

## Los Diez Mandamientos del Diseño Bioclimático en Bodegas Industriales y Comerciales (espacios cerrados)

---

**El mayor reconocimiento social y empresarial** se está obteniendo por el apoyo al medio ambiente

La **Ingeniería Bioclimática aplicada a la industria** contribuye con el diseño de edificios, plantas y **parques industriales** que buscan mejorar la **eficiencia energética (reducción del consumo -cuenta de servicios- y su máximo aprovechamiento)** a través de una adecuada adaptación constructiva a las condiciones del entorno y al ecosistema. **Cuenta con el viento y el Sol.** Considera el **uso de la edificación**, los materiales de su construcción, su geometría y su estética. Su **estrategia es la Climatización Natural**, es decir, el conjunto de aplicaciones ecológicas que mejoran la **sensación térmica**, entendida esta como la **impresión de confort registrada por el cuerpo humano**. Impulsa el uso de las energías renovables y el cuidado del agua. El **objetivo social es la salud y bienestar de ocupantes y usuarios.**

La **Climatización Natural no sólo es más económica sino más saludable**, aumenta la productividad en cada puesto de trabajo, minimiza el ausentismo laboral por enfermedades respiratorias, **remueve físicamente agentes patógenos** y su aplicación es reconocida como una muestra de **Responsabilidad Social Empresarial**. Un **diseño Bioclimático correctamente aplicado puede llegar a economizar más del 70% de la energía a consumir**, tanto en etapas de construcción como en etapas de uso, con tiempos cada vez más cortos para el **retorno de la inversión**. En materia de tributación ya hay **deducciones de ley** para estas decisiones, tanto como préstamos más blandos desde la banca de segundo piso.

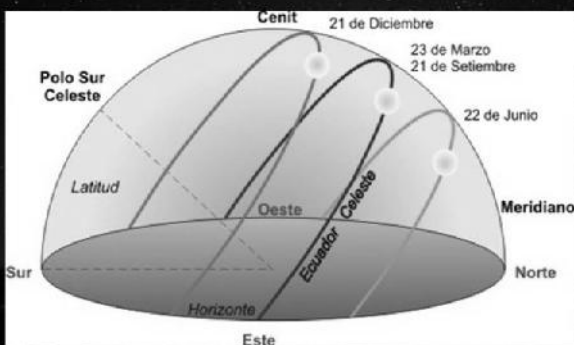
## Primer mandamiento

# Estudiarás el Sol y la Astronomía

Casi toda la energía que impulsa la vida y afecta el clima proviene del **Sol**. El **entorno ambiental** a tener en cuenta hoy en el **diseño y la actividad edificatoria** rebasa las fronteras atmosféricas. Tanto es así que a través de una ventana no es igual el ingreso del sol y la temperatura interna durante un **equinoccio** que en un **solsticio**, diciembre y junio siempre serán diferentes, y es importante saber que esto se origina en la **inclinación del eje de la Tierra respecto al plano de su órbita solar**.

Un diseño **Bioclimático** bien aplicado parte de un mínimo conocimiento de la astronomía, lo que a su vez facilita la fascinante observación del cielo y explica el sistema solar, distingue la vía láctea, conoce los mapas de las estrellas, el movimiento de la Luna, su 'entrada' a las casas y explica el fenómeno de los eclipses. Y **por supuesto**, entender el cómo, y saber el por qué en una **edificación se siente** más calor en una época del año que en otra permitirá actuar para controlar la situación.

### CAMINO APARENTE DEL SOL



Paradójicamente se podría sostener que **conocer mejor el sistema solar, aterrizará más los diseños arquitectónicos y los hará más coherente con el entorno y el confort humano.**

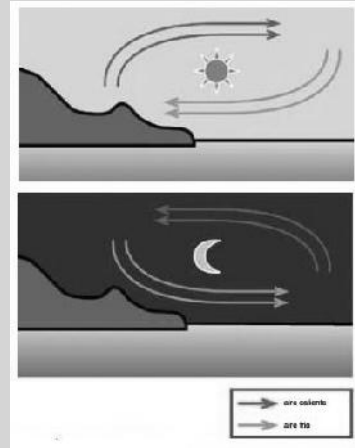
Y todo lo anterior para concluir que es importante protegerse del sol tanto como aprovecharlo dependiendo de la localización, altitud, latitud y estación.

## Segundo Mandamiento

Darás prioridad **al viento y a las renovaciones de aire** por sobre todas las cosas

---

El viento es aire en movimiento. En una isla, durante el día, la tierra se calienta con más rapidez que el mar, por tanto, el aire situado sobre la isla se eleva (sistema de baja presión) y su lugar es ocupado por aire más frío (un sistema de alta presión) proveniente del mar, creando una fresca brisa proveniente del mar. Por la noche la tierra se enfría rápidamente mientras que el océano conserva el calor; el aire entonces se eleva sobre el mar creando una brisa de tierra.



Un movimiento de aire similar puede ser generado localmente si se aprovechan las corrientes de convección y elevación del aire caliente hacia lo más alto de las edificaciones. Ahora bien, saber dónde ubicar los puntos de inyección y extracción (sus chimeneas solares, p. ej.), cuáles deben ser sus dimensiones, cuántas instalar y cuál debe ser su **forma geométrica espacial**, encuentran respuesta **después de un diagnóstico y un estudio bioclimático**.

Una correcta ventilación deberá mover el aire a través de la planta industrial o recintos cerrados, lo cual se logra -naturalmente- con el manejo de las **diferencias de presión, las alturas y las diferencias de temperaturas internas versus externas**.

## Tercer mandamiento

### Iluminarás **naturalmente** y/o con tecnología LED

---

Una porción importante en la demanda de energía la consume la **iluminación artificial**, detrás de la **climatización**, también artificial. Por ello es importante contratar el diseño técnico, **integral y eficiente** de un sistema de *iluminación* (tanto artificial como *natural*).



Quizá con la buena intención de ahorrar energía en iluminación se ven edificaciones, aparentemente modernas, con **grandes ventanales, largas claraboyas y longitudinales tejas transparentes**, sin ningún cálculo de iluminación, la pregunta es, ¿se ha considerado el gasto energético futuro para climatizar estos espacios, habida cuenta del calentamiento global y el efecto de invernadero local generado en su interior...?

**Ingeniería Bioclimática** ofrece las herramientas para enfrentar esta disyuntiva. **Técnicamente es posible cuantificar y calcular las necesidades MÍNIMAS (mezclas) de iluminación natural con artificial.**

## Cuarto mandamiento

### No obviarás el **uso de las energías renovables**

---

**Energía es la capacidad de mover materia** y se clasifica en dos categorías: **cinética**, que es la energía en acción o movimiento (el viento o los ríos son buenos ejemplos) y **potencial**, que es la energía almacenada (una batería p. ej.). Pero quizá es más importante decir que **ningún cambio** en el movimiento de la materia ocurre sin **absorción o liberación de energía**, la vida misma es un constante consumo de energía -metabolismo-.

Se denominan **energías renovables** a aquellas que se obtienen de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la cantidad de energía que contienen o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Entre las energías renovables principales se encuentran la eólica, la geotérmica y la solar: aunque en esencia todas han necesitado la acción del sol o son producto de su acción.

**La reducción de la dependencia energética es una necesidad imperiosa para la humanidad:** ni los recursos resisten más tiempo el ritmo de consumo actual, ni el medio ambiente aguanta más las emisiones contaminantes. Las energías del sol, del agua o del viento están disponibles para ser aprovechadas. En el trópico se podrían alumbrar y energizar las poblaciones marginadas de este recurso sin mayores sobrecostos si se consultara a especialistas que trabajan el tema.

Las **energías renovables** se están haciendo cada vez más competitivas económicamente frente a las fuentes tradicionales, sin hablar de las afectaciones y los **costos ambientales** de las hidro-eléctricas y termo-eléctricas.

El **-PNUD-**, programa de las naciones unidas para el desarrollo, recomienda que a fin de garantizar economías y sociedades sostenibles, **hay que implementar cambios estructurales y políticas novedosas que equiparen los objetivos de desarrollo humano y cambio climático con estrategias de baja emisión capaces de adaptarse a cada clima.**



## Quinto mandamiento

### No descuidarás la **geometría espacial del edificio**

---

La geometría (el manejo de líneas, aristas, vértices, planos, sólidos, volúmenes y sus mezclas) permite observar cómo se *exponen* los planos espaciales al viento, al sol, a las corrientes de aire, a las fuentes de calor, de agua, de humos o de fluidos en general: lo que a su vez determina en muchos casos el buen o mal comportamiento bioclimático del edificio.

Ahora bien, estas exposiciones físicas y estos planos opuestos, paralelos o tangenciales a fluidos o rayos de sol, producen comportamientos diferentes, al igual que absorciones y reflexiones disimiles, y es ahí donde se hace necesario el aporte de la *reflexión bioclimática* y el llamado que se hace para tener en cuenta otras ciencias complementarias como la termodinámica, la transferencia de calor o la mecánica de fluidos (ver más adelante).

También habrá que considerar algunas **propiedades físicas como la convección, la conducción, la radiación o el mismo color y su relación con la forma geométrica del volumen geométrico expuesto.**



**Sin profundizar mucho, también se puede decir que las diferentes formas generan en el ocupante reacciones psicológicas distintas.**

## Sexto mandamiento

### No olvidarás el **uso de la edificación**

---



No es lo mismo climatizar un restaurante que una curtiembre; no es igual ventilar una panadería de esquina que una fábrica de muebles con cinco mil metros cuadrados. Si en la cocina del restaurante se debe reunir la producción de ‘calor’ y aprovechar esa misma concentración para generar un **efecto chimenea que ayude a evacuar ese calor**, al mismo tiempo se debe evitar que el aire caliente y los olores provenientes de la cocina lleguen al comedor. En tanto que en una curtiembre, al generar contaminantes y olores muy fuertes a lo largo y ancho de toda la planta (mil o dos mil metros cuadrados), se debe pensar en una extracción general y filtrada, y se deben calcular cientos de miles de metros cúbicos a circular y evacuar por hora (caudal).

Mientras que por otro lado de la ciudad se deben atender las peticiones del propietario de una panadería industrial con respecto a las altas temperaturas, su ingeniero de alimentos niega el ingreso de aire a la planta (argumentando Buenas Práctica de Manufactura -BPM- y normas INVIMA, para Colombia...) ¿qué hacer? Bueno, pues todas estas experiencias y otras bien diferentes obligan a que se tenga que sostener: **“el uso del edificio y su consideración en el diseño bioclimático de plantas industriales es un capítulo insalvable a la hora de pensar en una solución de climatización.”**

## Séptimo mandamiento

### Controlarás la **termodinámica del local**

---

La termodinámica es la parte de la física que estudia los fenómenos en los que interviene la energía térmica.



**Se puede decir que termodinámica, desde una visión bioclimática e industrial, es el estudio del movimiento de las masas de aire, gracias a su temperatura, en el interior de una edificación.** Hay que recordar que el aire es un fluido, que es amorfo y que no se puede cortar. Y claro, como se habla de movimiento, habrá que estudiar en detalle el por qué y el cómo se mueve esa masa, por qué sube o por qué baja, o por qué se dan diferentes temperaturas en una misma bodega a diferentes alturas, incluso, a iguales alturas se pueden reportar diferencias...

Es muy importante registrar las diferentes temperaturas en un plano (mejor en 3D), el que se llamará **mapa térmico**. Este será el que arroje las primeras luces para sugerir causas, efectos y por supuesto, soluciones.

Se dice que la termodinámica estudia los sistemas que se encuentran en equilibrio (presión, temperatura, volumen y masa, conocidas como variables termodinámicas) en sistemas cerrados o abiertos. Pues bien, aquí surge la primera dificultad, difícilmente se encuentra un edificio en tales condiciones (surge por tanto la necesidad de recurrir primero a la heurística antes que a la algorítmica). Por tanto se tendrá en cuenta también el concepto de sistemas aislados...

La presión no es la misma nunca, varía en tiempo y lugar, al igual que la humedad. La constante podría ser el volumen de aire a renovar que está contenido en una planta... a veces; si bien las dimensiones de las bodegas fabriles son finitas, para efectos de cálculo no lo son; pues las puertas que conectan con oficinas se abren cientos de veces al día... o las puertas de almacenes, materias primas o producto terminado que permanecen parcialmente abiertas, afectan los cálculos, y así, sus volúmenes de aire y sus temperaturas nos alteran los totales...



## Octavo mandamiento

### No pasarás por alto la **mecánica de fluidos**

---

La **Mecánica de Fluidos** estudia las leyes del movimiento de los fluidos -gases y líquidos- y sus procesos de interacción con los cuerpos sólidos. Desde una perspectiva **bioclimática** interesan mucho el aire y el agua. El aire es el medio de transporte que por **convección** atrapa y transporta el calor en el interior de las plantas industriales, aunque no se pueden olvidar los sólidos que por **conducción** transportan calor (puentes térmicos en estructuras, muros y cerramientos en general) o que por **radiación** absorben calor desde fuera.

Los techos de los edificios y sus **superficies internas** son los **recipientes** (muchas veces herméticos) que no dejan salir el aire caliente. En el caso de los gases, el movimiento térmico vence las fuerzas atractivas y por tanto tienden a ocupar todo el volumen del **recipiente** -la bodega para el caso- que los contiene.

Imagine una taza que retiene agua -fluido- y que por su peso tiende a caer -verticalmente hacia abajo- ocupando y tomando la forma del recipiente. En sentido contrario -hacia arriba- pasa con el aire caliente encerrado en los techos y que por su menor peso -densidad- busca ascender, y al no encontrar salida ocupa los estratos altos de los edificios y bodegas. Cuando se entiende bien este paralelismo se entiende por qué el aire caliente no sale de bodegas y no se puede escapar por las partes altas cerradas. Vuelva al ejemplo inicial, si se rompe por un lado la taza, algo del líquido escapará, no todo. Pero, si se rompe por debajo, el agua escapará toda por acción de la gravedad.

De manera análoga, si se instalan extractores eléctricos a media altura, algo de aquel aire sale pero no todo, es más, el de mayor temperatura quedará arriba alojado. **Lo importante entonces será practicar aberturas cenitales -¿chimeneas térmicas?- que permitan la fuga de ese aire caliente alojado en las mayores alturas, haciendo uso por tanto de fenómenos físicos como el efecto chimenea solar o chimenea térmica.**

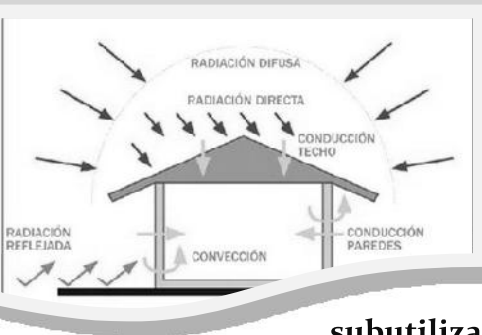
## Noveno mandamiento

### No ignorarás la **transferencia de calor**

Ella permite determinar, con respecto al tiempo, la energía transferida y provocada por un desequilibrio de temperaturas. Se produce normalmente desde un objeto con alta temperatura a otro con menor temperatura, cambiando la energía interna de ambos sistemas implicados. Si el extremo de una barra metálica tiene una temperatura alta, esta energía se transferirá hacia el extremo más frío, siempre buscando un equilibrio térmico.

**En esta definición está la respuesta a muchos de los problemas reales en las plantas industriales y en consecuencia a sus soluciones. Ahora que se usan cada vez más las estructuras metálicas habrá que tener cuidado para no generar puentes térmicos que lleven calor al interior de los espacios cerrados.**

En la **transmisión de calor** se plantean interrogantes como: ¿Cuál debe ser la diferencia de temperaturas -y su altura- para permitir un determinado flujo de calor? ¿Cuál debe ser la superficie de intercambio térmico para la absorción o cesión de calor...?



**La convección** es otra forma de transferir calor a través del movimiento de un fluido, **tal como el aire**. Por ejemplo, el agua caliente, menos densa que la fría, sube originando corrientes de convección que transportan energía, fenómeno que se aprovecha en los calentadores solares a través de la energía solar térmica, o que se evidencia en los océanos con las termoclinas. **Aquí vale la pena destacar la**

**subutilización de la energía geotérmica contenida en las aguas termales...**

La **radiación térmica** (radiación infrarroja), es la transferencia de calor por la emisión de ondas electromagnéticas que transportan energía desde el objeto emisor. A diferencia de la **conducción** y **la convección**, la **radiación** no depende de ningún contacto entre la fuente de calor y el objeto calentado. **P. ej., el sol sobre las cubiertas y cerramientos.**

## Décimo mandamiento

### No aislarás **las cubiertas en vano**

---

Algunas fábricas y bodegas registran altas temperaturas internas no tanto por sus procesos productivos bajo techo como por las ganancias de calor sobre sus cubiertas: este calor es ganado por la acción directa del sol y **transmitido por convección y conducción hacia las alturas de ocupación**. Es importante aclarar que lo anterior también es consecuencia de las bajas alturas en techos que no permiten la estratificación térmica, es decir, *el acomodo vertical del calor* y el **manejo controlado** de ellas. Cuando esto ocurre, el aislamiento bajo techo (lonas y espumas) ha sido una de las primeras opciones a implementar: **pero no es lo mejor técnicamente, ni saludable**.

**Desde la Ingeniería Bioclimática Industrial se recomienda primero aplicar películas externas de aislamiento térmico antes que los mal llamados aislamientos internos. Estos se deben aplicar tanto sobre cubiertas como cerramientos para reflejar la radiación solar.**

**Precauciones:** el aislante térmico aplicado deberá tener adherencia sobre diferentes materiales como teja de fibrocemento, termo acústicas, hojas de zinc, concreto, etc. Su acabado puede ser mate o brillante (mejor) y que preferiblemente no genere riesgos de incendio o explosión.

**Objetivos:** que *refleje alrededor de un 90%* de la luz solar que incide sobre tejas o muros expuestos para que evite la inercia térmica, independiente del espesor del techo.

**Beneficios buscados:** bajar la temperatura *sobre y bajo* cubiertas, mermar **la carga térmica interna** y ahorrar energía al no tener que instalar o prender extractores eléctricos en interiores.

## Resumen

# Los Diez Mandamientos Bioclimáticos

---

- I. Estudiarás **el Sol y la Astronomía**
- II. Darás prioridad **al viento y a las renovaciones de aire** por sobre todas las cosas
- III. Iluminarás **naturalmente y/o con tecnología LED**
- IV. No obviarás el **uso de las energías renovables**
- V. No descuidarás la **geometría espacial del edificio**
- VI. No olvidarás el **uso de la edificación**
- VII. Controlarás la **termodinámica del local**
- VIII. No pasarás por alto la **mecánica de fluidos**
- IX. No ignorarás la **transferencia de calor**
- X. No aislarás las **cubiertas en vano**

## Conclusión:

# Un Tratamiento Bioclimático Integral

---

Incluye tanto la protección externa como la inyección de aire fresco (filtrado o no), sin olvidar la evacuación del calor generado internamente, bien sea por aberturas técnicamente calculadas o a través de **extractores solares de aire caliente -como final del patrón de flujo-** que aprovechen la misma **energía del sol** para generar el **efecto chimenea solar**.

Carlos Alberto Muñoz Cortés  
INGENIERÍA BIOCLIMÁTICA  
Cel. 321-708-1906  
[ingenieriabioclimatica@gmail.com](mailto:ingenieriabioclimatica@gmail.com)  
Cali, Colombia