) y Science Advisory Board (SAB) de Estados Unidos han situado a la Calidad de Aire Interior dentro de los "top 5" riesgos ambientales para la salud pública. Por lo tanto, el tema de la calidad del aire interior se ha sumado a la preocupación y estudio del control de la calidad del aire exterior y el de ambientes industriales. Esto ya que, al contrario de lo que se suponía, los ambientes interiores no industriales, si presentan contaminantes, y estos son diferentes a los del exterior.

La gran importancia de esta problemática radica en que las personas que viven en áreas urbanas pasan entre el 80 y el 90% de su tiempo realizando actividades en espacios interiores y, Según el censo del 2002, un 86,6% de la población chilena es urbana, y el 40% está concentrada en la ciudad de Santiago (Bacigalupe, 2011). Por lo tanto, la mayoría de las personas pasamos la mayor parte del día en espacios interiores, por lo que la Calidad Ambiental Interior es de suma importancia, y dentro de ella, la Calidad del Aire Interior.

El 86,6% de la población chilena pasa la mayoría del día en espacios interiores.



Las personas pasan entre un 80 y un 90% de su tiempo en interiores.
Extraído de: Control Ambiental en Interiores - Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo

Dentro de la literatura sobre el tema, la mejor definición para Calidad Ambiental Interior o IEQ (Indoor Environmental Quality) se describe como “las propiedades físicas, químicas y biológicas que el ambiente interior debe tener para no causar o agravar enfermedades en los ocupantes de los edificios y para asegurar un alto nivel de confort de los ocupantes del edificio en las actividades propias de uso para las que el edificio ha sido diseñado.” (Rey & Velazco, 2007).

El término aire interior se define para espacios de uso no industrial, englobando aquellos de uso público, de oficinas y de vivienda. A pesar de que este tipo de espacios, evidentemente no alcanza los niveles de contaminación de los espacios industriales, esto no quiere decir que no existan. Estos son más bien comparable al nivel de contaminantes existentes en el exterior, pero es más difícil determinar en comparación a las industrias, ya que en estos están clasificados y estrictamente controlados.

Por definición los principales propósitos de un edificio son: seguridad estructural, garantizar la salud y proporcionar un ambiente confortable para las personas que lo habitan y/o utilizan. Este hecho ha llevado a la creación de ambientes interiores más confortables y homogéneos que los exteriores, sujetos a condiciones climáticas variables. Para ello, ha sido necesario acondicionar el aire de estos espacios, calentándolo en invierno y enfriándolo en verano (Hernández, 2001). Sin

embargo, estas medidas por lo general no consideran la salud o comodidad real de las personas, si bien mediante sistemas mecánicos suele ambientarse una temperatura agradable según la época del año. Dentro de las razones que agravan la contaminación de recintos interiores, es la tendencia de diseño de edificios herméticos, bajo la premisa del ahorro energético. Esta característica impide que los edificios logren alcanzar niveles óptimos de ventilación natural, lo que permitiría un intercambio de aire fresco al interior.

Según la Administración Ocupacional de Salud y Seguridad (OSHA) se estima que más de un 35% de los edificios no industriales tiene problemas de ventilación. A esto se suma la cifra de la OMS, la cual afirma que uno de cada 3 edificios remodelados tienen problemas de baja de productividad de sus empleados, síntomas de “Síndrome del Edificio Enfermo” e incomodidad (Bacigalupe, 2011).

¿Qué es el Síndrome del Edificio Enfermo y cómo surge?

El Síndrome del Edificio Enfermo es una denominación utilizada para edificios y espacios interiores que por tener una mala calidad del aire provoca ciertas dolencias, molestias e incomodidad en sus ocupantes.

Durante el siglo XX el uso de energías provenientes casi en su totalidad de derivados del petróleo, con un alto contenido de hidrocarburos, sufrió un incremento exponencial debido a las altas demandas de la industria. Para los años setenta algunos sectores de la industria comenzaron a tomar conciencia de la condición finita y no renovable de esta fuente energética, además de los problemas ambientales producto de la contaminación excesiva por el consumo de los fósiles. Para su preservación en los países llamados desarrollados se comenzaron a implementar por primera vez técnicas de racionalización de la energía, aplicándola a procesos de la industria, transportes, e incluso llegando luego a introducirse en la construcción y gestión de los edificios urbanos.

A pesar de las medidas implementadas, ya en el siglo XXI, los edificios como promedio en los países de mediano desarrollo representan un 30% del consumo de la energía global. Gran parte la responsabilidad reflejada en esta cifra se atribuye a la fuerte utilización de equipamiento mecánico para la mantención dentro del edificio. Dentro de esta mantención uno de los principales tópicos es la ventilación dentro del edificio, puesto que los procesos biológicos provenientes de las actividades humanas son constantes y tienen un efecto directo en la calidad del aire, sumado a los niveles de gases de combustión provenientes del ambiente. A inicios de la segunda mitad del siglo XX se consolidó la tecnología de climatización artificial en los edificios, por lo que el diseño de las cubiertas de estos se desligó de la localización geográfica donde serían construidos. La implementación de esta tecnología llevó a que pasara a segundo plano las características constructivas que consideraran una mantención basada en la funcionalidad estructural y el uso racional de la energía; “el equipamiento mecánico era la panacea para superar todos los inconvenientes que por una relación edificio-clima local se produjeran” (Mermet & Yärke, 2005).

Más tarde, en la década de los setenta, la solución ante la crisis energética de 1973 fue cubrir las estructuras del edificio con envolventes herméticamente sellados, puesto que las pérdidas de aire se producían por infiltraciones y renovaciones en el edificio, reduciendo así los niveles naturales de cambio de aire. Lo que se hacía entonces era reciclar muchas veces el aire del edificio.

Si bien esta medida logró reducir el gasto energético en los edificios en las épocas frías, surgieron de la mano ciertos perjuicios como abundante humedad interior; generación de hongos y aparición de bacterias en los conductos de aire. Estos inconvenientes repercutieron en la salud de los ocupantes así como también luego manifestaron efectos negativos en la productividad y rendimiento de las personas que trabajaban en el lugar, debido a la mala calidad del aire interior.

Una década más tarde, en los años 80, la preocupación respecto a las consecuencias negativas por la reducción de los niveles de aire interior en las personas aumentó, lo que dio lugar a nuevas investigaciones. A partir de los nuevos estudios se estableció una nueva y singular categoría de edificios: los que padecen el “síndrome de edificio enfermo”.

SEE / SBS

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1983 definió el SEE (Síndrome del Edificio Enfermo) o SBS (Sick Building Syndrome) como el “conjunto de molestias o enfermedades que aparecen durante la permanencia en el interior del edificio afectado y desaparecen después de su abandono.” Es decir, situaciones en donde los ocupantes de un edificio (ambiente interior) experimentan un incremento en afecciones agudas de salud y confort. Entre los factores que afectan el nivel de la Calidad de Ambiente Interior se encuentran la exposición a la humedad, la descompensación de temperatura, los contaminantes del ambiente, los componentes volátiles, las reacciones químicas, sistemas de calefacción, la tasa de ventilación, utilización de aire acondicionado, la construcción del edificio, los componentes que lo integran (materiales), así como también la operación y el mantenimiento de éste (Narváez et al. 2015).

Dos de los mayores problemas con la contaminación de aire interior es la identificación de los químicos y su correlación con los síntomas relativas a enfermedades. Los edificios eficientemente energéticos llenan su interior con mobiliario moderno y equipos de alta tecnología liberan cientos de compuestos orgánicos volátiles que a su vez interactúan entre ellos. Incluso a concentraciones por debajo de los límites de detección, algunos de estos químicos y subproductos reactivos pueden perjudicar a los habitantes del recinto.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Síndrome del Edificio Enfermo afecta al 70% de las construcciones chilenas

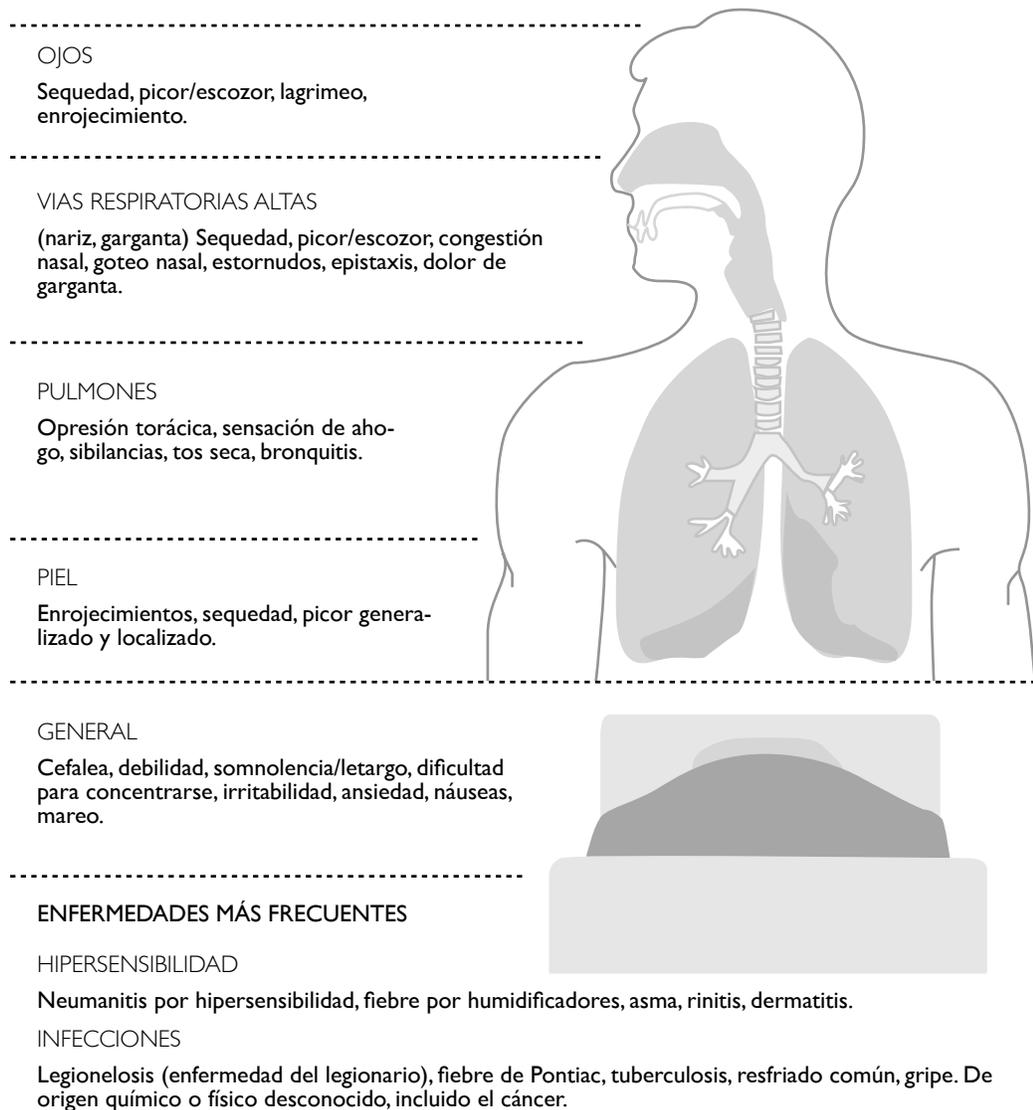
En la Tabla de la derecha se muestran algunos ejemplos de contaminantes y sus fuentes de emisiones más comunes que pueden asociarse con una disminución de la calidad del aire en interiores.

Los contaminantes de interiores más comunes y sus fuentes.
 Extraído de: Control Ambiental en Interiores - Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo

SITUACIÓN	FUENTES DE EMISIÓN	CONTAMINANTE
EXTERIOR	Fuentes fijas	
	Establecimientos industriales, producción de energía	Dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, ozono, material en partículas, monóxido de carbono, compuestos orgánicos
	Automóviles	Monóxido de carbono, plomo, óxidos de nitrógeno
	Suelo	Radón, microorganismos
INTERIOR	Materiales de construcción	
	Piedra, hormigón	Radón
	Compuestos de madera, chapeado	Formaldehído, compuestos orgánicos
	Aislamiento	Formaldehído, fibra de vidrio
	Ignífugos	Asbesto
	Pintura	Compuestos orgánicos, plomo
	Equipos e instalaciones	
	Sistemas de calefacción, cocinas	Monóxido y dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos, material en partículas
	Fotocopiadoras	Ozono
	Sistemas de ventilación	Fibras, microorganismos
	Ocupantes	
	Actividad metabólica	Dióxido de carbono, vapor de agua, olores
	Actividad biológica	Microorganismos
	Actividad humana	
	Hábito de Fumar	Monóxido de carbono, otros compuestos, material en partículas
	Ambientadores	Fluorocarburos, olores
Limpieza	Compuestos orgánicos, olores	
Ocio, actividades artísticas	Compuestos orgánicos, olores	

Síntomas y Malestares

Los efectos en salud de las personas debido a la mala calidad del aire interior pueden manifestarse en diversos síntomas, llegando a ser agudos o crónicos, como los especificados en el siguiente diagrama.



Síntomas y enfermedades relacionadas con la calidad de aire interior
Extraído de: Calidad del Aire Interior - Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo

Si un 20% de los ocupantes se queja de la calidad del aire, y/o presenta alguno de los síntomas, se considera como un edificio enfermo (Guardino, 2001).

Como se destacó anteriormente, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Síndrome del Edificio Enfermo afecta al 70% de las construcciones chilenas, de las cuales el 80% se ubica en Santiago. Esto quiere decir que este porcentaje de edificaciones tienen grandes deficiencias que causan enfermedades y/o síntomas en los ocupantes del recinto, tomando en cuenta condiciones como la ventilación, la iluminación, humedad y ruido (Campusano, 2012).

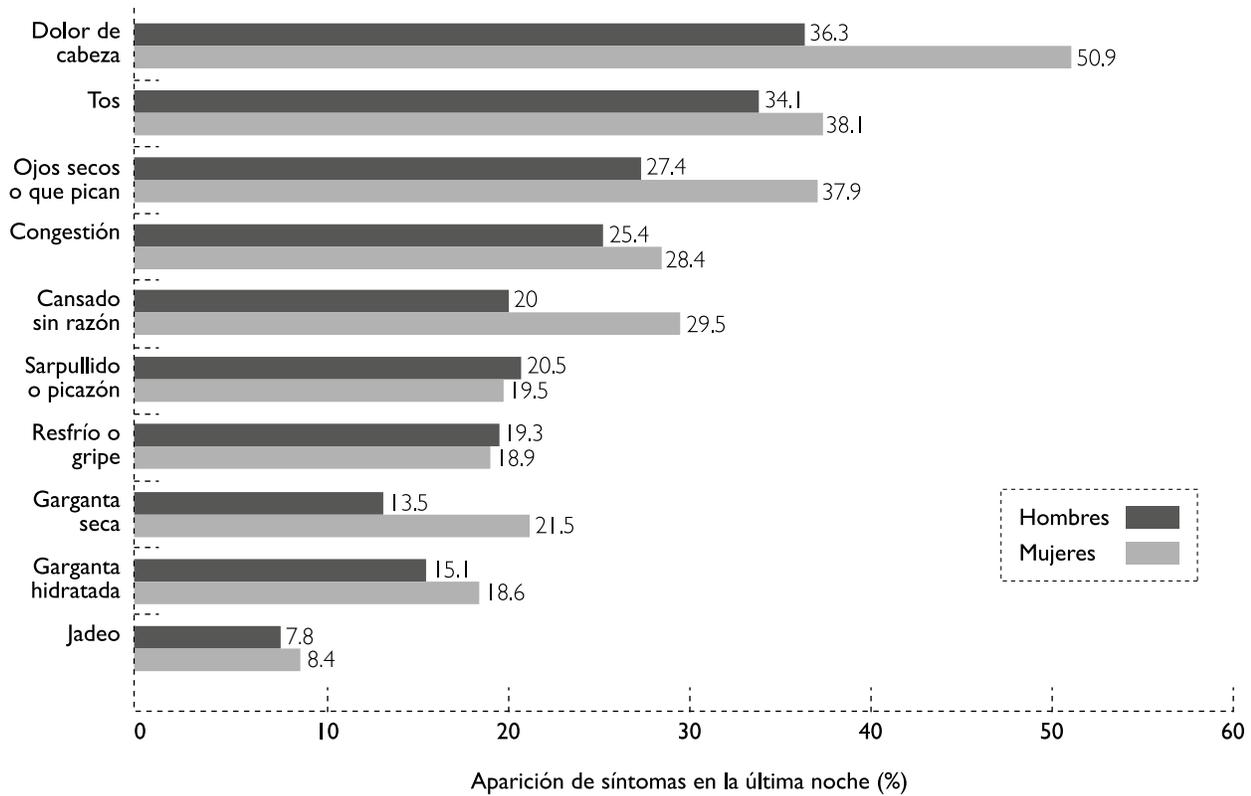
En algunas situaciones la contaminación de aire interior se vuelve muy aparente cuando un gran número de personas están presentes en espacios confinados, como un aeropuerto, por un período extendido de tiempo. De hecho el primer antecedente de enfermedades causadas por el SEE se produce en 1976, donde decenas de muertes fueron provocadas por un brote de una bacteria altamente contagiosa en un hotel de Philadelphia, quienes asistieron a la Convención Anual de la Legión Americana (por eso que la bacteria fue bautizada como Legionelosis). Esta bacteria estaba presente en el circuito de agua y fue esparcida al ambiente a través del sistema de refrigeración, siendo esparcida al ambiente interior (Campusano, 2012).

Una de las formas más comunes para evaluar la calidad del aire, es a través de los sentidos. Mediante la respiración, el ser humano es sensible a los efectos olfativos e irritantes de cerca de medio millón de compuestos químicos. No obstante, este método no es completamente eficaz al momento de evaluar los contaminantes presentes en un medio ambiente doméstico, ya que éstos son diversos y se encuentran además en bajas dosis de cada componente como para ser identificados, o al ser inodoros o no ser irritables. Por consiguiente, resulta difícil determinar cada uno de los contaminantes que componen el aire interior y muchas veces algunos pueden pasar desapercibidos. Por otra parte, al desconocimiento de la composición química del aire interior y de sus miles de componentes, se suma la temperatura y la humedad, que finalmente resultan en un aire interior de mala calidad, del que no se sabe con exactitud cuales son los factores de mayor incidencia.

Otro factor importante a tomar en cuenta, es la presencia de microorganismos, que causan problemas de carácter infeccioso y alérgico. Si bien la existencia de estos elementos es normal en cualquier ecosistema, no se ha logrado determinar en que medida estos elementos están implicados en la aparición de enfermedades, pero se han establecidos como un tema a considerar.

Si bien difícilmente resultan en enfermedades de mayor gravedad, si tienen una repercusión en la calidad de vida y la productividad de las personas. (malestar, estrés, ausentismo laboral, etc.). Existen también las denominadas BRI (Building Related Illnes) cuando estos síntomas persisten y se adjudican a una enfermedad particular. Son los mismos síntomas, pero las quejas provienen de otras causas: enfermedades contagiadas fuera del edificio, alergias, factores psicológicos (Bacigalupe, 2011).

PRESENCIA DE SÍNTOMAS DEL SÍNDROME DE EDIFICIO ENFERMO POR SEXO



Extraído de: Building health: an epidemiological study of "sick building syndrome" in the Whitehall II study

Representación porcentual de las causas

Como menciona Guardino (2001) en una escala porcentual, las causas determinadas para el “Síndrome del Edificio Enfermo”, se dividen de la siguiente forma:

- 50-52% Ventilación insuficiente debido a falta de mantenimiento, distribución deficiente y entrada insuficiente de aire.
- 17-19% Contaminación generada en el interior, como la producida por maquinas de oficina, el humo de tabaco y los productos de limpieza.
- 11% Contaminación procedente del exterior del edificio, debido a una disposición inadecuada de las entradas de aire y de los respiraderos de aspiración.
- 5% Contaminación Microbiológica del agua estancada de los conductos del sistema de ventilación , humidificadores y torres de refrigeración.
- 3-4% Formaldehído y otros compuestos orgánicos emitidos por los materiales de construcción y decoración.

Es necesario volver a recalcar que el síndrome del edificio enfermo es aquel que padecen aquellos edificios que contienen aire enrarecido con altos niveles de dióxido de carbono, contaminantes, hongos y bacterias, lo cual se atribuye principalmente a los bajos niveles de ventilación interior. Es por eso que cuando el síndrome del edificio enfermo fue detectado y denominado como tal, el hecho llevó a establecer nuevas regulaciones tales como las reglamentaciones europeas posteriores a 1995 que exigen un aumento significativo en la ventilación del aire interior (Mermet et al., 2005).

Los expertos insisten en que el SEE proviene principalmente desde el diseño del edificio, el cual nace enfermo y, sólo en casos puntuales, algunos edificios “se enferman” por erosión o daños luego a su diseño y construcción. El arquitecto y docente Javier Del Río (citado en Revista SustentaBiT, 2012) explica que algunos de los errores proyectivos en los que caen los diseñadores de obras arquitectónicas tienen que ver con la masa interior o la inercia térmica del edificio. En Santiago conviene implementar inercia térmica, que es muro con masa, como hormigones y ladrillos. En cambio, los revestimientos ligeros, los plásticos y un exceso de alfombras, no sirven. Es por eso que los edificios nuevos enferman más que los antiguos, ya que se exceden en la implementación de materiales sintéticos y más económicos, con ventanas fijas, y tienen menos “masa”.

Considerando esto, también enfatizan que quizás el factor más importante para el desarrollo del SEE es la mala ventilación, la cual por lo general es la causa principal de dolencias físicas en los usuarios de los edificios, al no haber un recambio y limpieza del aire. Para que la ventilación natural sea efectiva el edificio debe tener gran permeabilidad, es decir, una gran superficie de aperturas. Por otro lado, una mala ventilación también tiene un costo económico significativo. Por ejemplo, si un edificio es muy caluroso requiere una climatización intensa, lo cual conlleva un alto gasto de energía y, por lo tanto, un alto costo de mantenimiento. Asimismo, como se mencionó antes, la climatización que se utiliza en casos como este es el aire acondicionado, que tiene como efecto físico en los habitantes los dolores de cabeza y sequedad de garganta.

Más del 90% de los costos relativos al consumo y mantenimiento de un edificio son determinados en las fases de diseño de éste, mediante la definición de la forma, orientación, sistemas de calefacción y ventilación del mismo. (Mermet et al., 2005).

Como se dijo anteriormente, para alcanzar una calidad óptima del aire interior y un confort térmico aceptable dentro del edificio, es común recurrir a sistemas de tecnología mecanizada. Estos sistemas, además del alto costo que implica en consumo y mantención, establecen una dependencia a un sistema de redes que ante cualquier inconveniente paraliza el funcionamiento de la regulación del estado y calidad del aire interior.

Es por esto que recurrir a la ventilación natural desde la médula constructiva del edificio es definitivamente una alternativa más sensata y atractiva. Esta opción asegura una calidad óptima de aire interior y brinda un confort térmico aceptable. Por otro lado elimina los costos de mantenimiento y consumo energético asociados a sistemas mecánicos, además del ruido. Por ello su empleo es un plan lógico para muchos tipos de edificios que por diversas razones no pueden ser equipados con sistemas mecánicos de alto costo, tales como edificios de oficinas pequeños o medianos, escuelas, edificios de departamentos de nivel estándar o básico, edificios de recreación (públicos principalmente), entre otros. Mermet (2005) también destaca que el concepto “natural” también implica que el comportamiento es aleatorio e incierto, por lo tanto es difícil optimizar con un control eficiente. Si bien los fenómenos físicos a considerar no son extremadamente complejos, si lo es el prever el funcionamiento de la Ventilación Natural debido a los muchos factores que intervienen.

No obstante sería iluso insistir en que la ventilación natural reemplace totalmente al aire condicionado u otro sistema mecanizado, pues estos últimos asisten de manera muy útil en escenarios y situaciones en donde la implementación de ventilación natural es insuficiente. Debiese, sin embargo, tener una mayor aplicación a la que tiene hoy en día, para lo que hay que hablar más y hacer mayor hincapié al respecto.

El doctor Tony Pickering del Hospital Wythenshawe cerca de Manchester, Inglaterra, ha estudiado el síndrome de edificio enfermo extensivamente y ha aprendido que los síntomas son mínimos en edificios con ventilación natural, los que de hecho tienen altos niveles de microorganismos. Por otro lado, los niveles más altos de síntomas han sido detectados en edificios mecánicamente ventilados, los que contienen bajos niveles de microorganismos en comparación a compuestos químicos como compuestos orgánicos volátiles, conocidos como VOCs (Wolverton, 1989).

Otra variable a evaluar es el contexto en el que se emplazan las edificaciones. Hay ciertos espacios urbanos en donde se presentan altos niveles de contaminación en el aire exterior así como también mucho ruido, lo cual hace inadecuada la ventilación natural. En estos casos arquitectos e ingenieros utilizan diseños especiales para evitar un contacto directo entre exterior e interior pero con permeabilidad.

Reflexiones Finales

Por lo tanto, es un hecho comprobado que existe una estrecha conexión en el uso de edificios de trabajo y/o vivienda y la aparición de enfermedades y la causa se determina principalmente por la mala calidad del aire interior existente en estos espacios. Además, los estudios realizados en los últimos 20 años han demostrado que la presencia de contaminantes en muchos ambientes de interior es superior a la prevista y, además, se han identificado contaminantes diferentes a los presentes en el aire exterior (Guardino. 2001).

Afortunadamente, según el Center of Disease Control and Prevention CDC, USA, existe un aumento en la inquietud social relacionada con las calidades de ambientes interiores en edificios. En 1980, un 8% de los estudios ambientales se destinaban a evaluar los ambientes interiores en oficinas; mientras que en 1990, aumento a un 38% y en adelante, representa un 52% de los estudios medioambientales (Rey & Velazco, 2007).

Si bien es un tema cada vez de mayor preocupación, aún queda mucho por hacer, y es importante recalcar para todos quienes se involucran en el desarrollo de edificios y otras construcciones que una buena calidad de ambiente interior debe contemplarse en todas las etapas un edificio, desde el diseño, construcción y mantenimiento.

Se ha comprobado que una mejor calidad de IEQ tiene una repercusión directa en la salud general de los ocupantes, pues implica menos enfermedades, lo que se traduce en un mayor confort y productividad para sus ocupantes.

Dióxido de Carbono en Ambientes Interiores

En el marco de la salud pública, han sido muchas las preocupaciones en torno a situaciones dañinas para el hombre. Dentro de las principales de estas preocupaciones se encuentra el perjuicio a la salud de ocupantes de espacios interiores que presentan una mala calidad de aire interior y, por consiguiente, padecen el Síndrome del Edificio Enfermo. Como se mencionó anteriormente el aumento del costo de energía en los años 1970s llevó a hacer cambios en las metodologías de construcción a lo largo de todo Estados Unidos, por lo que los edificios fueron construidos para ser cada vez más “herméticos” y eficientes energéticamente. Esto ya que hubo una disminución en los índices de intercambio de aire tanto en hogares como edificios.

Esto llevó a un aumento en el nivel de la concentración de contaminantes químicos y biológicos en interiores. Dentro de los principales contaminantes se encuentran los compuestos orgánicos volátiles, monóxido de carbono, hidrocarburos y dióxido de carbono.

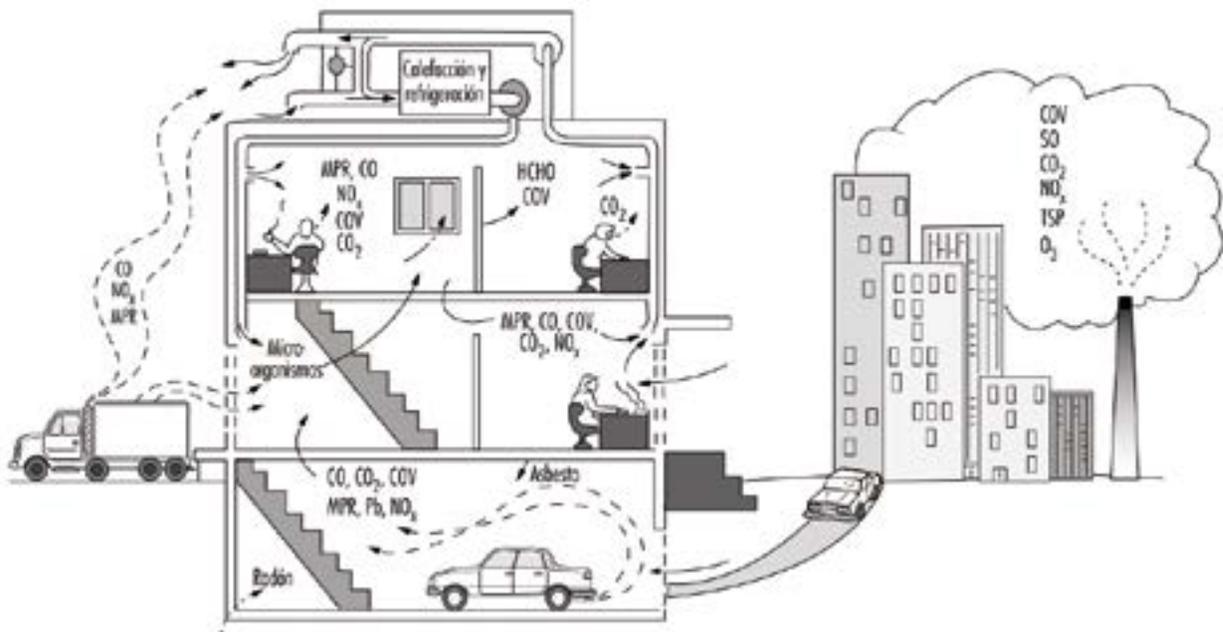
Las concentraciones de CO₂ en ambientes interiores ha sido usado por mucho tiempo como indicador de ventilación y como representante de calidad de aire interior. Sin embargo,

este pensamiento tradicional está siendo desafiado como la evidencia de incremento de CO₂ como contaminante directo, y no solo como un indicador de otras sustancias contaminantes (Satish et al. 2012)

En esta sección veremos dos estudios realizados, el primero por investigadores de la Universidad de Berkeley (2012) y el siguiente por investigadores de la Universidad de Harvard (2015). Ambos estudios investigaron si el dióxido de carbono tiene un impacto negativo directo en la cognición y toma de decisiones de las personas. Estos impactos se han observado en situaciones en que los niveles de CO₂ del ambiente son más altos que lo adecuado, y en los que las personas se ven expuestos rutinariamente en distintos escenarios como dentro de casas, salas de clases, oficinas, aviones y autos.

Hay evidencia científica que indica que desde 1.000 ppm de CO₂ en el ambiente comienza a ser un daño para las personas.

Diagrama de un edificio que muestra diversas fuentes de contaminantes de interior y de exterior
Extraído de: Calidad del Aire Interior - Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo



CO = monóxido de carbono; CO₂ = dióxido de carbono; HCHO = formaldehído; NO_x = óxidos de nitrógeno; Pb = plomo; MPR = materia particulada respirable; COV = compuestos orgánicos volátiles

El nivel de CO₂ exterior se ha tomado como un punto de base para otros escenarios, pero es importante también mencionar que este denominado punto de referencia actualmente mantiene una tasa acelerada de crecimiento debido a la actividad humana, teniendo como punto de quiebre la revolución industrial y, por consiguiente, la utilización de combustibles fósiles. Se parte de la premisa de que el nivel de dióxido de carbono es mayor en interiores en comparación al del aire exterior, el cual ingresa y circula dentro de los espacios interiores gracias a la ventilación. Por lo que los estudios realizados tienen también gran importancia en ciertas políticas de asuntos climáticos, ya que abre otro estímulo en la salud pública para la mantención de los niveles globales de CO₂ lo más bajos posibles. Esto ya que siendo la base para todos los escenarios, si este punto de partida aumenta, también lo harán los niveles en otros contextos, como lo son los interiores.

El diagrama de abajo muestra CO₂ que emite la naturaleza se compensa con las absorciones naturales, alcanzando un equilibrio aproximado. Sin embargo, las emisiones humanas de CO₂ alteran ese equilibrio natural, ya que sólo cerca del 40% de las emisiones humanas de CO₂ están siendo absorbidas por la vegetación y los océanos, por lo que el 60% restante continúa circulando en la atmósfera. Como consecuencia de ello, el CO₂ atmosférico está en su nivel más alto en los últimos 15 a 20 millones de años. Un cambio natural de 100 ppm normalmente requiere entre 5.000 y 20.000 años. El reciente aumento de 100 ppm ha tenido lugar en tan sólo 120 años (IPCC, 2010).

Se estima que el nivel de concentración de CO₂ en el ambiente exterior es de aproximadamente 380 ppm, variando según las características del entorno, alcanzando niveles de 500 ppm en áreas urbanas (Satish et al., 2012).

CICLO GLOBAL DEL DIÓXIDO DE CARBONO
Gigatoneladas (GT) de CO₂ al año

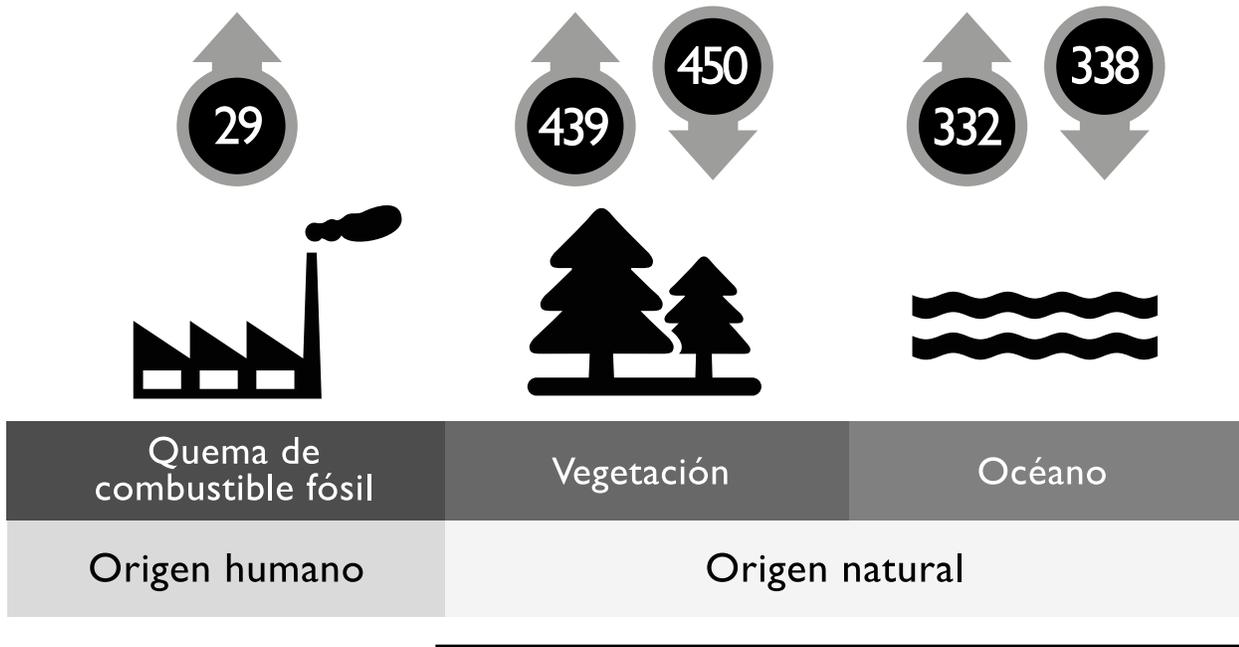


Diagrama del ciclo del dióxido de carbono en el aire
Extraído de: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

CO₂ Interior y la Función Cognitiva

Estudio 1: Berkeley University

Un estudio del Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) publicado el 2012 por demostró una significativa reducción en el desempeño de toma de decisiones en los sujetos de estudio al exponerlos a distintos niveles de CO₂, disminuyendo más la función cognitiva a medida que la concentración de CO₂ aumentaba. La metodología consistió en exponer a 22 participantes, en 6 grupos, a tres niveles distintos de CO₂ en una cámara ambientalmente controlada con una temperatura y ventilación constantes, y que fue recreada como oficina. Los participantes fueron expuestos a concentraciones de 600, 1000 y 2500 ppm de CO₂, permaneciendo 2,5 horas en cada condición, con un intervalo de 1 hora fuera de la cámara de exposición entre cada sesión, todo durante un solo día. Los participantes no estaban al tanto de los niveles de CO₂ en cada sesión. Los primeros 45 minutos de cada sesión los participantes eran libres de realizar actividades como leer o trabajar. Luego hicieron un cuestionario sobre la percepción de la calidad del aire y síntomas de salud test, que volvía a repetirse al terminar la sesión. Para evaluar su función cognitiva los participantes realizaron un test computalizado que evaluaba su rendimiento en la toma de decisiones. Para esto se simuló diversos escenarios equivalentes a desafíos diarios del mundo real, frente a los cuales debían responder a través de decisiones, acciones, estrategias, planes, entre otros. Un software llamado Strategic Management Simulation (SMS), que suele usarse para medir el comportamientos humanos complejos requeridos para la efectividad y eficiencia en muchos lugares de trabajo, recolecta la información de la toma de decisiones de los participantes. En las diferentes condiciones de CO₂, el programa SMS traduce las respuestas a un puntaje en comparación a una base de datos preexistente con mediciones ya estandarizadas.

La medición del desempeño de tareas varían desde competencias relativamente fáciles como rapidez de respuesta, actividad y orientación de tareas, capacidades intermedias como iniciativa, respuesta ante emergencias y uso de información, hasta pensamientos complejos y procedimientos de acción como alternativas de alcances a problemas, capacidad de planificación y desarrollo de estrategias. De todas maneras, el método de testeo fue diseñado para evaluar funciones cognitivas complejas en maneras más relevantes a las tareas de trabajadores en edificios, en comparación a los test de oficinas que generalmente se usan, en los que hay que por ejemplo revisar textos o agregar números. Por lo tanto, un alto puntaje en la medición indica un mejor desempeño en el área de desempeño evaluada.

El sistema mide las respuestas básicas a las demandas de las tareas tanto conductuales como cognitivas, así como a los componentes de estos que generalmente se consideran funciones ejecutivas. Los nueve factores principales medidos, y que según los expertos la combinación de estos han predicho éxito en el mundo real son niveles de: actividades básicas (número de acciones tomadas), actividades aplicadas (acciones oportunistas), actividades enfocadas (acciones estratégicas a un esfuerzo reducido), orientación de las tareas (enfocarse en las tareas demandadas del momento), iniciativa (desarrollo de actividades nuevas y creativas), búsqueda de información (actitud y habilidad receptiva para la búsqueda de información), utilización de información (habilidad para usar la información correctamente), amplitud de estrategias (flexibilidad en los abordajes de tareas) y estrategia básica (número de acciones estratégicas).

Las marcaciones realizadas por el programa SMS indican una clara relación entre la puntuación cognitiva y el nivel de CO₂, para todas las mediciones de rendimiento, salvo en Actividades Enfocadas y Búsqueda de Información, con reducciones severas a 2500 ppm de CO₂ en puntajes de algunas mediciones del rendimiento de toma de decisiones.

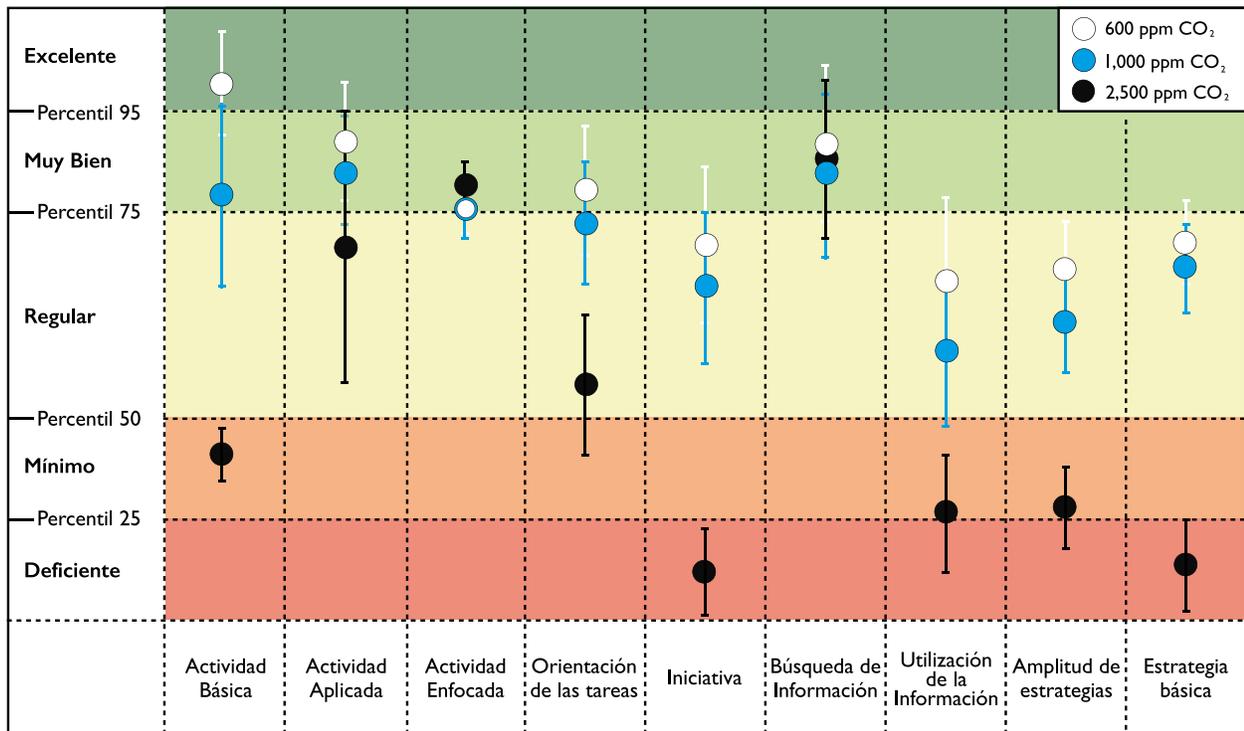
Para 7 de las 9 escalas de desempeño de toma de decisiones (Actividad básica, actividad aplicada, orientación de las tareas, iniciativa, Utilización de la Información, Amplitud de Estrategia y Estrategia Básica), los puntajes promedios brutos mostraron un descenso monótono constante con concentraciones de CO₂ crecientes.

Para estas 7 escalas los puntajes a 1000 ppm de CO₂ fueron entre 11 y 23% menores, y a 2500 ppm de CO₂, fueron 44 a 94% más bajos en comparación al puntaje obtenido a 600 ppm de CO₂.

A posteriori los testeos indicaron que no hay diferencia entre los valores brutos a 600 y 1000 ppm de CO₂, pero apuntaron una diferencia significativa entre los puntajes a 2500 ppm con los puntajes de los otros dos niveles, de 600 y 1000 ppm.

La figura de abajo muestra los percentiles de los puntajes, es decir, rangos de valores derivados de la división ordenada de datos en las nueve categorías cognitivas, en las tres condiciones de CO₂, con los percentiles como límites de 5 niveles de desempeño: Excelente, Muy Bien, Regular, Mínimo y Deficiente. Los únicos puntajes que se situaron en niveles Mínimo y Deficiente fueron 5 categorías cognitivas al encontrarse en condiciones de 2500 ppm de concentración de CO₂.

La medida de 6 de las 9 categorías de toma de decisiones disminuyó moderada pero significativamente a 1000 ppm, en comparación a condición de 600 ppm, mientras que a 2500 ppm la disminución fue sustancial, a pesar de que el desempeño en “actividad enfocada” fue mayor bajo esta condición.



Impacto del CO₂ en el desempeño de la toma de decisiones de las personas
 Extraído de: Effects of CO₂ on decision-making performance - Lawrence Berkeley National Laboratory

Estudio 2: Universidad de Harvard

Siguiendo los pasos del estudio anterior, investigadores pertenecientes a la Universidad de Harvard continuaron con la problemática de que los ambientes interiores de las edificaciones tienen un rol crítico en el bienestar general de las personas, debido a la gran cantidad de tiempo que pasamos en interiores y la capacidad de los edificios de influenciar positiva o negativamente en nuestra salud. Para este estudio se consideró los cada vez más frecuentes planes de “diseño sustentable” o “edificios verdes”, lo que reabrió la discusión en relación a factores específicos de los edificios que puedan llevar a optimizar las condiciones de salud y productividad. Los hallazgos recientes de Satish et al. que menciona que el CO_2 puede ser un contaminante directo, y no sólo un indicador de ventilación (2012), motivó a estudiar esta problemática nuevamente, por lo que se estableció una relación de la exposición a CO_2 en una jornada laboral completa con la función cognitiva, manteniendo todas las otras variables constantes.

Este estudio, similar al anterior, también fue diseñado para cuantificar objetivamente el impacto del ambiente interior en las funciones cognitivas de orden superior, el motor de productividad real en trabajadores. Para el estudio se simularon tres tipos de condiciones de Calidad de Ambiente Interior: un edificio “verde” (denominado “Green”), un edificio “Convencional” y un tercer estado de edificio denominado “Green+”, debido a su alto potencial sustentable. El edificio verde fue simulado con condiciones bajas de VOC; el convencional con altos niveles de VOC (“Convencional”), ambos con la tasa de ventilación estandarizada por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE). El tercer edificio, el Green+, tiene una tasa de ventilación mayor; esto ya que debido a los avances tecnológicos en sistemas mecánicos existe la posibilidad de aumentar la ventilación sin sacrificar la eficiencia energética, por lo que suma niveles más altos de ventilación a las condiciones del “edificio verde”.

24 empleados con grado profesional (arquitectos, diseñadores, programadores, ingenieros, agentes de marketing creativo) participaron en un estudio longitudinal de 6 días sobre desempeño cognitivo y condiciones de edificios. Los participantes fueron ubicados en el laboratorio Willis H. Carrier Total Indoor Environmental Quality (TIEQ), en el Syracuse Center of Excellence (CoE), durante 6 días en el curso de dos semanas en noviembre de 2014, donde se simuló un ambiente

de oficina controlado. Los testeos se realizaban los días martes, miércoles y jueves, para evitar los efectos lunes/viernes, principalmente psicológicos, que conlleva el inicio y término de semana laboral. El CoE se establecieron dos oficinas casi idénticamente ambientadas, cada una con 12 cubículos. Las habitaciones estaban construidas similarmente y tenían exactamente los mismos materiales de construcción (pintura, computadores, alfombra, cubículos, etc). Empezando a las 9 am, se le requirió a los participantes pasar toda la jornada laboral en este ambiente de oficinas simuladas, realizando normalmente sus actividades de trabajo. Los testeos cognitivos iniciaban a las 3:00 pm cada día, después de lo cual los participantes podían irse. Las simulaciones de los distintos ambientes para cada día fueron diseñadas para evaluar las condiciones comúnmente encontradas en los edificios. Los tres parámetros del testeo que fueron experimentalmente controlados fueron la ventilación sin aire exterior, el CO_2 , y los VOCs. Todos los participantes recibieron la misma cantidad de exposición cada día, cambiando las concentraciones de exposición cada día; en un día se simulaban las condiciones de uno de los tres tipos de edificios.

Se seleccionaron dos tasas de ventilación de aire exterior para este estudio: 20 cfm/persona y 40 cfm/persona. Muchas normativas de edificios locales (en Estados Unidos) utilizan la estandarización anterior de ASHRAE de 20 cfm/persona, el que corresponde a una concentración interior de CO_2 “moderada” de 945 ppm. Por lo tanto, 20 cfm/persona fue el índice de ventilación que usamos para los días de simulación correspondientes al edificio “Verde” y al Convencional, ya que esto refleja la tasa de ventilación mínima requerida para ambos edificios. Por otro lado, también se buscó evaluar el impacto de duplicar ese índice a 40 cfm/persona (etiquetado como los días Green+), lo que corresponde a un aproximado estado constante de concentración CO_2 de 550 ppm. Sin embargo, para la evaluación de una asociación independiente del CO_2 con la función cognitiva, el índice de ventilación de aire exterior se mantuvo constante a 40 cfm/persona, con una suma de 50% aire exterior y 50% aire recirculado en los días de edificio Verde y Convencional. El dióxido de carbono fue añadido a las cámaras artificialmente desde un cilindro de CO_2 puro (al menos 99.9999% puro) para alcanzar tres estados constantes de concentración de CO_2 .

El primer objetivo era 550 ppm (Green+, día 1 y 6). El segundo objetivo, CO2 moderado de 945 ppm (día 2 y 5), correspondiente a 20 cfm/persona de aire exterior. El tercer objetivo, 1400 ppm, fue elegido para representar la concentración más alta, pero no poco común, de CO2 encontrado en ambientes interiores (día 3). El día 4, simulando las condiciones de un edificio Verde, las concentraciones de CO2 fueron de ~740 ppm.

La evaluación cognitiva fue realizada diariamente usando, al igual que en el estudio anterior, el software Strategic Management Simulation (SMS), el cual es un testeo computacional validado diseñado para testear la efectividad del nivel de gestión y manejo de los trabajadores, a través de una evaluación de la toma de decisiones de orden superior. Se puso a los participantes de diferentes situaciones con desafíos equivalentes al

mundo real (por ejemplo, manejar un municipio en el rol de un alcalde o un coordinador de emergencias). Estos escenarios fueron diseñados para registrar un patrón de respuesta estándar de los participantes. El software permite cierta flexibilidad ya que los participantes pueden elegir tomar una decisión o idear un plan en cualquier momento como respuesta a cualquier estímulo del programa. Basado en las acciones, planes, respuestas a información entrante, y uso de acciones anteriores y resultados, el software SMS calcula notas para los nueve factores cognitivos. Para un análisis estadístico los puntajes cognitivos fueron normalizados para permitir comparaciones a través de cada uno de los dominios de función cognitiva, cada uno de los cuales tiene también una escala única.

DOMINIO DE FUNCIÓN COGNITIVA	DESCRIPCIÓN
Nivel de Actividad Básica	Capacidad general para tomar decisiones a todas horas
Nivel de Actividad Aplicada	Capacidad para tomar decisiones que están orientadas hacia los objetivos finales
Nivel de Actividad Focalizada	Capacidad para tomar atención a situaciones que están a mano
Tarea Orientada	Capacidad para tomar decisiones específicas que están orientadas hacia la realización de tareas a mano
Respuesta a Crisis	Habilidad para planear, estar preparado y tener una estrategia bajo situaciones de riesgo
Búsqueda de Información	Capacidad para recabar información requerida de distintas fuentes disponibles
Uso de Información	Capacidad para utilizar tanto la información prevista como la recolectada con la consecución de los objetivos finales
Amplitud de Enfoque	Capacidad para tomar decisiones sobre múltiples dimensiones y utilizar una variedad de opciones y oportunidades para cumplir los objetivos
Estrategia	Parámetros de pensamiento crítico que reflejan la habilidad para usar soluciones bien integradas con la ayuda del uso óptimo de la información y la planificación

Descripción de los dominios cognitivos testeados

Extraído de: Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments - Environmental Health Perspectives

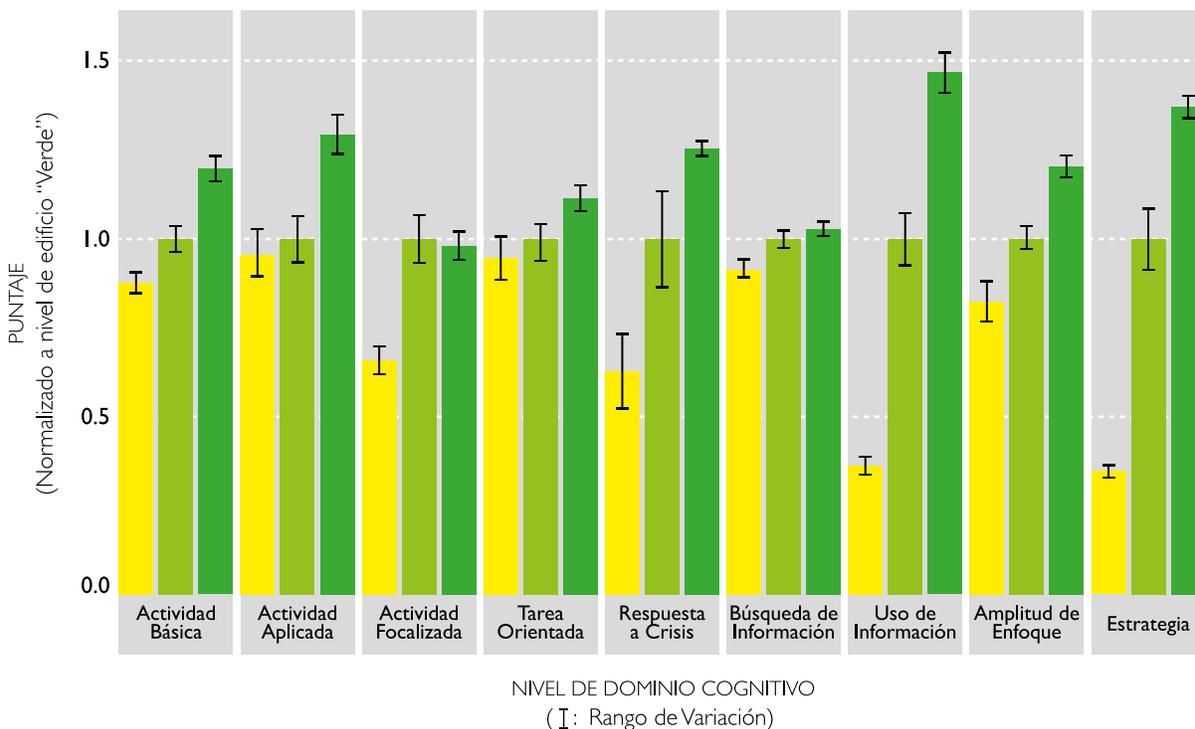
Los resultados indicaron que las puntuaciones en los nueve dominios de función cognitiva fueron mayores en las condiciones del edificio Verde que en las condiciones del edificio Convencional. En promedio, las puntuaciones cognitivas fueron 61% más altas los días de edificio Verde y 101% más altas en los dos días de edificio Green+, en comparación al día de edificio Convencional. Una cantidad significativa de la variabilidad en los puntajes cognitivos se explica por las distintas condiciones de ambiente interior, dejando sólo el 19% de la variabilidad por otros potenciales ejes intrapersonales de función cognitiva como dieta, calidad de sueño de la noche anterior, y ánimo.

Los efectos más grandes fueron vistos en “Respuesta a Crisis”, “Utilización de Información” y “Estrategia”, los cuales son indicadores de un nivel más alto de función cognitiva y toma de decisiones (Streufert, 1986 en Allen, J. 2015). Para “Respuesta a Crisis”, los puntajes fueron 97% mayores en el edificio verde que en el edificio Convencional, y 131% mayor al comparar Green+ con el estado Convencional. Para “Utilización de In-

formación”, los puntajes en las condiciones de edificio Verde y Green+ fueron 172% y 299% más altas que las condiciones del día Convencional, respectivamente. Y para “Estrategia”, el cual testea la habilidad de los participantes para planear, priorizar y ordenar acciones, los puntajes de los días Verde y Green+ fueron 183% y 288% más altos que en el día de edificio Convencional.

Los participantes obtuvieron mejores calificaciones en los días Green+ que en el Verde, en 8 de los 9 dominios, resultando un aumento en promedio del 25% del puntaje cuando la tasa de ventilación de aire exterior aumentaba. Para 7 de los 9 dominios de función cognitiva, el promedio de puntaje cognitivo disminuyó con cada nivel superior de CO₂.

Resultados de puntajes en los dominios cognitivos a distintos niveles de CO₂
 Extraído de: Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments - Environmental Health Perspectives



Por otro lado, los testeos mostraron que dos horas de exposición a VOCs de pinturas, se asociaba con disminuciones dentro de 3 de los 5 dominios investigados (Satish et al., 2012 en Allen et al., 2015). La investigación evidenció, estadísticamente, una significativa disminución en el desempeño de la función cognitiva cuando las concentraciones de CO₂ aumentan a niveles en los que normalmente se encuentra en ambientes interiores (aproximadamente 950 ppm). De hecho, este nivel de CO₂ es considerado “aceptable” de acuerdo a la guía de ASHRAE sobre tasa de ventilación para la calidad de aire interior.

Los trabajadores tuvieron una mejora significativa en los puntajes de función cognitiva cuando trabajaron en ambientes con condiciones de edificios Verdes y Green+, en comparación a uno Convencional. La exposición a CO₂ y VOCs a niveles encontrados en las oficinas de edificios Convencionales se asocia a niveles cognitivos más bajos en comparación a condiciones de un edificio Verde. Al usar materiales de baja emisión de contaminantes, una práctica que es común en los edificios Verdes, disminuyen los niveles de VOCs expuestos en el ambiente. Al aumentar el suministro de aire exterior no solo disminuyen la presencia de CO₂ y VOCs, si no que también de otros contaminantes de interior. El diseño de los edificios verdes que optimizan la productividad de sus empleados y el uso de energía necesitarán adoptar sistemas de energía eficiente y prácticas de operación informadas para maximizar el beneficio a la salud de las personas mientras se minimiza el consumo energético.

Los niveles de exposición de CO₂ usados en este estudio son comparables con muchos de los vistos en locaciones interiores. Una evaluación del Departamento de Vivienda Pública en Boston resolvió que la media o promedio de niveles de CO₂ es de 809 ppm en departamentos convencionales y 1204 ppm en departamentos recientemente construidos bajos estándares de eficiencia energética (Certificación LEED: Leadership in Energy and Environmental Design) creado por el Consejo de Construcciones Sustentables de Estados Unidos).

Calidad del Aire en Salas de Clases

Los estudios de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) sobre la exposición humana a contaminantes del aire indican que los niveles de contaminantes de ambientes interiores pueden ser de 2 a 5 veces (y ocasionalmente hasta 100 veces) más altos que los niveles exteriores. Dentro de estos ambientes interiores la EPA destaca especialmente la severa situación de los colegios, específicamente las salas de clases.

Aproximadamente el 70% de los edificios de colegios tienen problemas de calidad de aire interior. Además los colegios tienen en promedio una densidad de ocupantes 4 veces mayor que una oficina. (Environmental and Occupational Health Policy, University of Minnesota, 2004). Esto evidenció que por lo general las concentraciones de CO₂ en colegios tienden a ser mucho mayores que en oficinas (Corsi et al. 2002; Whitmore et al. 2003, citado en Satish et al. 2012).

Hay una fuerte evidencia de que en colegios los niveles de CO₂ están frecuentemente cerca o sobre los niveles asociados a los estudios anteriores, por sobre 900 ppm de CO₂, con significantes reducciones en el desempeño de la toma de decisiones.

Corsi et al. (2002) reportó concentraciones de CO₂ mayores a 1000 ppm (>1000 ppm) en el 66% de 120 salas de clases en Texas, mientras que Shendell et al. (2004) midió concentraciones de CO₂ superiores a los 1000 ppm (>1000 ppm) en 45% de 435 salas de clases en Washington e Idaho, describiendo que concentraciones (más) altas de CO₂ son asociadas con un aumento en la ausencia/inasistencia de estudiantes (EPA, 2015).

Un estudio similar, que esta vez incluyó salas de clases de enseñanza básica de California y Texas, Estados Unidos, concluyó que en promedio los niveles de dióxido de carbono también eran >1000 ppm, mientras una proporción sustancial excedían los 2000 ppm y el 21% de las salas de clases de Texas alcanzan concentraciones de CO₂ que excedían los 3000 ppm.

Otro pequeño estudio indicó que en salas de reuniones, en períodos que van de 30 a 90 minutos, el nivel de CO₂ se eleva hasta alcanzar 1900 ppm, por lo que se puede asumir que en situaciones en salas de clases los niveles de dióxido de carbono y otros contaminantes son igual o peores.

Se estima que las salas de clases alcanzan niveles entre 1.000 y 3.000 ppm de CO₂, (Satish et al. 2012)

Es una problemática muy recurrente que afecta probablemente a la mayoría de los establecimientos educacionales. La mala calidad de aire interior en las escuelas puede afectar la comodidad y salud de tanto los estudiantes como el personal, y puede afectar la concentración, el rendimiento y la asistencia de los estudiantes debido a síntomas asociados a las condiciones del Síndrome del Edificio Enfermo, por lo que podríamos decir que son "Salas de Clases Enfermas".

Si no se controla la calidad deficiente del aire, los habitantes se ven expuestos a un mayor riesgo de sufrir problemas de salud a corto plazo, tales como fatiga, dolor de cabeza y náuseas, además de padecimientos a largo plazo como asma.

Los suministros y artículos de mantenimiento en colegios (así como en otros tipos de edificios como oficinas) pueden emitir contaminantes al aire durante su uso y almacenamiento. Aunque hay productos más bajos en emisiones, no es necesariamente mejor, por lo que es importante considerar si es más dañino como sustancia, si tiene que usarse con mayor frecuencia o en cantidades más grandes. Algunos de estos suministros pueden ser, como ejemplo: solventes, pinturas, adhesivos, selladores y productos de limpieza. En la mayoría de estos productos las etiquetas identifican sus componentes y la nocividad de estos, precauciones en su uso en interiores y las tasas de ventilaciones recomendadas para el proceso (EPA, 2015).

El mobiliario escolar, como mesas y sillas, por lo general también contienen sustancias nocivas utilizadas en su fabricación, a pesar de que cada vez se intenta implementar más la utilización de materiales que no contengan ni liberen componentes tóxicos. La mayoría del mobiliario previo al año 2006 contiene PBDEs (químicos tóxicos utilizados como retardantes de inflamación), los cuales emiten toxinas al aire. Incluso después del 2006 los retardantes de inflamación siguen siendo utilizados. Tris (Dicloro Propil) Fosfato (TDCPP), un compuesto cancerígeno prohibido en los pijamas de niños en 1977, fue reintroducido, y continúan apareciendo sustancias ignífugas que son igualmente dañinas. La inhalación es la principal ruta de absorción frente a su exposición (EPA, 2015).

Una mala IAQ intensifica el asma y otras enfermedades respiratorias. Según EPA, 1 de 13 niños en edad escolar tiene asma, la cual es una de las causas principales de ausencia escolar debido a enfermedades crónicas. Diversos estudios han evidenciado que la exposición a alérgenos como ácaros y moho gatillan la manifestación de síntomas del asma. Estos alérgenos son comunes en los colegios.

Se han descrito algunas condiciones que hacen particularmente susceptible al individuo, en este caso alumnos, frente a contaminantes del aire interior, como personas que padecen asma, alergias, sensibilidad a ciertos químicos, enfermedades respiratorias, sistema inmune debilitado (debido a quimioterapia, radiación u otra enfermedad) y que usan lentes de contacto.

Sobre todo cuando los síntomas se manifiestan en niños, en muchas ocasiones los problemas ocasionados por un déficit en el aire interior son sutiles e imperceptibles y no siempre producen impactos en la salud fácilmente reconocibles, y se suelen atribuir a que, por ejemplo, el alumno “corrió mucho, transpiró y no se cuidó”, aunque también puede ser el caso.

Según EPA, los niños, al tener un cuerpo en desarrollo, pueden ser más susceptibles que los adultos ante exposiciones ambientales. Esto se debe a que el aire, la comida y líquido que ingieren es mayor en proporción al peso de su cuerpo en comparación a los adultos. Es por eso que la calidad del aire en colegios es de suma preocupación. La mantención apropiada del aire interior va más allá de un tema de “calidad”, si no que abarca la salud, seguridad, bienestar y cuidado de los ocupantes.

Reflexiones Finales

Los hallazgos respecto al impacto de los altos niveles de CO₂ en todo tipo de ambientes interiores, en este caso no industriales, tienen implicaciones de gran alcance ya que los estudios que lo comprueban fueron diseñados para reflejar las condiciones que comúnmente encontramos en muchos ambientes interiores de todos los días.

Ambos estudios obtuvieron similares resultados en cuanto a los cambios en las puntuaciones cognitivas al modificar los niveles de CO₂ y ventilación de aire exterior. Las correlaciones son consistentes: a) los estudios indicaron que el conocimiento tanto de trabajadores como de estudiantes son igualmente afectados por el CO₂, VOCs y la ventilación de aire exterior; y b) evaluaciones a distintas duraciones de exposición indicaron que incluso los cortos períodos de exposición se relacionan con la función cognitiva (Allen et al. 2015).

En espacios cerrados donde ocurre mucha inhalación y exhalación, muchos gérmenes, alérgenos y otras sustancias se esparcen rápidamente. La EPA identifica específicamente a los colegios como un contexto de preocupación.

Los estudios realizados por Berkeley y Harvard evidencian que en espacios cerrados al incrementar los niveles de CO₂ disminuye el desempeño de las funciones cognitivas, afectando el nivel de participación, rendimiento y toma de decisiones de los ocupantes, ya que disminuye la actividad mental.

Por otro lado, según investigaciones de la EPA, en las salas de clases los niveles de CO₂ y otros compuestos contaminantes son igual e incluso más altos, por lo que se esperan los mismos efectos. También se suma los síntomas relacionados al Síndrome del Edificio Enfermo, por lo que bajo estas condiciones los alumnos ven afectada su salud física y mental.

En la práctica los alumnos sufren dolencias como asma o alergia, lo que muchas veces lleva a que falten a clases. Además, como las condiciones de la calidad del aire interior están por sobre una concentración moderada de CO₂ (Moderado se estableció en el estudio como 945 ppm, mientras que la mayoría de las salas de clases tienen sobre 1000 ppm), afecta la concentración y participación de los estudiantes, por lo que la retención de la información es deficiente, aprendiendo menos.

Es por esto que en las salas de clases, donde se requiere un buen funcionamiento cognitivo para el procesamiento de información (al igual que en oficinas), es necesario alcanzar mejores parámetros de Calidad Ambiental Interior, incluyendo la Calidad de Aire interior, iluminación, ventilación, tempera-

Era Espacial Y Crisis Energetica

Durante la década de 1970, se presentaron paralelamente 2 problemas, que al momento de buscarse una solución, resultaron ser materias que podrían relacionarse.

Por una parte, la crisis energética que ocurrió en esta época, hizo que se replanteara el tipo de edificios. La necesidad de ahorro en ventilación, refrigeración y calefacción de las construcciones, se tradujo en la creación de volúmenes herméticos. Si bien, de esta forma se logró bajar el gasto energético, aparecieron otras complicaciones; el aire interior aumentó ampliamente sus niveles de contaminación. Evidentemente, esto originó importantes inconvenientes en la calidad de vida de los habitantes de estos espacios.

Simultáneamente, durante este periodo se desarrollo una etapa de grandes avances y descubrimientos en materia espacial. Coincidentemente, uno de las dificultades que emergieron en esta materia, tenia mucho en común con la contaminación de espacios interiores.

Los programas espaciales, crearon espacios completamente aislados del exterior. Poco a poco se dieron cuenta que al no tener ventilación, necesitaban de alguna forma poder eliminar los contaminantes producidos en el interior, pues notaban la mala calidad del aire interior en programas tanto lagos como cortos. Debido a esto, comenzaron las primeras investigaciones en busca de una solución a esta dificultad.

NASA y la Contaminación de Aire Interior

En 1973, durante la misión de Skylab III, la NASA identificó 107 compuestos volátiles orgánicos (VOCs) que eran liberados de los materiales sintéticos dentro de la nave espacial, tales como formaldehído, benceno, y tricloroetileno, todos conocidos como sustancias irritantes y potenciales cancerígenos. Cuando estos químicos están atrapados sin circulación, como en el caso del Skylab, los ocupantes pueden enfermarse, ya que el aire que respiran no tiene la natural limpieza que realiza el complejo ecosistema de la Tierra. Como resultado, la NASA se dio cuenta de que la contaminación de aire interior en cualquier estructura cerrada o sellada puede presentar problemas relacionados con la salud, y que esto debe ser tratado.

En 1989 la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) reportó en el congreso norteamericano que habían detectado más de 900 tipos de VOCs en el aire de edificios públicos. Por otro lado, también la NASA evidenció que al interior de una nave circulan más de 300 clases de compuestos orgánicos volátiles durante la ocupación de tripulantes (Bacigalupe, 2011). Como parte de la investigación de "Sistemas Cerrados de Soporte de Vida Ecológica", la NASA comenzó a estudiar el potencial limpiador de la naturaleza por reacciones sinérgicas que se dan entre las plantas y los microbios de sus raíces.

En 1984 la NASA publicó por primera vez estudios que demuestran que plantas de interior pueden remover VOCs de cámaras selladas de testeo. En un paso adelante, la NASA realizó una construcción fuertemente sellada a la que denominaron "Biohome". La estructura estaba hecha de materiales sintéticos y diseñada para alcanzar un máximo cierre y sellado de aire y energía, sin estructura para ventilación. Estaba equipada para proveer un hábitat funcionalmente equipado para una persona. El resto del espacio interior albergó una red de componentes bio-regenerativos, usando plantas, cuyos productos finales eran restos de agua residual, agua potable y aire purificado. Biohome estaba equipado con sistemas de monitoreo que, antes de añadir las plantas, detectaron altos niveles de VOCs provenientes de los materiales sintéticos.

Según describen, al entrar al recinto se experimentaba irritación en los ojos y disconformidad al respirar, ambos síntomas clásicos del Síndrome del Edificio Enfermo. Entonces pusieron plantas de interior para evaluar su capacidad de remover VOCs del ambiente. Un pequeño prototipo de filtro de planta con ventilador asistido también fue añadido, el cual tenía la capacidad removedora de VOCs de 15 plantas estándar. Cuando la calidad de aire fue testeada de nuevo los resultados mostraron que la mayoría de los VOCs habían sido removidos. Uno de los contaminantes más relevantes fue el formaldehído, el cual se toma como el contaminante para medir el estándar de calidad.

Como caso de estudio, un estudiante vivió por un verano en el Biohome, y no mostró ninguna complicación por calidad de aire interior. Cuando el programa de investigación terminó, la NASA movió el Biohome a la oficina de turismo y lo renombró "Avenida Principal Marte", ya que simulaba un módulo de soporte de vida en Marte, donde el aire y desechos son tratados con plantas. Continuó siendo utilizado como herramienta educacional hasta que el 29 de agosto del 2005 fue destruido por el Huracán Katrina.

En definitiva, esta investigación evidenció el hecho de que nadie experimentó los síntomas del Síndrome de Edificio Enfermo, luego de que se incorporaran plantas en el interior. Este fue el primer testeo con aplicación en la vida real de plantas de interior para aliviar la contaminación de aire interior.

En esta misma línea, es importante destacar a uno de los principales colaboradores de las investigaciones de la NASA. B.C. Wolverton, quien se enfocó en la investigación de las habilidades naturales del medio ambiente para limpiarse a si mismo.

Una de sus investigaciones más destacadas, tenía como objetivo principal limpiar el Centro Espacial Stennis de los químicos dejados por los desechos y develar información sobre ambientes cerrados “ecológicamente sustentables”. Los resultados buscaban definir parámetros para diseñar ambientes habitables y sustentables en el espacio por largos períodos.

La solución no fue hacer los ambientes interiores menos “energéticamente eficientes” o sacar los “convenientes” materiales sintéticos, si no que el plan era encontrar una solución que restaurara los ambientes personales.

La respuesta, según lo indicado por el propio Wolverton en 1989 fue:

“si el hombre se encuentra en ambientes cerrados, ya sea en la Tierra o en el espacio, debe tener consigo el sistema natural de soporte de vida: las plantas”

Se ha demostrado que recintos con plantas contienen aire con un 50 a 60% menos alérgenos que aquellos sin plantas. Esto ocurre pues la planta está protegiéndose a ella misma del ataque de cualquier patógeno (Bacigalupe, 2011).

En términos fáciles, las plantas emiten vapor de agua que crea una acción bombeadora que empuja el aire contaminado alrededor de las raíces de la planta, hacia abajo, donde se convierte en alimento para la planta. Por otro lado, el estudio reveló que mientras se permita circular más aire a través de las raíces de las plantas, más efectivas son al limpiar el aire contaminado. Es por eso que también se desarrolló la adición de filtros de carbón altamente eficientes en una maceta que, sumado a un sistema de circulación añadido a nivel de las raíces, permite a la planta remover VOCs aproximadamente 200 veces más que una planta en maceta tradicional, sistema que fue denominado EcoPlanter.

La investigación también sugirió que las plantas juegan un rol psicológico en el bienestar de las personas, y que las personas de hecho se recuperan de enfermedades más rápido en presencia de plantas.

Dentro de los principales contaminantes químicos encontrados y estudiado por la NASA están el Tricloroetileno, el Formaldehído, el Benceno, el Xileno y el Amoniaco. En la siguiente tabla se muestran las fuentes en donde se encuentran estas sustancias, así como los efectos de cada una en la salud de las personas, expuestas incluso en períodos cortos de tiempo.

	Dónde se encuentran	Efectos en la salud (Síntomas de exposición a corto plazo)
Tricloroetileno	Tintas de impresión, pinturas, lacas, barnices, adhesivos y removedores de pintura.	Agitación, mareo, dolor de cabeza, náuseas y vómito. Seguido por somnolencia y coma.
Formaldehído	Bolsas de papel, papel encerado, toallitas faciales, papel absorbente, servilletas, aglomerados, contrachapados y telas sintéticas.	Irritación de la nariz, boca y garganta, y en casos severos inflamación de laringe y pulmones.
Benceno	Humo de cigarro, gas que liberan los vehículos, pegamentos, pinturas y cera para muebles. Se utiliza además para hacer: plásticos, resinas, fibras sintéticas, lubricantes para caucho, tinturas, detergentes, medicamentos y pesticidas	Irritación de los ojos, somnolencia, mareo, incremento del ritmo cardíaco, dolor de cabeza, confusión y en algunos casos puede resultar en pérdida de conciencia.
Xileno	Impresiones, caucho, industrias de cuero y pintura, humo de cigarro y gas liberado por los vehículos.	Irritación de boca y garganta, mareo, dolor de cabeza, confusión, problemas al corazón, daños al hígado y riñones, y coma.
Amoniaco	Limpia vidrios, cera para el piso, sales aromáticas y fertilizantes.	Irritación de los ojos, tos y dolor de garganta.

Contaminantes medidos en los estudios de la NASA, en ambientes interiores.
Extraído de: Sitio web de NASA

El Potencial Uso de las Plantas de Interior

Finalmente, y siguiendo la misma línea, se encuentra otra investigación hecha por la NASA, "Interior Landscape Plants For Indoor Air Pollution Abatement"

Este estudio busca entender el proceso mediante el cual las plantas logran descontaminar el aire y además clasificar los tipos de plantas más efectivas para conseguir este objetivo.

Este estudio se realizó con todas las partes que componen una planta para descontaminar la polución del aire, donde también se incluye un filtro de carbón. Las raíces y sus microorganismos asociados descontaminan de virus, bacterias y compuestos orgánicos que pasan a constituir parte de la planta. También, se estudian los productos que produce la planta en ambientes cerrados.

Las plantas se pusieron en invernaderos en condiciones de buen manejo. Posteriormente se colocaron en cámaras y después de añadir las sustancias químicas se evaluaron a las 6 y 24 horas siguientes. A continuación, se midió por cromatografía de gas con muestras de plantas y de suelo.

En cuanto al análisis microbiológico, la presencia de hongos y actinomicetos requirió ser vistos después de 3 a 5 días por el lento crecimiento. Con bacterias su análisis es más rápido.

La remoción del Tricloroetileno es bastante menor por las plantas indicadas.

Los primeros años se evaluó la pérdida de químicos por macetas con suelo de compost en un medio cerrado, sin plantas. A raíz de ello se determinó que la extracción provenía desde las hojas de las plantas. Fue desconcertante la baja fotosíntesis y tasa metabólica de las plantas con la luz que tenían. Después se evaluó las plantas y el suelo de la maceta sin planta.

Se observó que el suelo del macetero, después de remover todo el follaje, fue más efectivo en remover benceno que el macetero con planta y suelo. Sin embargo, luego se vio que esto sucedía solo cuando el fenómeno ocurría cuando una gran cantidad de follaje cubría la superficie del suelo del macetero, reduciendo el contacto del suelo con el aire. Por ello se sacaron las hojas basales

Los resultados indicaron una remoción eficiente de los contaminantes de las plantas, en menor o mayor cantidad, según la especie de planta. Dentro de las muchas plantas de interior que fueron integradas y evaluadas en el estudio, en la siguiente tabla se muestran las que proporcionalmente tuvieron un mejor rendimiento en la depuración de las sustancias mencionadas, indicando según cada una de las plantas si se considera como un removedor eficiente del contaminante.

	TRICLOROETILENO	FORMALDEHIDO	BENCENO	XILENO	AMONIACO
Potus <i>Epipremnum aureum</i>		●	●	●	
<i>Spathiphyllum "Manua loa"</i>	●	●	●	●	●
Palmera de Bambú <i>Raphis excelsa</i>		●		●	●
Lengua de suegra <i>Sansevieria trifasciata "laurentil"</i>	●	●	●	●	
Árbol de caucho <i>Ficus robusta / Benjamina</i>		●		●	
Crisantemos <i>Chrysanthemum morifolium</i>	●	●	●	●	●
Hiedra inglesa <i>Hedera helix</i>	●	●	●	●	
<i>Dracaena marginata</i>	●	●	●	●	

Resumen de la remoción de contaminantes por las plantas
Elaborado a partir de "Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution Abatement"

El funcionamiento de las plantas

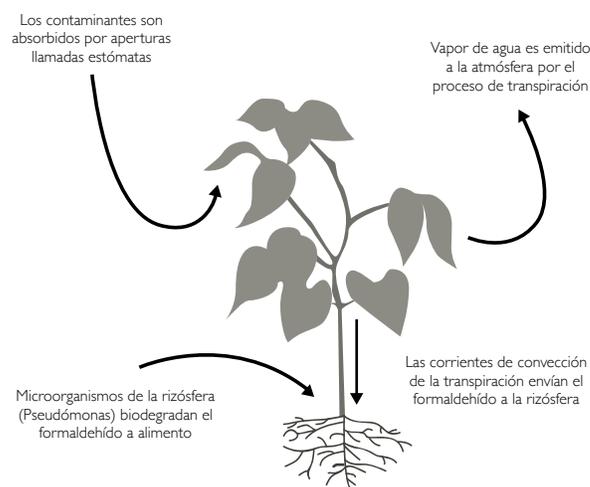
Hay gran actividad biológica en el área de las raíces y la tierra que las rodea, área conocida como rizósfera. Esta se condiciona por las sustancias excretadas por la planta hacia sus raíces. Cada planta excreta una combinación de azúcares y aminoácidos para estimular el crecimiento de algunas bacterias e inhibir la proliferación de otros. La rizósfera es en sí un ecosistema con una densidad bacteriana mucho mayor en las cercanías de sus raíces.

El transporte desde la hoja hasta el rizoma es un proceso llamado translocación. Este proceso implica el uso de dos sistemas complejos de tejido: el floema y xilema. La función principal del xilema es mover agua y minerales desde las raíces hasta las hojas. Por otro lado el floema realiza el proceso inverso de trasladar azúcares hacia todo el tejido no-verde.

Todos los compuestos orgánicos son translocados, es decir, trasladados hacia la rizósfera, en donde las bacterias los degradan y utilizan para su propio metabolismo, el cual libera nutrientes que serán utilizados por las plantas. Las bacterias funcionan como un factor de adaptación, aumentando la cantidad de material degradado proporcionalmente al tiempo de trabajo, a pesar de que la planta es capaz de remover formaldehído por sí misma.

La humedad relativa es la cantidad de agua en el aire versus la cantidad que éste puede contener. Las plantas juegan un importante papel en el control del nivel de humedad y condiciones climáticas, ya que dentro de los componentes que libera al ambiente como producto de la fotosíntesis, la sustancia más estudiada es el vapor de agua. El aire acondicionado, emite aire muy seco, lo que causa una resequedad de la película lagrimal y mucosas en general.

Las plantas de interior se caracterizan en general por preferir zonas sombrías, entre 1000 a 1500 lux, por lo que tienen un buen crecimiento en interiores. Son las especies resistentes a las plagas comunes, como la araña roja y pulgones. Además son compatibles con la gran mayoría de tipo de sustratos (en términos de acidez, dureza y drenaje), convirtiéndose en plantas fáciles de mantener.



Degradación del formaldehído y de compuestos orgánicos volátiles
Extraído de: Tesis: Inclusión de manto verde en oficinas - Mariel Bacigalupe

Reflexiones Finales

Los estudios realizados por la NASA evidencian lo que sabemos hace muchos años: las plantas son removedores naturales de contaminante por excelencia.

En términos más técnicos las plantas de interior con bajos requerimientos de luz, han demostrado el potencial para aumentar la calidad del aire removiendo trazas orgánicas de elementos que producen contaminación del aire de edificios eficientes en uso de energía. Este sistema con plantas es promisorio para aliviar el efecto de edificios enfermos asociado con la eficiencia energética. La zona de raíces de plantas y suelo aparece como el más efectivo área para remover químicos volátiles orgánicos. Es bueno considerar maximizar la exposición del área suelo-planta, considerando tener plantas en las construcciones de edificios para mejorar la filtración del aire, pudiendo agregar un filtro de carbono activado, tal como lo hicieron en su experimento.

Aprendizaje por Indagación

El aprendizaje por indagación es una metodología de enseñanza aprendizaje a través de la cual el estudiantado ha de encontrar soluciones a una situación problema a partir de un proceso de investigación. Se centra en afrontar problemas y en el trabajo cooperativo, así como en preparar al sujeto para enfrentar los problemas con espíritu crítico. Promover en todos los niños una mejor comprensión de la naturaleza, estimular su curiosidad y fomentar sus actitudes científicas.

La metodología indagatoria busca que los niños y niñas, además de aprender sobre el mundo natural y material, tengan la oportunidad de experimentar el placer de investigar y descubrir; se apropien de las formas de pensamiento que subyacen a la búsqueda científica y aprendan a convivir en un ambiente que estimule la comunicación efectiva, el trabajo en equipo y el cuidado de la naturaleza.

Además, con el apoyo de los docentes, desarrollarán sus capacidades a través de la elaboración de una actividad de aprendizaje basada en el enfoque indagatorio que tenga el potencial de aportar a la escuela. Se estimula el trabajo interdisciplinario y se fomenta la cooperación.

En 1995 el Consejo Nacional de Investigaciones de EEUU difundió estándares sobre lo que todos los alumnos deberían saber y poder hacer en el área de ciencias. El documento contenía estándares en cinco ramas: enseñanza, desarrollo profesional, evaluación, contenidos, programas y sistemas. El aprendizaje por indagación se centra principalmente en el ámbito “enseñanza”. Ahí establecieron que la enseñanza de las ciencias debería cambiar a un ambiente en el aula en una comunidad en la cual los estudiantes aprendan ciencias a través de la indagación. Sostienen que la enseñanza de las ciencias debería dejar de consistir un proceso unilateral en donde los docentes que presentan información y enseñan los temas de ciencias forzando a que los estudiantes aprenden ciencias a través de un compromiso activo.

Una vez más, el eje de los estándares es la indagación. Y así debe ser. La indagación ha sido el motor de este libro desde su concepción en 1972 en Alemania. En lugar de poner el énfasis principalmente en la teoría, este tipo de enseñanza se orienta a la aplicación de ejercicios prácticos que pueden realizarse en el aula (Friedl, 1997).

Metodologías de Enseñanza

Hay un consenso generalizado que indica que la interacción entre profesor y alumno es el sistema más eficiente en el proceso de enseñanza – aprendizaje. No obstante, la clase tradicional continúa siendo un monopolio del docente, quien participa en la forma tradicional con lectura o recitando en forma memorizada la información. Bajo esta situación los alumnos toman una actitud muy pasiva. Esta metodología ha demostrado ser ineficiente. Surge entonces la pregunta de cómo lograrlo.

Ante este escenario la solución va por tener participación conjunta profesor – alumno para construir el conocimiento, para lograr calidad y metas, solucionar problemas. Las opciones más reciente han tomado la vía de la “participación guiada”, donde el maestro tiene un papel activo como organizador y coordinador de las actividades y como coparticipante en la búsqueda del significado y entendimiento. Es importante el intercambio verbal, pero también la comunicación de modo no verbal, el uso de herramientas materiales y simbólicas. La “conversación exploratoria” (Barnes), aspira que el estudiante comprenda y transforma el conocimiento escolar en conocimiento activo, o sea, los hace pensar. En grupos pequeños ha sido exitosa haciendo discusiones de grupos dirigidas por el profesor. A diferencia de la recitación memorística, aquí el papel principal no es de un solo individuo, hay muchos que participan. El papel del maestro es el de administrador o facilitador; haciendo participar a todos, los movimientos de seguimiento del maestro consisten en afirmar o resumir lo que se acaba de decir. Le llaman “discurso progresivo”, todos están de acuerdo que la comprensión del tema es superior a la comprensión individual previa.

Es importante que se tome en cuenta la opinión de todos y la respuesta no está predeterminada. Los estudiantes obtienen satisfacción al trabajar con sus pares en lograr un resultado. Estos son mejores que si se hace en forma individual.

Se ha probado contribuir en el mejoramiento de la enseñanza – aprendizaje de las ciencias, utilizando la indagación, la experimentación, fundamentado en la investigación, el aporte a la construcción de capacidades e impacte la definición de políticas. La experimentación que permita que los estudiantes hagan pasos prácticos que les permita conocer mejor los procesos, despertarles la inquietud de saber más, de explicarse los procesos, de tener una necesidad de formación continua. Los estudiantes aprenderán fenómenos físicos, biológicos, químicos, etc., junto con conocer y comprender los fenómenos naturales y el cuidado de ella. El sistema tradicional entrega conocimientos, pero no los integra, esto se logra por una relación conjunta y el trabajo que es capaz de producir un cambio verdadero.

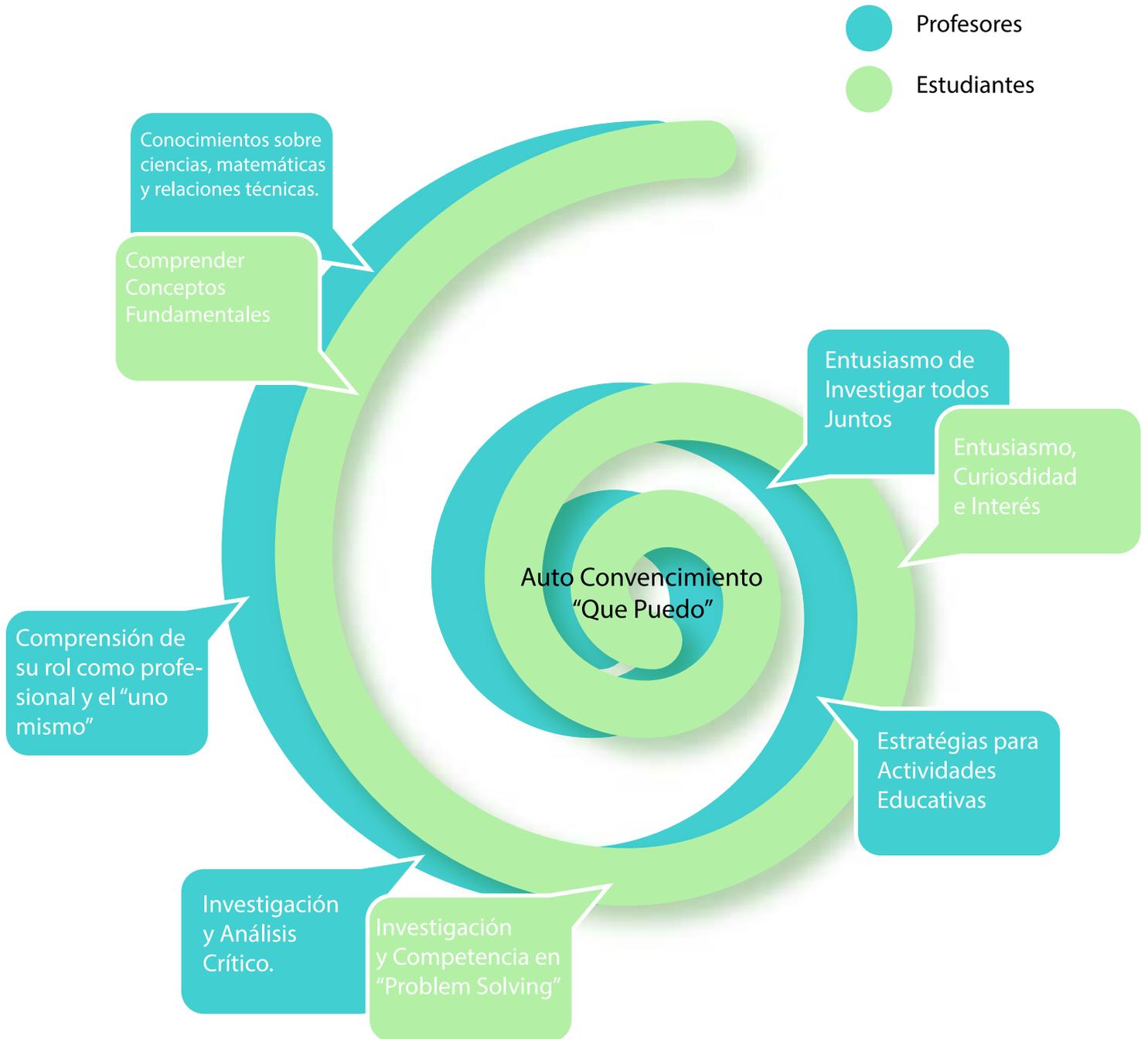
“Enseñar a los niños a interesarse por aprender significa crear una experiencia personalizada y diferenciada que apoye y ayude a desarrollar sus capacidades individuales”.

Susan Bosch (2016).
Diario El Mercurio.

El “ciclo de la investigación” describe el método de la indagación



Objetivos en la iniciativa en el nivel de estudiantes y educadores.



Estudiantes y educadores continúan su desarrollo en distintas áreas, cuando desarrollan procesos de investigación juntos.

La capacidad de asombro y de curiosidad

Uno de los motores más relevantes es la curiosidad, por lo que es importante que los niños aprendan a preguntarse, así como es importante propiciar el espacio para ello. En la educación formal, las prácticas tradicionales en el aula de clases se sustentan en la entrega de definiciones de conceptos y contenidos para su memorización y retención por parte de los alumnos. Como consecuencia estas praxis apagan la curiosidad natural de los niños, inhibiendo su capacidad y disposición de interrogarse frente a diversos temas, incluso los más banales con los que se encuentran día a día.

La canadiense Catherine L'Ecuyer publicó el año 2014 en la revista *Frontiers in Human Neuroscience* un artículo donde destacaba la importancia de educar dando énfasis a la capacidad de asombro en los niños. Según la especialista "la primera ventana del asombro es la naturaleza", por lo propone actividades como ver cómo se desplaza un gusano. El juego desestructurado que promueve se opone a las clases dirigidas donde un adulto está al mando con un orden exacto de lo que se debe hacer, pues promueve el pensamiento creativo, la autoplanificación y las funciones ejecutivas autodirigidas. Al contrario, y siguiendo la base del Aprendizaje por Indagación, se busca aplicar un método constructivista donde el alumno debe diseñar y construir por sí mismo los cimientos de su conocimiento. Sin embargo, L'Ecuyer insiste en que el conocimiento se descubre, no se construye, y que por eso el papel del profesor es clave.

Esto lo relaciona con la entrega inmediata de información, pues corresponde a proporcionar un estímulo externo que suplanta la capacidad de asombro del niño, anulando la capacidad de ellos de motivarse por sí mismos (Diario El Mercurio, 2016).

Los profesores son los actores vinculantes más importantes en el logro del aprendizaje de los estudiantes. Sin ser una tarea fácil, deben encontrar los la manera indicada para entregar los conocimientos, variando de acuerdo a la disciplina impartida y la edad de los estudiantes, pues no es lo mismo enseñar Historia a alumnos de tercero básico que Física a alumnos de segundo medio.

Hoy predomina un modelo conductista, en donde el alumno es un ente pasivo y el profesor es el único transmisor de conocimiento. La idea es que el profesor cumpla un rol de "facilitador", alguien que imponga seguridad y a la vez orden, que defina un marco y las reglas mínimas para cada actividad: desde pedir que después de usar un material este se recoja hasta asegurarse que un libro elegido sea adecuado para la edad de los estudiantes.

"Hasta en primer grado de la escuela primaria hay preguntas difíciles que formulan los niños, como ¿Por qué el agua de la llave es transparente? ¿Por qué el cielo es negro de noche? ¿Por qué el pelo del abuelo se puso blanco? No saber es normal. Con seguridad los profesores saben más que los alumnos, pero eso no significa que sepamos todo, ni que siempre mostremos lo que sabemos... Debemos ser como directores. Los niños buscan, nosotros los guiamos; ellos encuentran, luego compartimos la dicha del descubrimiento. Decir 'no sé' parece superficialmente fácil, pero en realidad es difícil, porque uno siempre está influido por la concepción tradicional. ¡En definitiva es la experiencia la que te enseña de verdad!"

Zao Zingyi, profesora en Dailán, China
Citado en: Aprender y enseñar ciencias a través de la indagación (2008)

Consideraciones importantes en esta metodología

Es importante que se tome en cuenta la opinión de todos y la respuesta no está predeterminada. Los estudiantes obtienen satisfacción al trabajar con sus pares en lograr un resultado. Estos son mejores que si se hace en forma individual.

Se ha probado contribuir en el mejoramiento de la enseñanza – aprendizaje de las ciencias, utilizando la indagación, la experimentación, fundamentado en la investigación, el aporte a la construcción de capacidades e impacte la definición de políticas. La experimentación que permita que los estudiantes hagan pasos prácticos que les permita conocer mejor los procesos, despertarles la inquietud de saber más, de explicarse los procesos, de tener una necesidad de formación continua. Los estudiantes aprenderán fenómenos físicos, biológicos, químicos, etc., junto con conocer y comprender los fenómenos naturales y el cuidado de ella. El sistema tradicional entrega conocimientos, pero no los integra, esto se logra por una relación conjunta y el trabajo que es capaz de producir un cambio verdadero (Wells et al., 2005).

La buena enseñanza de la ciencia, es mejor iniciarla con los niños a edad temprana, guiada por el profesor, fomentando el trabajo en equipo, el respeto a las ideas del otro y el cuidado a la naturaleza. La ciencia es un método para descubrir y aprender, excelente para adquirir competencias. La metodología indagatoria requiere que los profesores reciban recursos educativos como guía. Se provee una guía para el profesor, guía para los alumnos y todo el material experimental.

La enseñanza experimental ha comprobado que es tan importante, que incluso se recomienda posicionarla por delante de la instrucción teórica, con fuerte impacto en la indagación. Es primordial promover una actitud positiva de los estudiantes, que tengan curiosidad y motivación y generar apego y vinculación hacia la educación científica a lo largo de la vida. Los profesores deben presentar la ciencia como una indagación y los estudiantes emplear la indagación para aprender la ciencia (Deves et al., 2007).

Las nuevas metodologías de enseñanza presentan algunos problemas, partiendo por la disposición al cambio de los profesores, disponibilidad de tiempo para introducir el cambio, cantidad de alumnos, disponibilidad de medios, nivel e interés de los alumnos, etc. Para los docentes más proclives al cambio, se ha experimentado el estudio de lección, donde un equipo de profesores multidisciplinario implementa el estudio de una lección preparando un plan, lo ejecuta en presencia del equipo y luego se reflexiona para hacerle mejoras. El proceso se repite y se avanza con el mejoramiento que se construye entre todos.

Reflexiones finales

Para aprender de aspectos fundamentales de vida sana, del mejoramiento del ambiente en que vivimos o estudiamos, es importante partir con la educación y motivación de los niños en su edad escolar, realizando experimentos básicos que les permita indagar y relacionarlos con prácticas experimentales que eviten la polución, mejorar la calidad de vida en colegios, casas, oficinas. Estudios realizados por la NASA han demostrado la existencia de plantas, que en su relación planta-suelo-microorganismos del suelo, provocan la eliminación de productos químicos propios de la contaminación ambiental, que suele estar presente en espacios con poca aireación, contaminados, que ocasionan daños a la salud. Esto, sumado a un método de enseñanza estimulante pueden ser clave para la calidad de aprendizaje de los estudiantes.

El hecho de que los alumnos llegan a la sala de clases, se sientan y se limitan a escuchar y a hacer lo que el profesor dice resulta desalentador y decepcionante. Por el contrario, la escuela debiese ser inspiradora, estimulante y entretenida.

_02

Planteamiento

Oportunidad de Diseño

Problemática

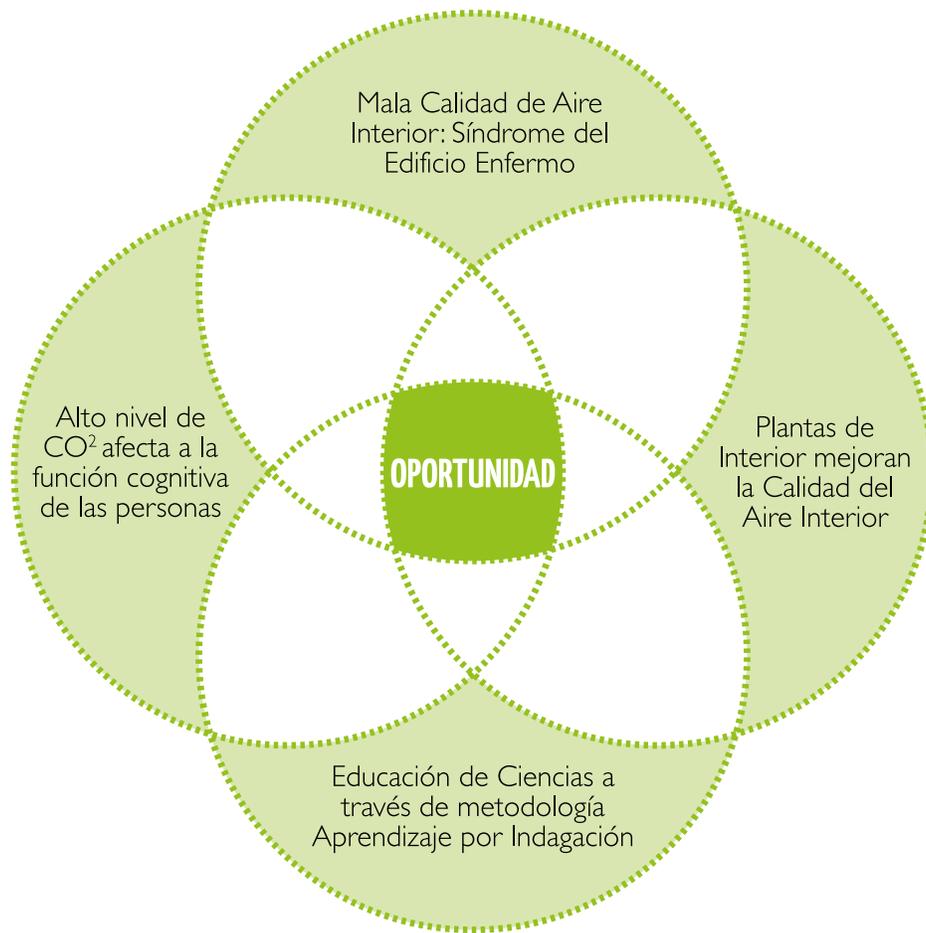
Según la información vista, surgen varias interacciones críticas:

1. Es cada vez más evidente la deficiente calidad del aire interior en espacios en donde las personas pasan hasta el 90% de su día. Al modificar características de la construcción de edificios se disminuyó la tasa de ventilación de los mismos. Como consecuencia se produjo el “Síndrome del Edificio Enfermo”, atribuidos a edificios donde la mala calidad de el aire tiene repercusiones en la salud y el confort de las personas que lo habitan.

2. Estudios evidenciaron que dentro de los espacios interiores se concentran altos niveles de CO_2 , además de otros contaminantes. A partir de una exposición de niveles moderados de CO_2 aparecen efectos en las personas al disminuir el rendimiento de la función cognitiva; mientras más aumenta la concentración de CO_2 en los espacios interiores, más bajo es el rendimiento. Dentro de estos espacios interiores encontramos las salas de clases, por lo que también se ve afectado el rendimiento de los estudiantes.

3. Estudios realizados por la NASA demuestran que las plantas de interior son efectivas para la remoción de contaminantes como formaldehído y benceno, además de las reducciones de CO_2 correspondientes al proceso de fotosíntesis.

4. Existe una metodología de enseñanza llamada “Aprendizaje por Indagación”, muy usado en la enseñanza de Ciencias Naturales, la cual se enfoca en incentivar que el alumno aprenda mediante la exploración, experimentación y reflexión de actividades prácticas, estimulando su creatividad y sacando sus propias conclusiones.



Oportunidad

La suma de las interacciones recién nombradas convergen en la oportunidad de un proyecto de diseño:

Las salas de clase en los establecimientos educacionales padecen del Síndrome del Edificio Enfermo. Esto significa que la Calidad del Aire Interior es deficiente y contiene contaminantes químicos y biológicos que afectan la salud y bienestar de los estudiantes.

Dentro de los contaminantes presentes se encuentra el dióxido de carbono, el cual se ha comprobado tiene un efecto negativo sobre la función cognitiva de las personas. En los espacios educacionales es de suma importancia contar con una buena Calidad de Aire Interior que propicie un buen aprendizaje por parte de los estudiantes. Una de las maneras eficientes de disminuir estos niveles altos de contaminantes es a través de la incorporación de plantas interiores dentro de la sala, siendo algunas más recomendadas que otras.

Al incluir las plantas a la sala de clases, además de cumplir un rol filtrante, se puede aprender a través de experimentos que muestren fenómenos relacionados con las plantas y con otros conceptos de las ciencias naturales.

Formulación

Qué_ Laboratorio de aprendizaje por indagación y sistema de filtración por material biológico para salas de clases de establecimientos educacionales, que desde la auto-fabricación guiada de piezas de polímeros reciclados, permite la mejora en las condiciones de espacios enfermos con dinámicas experimentales en ciencias naturales.

Por Qué_ Las salas de clases sufren los síntomas del Síndrome de Edificio Enfermo (Environmental Protection Agency de Estados Unidos, 2015) Los altos niveles de contaminantes como CO₂ y VOCs en los espacios educacionales afectan negativamente el rendimiento de los niños; Asimismo, la inclusión de métodos que promuevan el aprendizaje por indagación puede precipitar la valorización de la ciencia por parte de los alumnos y profesores.

Para Qué_ Promover el aprendizaje en ciencias naturales desde la experimentación e indagación, mejorando las condiciones ambientales de espacios educacionales desde la implementación de mecanismos de filtrado biológico.

Objetivos Específicos

- Desarrollar una estructura con partes estandarizadas de bajo costo y replicable
- Modularizar los segmentos para un armado según las dimensiones de sala
- Adaptar los sistemas de fijación y filtrado según las tipologías diversas de los establecimientos educacionales.
- Permitir la realización de experimentos básicos de ciencias.
- Favorecer el crecimiento de material biológico que actuará como material filtrante.
- Propiciar el aprendizaje de los alumnos de fenómenos físico-biológicos mediante la experimentación.
- Reducir el nivel de dióxido de carbono en salas de clases.

Usuario

- Alumnos de enseñanza básica, específicamente entre quinto y octavo básico, lo que comprende edades de 11 a 14 años.
- Profesores de ciencias que estén interesados en aplicar la metodología de Aprendizaje por Indagación para la enseñanza de ciencias naturales.

Contexto Salas de clases en Establecimientos Educativos.



Foto extraída de: Diario y Radio UChile

_03

**Desarrollo
del Proyecto**

LEVANTAMIENTO
DE INFORMACIÓN.

De acuerdo a la oportunidad de diseño planteada, en donde convergen temáticas de educación y la integración de un laboratorio dentro de la sala de clases que además cumpla con una función filtrante, mediante material biológico como planas, se debió analizar algunas variables que inciden directamente en las decisiones de diseño.

Uno de los factores más importantes a considerar fue el espacio en donde se emplazaría el laboratorio: la sala. Para esto fue necesario hacer un análisis de su estructura para poder adaptarse a ella fácilmente. Considerando que no todas son iguales, en la mayoría se repiten ciertos patrones formales así como características particulares, las cuales debiesen estar establecidas por normativa del Ministerio de Educación. Sin embargo, la realidad es que estos reglamentos no existen desde siempre y han sido modificados a lo largo del tiempo, por lo que no todas las salas cumplen con los requerimientos en temas como el tamaño, la ventilación o iluminación de la sala.

“El diseño es un elemento importante y su impacto será más favorable si se hace parte de una cadena de toma de decisiones, desde el arquitecto que define los espacios educativos, hasta el alumno que los emplea, que comprende el problema y forma parte de una cultura que favorezca actividades educativas en ambientes seguros, cómodos, motivadores y funcionales”.

“Guía de Recomendaciones para el Diseño de Mobiliario Escolar”, 2001.

Análisis de las Salas de Clases en Chile

Considerando las 4 temáticas que convergen en la oportunidad de proyecto, el primer paso de la metodología del desarrollo del proyecto fue investigar sobre las salas de clases en nuestro país. Por un lado se visitaron salas de institutos educacionales, y por el otro, se revisó el documento oficial del Ministerio de Educación que establece las características de las salas de clases.

Las salas de clases son el corazón de los establecimientos educacionales y donde los niños pasan la mayor parte del día, por lo que asegurar un buen confort ambiental pasa a ser un

aspecto de gran importancia para proveer a los usuarios un ambiente óptimo para el aprendizaje y la concentración. Para asegurar un buen confort ambiental, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, a través de la OGUC (Ordenanza General de Urbanismo y Construcción), establece exigentes normativas, dentro de las cuales se destacan los siguientes estándares: Carga de Ocupación, Iluminación, Ventilación y Volumen de Aire.

A continuación se muestran los parámetros que parecieron relevantes y pertinentes, los que son necesarios considerar durante el diseño del proyecto.

Carga de Ocupación

Carga de ocupación de un recinto se entiende como la cantidad de m² que se requieren por alumno en un determinado recinto, el cual varía según su destino. La OGUC, en su art. 4.2.4 indica que “La superficie de la edificación o del sector de ella que señala la tabla de este artículo, se considerará ocupada por personas para la determinación de la carga de ocupación (...)”

Destino	M ² por persona
Educación	
Salas de Clase	1,5
Talleres, laboratorios y biblioteca	5

Iluminación

Una correcta iluminación natural es beneficiosa para cualquier recinto, sin embargo, en el caso de una sala de clases, esta es de gran importancia, ya que permite a los alumnos tener una buena visibilidad, que favorece a la concentración y confort de los alumnos. Estos índices varían según la región del país en el que nos encontramos, debido a las características geográficas y ambientales de la región. Según lo establecido en OGUC, el artículo 4.5.5. indica “ Con el objeto de asegurar a los alumnos adecuados niveles de iluminación y ventilación natural, los recintos docentes correspondientes a salas de actividades, de clases, talleres y laboratorios, como asimismo el recinto destinado a estar-comedor-estudio y los dormitorios en hogares estudiantiles, deberán consultar vanos cuyas superficie interior del respectivo recinto que se indica en la siguiente tabla.”

Región	Recintos Docentes	
	Iluminación	Ventilación
I a IV y XV	14	8
V a VII y RM	17	8
VIII a XII y XIV	20	8

Ventilación

Así como la iluminación, la ventilación de un recinto educacional, tal como se indico en capítulos anteriores, es muy importante, donde pudimos ver la relación entre la calidad del aire interior con el desempeño de la función cognitiva.

La ventilación, incide en la renovación de aire que tendrá dicho recinto, es decir, en la calidad del aire interior, lo que se relaciona directamente con el confort ambiental y la capacidad de concentración de los alumnos en dicho recinto. Este índice, así como el anterior, esta normado en el artículo 4.5.5. de la OGUC, cuyos índices se indican en la tabla anterior.

Volumen de Aire

Se entiende como volumen de aire, a la cantidad de m³ de aire que debe tener un recinto por alumno, el cual varía según el nivel escolar de los usuarios, tal como lo indica la OGUC, en su artículo 4.5.6, donde estipula lo siguiente: “Con el objeto de asegurar un área y volumen de aire adecuados a la capacidad de alumnos, las salas de actividades, salas de clases, los talleres, laboratorios y bibliotecas, deberán cumplir con los estándares que se indican en la tabla siguiente.”

Nivel de Local Escolar	Volumen de Aire m ³ /alumno	Superficie Sala de Clases y Actividades m ² /alumno	Superficie Talleres y Laboratorios m ² /alumno	Superficie Biblioteca m ² /alumno
Parbulario: Sala Cuna Jardín Infantil	6,00 2,60	2,50 1,10	- -	- -
General Básico y Medio	3,00	1,10	1,50	2,00
Básico Especial	3,00	2,00	-	-
Superior y Educación de Adultos	4,50	1,10	1,50 -	2,00 -

Como podemos ver, los estándares vigentes que rigen un recinto educacional han mejorado constantemente en beneficio del confort ambiental del alumno y de proporcionar un medioambiente propicio para el desarrollo de las funciones cognitivas que enmarcan la labor académica y docente. Estas modificaciones en la norma, hacen que las municipalidades y /o propietarios de establecimientos escolares, estén constantemente desarrollando iniciativas de mejoramiento de la infraestructura escolar, para cumplir con dicha normativa.

De esta manera, este análisis nos permite visualizar cuales son los principales estándares que debe cumplir una sala de clases y cuáles son sus características, como por ejemplo: cantidad de alumnos por sala y los m² de estas, así como la importancia de una buena iluminación y ventilación mínima.



Sala Instituto Nacional

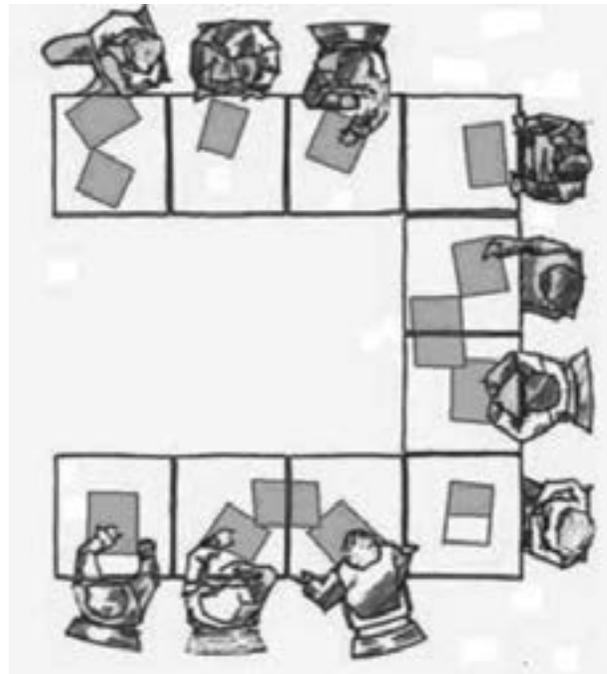
Según lo visto, las salas de clases no son idénticas, si bien mantienen ciertas similitudes dimensionales. Pero hay patrones repetitivos y que todos conocemos: la puerta de ingreso, que puede ser de una o dos hojas; ventanas, generalmente emplazada sólo en un plano lateral de la sala, a partir de mediana altura; pizarrón, el cual también se extiende en una de las caras de la sala.

Por otro lado es necesario ver la disposición del mobiliario dentro de la sala de clases para ver la manera en que se disponen.

MOBILIARIO Y SU DISPOSICIÓN

Se pueden ver en las salas distintas situaciones de uso de mobiliario en relación a la ocupación del espacio y la disposición en éste. Durante las actividades pedagógicas se configuran múltiples y variadas formas del uso del mobiliario. En la mayoría de las salas encontramos mesas individuales, en donde el puesto de trabajo para los alumnos se presenta en escritorios del tipo unipersonal. Por otro lado también podemos encontrar mesas del tipo bipersonal, en donde un escritorio que mide aproximadamente el doble de una mesa individual, se comparte por dos alumnos, habiendo un límite "virtual" para la división de la superficie en dos espacios de trabajo. Sea cual sea la tipología de las mesas, por lo general estas no siempre están dispuestas de la misma manera en la sala de clases. En la "Guía de Recomendaciones para el Diseño de Mobiliario Escolar", se indican las configuraciones más comunes, entre las que se destacan la disposición de las mesas en forma de "U", en "L", en semicírculo y la más común de todas, especialmente en cursos superiores, es en filas y columnas (UNESCO & Mineduc, 2001).

La manera en que se usa el mobiliario determina su ocupación del espacio y ciertas configuraciones pueden hacerse para implementar de mejor manera el proyecto, siempre y cuando sigan las normas establecidas y no interrumpen el aprendizaje de los alumnos.



Dibujo extraído de "Guía de Recomendaciones para el Diseño de Mobiliario Escolar" (2001),

Análisis Antropométrico

Para hacer un análisis y considerar los aspectos antropométricos de los alumnos y con, ello su ergonomía, se consultó la “Guía de Recomendaciones para el Diseño de Mobiliario Escolar”, publicado el 2001 en conjunto por la OREALC/Unesco Santiago (Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe) y el Ministerio de Educación. La elaboración del documento estuvo a cargo de instituciones especializadas de nuestro país, como el Laboratorio de Ergonomía de la Universidad de Concepción y la Escuela de Diseño Industrial de la Universidad del Bío-Bío. El beneficio de esto es que la muestra que se utilizó para los resultados de este documento fue en base a estudiantes chilenos, por lo que hace las medidas y consideraciones más aplicables al contexto que son las salas de clases, a diferencia de tomar como referencia medidas antropométricas de muestras internacionales.

Estas medidas sirvieron a la hora de considerar el diseño. El objetivo es que el diseño favorezca actividades educativas en ambientes seguros, cómodos, motivadores y funcionales. Sobre todo al ser un proyecto en que se necesitan ver alturas, asemejando repisas, es necesario ver los alcances de los distintos alumnos. El diseño es un elemento importante y su impacto será más favorable si se hace parte de una cadena de toma de decisiones.

Lo más importante fueron las alturas de los niños (descalzos). Se consideraron principalmente las edades de 11 a 13 años, en donde las niñas tuvieron un rango de altura de aproximadamente 145 y 154 cm, mientras que los niños de la misma edad estuvieron entre los 145 y los 159 cm aproximadamente,



Medidas Antropométricas

ESTATURA DESCALZO DE ESTUDIANTES DE SEXO MASCULINO

EDAD	ESTATURA (MINEDUC)	ESTATURA (Laboratorio de Ergonomía)
6	117.9 (5.46) ns	116.5 (5.20)
7	122.5 (5.72) ns	121.2 (6.56)
8	128.9 (5.59) ns	127.9 (5.72)
9	134.8 (6.85) ns	132.9 (7.05)
10	139.3 (6.51) ns	138.8 (6.08)
11	145.2 (7.46) ns	145.3 (6.93)
12	152.4 (7.44) ns	152.6 (9.92)
13	157.2 (8.06) ns	158.9 (9.38)
14	163.3 (8.03) ns	163.2 (8.53)
15	168.4 (7.24) ns	166.5 (8.00)
16	169.8 (6.42) ns	169.5 (5.10)
17	170.6 (5.86) ns	171.1 (6.84)
18	171.1 (5.93) ns	171.5 (7.04)

ESTATURA DESCALZO DE ESTUDIANTES DE SEXO FEMENINO

EDAD	ESTATURA (MINEDUC)	ESTATURA (Laboratorio de Ergonomía)
6	117.6 (5.13) ns	116.2 (5.34)
7	121.5 (5.61) ns	120.2 (6.60)
8	128.0 (5.67) ns	126.3 (5.74)
9	134.4 (6.52) ns	132.6 (6.43)
10	140.7 (6.57) ns	138.9 (5.70)
11	145.6 (6.96) ns	145.5 (8.23)
12	150.8 (6.12) ns	150.5 (8.94)
13	154.6 (5.71) ns	154.2 (7.61)
14	155.9 (5.69) ns	156.8 (5.54)
15	157.9 (6.13) ns	157.6 (6.25)
16	158.7 (5.46) ns	157.8 (5.26)
17	158.2 (6.54) ns	157.9 (5.94)
18	157.9 (5.02) ns	157.7 (4.47)

[Tabla X y X]

Promedio y desviación estándar de la estatura descalzo de estudiantes de sexo femenino, obtenidas en el estudio efectuado por el MINEDUC y el Laboratorio de Ergonomía de la Universidad de Concepción. Las medidas están expresadas en cm.
 Extraído de: "Guía de Recomendaciones para el Diseño de Mobiliario Escolar" - UNESCO & Mineduc

La importancia del diseño de la sala de clase

El día lunes 6 de junio de este año se publicó en el diario El Mercurio un reportaje sobre un tipo de innovación educativa que está creciendo en los países desarrollados, y que tiene relación con las características de diseño de una sala de clases. Según la diseñadora holandesa Susan Bosch, el diseño de las salas de clases tiene un importante aporte en el aprendizaje escolar a través de cómo se configura el espacio y el mobiliario que se utiliza, pues el diseño del espacio puede cambiar el modo de pensar y funcionar. Es por esto que se busca cambiar la manera en que se conciben tradicionalmente las salas de clases, rediseñándolas y buscando una nueva dinámica. Ejemplos de ello es que las mesas de los alumnos no se ordenan en fila ni frente a la pizarra, la creación de nuevos espacios dentro del aula, y ocupar colores y formas, invitando así a los alumnos al movimiento, mayor interacción y creatividad.

Esta tendencia ya se ha implementado en escuelas en Estados Unidos, Europa y Asia, y en su desarrollo colaboran diseñadores, arquitectos y profesores. Bosch (2016) asegura que este replanteamiento del espacio es una forma de incentivar los procesos de enseñanza y aprendizaje; “El espacio físico influye en la manera en que pensamos, sentimos y actuamos; por ello,

el diseño puede jugar un rol crucial y favorecer la experiencia de aprendizaje de profesores y alumnos”. Propone espacios colectivos en donde se juegue con el mobiliario y donde, idealmente, se supriman las paredes. En espacios como estos el niño elige dónde quiere aprender mediante su interacción con el entorno, por lo que, en las palabras de Bosch “el ambiente es un profesor más”. Internacionalmente ya hay un consenso en la necesidad de flexibilizar el interior de las salas de clases. Esto se traduce en que los niños tengan espacios que incluyan cosas y elementos ajustables de acuerdo de lo que ellos quieran aprender; la clave es darle un sentido a las cosas que están en la sala.

“El espacio físico influye en la manera en que pensamos, sentimos y actuamos; por ello, el diseño puede jugar un rol crucial y favorecer la experiencia de aprendizaje de profesores y alumnos”.

Susan Bosch (2016).
Diario El Mercurio.

En Chile también existe el debate al respecto, y se está replanteando la manera en que se abordan tanto las clases como las salas mismas. Para una nueva arista se están tomando como ejemplo los jardines infantiles, donde el trabajo con el espacio es mayor por lo que crea más estímulos. Sebastián Howard (2016), doctor en Educación y secretario Académico del doctorado en Educación de la Universidad Diego Portales, comenta que actualmente ya muchos profesores tienen la disposición para lograr un aprendizaje colaborativo en donde los alumnos aprendan interactuando entre sí, “ese es el desafío para los docentes” (Citado en El Mercurio). Además, el niño pasa a ser el actor principal de la sala y el profesor toma un rol de facilitador de conocimiento.

“El espacio es una condición: el aprendizaje que se logra depende de dónde y cómo se genere. El espacio en que se desarrolla la actividad de enseñanza condiciona lo que ahí se consigue”.

Sebastián Howard (2016).
Diario El Mercurio.



Salas de clases diseñadas por Susan Bosch, en Madrid, España

El Laboratorio

Definición de Contenidos

Uno de los aspectos más importantes fue abordar la función del laboratorio. Al ser ubicado dentro de la sala supone ciertas limitaciones en cuanto a los alcances de los experimentos. Por temas de seguridad y espacio los experimentos aquí realizados son más bien simples, evitando usar sustancias tóxicas o metodologías que puedan resultar peligrosas al no contar con las instalaciones y medidas adecuadas.

Primero hubo que revisar los contenidos referidos a Ciencias Naturales en la enseñanza básica, según las bases curriculares establecidas por el Ministerio de Educación. Dentro de estas se buscaron los temas que fuesen pertinentes con las plantas, de manera que los alumnos puedan realizar experimentos para que indaguen y propongan las ideas que van concibiendo.

A continuación se proponen algunos fenómenos físico-biológicos que se pueden realizar en el laboratorio, con una breve definición para comprender su significado y la relación con su pertinencia. Las condicionantes para su exploración son de un nivel bajo de dificultad, adecuados para alumnos de enseñanza básica. Sin embargo, es deber de los profesores ir buscando e implementando distintos fenómenos y conceptos para poner en práctica en el laboratorio y que los alumnos puedan experimentar y aprender a través de ellos.

Capilaridad

La capilaridad es la propiedad que los líquidos asciendan a través de un tubo capilar venciendo la gravedad, siempre y cuando el líquido se encuentre en contacto con las paredes del capilar y estas paredes se encuentren suficientemente juntas. Depende de la cohesión de las moléculas y es importante para la nutrición de las plantas.

Cuando un líquido sube por un tubo capilar, es debido a que la cohesión entre sus moléculas es menor que la adhesión del líquido con el material del tubo; es decir, es un líquido que moja. El líquido sigue subiendo hasta que la tensión superficial es equilibrada por el peso del líquido que llena el tubo. Éste es el caso del agua, y esta propiedad es la que regula parcialmente su ascenso dentro de las plantas, sin gastar energía para vencer la gravedad.

Dependiendo de la composición y los poros que presente el elemento, el agua subirá con más o menos facilidad. Por ejemplo, cuando la cohesión entre las moléculas de un líquido es más potente que la adhesión al capilar, como el caso del mercurio, la tensión superficial hace que el líquido descienda a un nivel inferior y su superficie es convexa.

Procesos de Difusión

DIFUSIÓN

Es el fenómeno por el cual dos soluciones de diferente concentración, cuando se ponen en contacto llegan a formar una mezcla uniforme como consecuencia del paso de las partículas (solute) desde la mayor a la menor concentración y se distribuyen uniformemente en el disolvente de tal forma que en cualquier punto de la solución se alcanza la misma concentración.

OSMOSIS

Es un proceso físico-químico que hace referencia al pasaje de un disolvente, aunque no de soluto, entre dos disoluciones que están separadas por una membrana con características de semipermeabilidad. Estas disoluciones, por otra parte, poseen diferente concentración. Si a ambos lados de una membrana semipermeable se ponen dos soluciones de concentración diferente el agua pasa desde la más diluida a la más concentrada.

DIÁLISIS

Es un proceso que separa moléculas de acuerdo con su tamaño, mediante el empleo de membranas semipermeables que contienen poros de dimensiones inferiores a las macromoleculares. Estos poros permiten que moléculas pequeñas, tales como las de los disolventes, sales y metabolitos pequeños, se difundan a través de la membrana pero bloqueen el tránsito de moléculas mayores. El sistema fluye desde la mayor a la menor concentración. La diálisis se emplea rutinariamente para cambiar el disolvente en el que se encuentran disueltas las macromoléculas.

Tropismo

Es un fenómeno biológico que se refiere a un movimiento de orientación de un organismo que es consecuencia o respuesta a un estímulo que ha recibido del exterior mediante el crecimiento o cambio direccional. Si el órgano se mueve en la misma dirección que el estímulo se denomina tropismo positivo, pero si lo hace inclinado (crecimiento con dirección horizontal o en ángulo) alejándose del estímulo es un tropismo negativo. Ambas son respuestas realizadas para acercarse o alejarse del estímulo recibido. Los principales estímulos existentes y que son los que propician que tenga lugar un tropismo son la luz, diversas sustancias de tipo químico, la fuerza de la gravedad o el contacto con un cuerpo sólido.

FOTOTROPISMO

Factor necesario para llevar a cabo la fotosíntesis, por lo que la parte aérea del vegetal crece hacia el estímulo luminoso.

TIGMOTROPISMO

Es el movimiento de una planta al hacer contacto físico con un objeto sólido, cambiando su crecimiento. Por ejemplo las plantas trepadoras, o los zarcillos de las vides, que al tocarlos con una vara inhiben su crecimiento en el lado donde se ha producido el contacto, pero el lado opuesto continúa creciendo, y el zarcillo abraza el soporte.

GEOTROPISMO O GRAVITROPISMO

Las plantas, al igual que el concepto de gravedad, crecen dirigiéndose hacia el centro de la Tierra.

HIDROTROPISMO

Crecimiento direccional de las raíces de las plantas con relación a la disponibilidad de agua.

AEROTROPISMO

Según la naturaleza o concentración de la sustancia que se encuentra en el suelo, las raíces se dirigen hacia zonas aireadas del terreno.

QUIMIOTROPISMO

La vida de los vegetales depende de su capacidad para detectar y reaccionar ante ciertas sustancias químicas. Si éstas son necesarias, la planta crece hacia ellas, como por ejemplo los fertilizantes. En cambio, si dicha sustancia es perjudicial crece en sentido contrario para alejarse.

Absorción

Es un término utilizado para la capacidad de un tejido o de una célula para recibir una materia que procede de su exterior, pudiendo ser la atracción desarrollada por un sólido sobre un líquido con la intención de que las moléculas de éste logren penetrar en su sustancia. En otras palabras, es el proceso de transporte activo o pasivo de una sustancia química hacia el interior. La mayoría de los sistemas en que funcionan al interior de los seres vivos permite la absorción únicamente de los nutrientes y minerales que se necesitan.

En química, la absorción es un proceso que separa los componentes de un gas a partir de la inclusión de un solvente en estado líquido, con el que crea una solución. Para la física, la absorción es una disminución en la intensidad de la radiación que atraviesa un cuerpo.

Adsorción

A menudo se confunde absorción con el adsorción e, incluso, muchas veces son utilizados de forma indistinta; sin embargo son conceptos distintos. Como se mencionó anteriormente, la absorción los elementos deben transferirse de un lugar a otro a través de un material de tipo absorbente, mientras que en el caso de la adsorción, quedan retenidos sobre una superficie con una fuerza atractiva. Se utiliza en el terreno de la física con referencia al proceso y el resultado de adsorber, es decir, la atracción y retención que realiza un cuerpo en su superficie de iones, átomos o moléculas que pertenecen a un cuerpo diferente.

Adsorción

A menudo se confunde absorción con el adsorción e, incluso, muchas veces son utilizados de forma indistinta; sin embargo son conceptos distintos. Como se mencionó anteriormente, la absorción los elementos deben transferirse de un lugar a otro a través de un material de tipo absorbente, mientras que en el caso de la adsorción, quedan retenidos sobre una superficie con una fuerza atractiva. Se utiliza en el terreno de la física con referencia al proceso y el resultado de adsorber, es decir, la atracción y retención que realiza un cuerpo en su superficie de iones, átomos o moléculas que pertenecen a un cuerpo diferente. A través de la adsorción, un cuerpo logra capturar las moléculas del otro cuerpo y mantenerlas en su superficie. De este modo, la adsorción se diferencia de la absorción, donde las moléculas penetran en su superficie.

Cultivo de Microorganismos

El cultivo de microorganismos consiste en proporcionarles las condiciones físicas, químicas y nutritivas adecuadas para que puedan multiplicarse de forma controlada. Un microorganismo necesita para crecer nutrientes que le aporten energía y elementos químicos para la síntesis de sus constituyentes celulares.

Se pueden distinguir:

- Cultivos de líquidos y sólidos en función de las características del medio
- Cultivos discontinuos y continuos en función de la disponibilidad de nutrientes en el medio.

Dependiendo de la fuente de carbono que utilizan, los microorganismos se pueden clasificar en autótrofos si es el CO_2 atmosférico (microorganismos que fotosintetizan) y heterótrofos si utilizan carbono orgánico.

Experimentaciones

Una vez revisados algunos fenómenos correspondientes a la malla curricular de enseñanza básico, se muestran ejemplos de experimentos en donde se evidencia el fenómeno, por lo que los alumnos aprenden durante el desarrollo del experimento mediante observación y análisis de lo ocurrido.

Las características de estos experimentos es su simpleza metodológica, el fácil acceso a los materiales requeridos (aunque algunas sustancias deban ser encontradas en tiendas más especializadas, pero no difíciles de encontrar) y no presentar procesos o sustancias dañinas para los alumnos.

Si bien acá se muestran tan solo unos ejemplos, nuevamente es labor del docente planificar experimentaciones que concuerden con los criterios mencionados y que reflejen en su proceso y resultado el fenómeno a indagar.

También es importante recalcar que para que la metodología de Aprendizaje por Indagación sea efectiva, el profesor a cargo

no debe dar las respuestas, si no dar el espacio a los estudiantes a indagar y sugerir posibles relaciones entre lo observado y entre la que creen es la explicación. Dentro de esto, tampoco entregar la respuesta “correcta” apenas se presente una sugerencia, si no que sea un proceso dinámico de propuestas y luego se decante una conclusión.

Debido a temas prácticos de la disponibilidad del espacio lo lógico es que se trabaje en grupos de estudiantes. En los laboratorios establecidos de los recintos educacionales los profesores recomiendan hacer grupos de no más de 5 personas. Esto es para que todos los integrantes del grupo tengan una participación más activa y no queden de lado. Por otro lado esto también les permite una mayor manipulación de los materiales y procesos por alumno durante la experimentación.

Ejemplo de Experimento #1

MATERIALES	<ul style="list-style-type: none">- Una papa grande- Un plato hondo- Azúcar- Un cuchillo o pelador de papa- Una cuchara- Agua
PROCEDIMIENTO	<ol style="list-style-type: none">1. Haz un agujero redondo con la cuchara en una de las puntas de la papa. Da vuelta la papa y pela la cáscara del extremo opuesto. Haz también un corte para que la superficie quede lisa2. Poner la papa en un plato, con el agujero hacia arriba, y añade una cucharada llena de azúcar al agujero.3. Llena el plato con agua alrededor de la papa.4. Espera entre dos y tres horas. ¿Qué sucede?
FENÓMENO	<p>El azúcar se lo ha “tragado” la papa; todo gracias a la osmosis. Durante la osmosis, el agua se mueve a través de una membrana semipermeable. Siempre fluye desde el lado que contiene una mayor proporción de moléculas de agua hacia el lado que contiene una menor proporción de moléculas, y más sustancias disueltas. En este caso, el agua del plato fluyó hacia las células de la papa, y de ahí al orificio con azúcar. El azúcar se diluyó y fue absorbido por la papa.</p>

Ejemplo de Experimento #2

- MATERIALES**
- Rueda de bicicleta
 - Ventilador eléctrico
 - Tubos de ensayo
 - Lentejas
 - Glicerina
 - Bolitas metálicas de rodamiento

- PROCEDIMIENTO**
1. Se siembra una lenteja en 6 o 7 tubos de ensayo con un poco de algodón y unas gotas de agua. Esos tubos se pegan con papel celofán a los radios de una rueda de bicicleta.
 2. Para hacer girar constantemente la rueda durante varios días, se pone el eje de un ventilador, al que hemos quitado las aspas junto al neumático.
- La aceleración centrífuga que sufre cada semilla depende de la velocidad de giro y del radio ($a_c = w^2 \cdot r$). Podemos medir la velocidad con un simple velocímetro de bicicleta, y el radio es la distancia de la semilla al eje de la rueda, que podemos calcular para simular la g de un planeta concreto. Se puede comprobar que el tiempo de inicio de germinación no varía con el valor de la gravedad, que el crecimiento es aproximadamente proporcional a la gravedad y que la semilla crece especialmente bien en valores de g cercanos al terrestre ($9,8 \text{ m/s}^2$).

- FENÓMENO**
- Las auxinas son las hormonas que activan el crecimiento en las raíces y tallos. Son las responsables del «geotropismo», el crecimiento en dirección de la gravedad. Si giramos lentamente una planta durante un tiempo, las auxinas no se fijan en ninguna zona y la planta crecería igual que si estuviese en microgravedad. Y, si existe además una fuerza centrífuga, puede simular cualquier gravedad. Esto se consigue situando las semillas a distintas distancias del eje en una rueda de bicicleta que gira continuamente durante varios días.
- Para explicar la respuesta de las auxinas al giro, el visitante tenía un tubo transparente lleno de glicerina y con varias pequeñas bolas metálicas que simulaban las auxinas. Al darle media vuelta, veía cómo las bolitas caían lentamente. Si daba otra media vuelta, luego otra media, etc., comprobaba que permanecían en el medio, como si estuviesen en microgravedad.

Ejemplo de Experimento #3

MATERIALES	<ul style="list-style-type: none">- Dos vasos de vidrio- 2 tallos con flores de clavel- Colorante artificial de fresa
PROCEDIMIENTO	<ol style="list-style-type: none">1. Poner en un vaso agua hasta la mitad y en el otro vaso colorante de fresa hasta la mitad.2. Colocar los tallitos de clavel, uno en cada vaso.3. Dejar en un lugar donde le dé luz natural por dos o tres días.
FENÓMENO	<p>Al cabo de tres días podemos observar que el clavel que estuvo en el vaso, con el colorante de fresa empieza a cambiar de color, como se aprecia en la imagen y el que estaba en agua seguía con su color natural que es el blanco. Esto explica como el agua, junto al colorante artificial va subiendo por los tejidos conductores de la planta, en este caso por el xilema hasta llegar a las flores.</p> <p>El fenómeno observado corresponde a la capilaridad de los líquidos, ya que es capaz de ascender por unos tubos muy finos, en este caso por el tejido conductor de las plantas llamado xilema, hasta las flores venciendo la gravedad.</p>

Ejemplo de Experimento #4

MATERIALES	<ul style="list-style-type: none">- Una estantería- Plástico transparente 0,5 de grosor- Semilla de avena- Un balde- Hipoclorito- Agua- Regadera
PROCEDIMIENTO	<ol style="list-style-type: none">1. Se pone una semilla de avena a remojar con agua en un balde durante 12 horas (toda la noche), procurando que toda ella quede sumergida y se debe considerar un sobrante pues la semilla absorberá agua.2. En la estantería se coloca la cubierta de plástico encima de cada nivel. Al día siguiente, al balde con semilla se le bota toda el agua y nuevamente se llena con agua y se agrega "Clorinda" al 5% y se deja remojar durante cinco minutos.3. Luego se enjuaga y se siembra sobre el plástico colocando una cuatro a cinco capas de semilla.4. Posteriormente se debe regar (humedecer) unas 4 a 5 veces al día procurando que siembre la semilla este húmeda.
FENÓMENO	<p>En esta producción de forraje en hidroponía se pueden analizar fenómenos como la fotosíntesis, absorción de nutrientes en un sustrato acuático, capilaridad por la elevación del agua por los capilares que desarrolla la lenteja.</p> <p>Al cabo de 8 a 10 días habrá pasto y las raíces y semillas formaran una verdadera alfombra al enredarse sus raíces. Se le puede dar de comida a los animales (pollos, cerdos, ovejas, terneros, conejos). Todos los días se cosecha y se siembra para mantener una producción continua que tiene el valor nutritivo similar a un concentrado.</p>

PARÁMETROS DE DISEÑO.

Parámetros de Diseño

Para el desarrollo del diseño fue necesario establecer ciertos requerimientos para el desarrollo del diseño. Estos sirven como directrices y acotan el diseño de acuerdo al cumplimiento de objetivos.

- **Uso del área vertical (paredes) y techo**
- **No intervenir en el flujo dentro de la sala**
- **Consideración de infraestructura base como ventanas, puerta, pizarrón, etc.**
- **Diseño y material de bajo costo**
- **Seguir las características ergonómicas de los alumnos**
- **No intervenir en las normas establecidas por OGUC (Ministerio de Educación)**

Antecedentes

Aeris.

Aeris es un purificador doméstico creado por lab. fabrici. Un ventilador eléctrico, pequeño pero de alta velocidad, aumenta el flujo del aire mediante una planta que inserta dentro del objeto. El macetero tiene orificios para un mayor flujo del aire. Mediante la fotosíntesis la planta absorbe el dióxido de carbono y libera oxígeno. El crecimiento de la planta se estimula con carbón activado y barro. Cualquier planta puede ser utilizada.





Susan Bosch

Esta diseñadora replanteó las salas de clases, ya que según su pensamiento el espacio influye en como las personas se sienten, piensan y actúan. Es por eso que ella desarrolla e implementa espacios multifuncionales, con muchas variedades de colores y formas, buscando favorecer las condiciones de cada alumno para su aprendizaje. Esta diseñadora ha desarrollado salas de clases en grandes ciudades como Madrid, Estocolmo y Abu Dabi

En la foto se ve el proyecto en Hägersten, Stockholm que fue realizado el año 2011.

Primeras Exploraciones

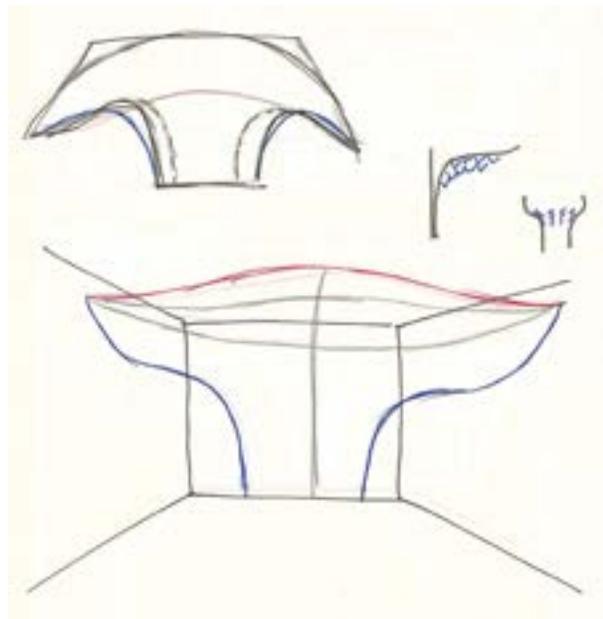
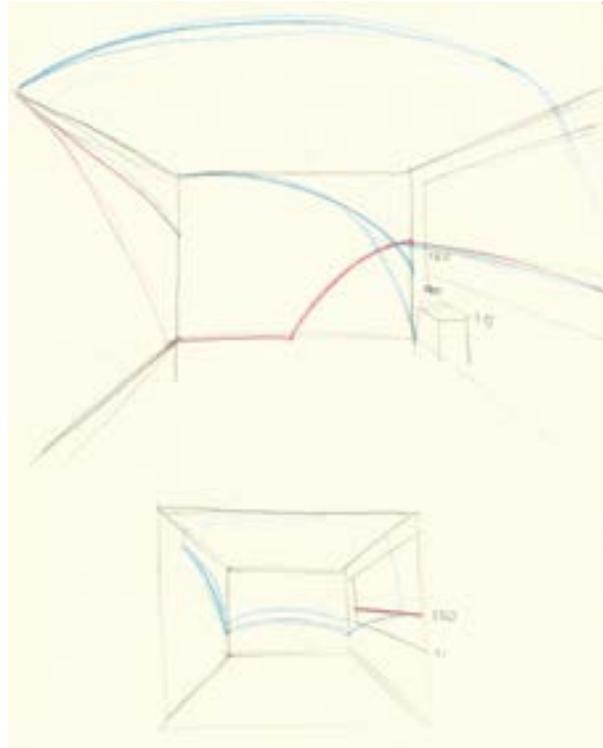
Teniendo la estructura y disposición definida, a partir de la estandarización de las salas vistas, era necesario ver de qué manera abordar la sala.

En primera instancia, acorde a la funcionalidad y objetivo del proyecto, se pensó la en una forma más orgánica que cubriera la sala interiormente en la pared de fondo, abarcando un poco de techo y ambas paredes laterales, dando a la ventana.

Este concepto se asemeja mucho al diseño y arquitectura paramétrica, por lo que se indagó al respecto. Según la plataforma web “Plataforma Arquitectura”, el diseño paramétrico es la abstracción de una idea o concepto, relacionado con los procesos geométricos y matemáticos, que nos permiten manipular con mayor precisión nuestro diseño para llegar a resultados óptimos. Su amplitud y alcance puede aplicarse en distintas escalas, tanto en diseño industrial, arquitectura y urbanismo.

Por otro lado es muy importante tener una visión clara de las aplicaciones y del potencial del diseño paramétrico, por lo que siguió la exploración de formas arquitectónicas que se adecuaran al espacio físico donde se emplaza el proyecto.

El objetivo es implementar el diseño paramétrico para romper con la ortogonalidad de la “caja” que representa la sala, haciendo alusión al lado más orgánico (y funcional) del proyecto: las plantas.



Diseño volumétrico

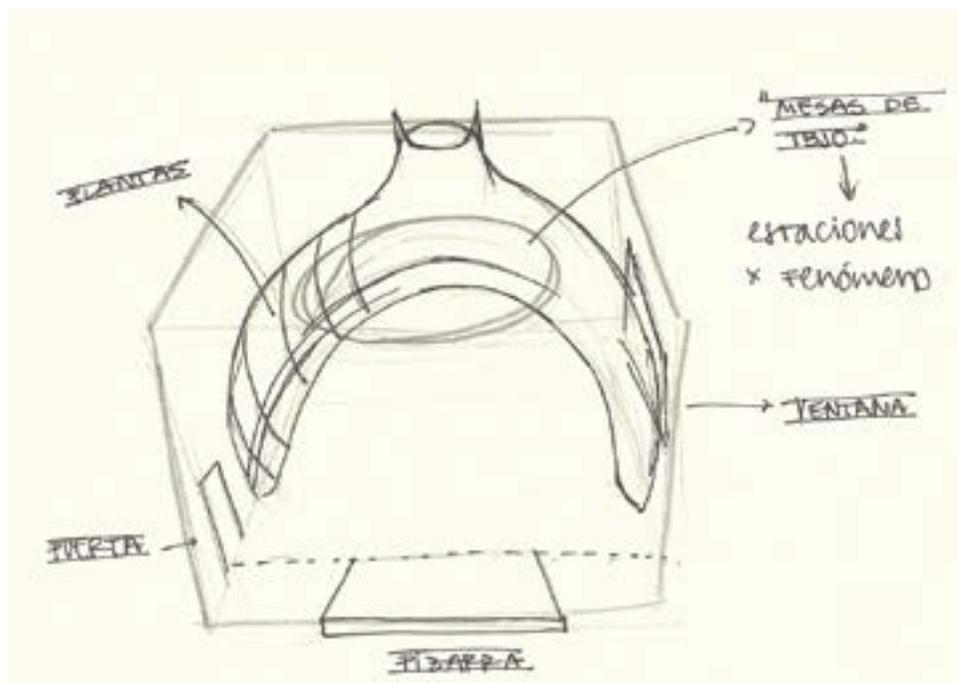
En un primer diseño la idea era hacer estructuras más bien volumétricas y orgánicas que parecieran más volátiles. Se buscaron referentes formales encontrando una gran similitud en instalaciones en ferias de arquitectura y diseño, como también en retail y tiendas.

Sin embargo, tanto el proceso productivo, alto uso de material (que implica un mayor costo y peso) y la instalación de la estructura a las superficies disponibles en la sala lo hacía engorroso y poco factible.

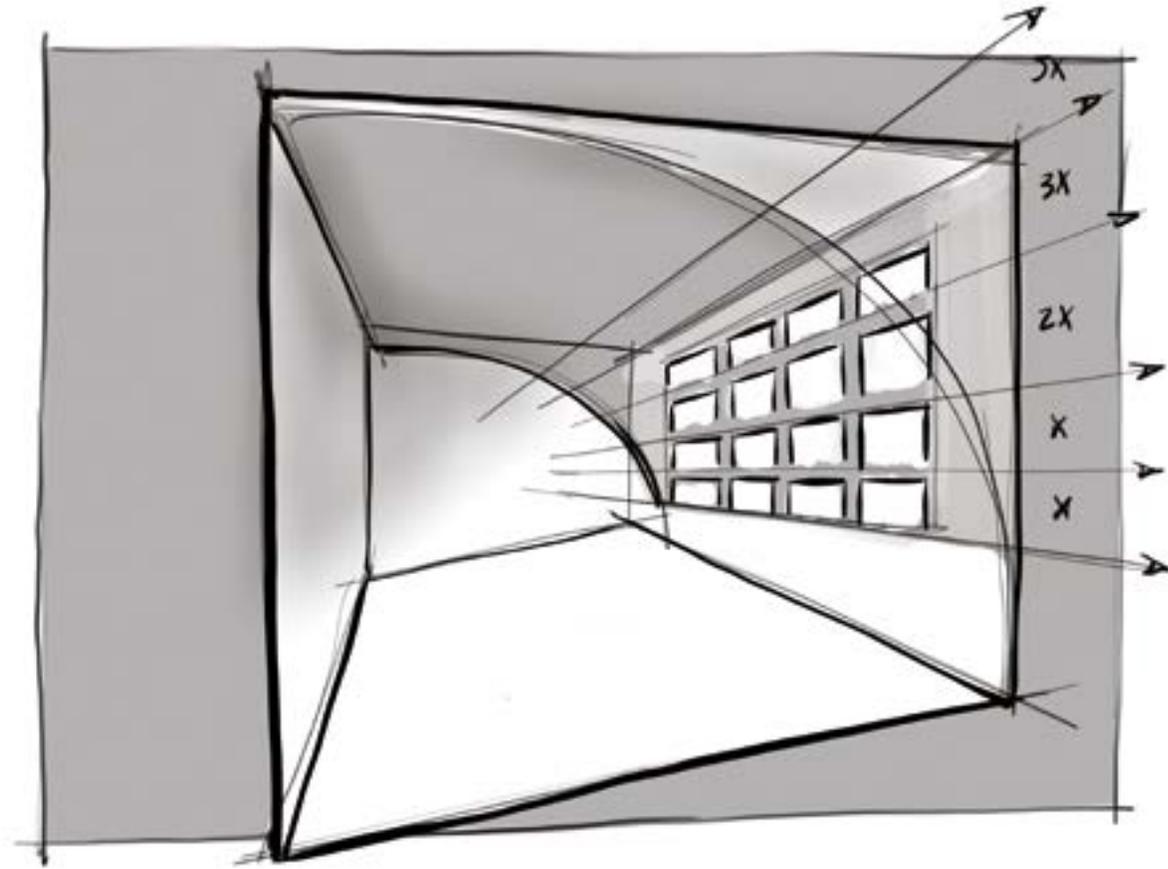
La dificultad con estructuras que adoptan características es producirlo fácilmente, puesto que no se trata de una instalación o exposición como en los referentes vistos. Es difícil hacerlo modular y fácil de instalar. Por lo tanto, estructuras paramétricas (y también geometrías como el voronoi) se adapta al total de la forma más que a las partes de ella. Para lograr el resultado que se quería, se hubiese requerido hacer muchos módulos distintos, algunos con doble curvatura, perdiendo la fácil manejabilidad e implementación de lo modularidad, que era uno de los parámetros de diseño.



Referente formal

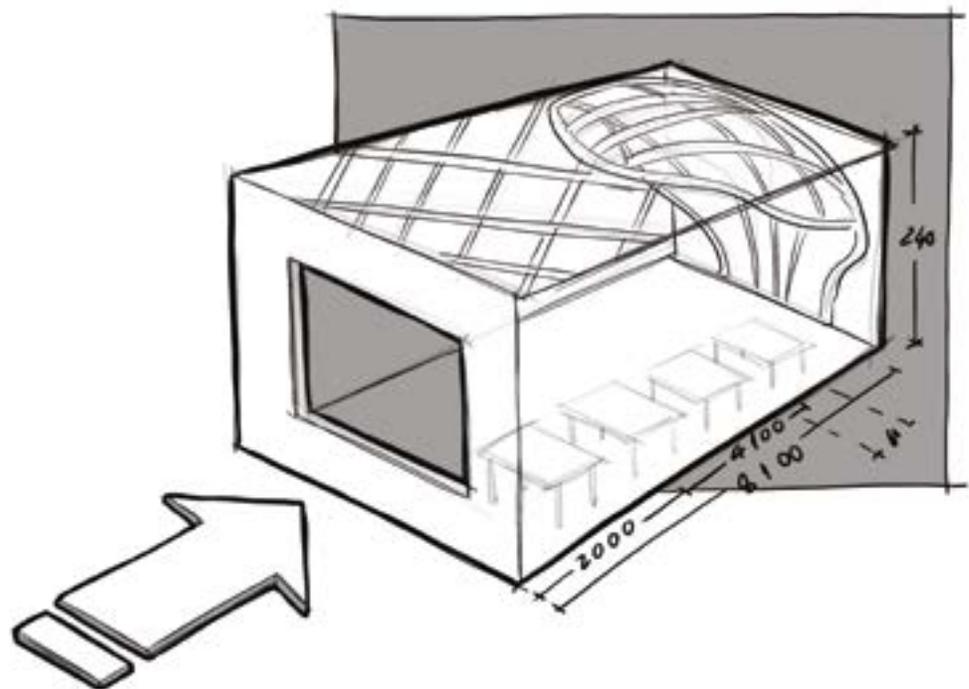
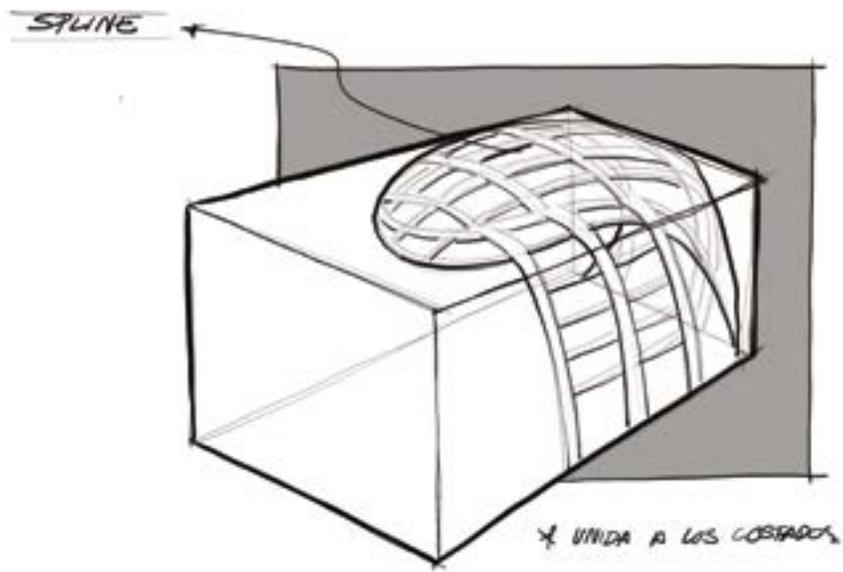


Abordaje de la sala



Lo principal era ver qué partes abarcar: lo más importante era el fondo, ya que era el único espacio que se podía configurar para que estuviese disponible para la instalación de un laboratorio. Por otro lado, por las características de los experimentos a realizar se piensa abarcar parte de la ventana, para así realizar experimentos con plantas y luz.

Finalmente se descarta acarcar la ventana por completo, pues no hay que interferir con la iluminación natural de la sala.



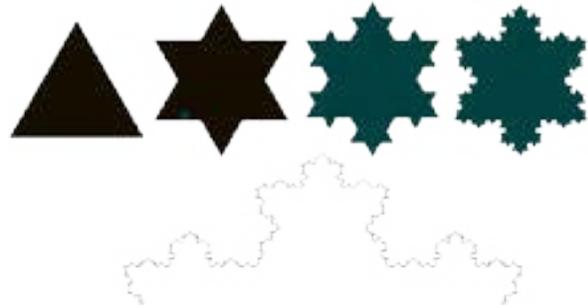
Así se piensa en otra forma de avarcar la sala, sólo por la pared de fondo alcanzando parte del techo. También se intenta con una pestaña que abarque solo una parte de la ventana que da hacia la pared de atrás, para así no interferir en la iluminación y poder realizar los experimentos.

Abordando la Sala.

Fractales

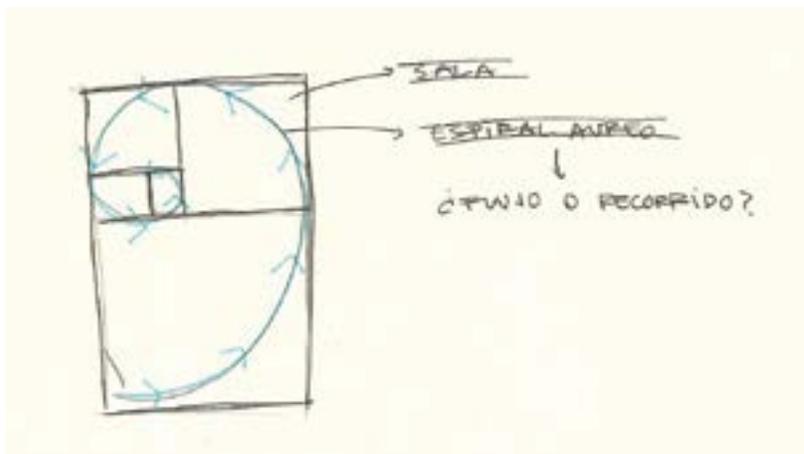
Por otro lado, también surgió la reflexión de que el diseño paramétrico utiliza variables o parámetros matemáticos en vez de unidades fijas. En la naturaleza también encontramos una geometría de parámetros que se repiten en mayor o menor proporción, variando levemente detalles de la forma pero siguiendo un patrón.

Dentro de las formas repetitivas encontramos parámetros matemáticos como los fractales. El término fractal es un proviene del latín fractus, que significa quebrado o fracturado y se lo utiliza para designar a objetos “semigeométricos” cuya estructura básica se repite a diferentes escalas.



También encontramos la sucesión de Fibonacci, la que corresponde a la sucesión de números 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, (...), en donde cada número se calcula sumando los dos anteriores a él. Además forma la "espiral o proporción áurea", una espiral logarítmica generada al dibujar arcos circulares conectando las esquinas opuestas de los cuadrados ajustados a los valores de la sucesión antes mencionados.

Esta variable aparece en configuraciones biológicas, como por ejemplo en las ramas de los árboles, en la disposición de las hojas en el tallo, en conchas de mar, en piñas de coníferas, etc. Este parámetro geométrico permitiría llevar la estructura a una escala modular.



Mesa Fractal
Desarrollada por WertelOberfell, esta mesa deriva del estudio de los patrones fractales de crecimiento.



Costillas

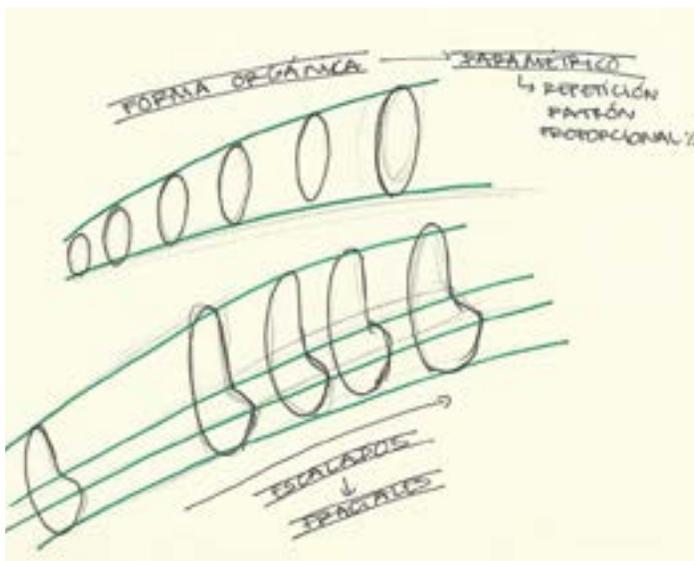
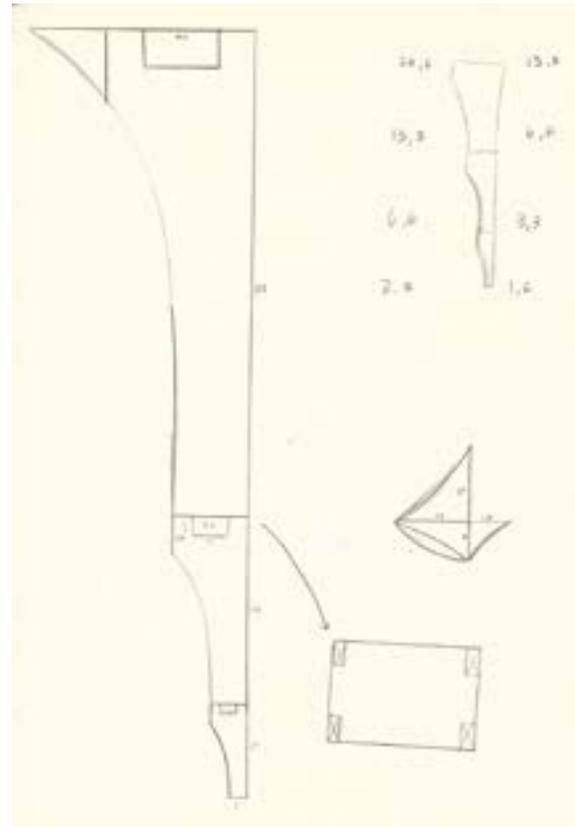
Como es una variable que aparece en la naturaleza, y se intenta plasmar la importancia de las plantas en el proyecto, se eligió seguir el concepto cuyo término fue propuesto por Benoît Mandelbrot en la década de los 70, por lo que a los fractales también se les conoce como “Conjunto de Mandelbrot”. Se desarrolla una forma que cumple como estructura básica, se repite a diferentes escalas.

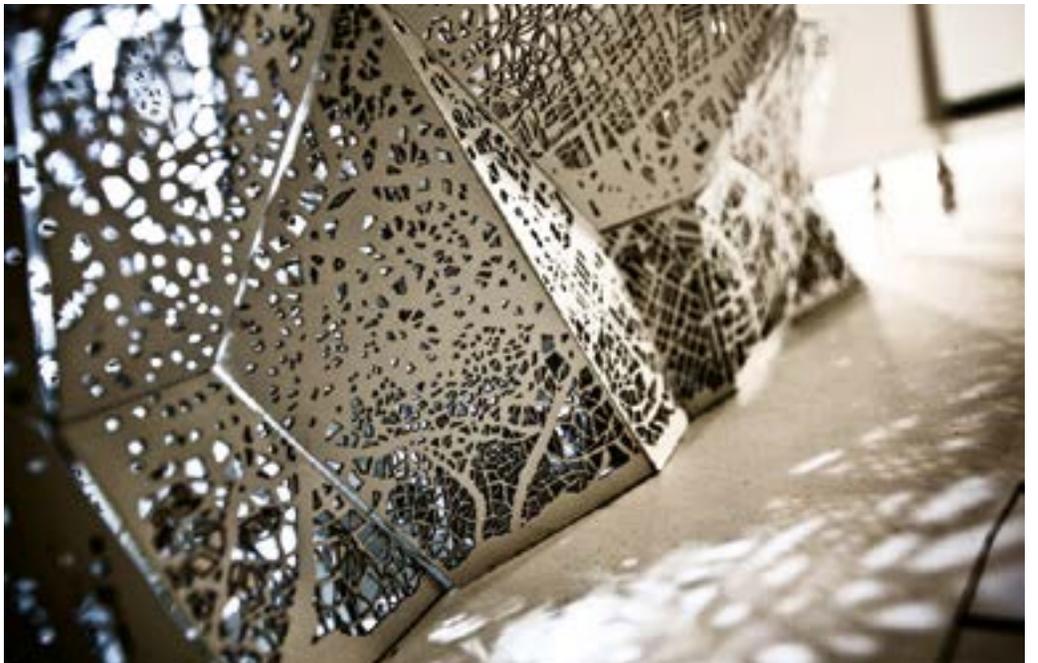
Para esto se buscó diseñar una forma que fuese simple pero que se adecuara a las necesidades del espacio, el es estrecho debido a la disposición de las mesas y sillas.

Acá es donde surgió la idea de implementar costillas perpendiculares a las paredes, como se ve muchas veces en retail. Esto permitía lograr una forma orgánica a través de superficies unitarias laminares que en su conjunto y disposición dieran la percepción visual que se acerca más al diseño de estructuras paramétricas.

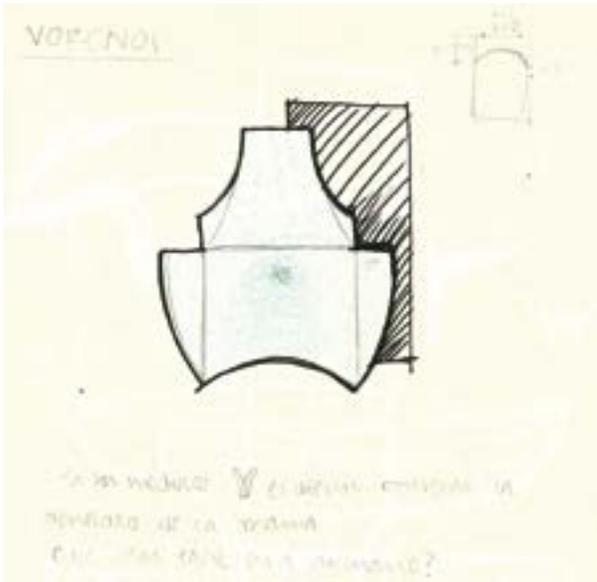
Dentro de otras características formales, dentro del marco de la arquitectura presente en la naturaleza, se pensó plasmar en las costillas.

Dentro del diseño paramétrico encontramos los diagramas de Voronoi, que también son una de las estructuras dentro de la Geometría Computacional. Este consiste en una división de un espacio a partir de puntos o vértices, surge una estructura que aparece en infinidad de ocasiones en la naturaleza, al unir





Voronoi



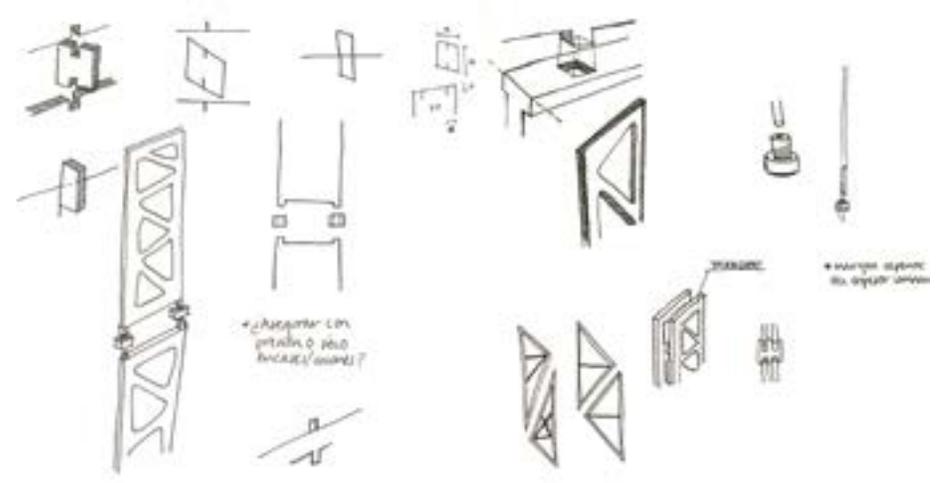
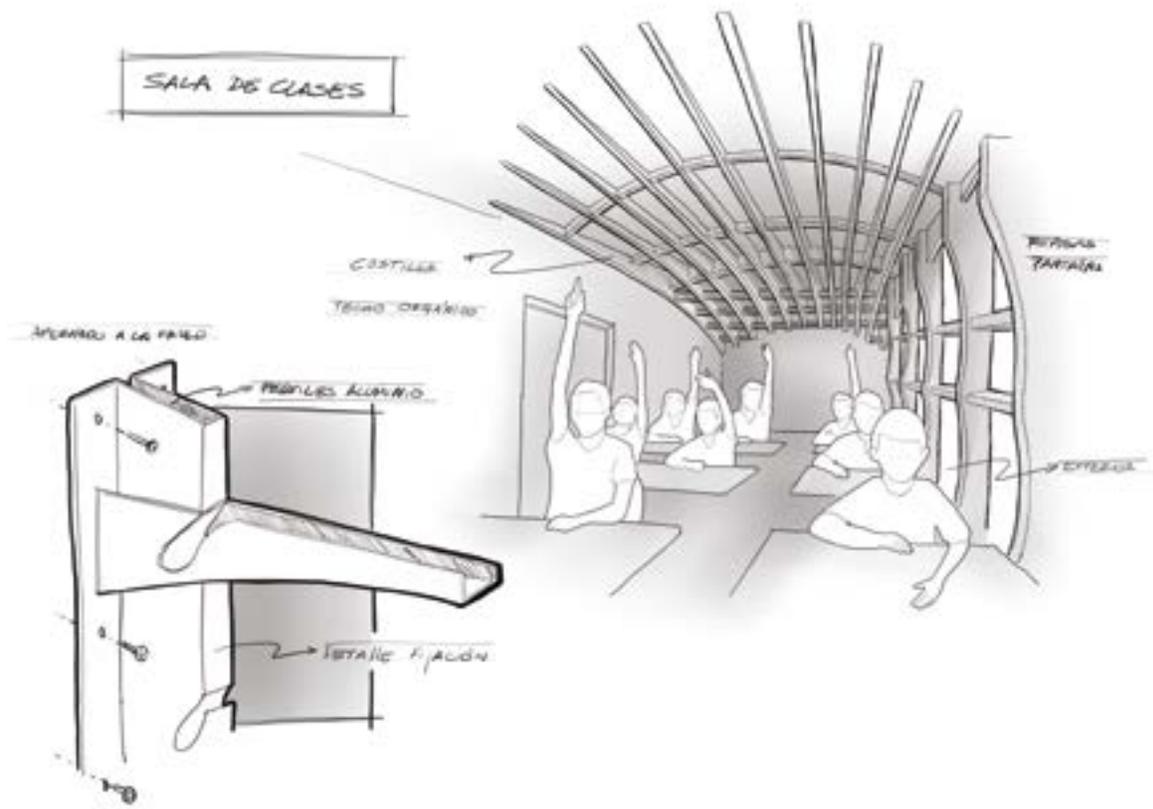
Dentro del diseño paramétrico encontramos los diagramas de Voronoi, que también son una de las estructuras dentro de la Geometría Computacional. Este consiste en una división de un espacio a partir de puntos o vértices, surge una estructura que aparece en infinidad de ocasiones en la naturaleza, al unir los puntos medios de los polígonos irregulares, apareciendo celdas que vemos reproducidas en las alas de una libélula, las grietas del fango al secarse, el patrón que conforma las hojas de menta o el estampado de una jirafa. El Voronoi, también conocidos como “polígonos de Thiessen” es el método de interpolación más simple que existe. Su uso se expandió a muchas disciplinas por su amplio rango de aplicaciones, especialmente en la descripción de superestructuras presentes en la naturaleza, tales como la agregación de los cristales y las burbujas.



Modularidad

Uno de las características más importantes de la estructura del proyecto es la modularidad, sobre todo cuando hablamos de parámetros que podemos encontrar en la naturaleza y que podemos integrar en nuestra estructura. Esto facilita también la construcción y armado, siendo adaptable a las variaciones que puedan presentar las distintas salas. En los referentes formales podemos ver el clásico Algue de los hermanos Bouroullec.





Sin embargo, estas ya no serían formas escalables, si no que serían módulos iguales, ya que la proporcionalidad de las distintas piezas dejaba muy poco margen de utilización, pues las escalas más grandes de la estructura abarcaban mucho espacio, inutilizando bastante el área destinada para la experimentación

Se hizo un mock-up, con las alturas correspondientes, de las costillas. Esta vez eran módulos iguales, probando con alturas de 40 y 60 centímetros por 20 cm de profundidad. Primero surgió la inquietud de tener que poner además módulos horizontales para lograr una superficie en donde los alumnos pudiesen realizar algunos procesos de los experimentos, es decir, un mesón. Esto significó que las costillas verticales no podían estar tan juntas una de la otra como se pensó en su concepción, al ver los referentes formales. Al estar tan separadas no se lograba tan bien una percepción visual tan orgánica, pues se veían elementos más aislados unos de otros.

Por otro lado, la posible instalación de anclaje a paredes y techo significaría una intervención más significativa en la superficie al tener que poner muchos puntos de apoyo. Se suma a esto la capacidad de resistencia de peso en algunos puntos, sobre todo en los techos, además de que es más compleja la instalación en los techos por efectos prácticos y de seguridad, especialmente cuando se considera que los alumnos participen del proceso.



Rediseño

Nueva Forma

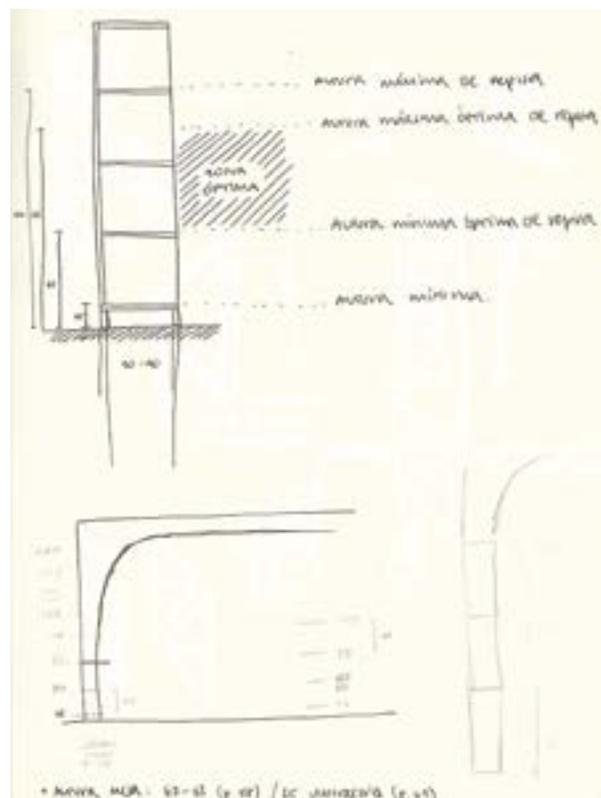
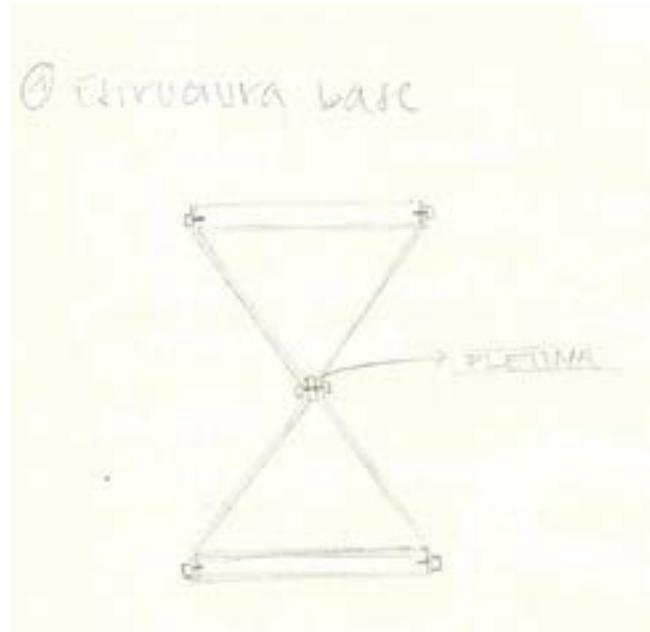
Ante las pruebas y las reflexiones hechas con los anteriores diseños surge la necesidad de simplificar y facilitar sobre todo el sistema de armado y de anclaje.

Es por eso que se llega al diseño de hacer módulos que semejan una repiza afirmados por un material más firme como las pletinas de acero.

En este diseño, si bien se pierde la visión paramétrica total de la estructura, gana en otros aspectos como la utilización de menos plástico, lo que hubiese requerido un intenso trabajo por su recolección y el armado.

Las alturas de las repizas también fueron consideradas de acuerdo a las características antropométricas y siguiendo los estándares que recomienda Mineduc para la distancia entre ellas. Es por eso que la distancia fue establecida a aproximadamente 40 centímetros, con una profundidad menos a 30 centímetros por el espacio disponible al fondo de sala, pues es necesario que quede espacio suficiente para el flujo de los alumnos.

Otro detalle importante fue la altura de los mesones, el cual por la guía de mobiliario está establecida a una altura de 85 cm, correspondiente a mesón de laboratorio.

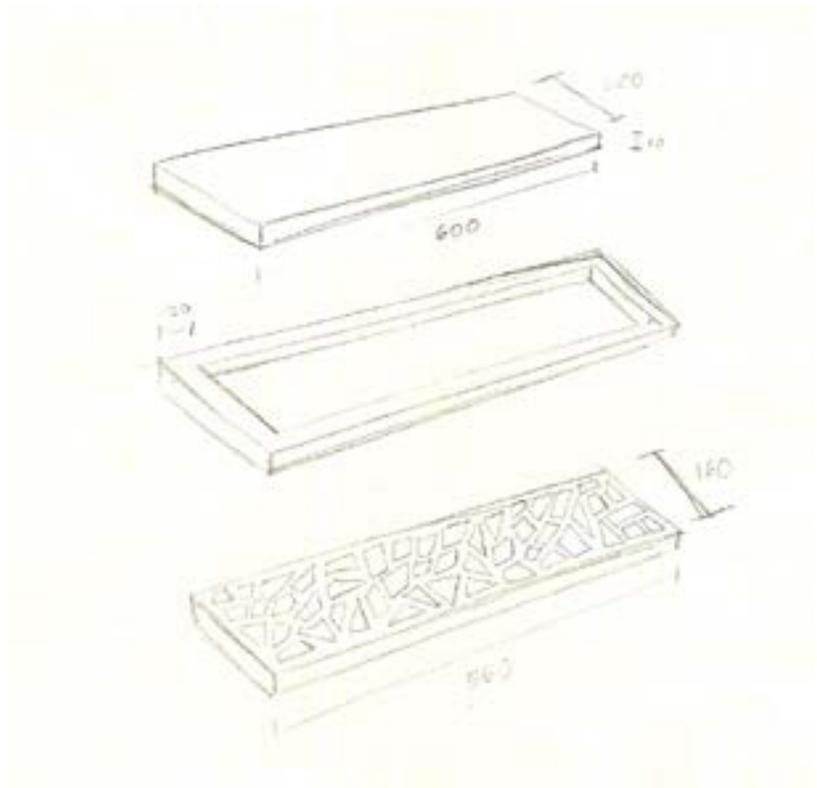


Voronoi Laminar

La estructura se piensa como bastidores en los que puedan ser implementados distintos módulos que armen el laboratorio.

Si bien no se puede mantener la estructura volumétrica que simule el diseño y arquitectura paramétrico, se puede implementar la estructura de Voronoi en los mesones laminarmente.

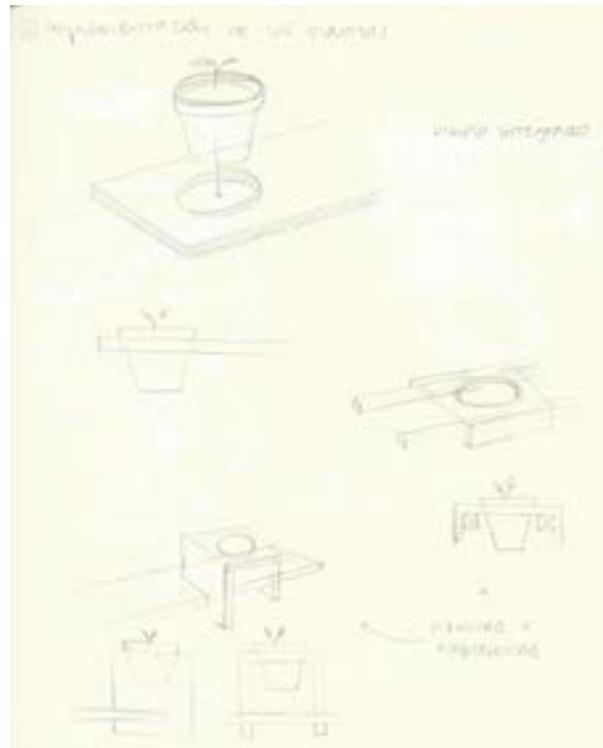
En un principio se pensó hacer horifios, más no era óptimo para un superficie de trabajo. Es por eso que finalmente la idea es simular la estructura a través de moldes dentro de un vastidor para dividir el relleno en dos colores, formándose el voronoi.



Integración de las plantas

La idea desde un principio fue evitar que las plantas fuesen puestas "sobre la mesa", por lo que la idea es integrar su presencia en la estructura. Para eso se tomaron ciertos referentes formales, que podemos ver en el retail, que nos permite posicionar fácilmente las plantas en los bastidores.

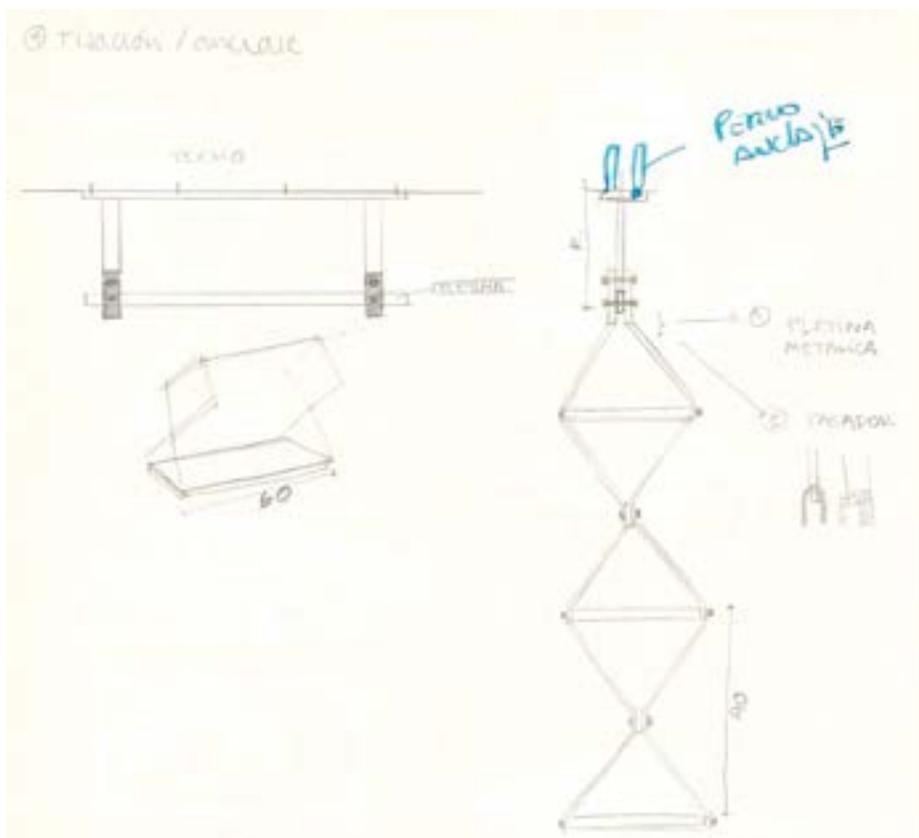
Se llega finalmente a hacer un círculo con el diámetro un poco más pequeño que las macetas de las plantas, para así poder introducirlas y que queden firmes. Esto da la posibilidad de que sea modificable e intercambiable.



Anclaje

Otro de los beneficios fue implementar un nuevo sistema de anclaje, el cual se sostiene por el techo y el suelo mediante fijaciones metálicas. Una opción para no dañar la estructura de la sala es instalar perfiles al techo y al suelo y a ellos sostener el sistema de anclaje. De todas maneras, en relación al diseño anterior, se logra afectar mucho menos las estructuras de la sala como paredes y techo, ya que requerían fijaciones más frecuentes.

Primero se había pensado estabilizar las repizas a través de tensores, ya sea con productos textiles o con hilo metálico. Sin embargo, finalmente el módulo estaría sostenido por pletinas de acero que se unen en ciertos puntos a otra pletina, así como también a los bastidores plásticos. Si bien es un material pesado asegura firmeza y estructura.



Implementación en la Sala

De acuerdo a los formatos investigados, se estableció una sala de una medida de 7,2x8,4 metros, con una altura aproximada de 2,4 metros.

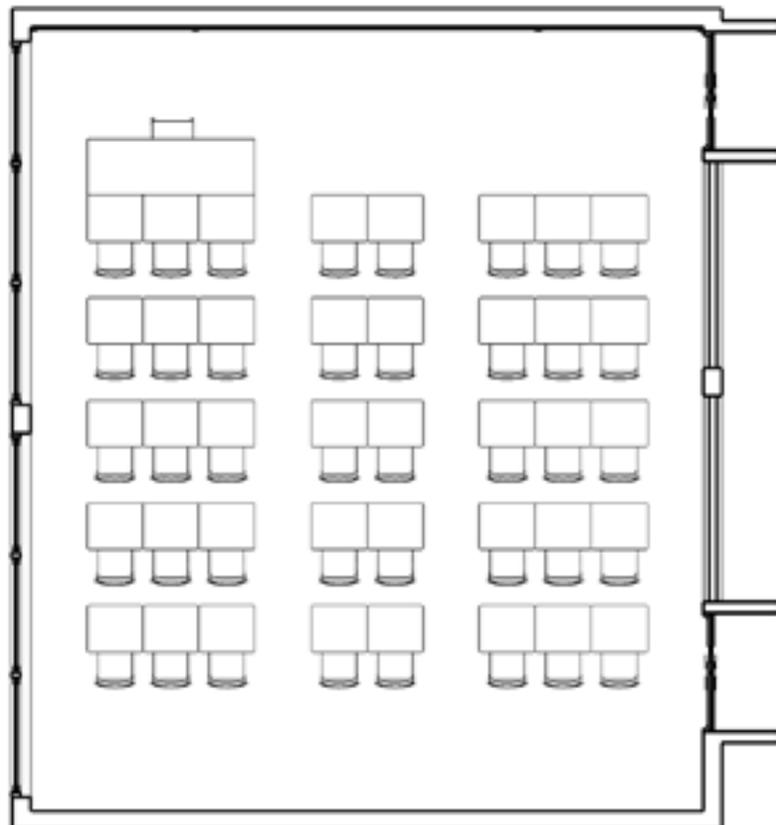
Bajo estas medidas se considera la integración de 40 alumnos, con lo que se respeta las consideraciones de carga de ocupación establecidas por la OGUC (Ministerio de Educación), correspondiente a 1,1 m² por alumno.

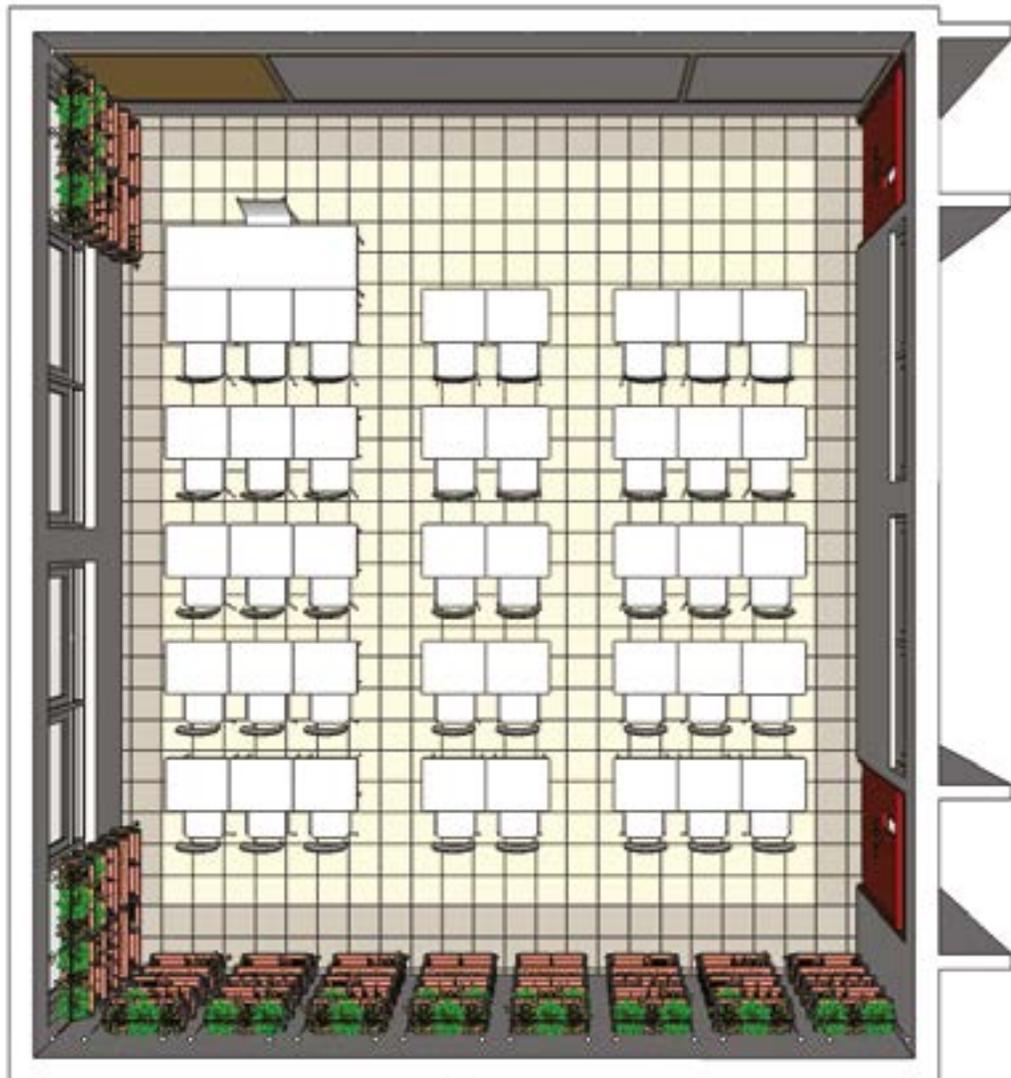
La disposición sugerida del mobiliario, es decir mesas y sillas, dentro de la sala de clases se ilustra en la siguiente imagen. Se puede ver dos columnas de alumnos en fila de 3 mesas, y una columna de fila de dos puestos. La configuración se encuentra centrada para no tocar las paredes laterales así como tampoco la pared de fondo. Los pasillos generados entre las tres columnas dejan el espacio permitido de 60 cm.

Según Constanza Pascual, arquitecto del Ministerio de Educación, el borde interior de la primera mesa del alumno más cercano al pizarrón de clases puede estar a 2 metros de la pared. En ese espacio también se emplaza el escritorio del docente de curso.

Estas características permiten que ajustando la disposición de las mesas dejan un espacio suficiente para la implementación del laboratorio, el cual siguió las normas establecidas de los estantes de salas de clase.

Planta Sala Tipo





De acuerdo a lo descrito los módulos del laboratorio se ubicarían principalmente al final de la sala. Un par irá cerca de la ventana para evaluar fenómenos referentes al fototropismo, para que se configuren espacios de luces y sombras y propiciar que la planta vaya en búsqueda de la fuente lumínica, en este caso, la luz del sol.

Materialidad

Búsqueda de material apropiado

Paralelamente se planteaba la definición de un material. El primero en considerar fue la madera, pero resulta no ser el material idóneo para el proyecto: tiene elevado costo, un peso relativamente alto y es difícil conseguir muchas variedades de formas.

Entonces se considera como antecedentes los “start-up” de reciclaje de plástico, surgiendo como una potencial oportunidad. Hacer que los colegios y los niños incluso sean los creadores de su panel. De esa manera se deja de proporcionar un kit “de”, si no una actividad en la que los alumnos están involucrados desde su fabricación hasta la utilización y puesta en práctica de ésta.

Entonces surge una nueva variable, una lógica indagativa, una forma de crear un laboratorio ya sea incluso fabricada por ellos mismos (con asistencia de profesores).

Los aspectos positivos de la utilización de este material hicieron de esta idea cada vez más atractiva. Si se hace de plásticos reciclados, especificando el más idóneo para el caso, los costos disminuyen considerablemente. Por otro lado, el proceso de reciclaje se puede considerar también como un experimento o proyecto de ciencias.

Dentro del contexto de la contaminación en que surge el proyecto, esta también en una manera de aprender sobre este problema en otra de las formas que se presenta actualmente. Esto también genera un aprendizaje y un interés por parte de los alumnos, los que se van adquiriendo a través del procedimiento del proyecto. Además se genera conciencia de la importancia del reciclaje y del crítico efecto contaminante de este material en el medio ambiente, a la vez que realmente se hace algo por disminuir el nivel de la huella dejada por el plástico, material del cual también aprenden, como saber las diferencias de las distintas variedades, o saber cuáles pueden ser reutilizables a través del sometimiento del material a altas temperaturas (termomoldeables).

Por otro lado este material también tiene la característica de ser liviano, en comparación a otros materiales como la madera. Además, debido a sus características termomoldeables es más fácil obtener ciertas formas, lo que otorga mayor libertad en el diseño. En este último punto se consideró volver a las estructuras volumétricas, algo similar a las vigas, para lograr una estructura paramétrica. Sin embargo, por las mismas consideraciones anteriormente nombradas se decidió continuar con las costillas, las que a su vez estarían compuestas por módulos pensando en su producción.



PP y HDPE

Dos de los plásticos más comunes en la fabricación de productos comerciales son el Polipropileno (PP; símbolo #5) y el Polietileno de Alta Densidad (HDPE; símbolo #2).

El primero de ellos, el Polipropileno, es un plástico de elevada rigidez, alta cristalinidad, elevado punto de fusión y excelente resistencia química. Además, al adicionarle distintas cargas (como talco, caucho, fibra de vidrio, etc.) se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería. Entre sus ventajas se encuentran su cualidad de ser inerte (al contenido), resistente a la temperatura (hasta 135°), barrera a los aromas, es impermeable, prácticamente irrompible, liviano, no es tóxico y tiene una alta resistencia química.

Algunos de sus usos son envases industriales, tapas en general, cajones para bebida, jeringas, baldes para pinturas y helados, vasos, recipientes para alimentos, algunos juguetes, cajas de baterías, parachoques, partes de autos, contenedores de productos químicos y medicinales.

Por otro lado, el El Polietileno de Alta Densidad es un termoplástico fabricado a partir del Etileno. Se considera muy versátil ya que se puede transformar de diversas formas: inyección, soplado, extrusión y rotomoldeo. Entre sus beneficios se encuentra el también ser inerte (al contenido), resistente a las bajas temperaturas, Irrompible, liviano e impermeable.

Sus principales usos son envases para detergentes, aceites automotor, shampoo, y lácteos, bolsas de supermercados, baldes para pintura, helados, y aceites, tambores para gas, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario, además de macetas.



Escala de temperaturas de punto de fusión



Imagen extraída de: <https://preciousplastic.com/en/>

Luego de hacer una comparación entre ambos tipos de plásticos, de acuerdo a las características y propiedades de cada uno y tomando como referencia su uso en productos del mercado, se decidió elegir como materia prima el polipropileno. Entre sus propiedades que se destacaron fue su alta resistencia y dureza, barrera de aroma, resistencia química e impermeable, las cuales son cualidades muy importantes considerando el uso que se desea darle. Además es muy liviano (354 gr aproximadamente), y permite pliegues y visagras, lo que facilita las construcciones modulares. Además se su fundición es mejor que otros plásticos, aunque su punto de fusión es más o menos alto (aproximadamente a partir de los 180°C). En la página siguiente se puede ver un esquema con los puntos de fusión de los distintos tipos de plástico.

Se hicieron pruebas rápidas con el material en horno convencional. En la segunda prueba se aplicó compresión por ambos lados, lo que permite un acabado más liso y parejo.

Primera Prueba



Segunda Prueba



Plantas Interiores

Dentro de la gran variedad de plantas interiores evaluadas dentro de la investigación realizada por la NASA, acá se sugiere el uso de ciertos tipos por su facilidad de obtención, mantención y capacidad filtrante. Sin embargo, no existen restricciones en cuanto a cuáles usar, pues todos tienen la capacidad fotosintética para depurar el dióxido de carbono y entregar oxígeno al ambiente.

Así mismo también se puede implementar un cultivo de microalgas, las cuales ha sido demostrado tienen un alto índice

fotosintético, fijando mayores cantidades de dióxido de carbono que muchas de las plantas comunes.

Los estudios realizados por la NASA concluyeron que las plantas de interior son capaces de remover los contaminantes interiores hasta en un 87% dentro de 24 horas. Por otro lado, también se sugiere tener al menos una planta por cada 100 pies², lo que equivale a 9,1 m².

Hiedra o Enredadera *Hedera Helix*



Planta colgante o trepadora que alcanza de 50 a 120cm de largo. Las hojas compuestas de 3 o 5 lóbulos, presentan muchas variantes en su forma y colorido. Crecen mejor sin luz directa, aunque puede utilizarse tanto en exterior como en interior. La temperatura ideal es entre 10° y 20°, aunque resiste bien el frío, prefiriendo ambientes húmedos. Necesita mucha humedad aunque en invierno menos. Por eso trepa, porque extrae humedad del aire de los muros sombríos. Remueve eficientemente el tricloroetileno, formaldehído, benceno, y xileno.

Sansevieria o Lengua de Suegra *Sansevieria Laurentii*



Se trata de una planta del género de herbáceas, perennes y rizomatosas. Se caracteriza por sus hojas duras y punzantes.

Son excelentes plantas de interior pues soportan atmósferas secas y calientes dentro de las habitaciones, luz pobre y falta de riego. Sin embargo se recomienda crecer en lugares muy iluminados pero idealmente no a pleno sol. En cuanto a la temperatura, lo adecuado es que no sobrepasen los 30°C ni bajen de los 5°C. Remueve eficientemente el tricloroetileno, formaldehído, benceno, y xileno.

Espatífilo
Spathiphyllum Wallisii “Mauna Loa”



Esta es una planta perenne que puede llegar a alcanzar sesenta centímetros de altura. Tiene flores de color blanco, posee hojas perennes y está perfumada. Son plantas que quieren la luz tanto en verano como en invierno pero nunca el sol directo. No obstante, aguantan mejor que otras especies, la falta de claridad, pero prefiere los luminosos, sobre todo para la floración. Las temperaturas ideales alcanzan 20-25°C durante el día. Fuera de estos límites, prefieren pasar calor a pasar frío. Riego constante. Remueve eficientemente el tricloroetileno, formaldehído, benceno, xileno y amoniaco.

Crisantemo
Chrysanthemum Morifolium



Es una de las plantas con flores que mejor se adapta al interior, pertenece a la familia Asteraceae. Es de origen japonés, donde tiene connotaciones simbólicas como sabiduría y alegría. Son híbridos complejos y por ello tienen una gran variedad de colores y tamaños, por lo que se pueden encontrar todo el año. Exigen muy pocos cuidados, salvo regarlos con regularidad. Necesita mucha luz y frescura para su floración. La temperatura ideal sería entre 16 y 20 grados. Si en invierno tenemos la calefacción, conviene pulverizarla. Remueve eficientemente el tricloroetileno, formaldehído, benceno, xileno y amoniaco.

_03

Proyecto Final



Proyecto Final:

Laboratorio de aprendizaje por indagación y sistema de filtración por material biológico para salas de clases de establecimientos educacionales

Este proyecto se consolida como un proyecto de divulgación educativa, en pos de incentivar la actividad experimental en el área de ciencias en los establecimientos educacionales.

Este laboratorio consiste en entregar un kit de moldes con indicaciones para fabricar y montar el laboratorio dentro de la sala.

Los profesores deben estar a cargo de todo este proceso, otorgando libertad a los niños para indagar y estimular su capacidad de asombro.

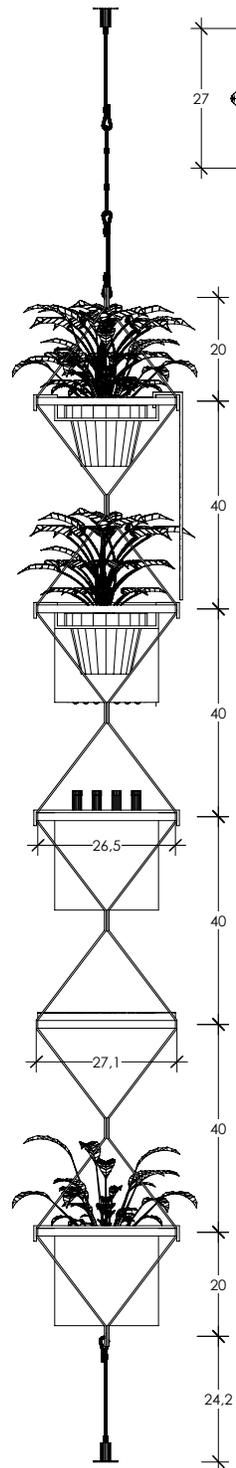
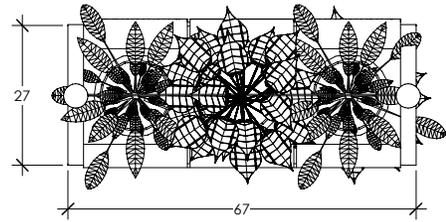
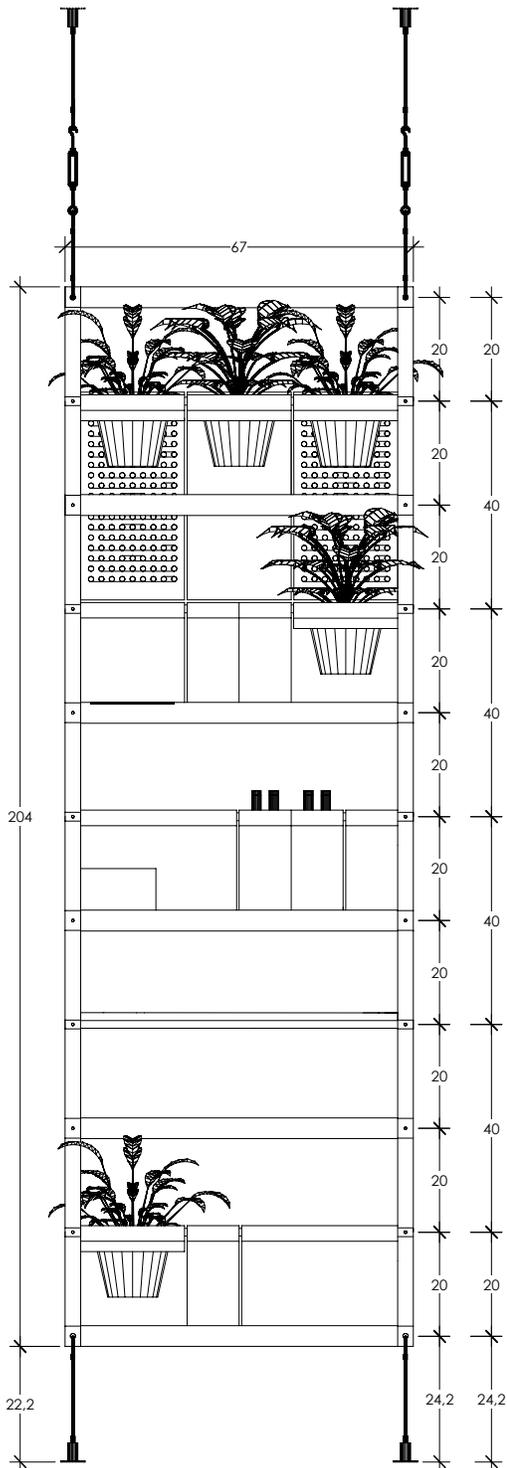
Por otro lado, también es labor de los profesores planificar tipos de experimentos, fáciles y básicos para ser implementados en este laboratorio que se introduce en la sala, para reflejar y aprender de procesos físico-biológicos (de todo lo que sea ciencias naturales) de acuerdo a la malla curricular de cada curso.

Lo importante es estimular a los alumnos y dejarlos aprender haciendo. Por otro lado remarcar a los niños la función filtradora de las plantas instaladas en el laboratorio.

“(...) la ciencia es una actitud;
gramaticalmente sería más interesante
considerarla un verbo y no un sustantivo:
un hacer cosas, preguntas,
experimentos...”

Diego Golombek
Citado en: Aprender y enseñar ciencias a través de la indagación (2008)

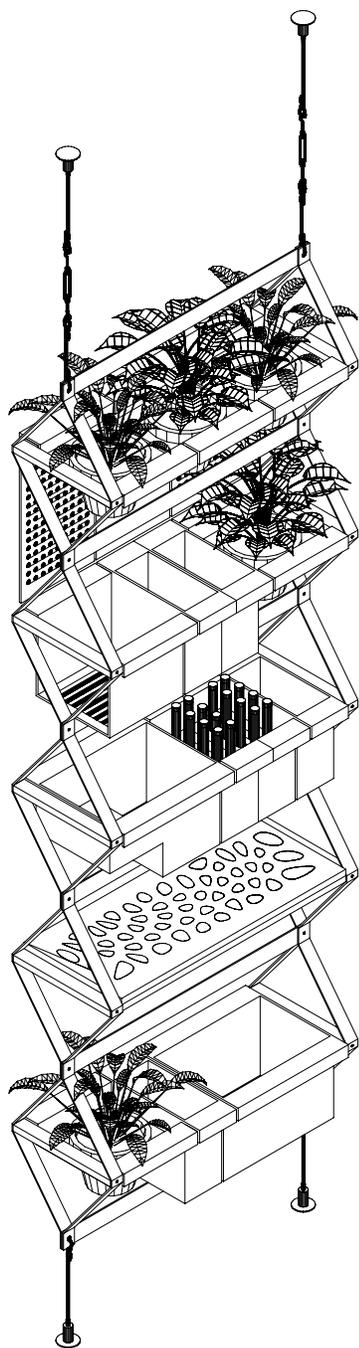
Planimetrías Generales



Materialidad

Módulo fabricado metal electropintado y bastidores de polipropileno (plástico reciclado) donde se ubican los diferentes elementos también de polipropileno, todos fabricados en moldajes metálicos, para ubicar las plantas, tubos de ensayo y otros artículos. La estructura metálica está fabricada en pletinas metálicas perforadas de 30x3mm (estructura vertical plegada) y 40x3mm (barras horizontales) con terminación electropintadas color carbón, éstas se fijan entre sí y con los bastidores de polipropileno mediante tornillos con embellecedor, para dejar las bandejas firmes y con buena terminación.

La estructura metálica está anclada mediante soporte base metálico para cable de 5mm a piso y cielo con cable acerado de 5mm unido con candado a pletinas metálicas perforadas. En su sección superior, se agrega en tramo central del cable acerado, un tensor de cable para poder ajustar y dar mayor tensión y rigidez a la estructura.



Contribuciones

Este proyecto es una contribución a una mejor calidad de proceso de enseñanza-aprendizaje. Es un mobiliario que favorece una mayor participación activa y variada de los alumnos en su propia educación, mediante la puesta en práctica de experimentos relacionados con las ciencias naturales. Parte del diseño es que el mobiliario en sí motive su implementación, creatividad y estimulen la indagación. También refleja la colectividad y compañerismo en el trabajo en grupo al colaborar entre grupos y dentro de los mismos.

Por otro lado se considera una estructura flexible en sus partes, pues establece dinámicas en el ordenamiento de las piezas del mobiliario para el trabajo en grupo experimental, propositivo y reflexivo. Otro aspecto en cuanto a la multifuncionalidad respecto a su uso, es que permite actividades lectivas como talleres, proyectos grupales, investigación, etc.

Es aspecto funcional quizás más importante es la función filtradora de los contaminantes contenidos en el aire dentro de la sala de clases. Según los estudios presentados anteriormente, esto además significa propiciar mejores condiciones que influyen en el desempeño cognitivo de los alumnos, por lo que se traduce en un mejor rendimiento.



Características

El mobiliario debe ser funcional, de manera de responder a la variedad de exigencias de organización del proceso de enseñanza-aprendizaje que planifica el docente en los espacios educativos. Es por esto que se hizo coincidir con las características de las salas y mobiliario actual, y fue diseñado con tamaños adecuados antropométricamente para los alumnos de nuestro país. En relación con la infraestructura, se desarrolla la pertinencia con el espacio y función educativa, favoreciendo el encuentro entre personas, su conversación y expresión, además de otorgar facilidad en el desplazamiento y la interacción con los elementos.

Su versatilidad se expresa en las características que presenta el diseño de los elementos, así como también la estructura general para que el mobiliario pueda ser empleado en espacios educativos, según las diferentes variaciones, aunque mínimas, que pudiesen presentar las distintas salas de clases.

Esta estructura entrega moldes para desarrollar diseños constructivos armables que pudieran adquirirse por paque-

tes de piezas, que sean ensamblados en los mismos establecimientos. Esto también permite la reposición de partes en caso de deterioro. En responsabilidad del docente a cargo de cada curso se entregarán los moldes de metálicos para que los propios alumnos fabriquen los elementos que constituyen el laboratorio.

Según las instrucciones y tipologías descritas, los alumnos deberán recolectar la materia prima, el plástico, de acuerdo a las cosas que utilizan día a día, para así contribuir a la reducción del impacto contaminante de los plásticos al reutilizar el material. Es por eso que desde sus propios hogares pueden traer envases de productos hechos con el tipo de plástico requerido, e incluso recolectar más de estos con vecinos y amigos. También existe la posibilidad de comprar el plástico que ya ha sido procesado para quedar en partículas pequeñas, lo que facilita la utilización del plástico en el moldaje.



Trasfondo del proyecto

La importancia no radica en que experimenten todos los días, si no en la planeación y desarrollo de cada uno de ellos, en pos de aprender algún fenómeno biológico al verlo y experimentarlo por ellos mismos.

Es una instalación que ofrece un laboratorio para experimentos básicos, sirviendo de plataforma para albergar los experimentos en desarrollo y ver las modificaciones que pasan con el paso del tiempo, con el fin de comprender los procesos detrás del mundo biológico, algunos más largos que otros.

Es así como pueden ver cómo crece y se desarrolla una planta, cómo se generan los microorganismos, como se descomponen ciertas materias orgánicas, o cómo las plantas absorben el agua por sus capilares. Mediante la observación estimulan la capacidad de asombro y hagan reflexiones de acuerdo a lo observado y proponer ideas, reflexiones y conclusiones.

La idea es que también sea implementado por alumnos de todas las edades y que también los profesores se entusiasmen a acoger herramientas educativas como esta y la metodología a través de la indagación

“Una instancia de crecimiento entre iguales, donde los alumnos ponen en común las competencias que les son propias para el logro de buenos resultados comunes”.

UNESCO (2001)



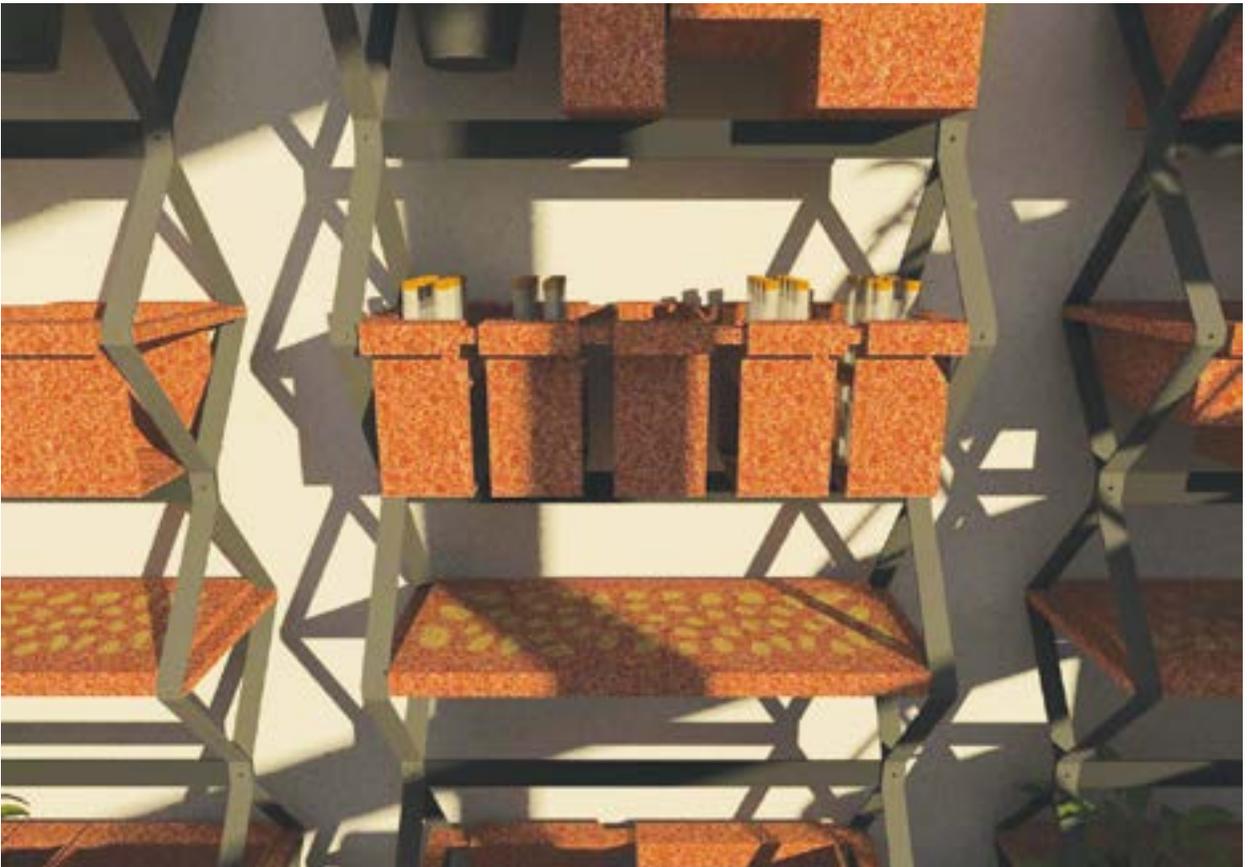
Vistas de la implementación y sus partes





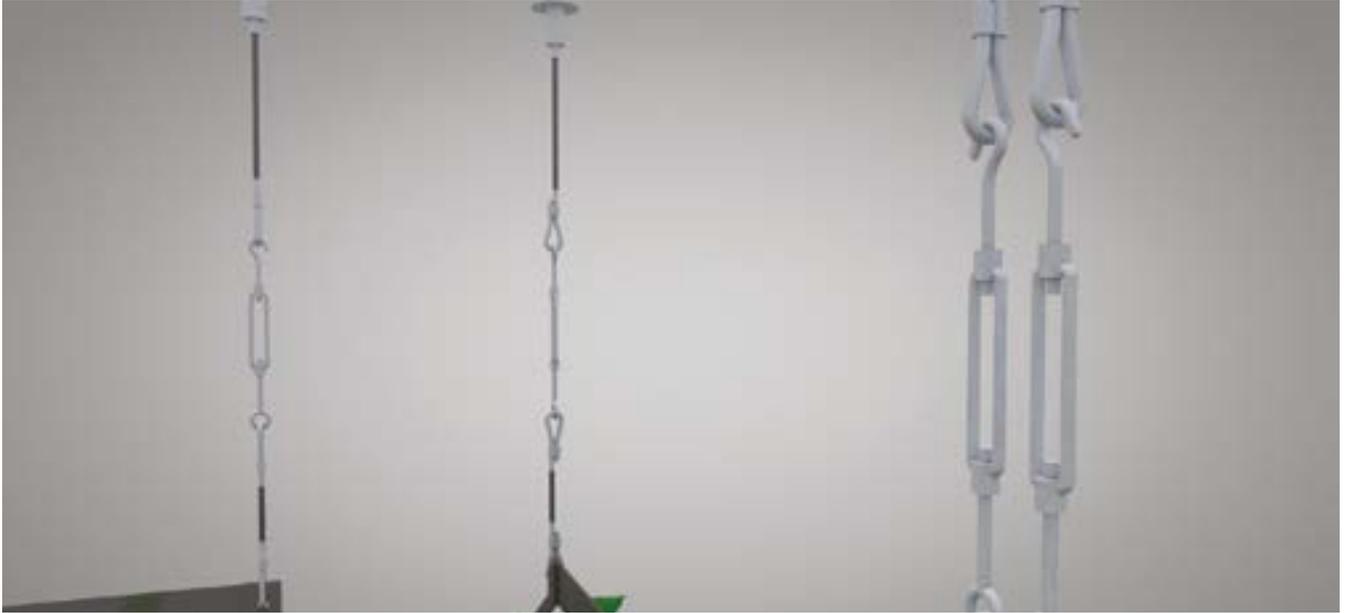


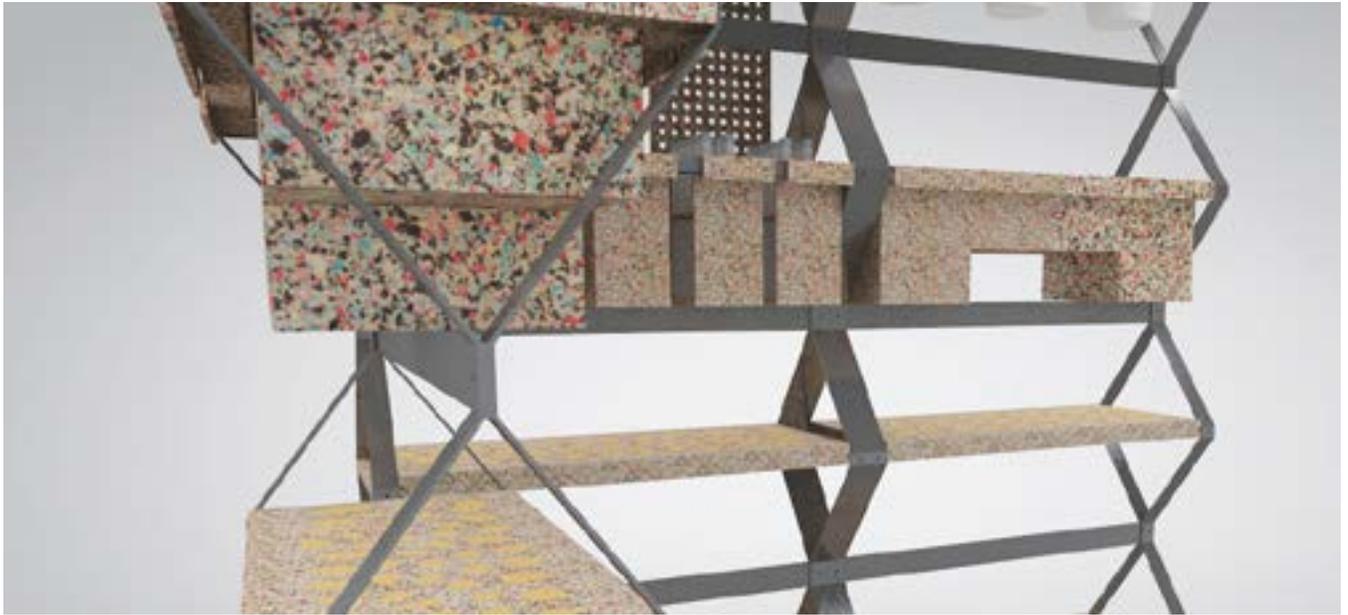






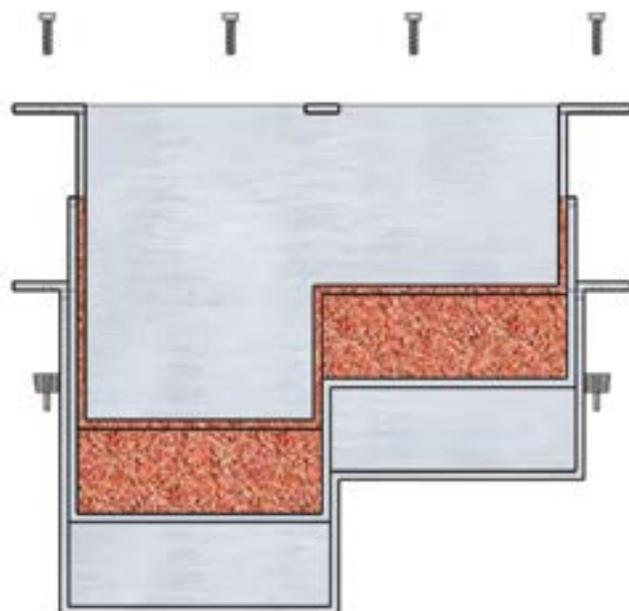
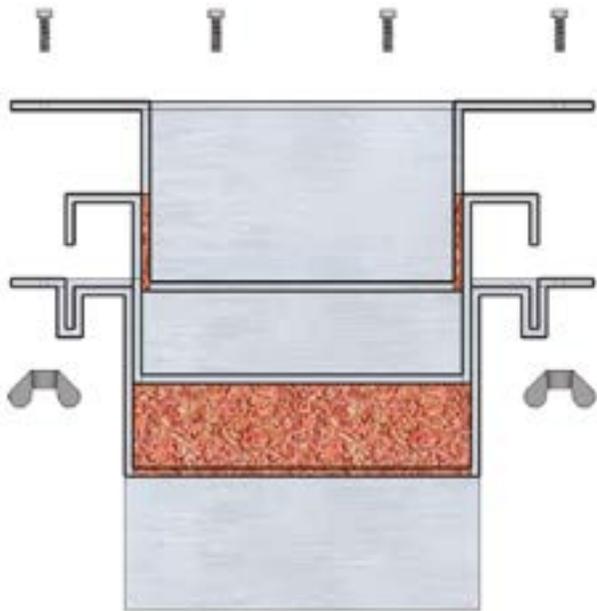


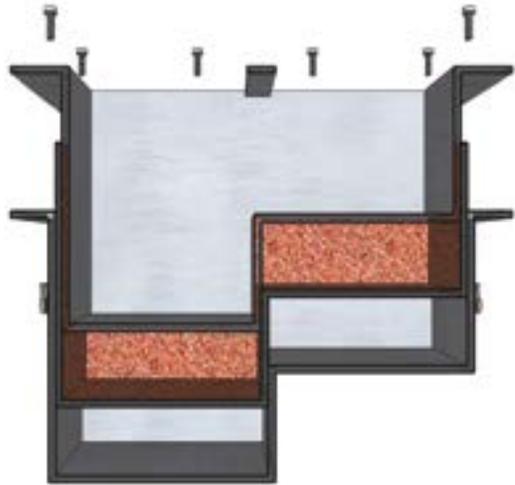
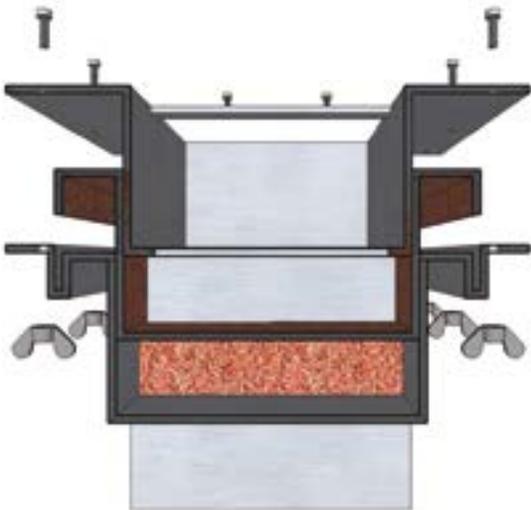
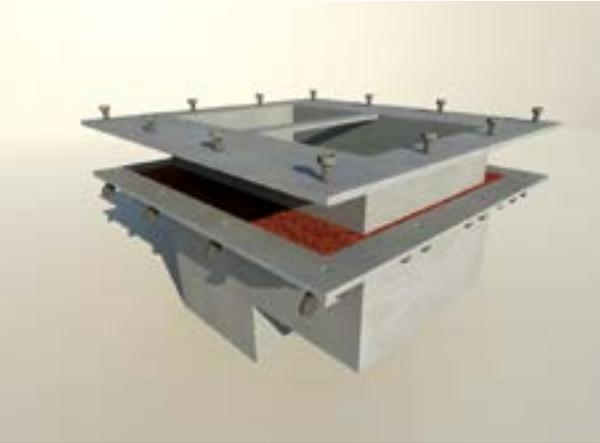
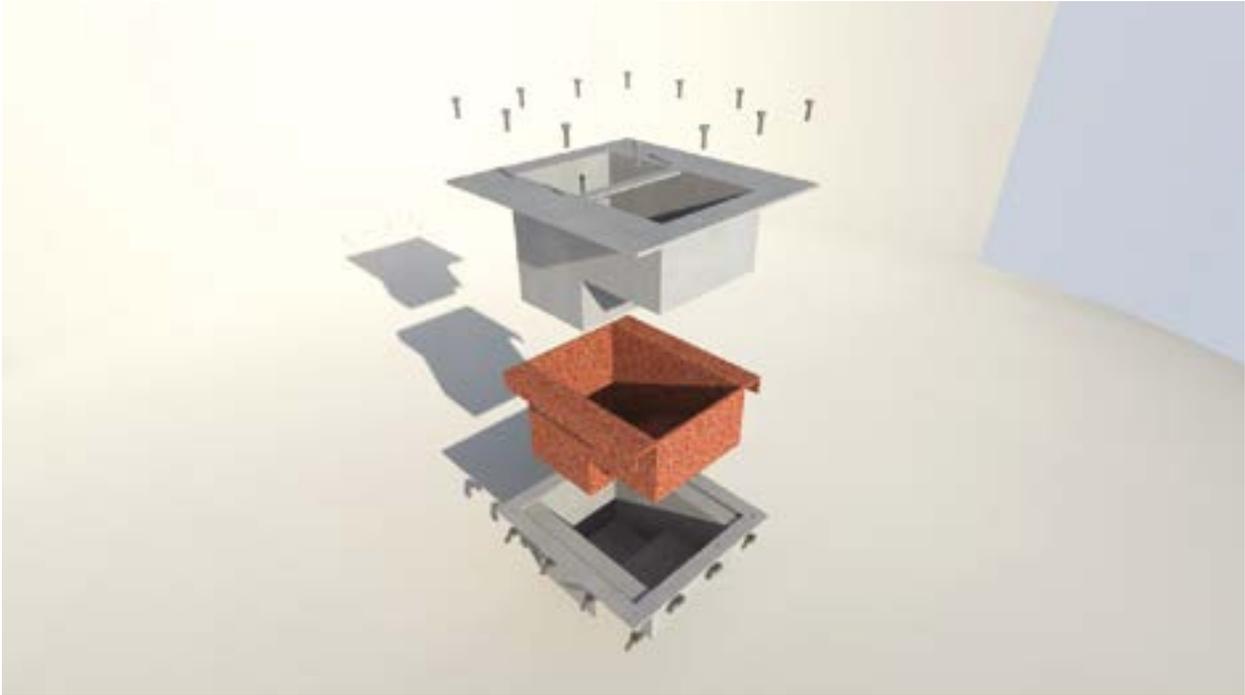




Moldaje

El proceso de moldaje se da por compresión de dos caras preformada que se presionan y ajustan con la materia prima entre ellas. Una vez cerrado se introduce a la cámara de calor; una especie de horno, en donde a alta temperatura se logra alcanzar el punto de fusión de material, el cual se derrite y adopta la forma del molde.





FACTIBILIDAD.

Precious Plastic

Una parte de la aplicación del proyecto corresponde al reciclaje de productos plásticos para reducirlo a materia prima que servirá para la elaboración de los elementos que componen el laboratorio. Por otro lado, otra parte es la fundición del plástico, el cual es termomoldeable, para dar forma a las piezas en los moldes. Si bien no son tareas complejas, y que se enfatiza **deben ser realizadas con extremo cuidado, con un adulto (en este caso el profesor) colaborando y supervisando el proceso**, requieren maquinaria necesaria para realizar ambos procesos.

El diseñador holandés Dave Hakkens, al reconocer el exceso de residuos que producen los plásticos, comenzó su proyecto el 2013 con la idea de desarrollar nuevos objetos a partir del reciclaje de plástico. El diseñador Dave Hakkens se dio cuenta de que no había máquinas de reciclaje eficientes para el consumidor promedio y que este nicho, ya de por sí reducido, se centra solo en grandes empresas de plástico.

Para eso fabricó sus propios dispositivos basados en máquinas industriales, pero modificadas para que sean menos complejas, más flexibles y de bajo costo. Luego desarrolló el proyecto "Precious Plastic", un proyecto open source (código libre) disponible a través de la web para quienes estén interesados en el reciclaje de plásticos.

Su plan es: (1) desarrollar máquinas para reciclar plástico; (2) compartir los planos gratuitamente en internet; (3) Proveer a las personas el conocimiento para empezar; y (4) esparcir esta información por todo el mundo, para así fomentar el reciclaje del plástico.

La base del sitio es enseñar a construir una serie de máquinas: una trituradora, una máquina de moldeo por compresión, otra por inyección y una máquina que permite obtener filamento plástico para impresoras 3D (extrusora). En la página web se comparten las instrucciones para fabricar las máquinas, con videos de fabricación y montaje paso a paso.

Las máquinas están específicamente diseñadas para fabricarse usando herramientas básicas, así como materiales accesibles en cualquier parte del mundo. Además están diseñadas de forma modular, para que puedan repararse, personalizarse o actualizarse sin problemas, así podrás adaptarlas a tus necesidades.

Con este proyecto quieren impulsar el reciclaje del plástico, facilitando las herramientas para comenzar un pequeño negocio de reciclaje en cualquier parte del mundo. Lo importante es que tenga impacto no solamente en los países desarrollados, sino también en los emergentes, los que podrían procesar toneladas de plásticos de esta forma y evitar la acumulación de basura.

Todas las instrucciones se pueden descargar de forma gratuita en preciousplastic.com.

Se puede denominar un proyecto "hágalo usted mismo", con el fin de crear una pequeña fábrica de reciclaje de plástico en hogares u otros lugares. Es así como se toma este proyecto a modo de



Máquinas a utilizar

Máquina trituradora

La primera máquina utilizada es la trituradora, en donde se introducen los productos plásticos para que sean cortados en trozos muy pequeños. Es muy importante que haya siempre un adulto al momento de usarla y entregar las advertencias previas en cuanto a las consecuencias de su mal uso.

El valor de esta máquina fabricada por Dan Hakkens es de 180 euros, lo que equivale a 130.326 pesos chilenos.



Máquina compresora

La segunda máquina es donde se le da forma mediante un moldeado por compresión. En palabras simples es un horno en donde se introduce el molde con el plástico triturado. Al haber compresión se crea el molde liso y con la terminaciones dadas por el molde metálico de zinc. Las medidas dadas en las instrucciones en la fabricación del horno pueden ser modificadas para ajustarlas a tamaños más pequeños o más grande para que quepan los distintos moldes.

El valor de esta máquina es de 120 euros, lo que se traduce a 86.884 pesos chilenos.



Financiamiento

Fondo de Valoración y Divulgación de la Ciencia y la Tecnología

Este proyecto se basa en presentar la propuesta para el Concurso de Proyectos Asociativos Regionales (PAR) Concurso de Proyectos Explora, programa de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), para fondos de Valoración y Divulgación de la Ciencia y la Tecnología.

Este fondo financia propuestas que fomenten la valoración o la divulgación de la ciencia y la tecnología, para contribuir a la creación de una cultura científica y tecnológica en la comunidad.

Este Fondo Concursable se desarrolla a partir de dos ejes:

Valoración:

Co-financia la realización de proyectos que permitan a la comunidad escolar adquirir conocimientos, habilidades y actitudes relacionadas con la ciencia y la tecnología, a través de actividades extracurriculares y recursos educativos nuevos, desarrollados por la comunidad científica en un trabajo directo con docentes y/o estudiantes.

Divulgación:

Co-financia la elaboración y distribución, en diversos formatos y plataformas, de productos comunicacionales nuevos para la comunidad en general, que muestren de manera cercana, atractiva e innovadora mensajes relacionados con los beneficios que aporta la ciencia y tecnología a la vida cotidiana de las personas.

Pueden postular personas naturales y jurídicas, lo importante es que su labor se oriente a la promoción y/o el desarrollo de la ciencia, tecnología, educación, cultura, artes o comunicaciones. Este concurso de proyectos Explora co-financia hasta el 70% del valor total de la propuesta, con un tope máximo de \$30.000.000 (treinta millones de pesos).



_04

**Conclusiones
Finales**

REFLEXIONES FINALES.

A lo largo de este proceso investigativo, nos hemos estado planteando cómo mejorar la problemática de los contaminantes en espacios interiores, específicamente al interior de las salas de clases, con el fin de mejorar el confort ambiental para un óptimo entorno que favorezca el aprendizaje.

Nuestra hipótesis se centro en traer los laboratorios a las salas de clase, que permita a los alumnos interactuar con la ciencia y ser partícipes de la evolución de sus experimentos, al tenerlos en las salas donde se desenvuelven la mayor parte del tiempo. Para esto se desarrollo un sistema modular de laboratorio auto fabricado por los alumnos (bajo la supervisión del profesor), que además los invita a configurarlo como ellos quieran.

De esta manera, los alumnos aprenden no solo a fabricar y trabajar con materiales reciclados (y sus oportunidades), sino que principalmente aprenden de los fenómenos físico-biológicos que ponen en práctica a través de la experimentación (aprendizaje por indagación) y mejoran el ambiente donde se desenvuelven.

Como podemos ver, este sistema modular de laboratorio nace de una gran oportunidad de diseño, pero responde no solo a una problemática ambiental, sino que entrega un valor agregado al permitir a los alumnos experimentar con la ciencia y con nuevos materiales.

REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS.

Libros:

- Campusano, R. (2012) Síndrome del Edificio Enfermo. Sus-tentaBit. medio, Gobierno de Chile: Ciencias Naturales.
- Davés, R. (2007) Formación Inicial y Continua de Profesores. Revista Pensamiento. Chile: Universidad Católica. Vol 41
- Guardino Solá, X. (2001). Calidad del aire interior. En Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo- España, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Guasch Farrás, J. (2001). Control Ambiental de Interiores. En Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. España, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Manzi J, Romero G, Flotts P. (2016). Aportes para la Enseñanza de las Ciencias Naturales. Francia: UNESCO.
- Mermet, A. G., Yarle, E. (2005). Ventilación natural de edificios. Buenos Aires: Nobuko.
- UNESCO y Ministerio de Educación (2001). Guía de recomendaciones para el Diseño de mobiliario Escolar. (2001). Santiago. Gobierno de Chile

- Wolverton, B (1989). Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution Abatement. Estados Unidos: NASA.

- Zaichun Zhu, Shilong Piao, Ranga B. Myneni, Mengtian Huang, Zhenzhong Zeng, Josep G. Canadell, ... Ning Zeng. (2016). Greening of the Earth and its drivers. Boston, Estados Unidos: Nature Climate Change Letter.

PAPERS:

- Allen, J. G., MacNaughton, P., Satish, U., Santanam, S., Vallarino, J., & Spengler, J. D. (2016). Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: a controlled exposure study of green and conventional office environments. Environmental Health Perspectives (Online), 124(6), 805.
- Devés, R., & Reyes, P. (2007). Principios y estrategias del Programa de Educación en Ciencias Basada en la Indagación (ECBI). Rev. Pensamiento Educativo, 41(2), 115-131.
- Harlen, W. Aprendizaje y enseñanza deficiencias basados en la indagación. MEJORAMIENTO ESCOLAR EN ACCIÓN, 33.
- Jaramillo, P. R., Gonzalez, P. O., Alessandri, R. D., & Ubeira, F.

V. (2009). Estudio de Lección Indagatoria como estrategia de desarrollo profesional del programa de Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación–ECBI. *Revista investigaciones en educación*, 9(2), 29-47.

- L'Ecuyer, C. (2014). The wonder approach to learning. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 764.

- Marmot, A. F., Eley, J., Stafford, M., Stansfeld, S. A., Warwick, E., & Marmot, M. G. (2006). Building health: an epidemiological study of “sick building syndrome” in the Whitehall II study. *Occupational and environmental medicine*, 63(4), 283-289.

- Peña, M. N., Collar, C. V., & Martín, J. L. R. (2015). Los ambientes interiores (iluminación, temperatura y humedad) en edificios de oficinas y su repercusión en la superficie ocular. *Gaceta de Optometría y óptica oftálmica*, (503), 32-35.

- Ruiz, A. G. (2006). Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. *Revista iberoamericana de educación*, (42), 127-152.

- Satish, U., Mendell, M. J., Shekhar, K., Hotchi, T., Sullivan, D., Streufert, S., & Fisk, W. J. (2012). Is CO₂ an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO₂ concentrations on human decision-making performance. *Environmental health perspectives*, 120(12), 1671.

- Shendell, D. G., Prill, R., Fisk, W. J., Apte, M. G., Blake, D., & Faulkner, D. (2004). Associations between classroom CO₂ concentrations and student attendance in Washington and Idaho. *Indoor air*, 14(5), 333-341.

- Wells, G., & Arauz, R. M. (2005). Hacia el diálogo en el salón de clases: enseñanza y aprendizaje por medio de la indagación. *Sinéctica*, (26).

- Wolverton, B. C., & Wolverton, J. D. (1993). Plants and soil microorganisms: removal of formaldehyde, xylene, and ammonia from the indoor environment. *Journal of the Mississippi Academy of Sciences*, 38(2), 11-15.

Wolverton, B.C. (1997). *How to grow fresh air*, Gran Bretaña, George Weidenfelt & Nicolson.

Web:

CODELCO. (2008). Aprender y enseñar ciencias a través de la indagación (ECBI). 2° encuentro Educación y Minería. Documento en línea. [Fecha de consulta: 14 de mayo 2016]. Disponible en: <https://www.codelcoeduca.cl/noticias/descargas/ecbi.pdf>

Fisk, W.; Seppanen, O.A. Ventilation and performance at office work. *Indoor Air* [en línea]. Dinamarca: Blackwell Munksgaard, 2006- [fecha de consulta: 25 abril 2016]. Publicación mensual. Disponible en: [http://onlinelibrary.wiley.com.ezproxy.puc.cl/journal/10.1111/\(ISSN\)1600-0668](http://onlinelibrary.wiley.com.ezproxy.puc.cl/journal/10.1111/(ISSN)1600-0668)

Fisk, W.; Seppanen, O.A. Association of ventilation system type with SBS symptoms in office workers. *Indoor Air* [en línea]. Dinamarca: Blackwell Munksgaard, 2002- [fecha de consulta: 30 abril 2016]. Publicación mensual. Disponible en: [http://onlinelibrary.wiley.com.ezproxy.puc.cl/journal/10.1111/\(ISSN\)1600-0668](http://onlinelibrary.wiley.com.ezproxy.puc.cl/journal/10.1111/(ISSN)1600-0668)

Fisk, W.; Seppanen, O.A. Summary of Human response to ventilation. *Indoor Air* [en línea]. Dinamarca: Blackwell Munksgaard, 2004- [fecha de consulta: 4 de mayo 2016]. Publicación mensual. Disponible en: [http://onlinelibrary.wiley.com.ezproxy.puc.cl/journal/10.1111/\(ISSN\)1600-0668](http://onlinelibrary.wiley.com.ezproxy.puc.cl/journal/10.1111/(ISSN)1600-0668)

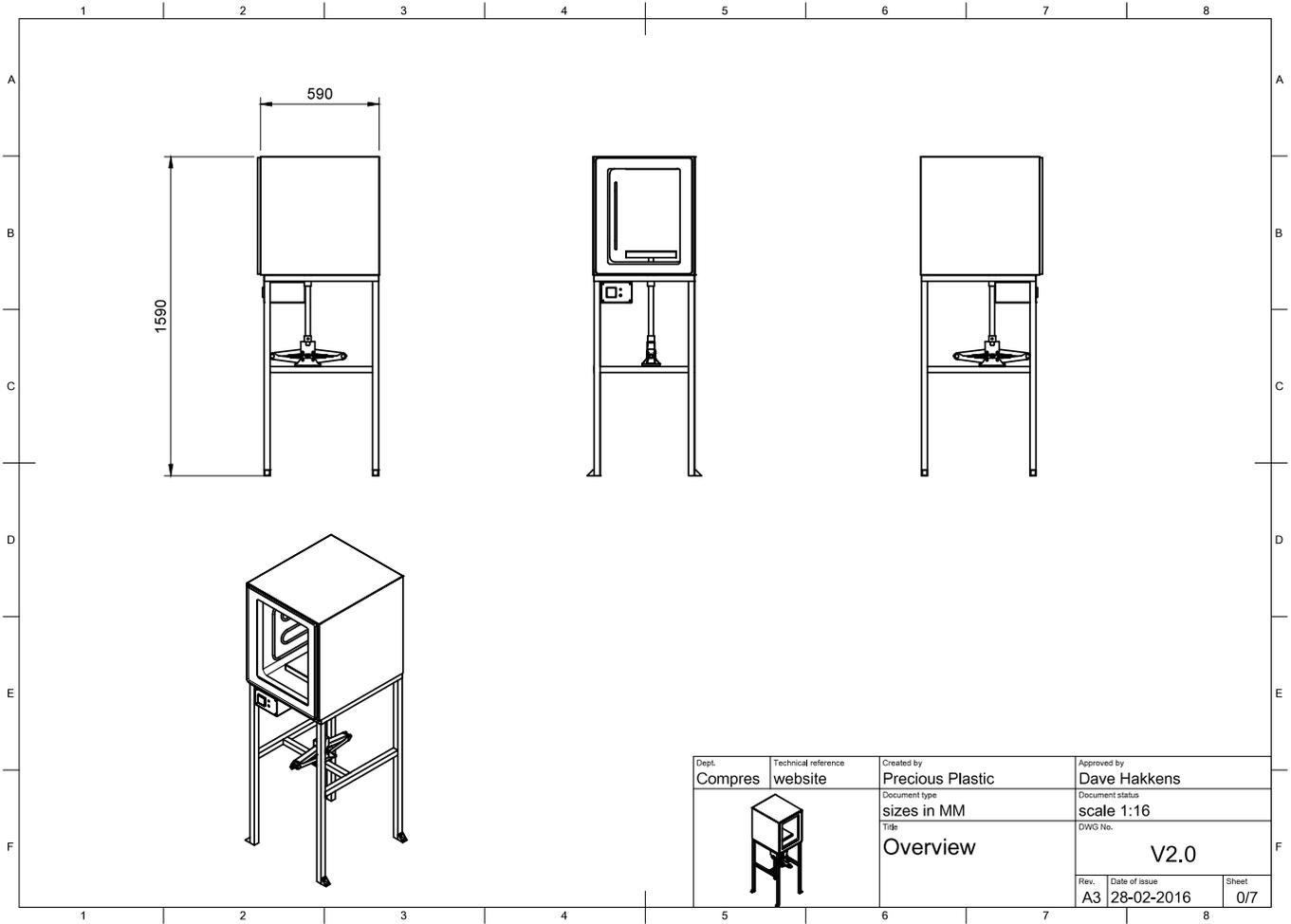
<http://www.haus-der-kleinen-forscher.de/en/>

<https://www.nasa.gov/>

<https://espanol.epa.gov/>

_04

Anexos

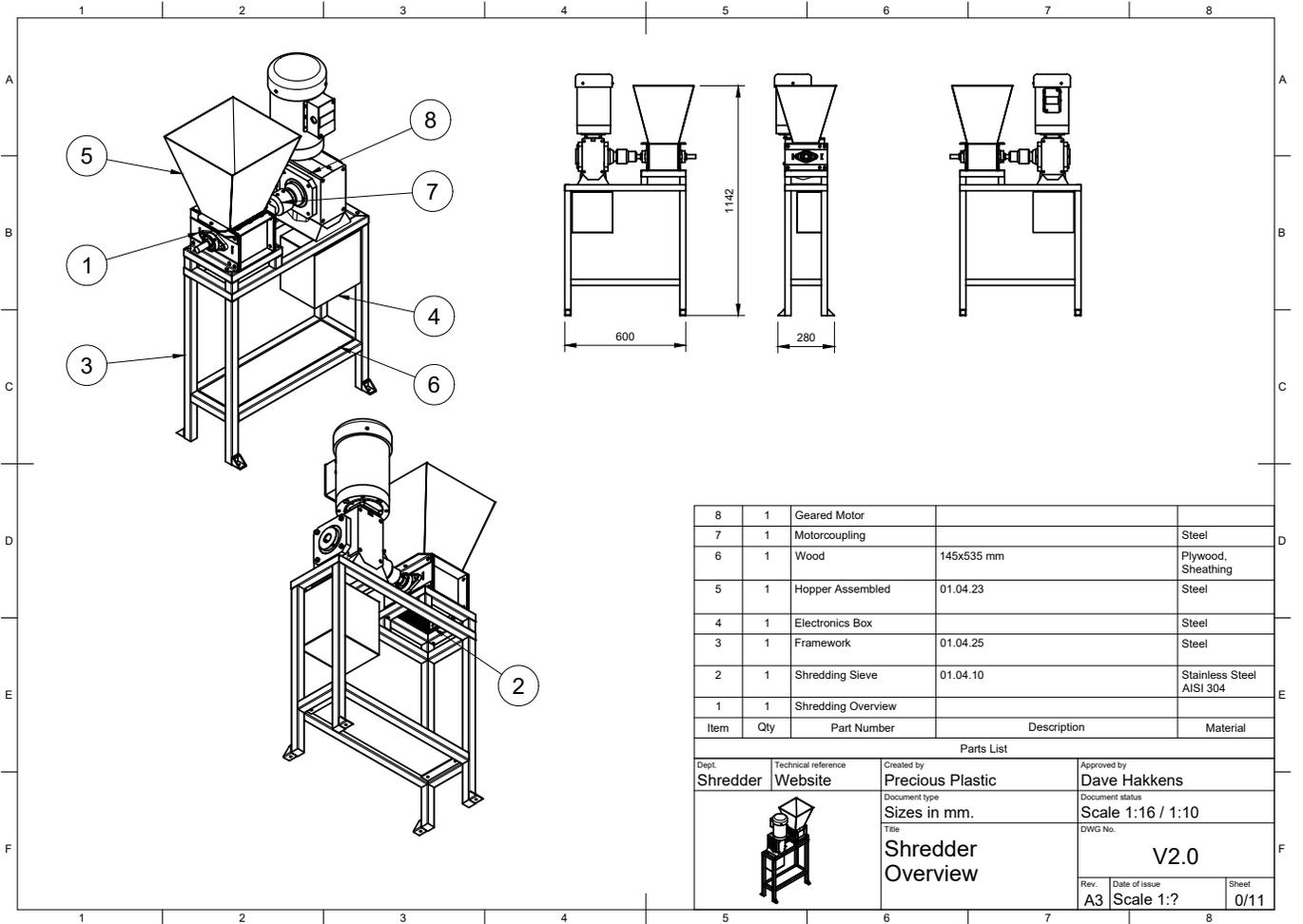


Dept. Compres	Technical reference website	Created by Precious Plastic	Approved by Dave Hakkens
		Document type sizes in MM	Document status scale 1:16
		Title Overview	DWG No. V2.0
Rev. A3	Date of issue 28-02-2016	Sheet 0/7	

Bill of materials compression

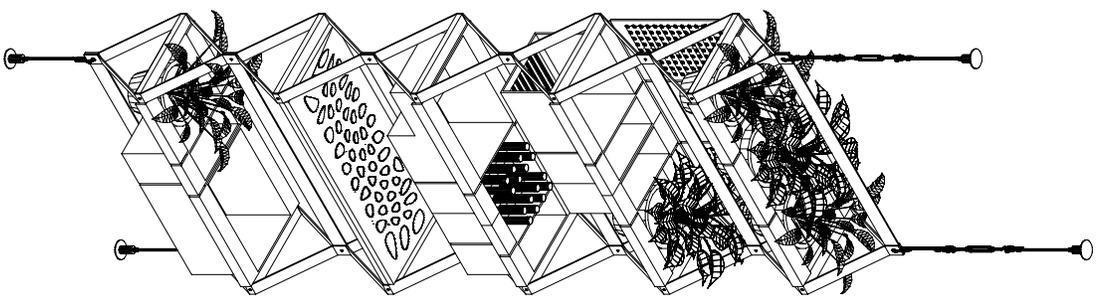
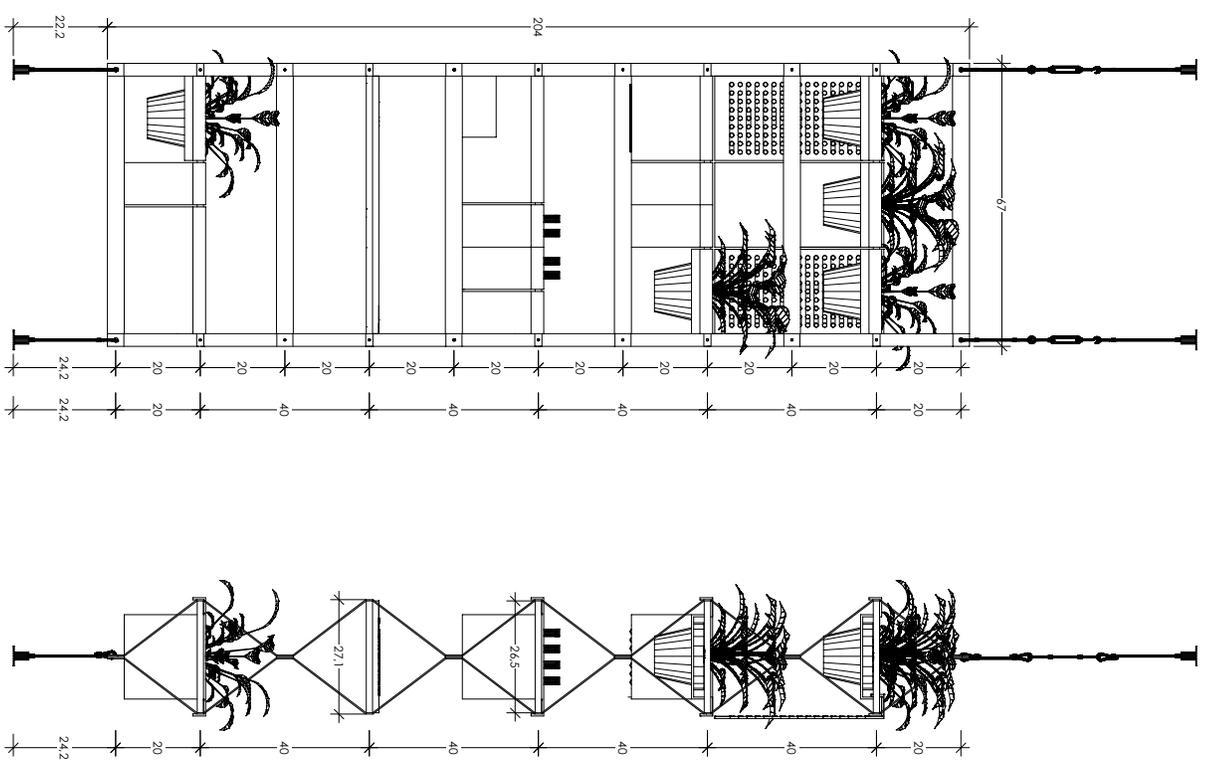
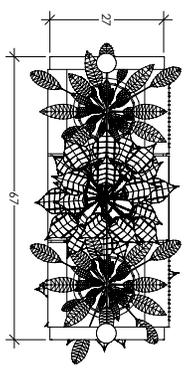
Description	Material	Details	Quantity	Where to get it	Remarks	Price
Machine parts						
• Round bar	Steel	25MM	45 cm	Scrapyard		3
□ Square tube	Steel	30x30x3MM	1500 cm	Scrapyard		45
L Angle profile	Steel	30x30x3mm	260 cm	Scrapyard		2
Sheet metal	Steel	1mm		scrapyard	can be rough, just for coverage	25
Sheet metal	Steel	25x25x3 mm		scrapyard		5
Oven	-	45x45x55	1	scrapyard		10
Electronics						
PID Controller	-	0-400 Degree	1	Ebay		10
SSR	-	2-24 V	1	Ebay		4
Thermocouple	-	Type K	1	Ebay		8
Power switch	-	220V	1x	Scrapyard/Hardware store		3
LED indicator	-	220V	1x	Hardware store		3
Powercord	-		5 M	Scrapyard/Hardware store		2
				Total		€120
						<small>Price varies depending on where you live</small>

Sub



Bill of materials shredder

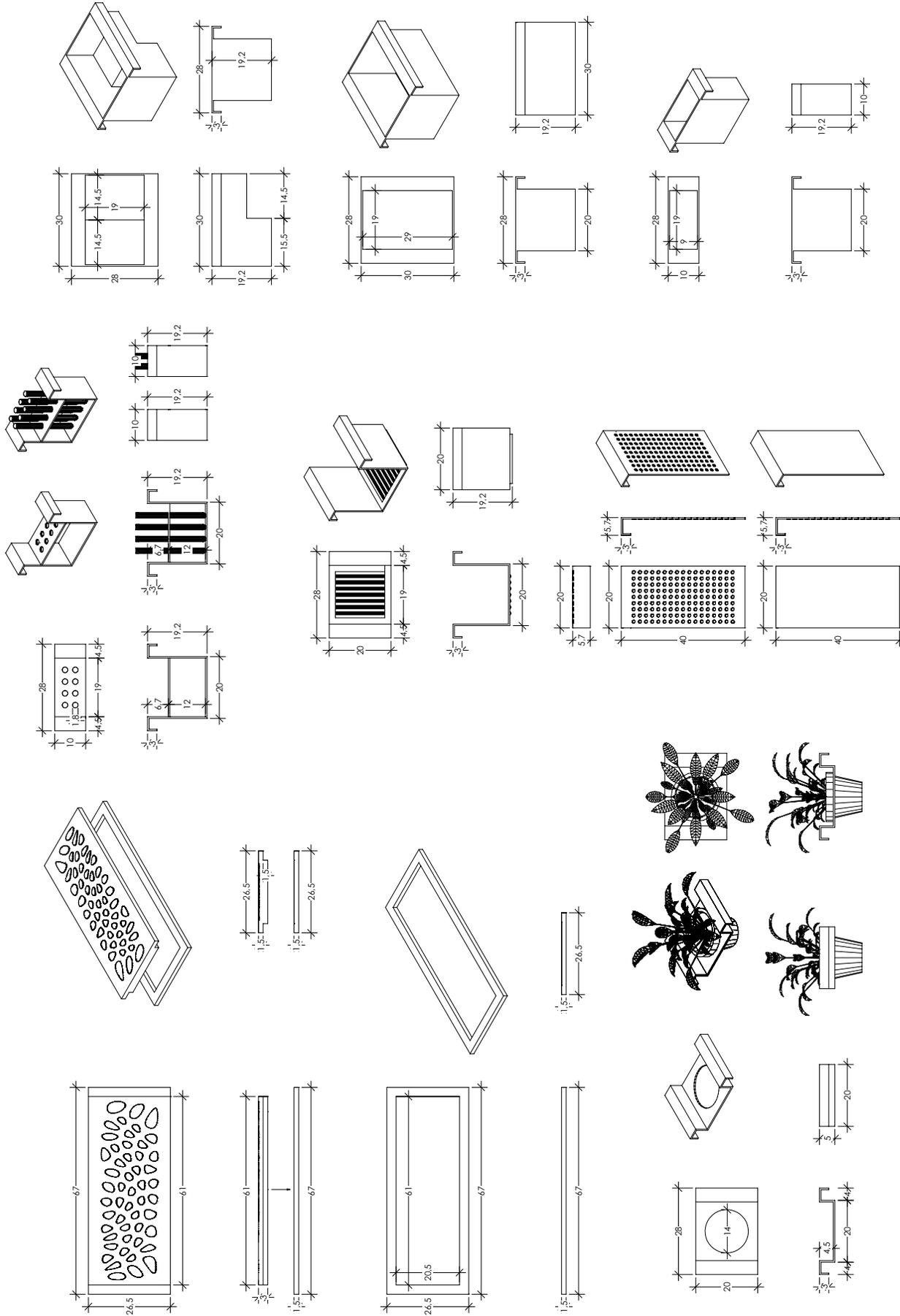
Description	Material	Details	Quantity	Where to get it	Remarks	Price
Machine parts						
3mm sheet	steel	cutted	1x	Scrapyard/Hardware store	optional stainless steel	30
5mm sheet	steel	cutted	1x	Scrapyard/Hardware store	optional stainless steel	40
6 mm sheet	steel	cutted	1x	Scrapyard/Hardware store	optional stainless steel	40
■ Hexagon bar	Steel	27M	32cm	Metal shop		15
L Angle profile	Steel	30x30x3mm	100cm	Scrapyard		10
Mesh	metal	150x180x1.5mm		Scrapyard	perforated sheet or drill holes yourself	2
Sheet metal	Steel	1mm		Scrapyard		7
Electronics						
Motor	-	+/- 2kw	1x	Scrapyard	preferable +/- 70 RPM	30
Power switch	-		1x	Scrapyard/Hardware store		3
Led indicator	-	220V	1x	Hardware store		3
Powercord	-		5M	Scrapyard/Hardware store		
Total						€180
						<small>Price varies depending on where you live</small>



CLIENTE
PROYECTO

MODULO TIPO
DETALLE CONTENIDO

Fecha 15.06.16
Escala 1:50



<p>CLIENTE PROYECTO</p>	<p>CONTENIDO GENERAL DETALLE CONTENIDO</p>		<p>Fecha 15/06/16</p>	<p>Escala 1:50</p>
			<p>2</p>	

