




FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE


Unidad de Chile

DIPLOMA DE POSTÍTULO
DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

DISEÑO MEDIANTE SOFTWARE

CLASE 1: INTRODUCCIÓN

Mauricio Villaseñor Rosales
Mail: mauricio.villasenor@ldiem.cl

  **DISEÑO DE EDIFICACIONES**
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

DIPLOMA DE POSTÍTULO

AGENDA

- Alcance y programación del curso*
- Conceptos iniciales*
- Simulación energética de edificios*
- Tipos de análisis*
- BEPS (Building Energy Performance Simulation)*
- Principales programas BEPS*
- DesignBuilder*
- Primeros pasos*

fcfm
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN

loiem
Laboratorio de Investigación en Energías Renovables
Instituto de Investigación en Energías Renovables

**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**

ALCANCE DEL CURSO

Al final de este curso, el alumno será capaz de:

- Conocer los principales conceptos asociados a la simulación del comportamiento energético de edificios
- Diferenciar entre los distintos tipos de simulación, y los programas necesarios para su correcta ejecución
- Comprender los requerimientos, variables y programación de una simulación energética computacional
- Manejar el software de simulación energética DESIGNBUILDER a nivel básico

fcfm
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN

loiem
Laboratorio de Investigación en Energías Renovables
Instituto de Investigación en Energías Renovables

**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**

PROGRAMACIÓN DEL CURSO

Clase 1:
Introducción

Clase 2:
Creación y visualización de modelos
Creación y administración de bibliotecas

Clase 3:
Definición de Datos y opciones de modelo
Cálculos, simulaciones y visualización de resultados

Clase 4 y Clase 5:
Modelado y Análisis:

Soleamiento y Sombreado

Ventilación Natural

Sistemas HVAC

Iluminación Natural y Artificial

DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES
 DIPLOMA DE POSTÍTULO

CONCEPTOS INICIALES

Modelación
la modelación es el arte de desarrollar un modelo que represente fielmente un sistema complejo.
 (Hansen, ESRU)

Villa Savoye, Le Corbusier

DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES
 DIPLOMA DE POSTÍTULO

CONCEPTOS INICIALES

Simulación
La simulación es el proceso de utilización del modelo para analizar y predecir el comportamiento de un sistema real, esta puede basarse en un modelo físico (a escala o tamaño real) o en un modelo numérico-computacional.

Heliodón, UTFSM *Modelo CFD, DesignBuilder* *Gráfico, DesignBuilder*

DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES
 DIPLOMA DE POSTÍTULO

SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

¿QUE ES?

*Una simulación computacional se define como una **representación virtual de algún aspecto de la realidad** que puede ser evaluado cuantitativamente.*

EN EDIFICIOS

*Herramienta de diseño, **que evalúa la interacción dinámica** entre el calor, la luz, el aire y la humedad dentro del edificio, **prediciendo su rendimiento energético y/o calidad ambiental** bajo condiciones como el clima del lugar, la ocupación y los sistemas de energía.*

DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES
 DIPLOMA DE POSTÍTULO

SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

PROPÓSITOS DE LA SIMULACIÓN COMPUTACIONAL












DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

El Proceso

INFORMACIÓN DE ENTRADA	INFORMACIÓN DE SALIDA
- Datos climáticos	- Temperatura del espacio
- Geometría del edificio	- Temperatura de superficies
- Materiales construcción	- Niveles de humedad
- Sistema HVAC (tipo y uso)	- Parámetros HVAC
- Información de ocupación	- Consumo de energía
- Ocupantes	- Por componente
- Iluminación	- Por sistema
- Equipamiento	- Edificio Completo
- Uso	


DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

El Proceso

INFORMACIÓN DE ENTRADA	INFORMACIÓN DE SALIDA
- Datos climáticos	- Temperatura del espacio
- Geometría del edificio	- Temperatura de superficies
- Materiales construcción	- Niveles de humedad
- Sistema HVAC (tipo y uso)	- Parámetros HVAC
- Información de ocupación	- Consumo de energía
- Ocupantes	- Por componente
- Iluminación	- Por sistema
- Equipamiento	- Edificio Completo
- Uso	

GARBAGE IN

GARBAGE OUT


DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

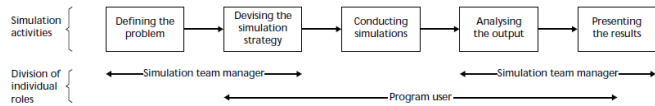
SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

El Proceso

Infraestructura para un uso efectivo de la simulación:

- Equipo de trabajo
- Recursos computacionales
- Capacitación (Training)
- Procedimientos de calidad (ISO 9000)

Roles del equipo de trabajo:



Applications Manual AM11 "Building energy and environmental modelling" (1998), CIBSE


DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

El Proceso

¿ Como mejorar la precisión de la simulación ?

- **Aplicabilidad:**
Los programas de simulación son en general una interacción de complejos módulos de cálculo; los que solo deben ser usados cuando el análisis lo requiera.
- **Selección:**
Existe un gran número de programas de simulación computacional de edificios; escoger la herramienta adecuada es la primera regla para desarrollar una correcta simulación.
- **Calidad:**
Siempre existirá la posibilidad de errores de software, falta de información o de variables de entradas necesarias para un cálculo preciso; Estas consideraciones deben ser dadas por la validación del software.
- **Habilidades del usuario:**
El efecto de los errores de usuario o supuestos sobre los resultados obtenidos puede reducir la precisión de un software; Una correcta capacitación y sistematización de los procesos es importante para obtener buenos resultados.
- **Información de entrada:**
Acceso a la información (registros climáticos, datos de materiales, horarios de uso, cargas internas, proyectos de especialidades), es esencial para la obtención de resultados confiables en la simulación

DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

El Proceso

CONCLUSIÓN:

La simulación provee información sobre la forma en que se comporta el edificio.

La simulación no solo predice el resultado final, sino que también permite visualizar los procesos físicos que han dado lugar al resultado

DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

El Proceso

CONCLUSIÓN:

La simulación provee información sobre la forma en que se comporta el edificio.

La simulación no solo predice el resultado final, sino que también permite visualizar los procesos físicos que han dado lugar al resultado

ES NECESARIO ENTENDER LAS RAZONES Y NO SOLO LAS RESPUESTAS




**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**



DIPLOMA DE POSTÍTULO

SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

El Proceso

CONCLUSIÓN:

La simulación provee información sobre la forma en que se comporta el edificio.

La simulación no solo predice el resultado final, sino que también permite visualizar los procesos físicos que han dado lugar al resultado

ES NECESARIO ENTENDER LAS RAZONES Y NO SOLO LAS RESPUESTAS

Preguntas que me debo hacer antes de comenzar una simulación...

¿Que quiero saber?

¿Que información tengo y cuál voy a suponer?

¿Como lo voy a obtener?




**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**



DIPLOMA DE POSTÍTULO

TIPOS DE ANÁLISIS

COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y ENERGÉTICO

- DESIGN CHART
- ELEMENTAL
- STEADY-STATE HEAT LOSS
- QUASI-DYNAMIC ANALYSIS
- DYNAMIC ANALYSIS

ILUMINACIÓN

- LIGHTING SIMULATION
- DAYLIGHTING ANALYSIS

FLUJOS DE AIRE

- SIMPLIFIED THEORETICAL
- AIR FLOW NETWORK
- COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)
- PHYSICAL MODELLING



**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**

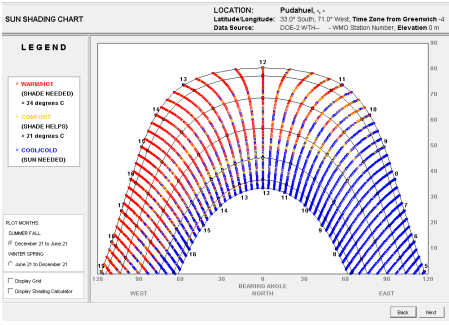
DIPLOMA DE POSTÍTULO



COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y ENERGÉTICO

DESIGN CHART

Este método, se basa en la consolidación de un cierto número de parámetros ubicados en una carta de manera conveniente, entregando resultados que permitan tomar decisiones generales en cuanto al diseño de una solución.



Sun Shading Chart, Climate Consultant 4.0



**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**

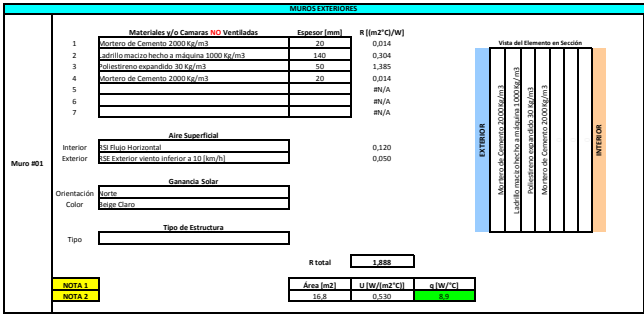
DIPLOMA DE POSTÍTULO



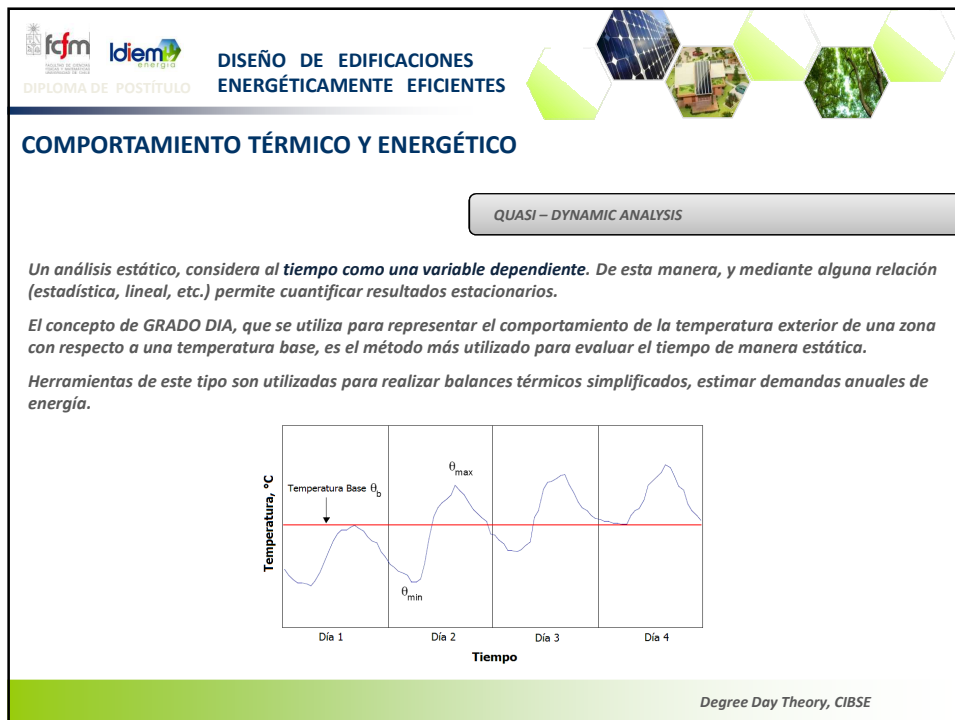
COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y ENERGÉTICO

ELEMENTAL

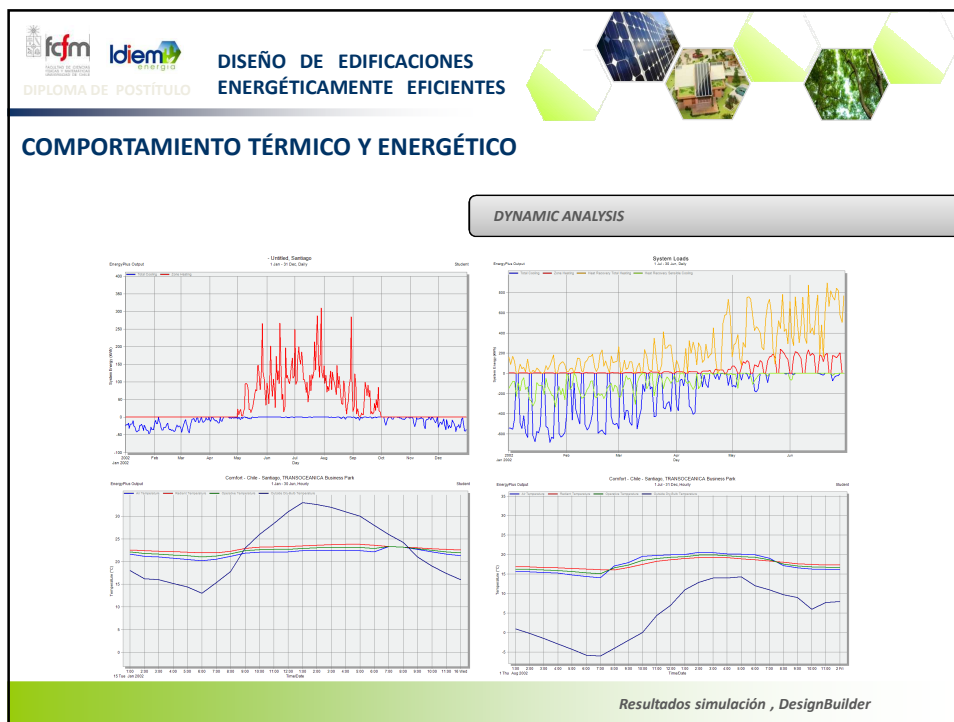
Los análisis elementales consideran la evaluación de una variable, mediante condiciones de transferencia de calor en una dimensión en un instante de tiempo invariable (estado estático). Ejemplo de este tipo de análisis es el cálculo de transmitancia térmica de una solución constructiva.



Elaboración propia







**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**

DIPLOMA DE POSTÍTULO

ILUMINACIÓN

DAYLIGHTING ANALYSIS

Este tipo de simulación permite calcular la distribución de iluminación natural sobre una plano horizontal (en particular el interior de un espacio arquitectónico), permitiendo cuantificar el aporte lumínico que generan las superficies vidriadas y/o obstrucciones exteriores.

El índice utilizado para el análisis es el DAYLIGHT FACTOR, que corresponde a:

$$DF = (E_{\text{point}} / E_{\text{outside horizontal}}) * 100\%$$

El DF solo se define bajo condiciones de cielo nublado (Overcast Sky).

Analysis Grid
Full Daylight Factors
Area: 100m² (10.76 x 9.33m)
0.0000000000

Daylight factor analysis, Radiance + Ecotect

**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**

DIPLOMA DE POSTÍTULO

FLUJOS DE AIRE

SIMPLIFIED THEORETICAL

Este método predice la variación natural en el tiempo de los índices de infiltración, tomando en cuenta los efectos del viento y las diferencias de temperatura. Este método entrega una respuesta explícita, sin generar un proceso iterativo.

Se idealiza la posición de las grietas y fugas de aire, y solo se limita al trabajo con una zona única.



**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**

DIPLOMA DE POSTÍTULO

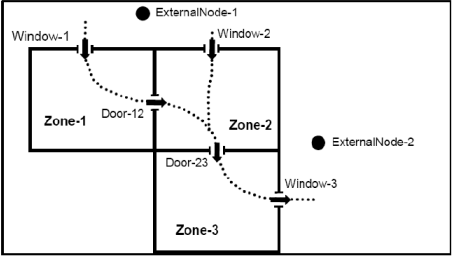


FLUJOS DE AIRE

AIR FLOW NETWORK

Técnica de simulación iterativa que se utiliza para resolver las ecuaciones de balance de masa del flujo de aire en una red determinada, permitiendo conectar una o más zonas a través de FLOWPATHS. Las condiciones exteriores (Coeficiente de presión C_p) dependen de la forma del edificio, de la dirección del viento, edificios cercanos, terreno, etc.

Se utiliza para calcular ventilación natural, transporte de contaminantes, etc.



AIRNET model, EnergyPlus



**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**

DIPLOMA DE POSTÍTULO



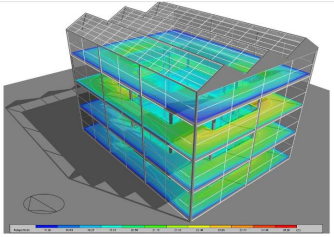
FLUJOS DE AIRE

COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)

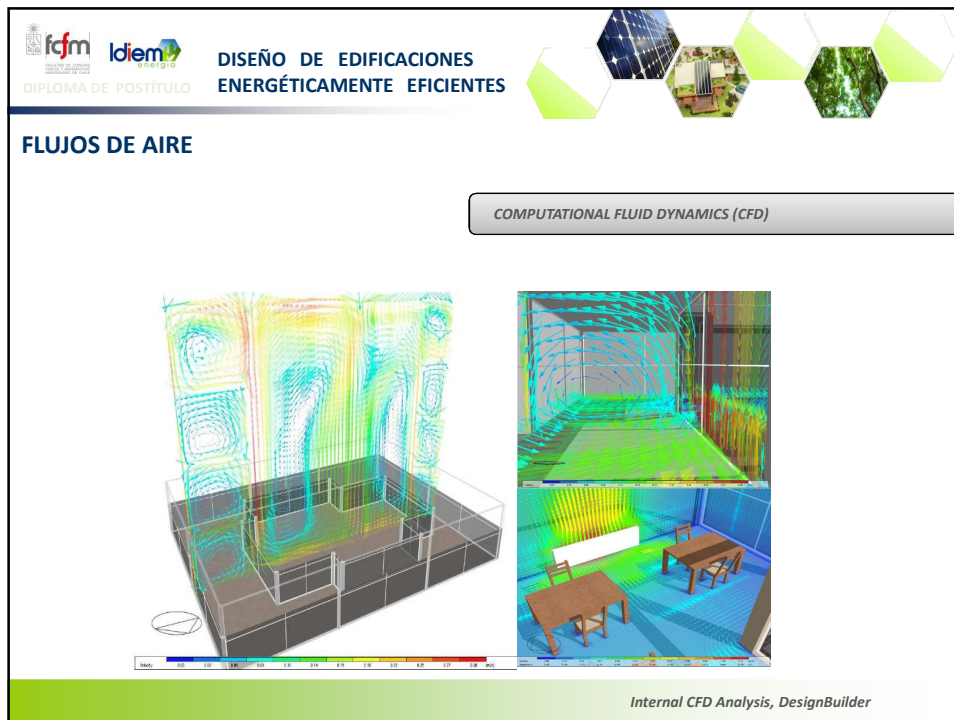
Proceso analítico que entrega una solución numérica a un modelo de flujo (aire, agua, etc.). Es gobernado por ecuaciones diferenciales de flujo (Navier-Stokes, Reynolds) y otras de movimiento, transferencia y conservación.

Se divide el espacio 3D en una grilla (puede ser infinitesimal), donde a cada punto del espacio se le asignan condiciones de borde, las cuales interactúan de manera iterativa hasta alcanzar la convergencia.

Este tipo de análisis es mucho más cercano a la realidad y suele ser utilizado para estudios de gradiente térmico en recintos, ventilación natural, condiciones de viento exteriores, etc.



CFD Analysis, DesignBuilder



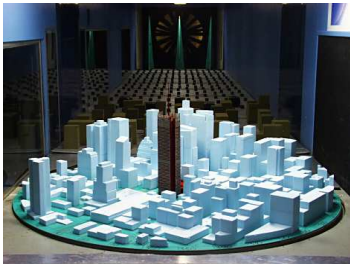
**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**

DIPLOMA DE POSTÍTULO

FLUJOS DE AIRE

PHYSICAL MODELLING

Pruebas de túneles de viento son utilizados para analizar el comportamiento de los flujos de aire exterior en un edificio mediante modelos a escala que permiten la interacción del edificio con su entorno inmediato.




Ejemplos de modelos en túnel de viento

**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**

DIPLOMA DE POSTÍTULO

BEPS

¿QUE ES?

La terminología “Simulación del Rendimiento Energético de Edificios” (BEPS), hace referencia al análisis computacional que analiza la interacción entre el entorno, el edificio y sus sistemas de energía.




**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**



DIPLOMA DE POSTTÍTULO

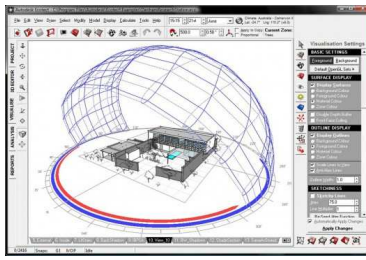
PRINCIPALES PROGRAMAS BEPS



AUTODESK ECOTECT

Completa herramienta de diseño bioclimático que incorpora una intuitiva interfaz de modelamiento 3D, con amplias funciones para análisis solares, térmicos, lumínicos, acústicos y económicos.

Es uno de los programas más utilizados por arquitectos y diseñadores, además, permite importar/exportar datos a otros programas como RADIANCE, EnergyPlus y ESP-r.






**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**



DIPLOMA DE POSTTÍTULO

PRINCIPALES PROGRAMAS BEPS

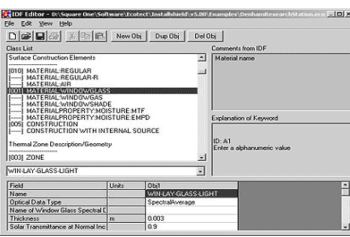


EnergyPlus

Una de las herramientas de simulación de mayor prestigio y popularidad en la actualidad, que combina las mejores y virtudes de los motores BLAST y DOE-2.

Permite desarrollar simulaciones con intervalos de menos de una hora, con sistemas modulares resueltos por balance de masa, flujos de aire multi-zona, etc.

No cuenta con interfaz gráfica propia, lo que dificulta su utilización.






**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**



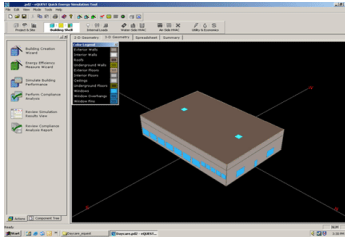
PRINCIPALES PROGRAMAS BEPS



eQUEST

Programa de simulación energética que utiliza el motor de cálculo DOE-2. Presenta una interfaz bastante limitada, por lo que es necesario simplificar los modelos proyectados.

Entre sus principales virtudes, destaca su Wizard (para el rápido desarrollo de simulaciones) y la aplicación LEED que genera de manera automática el modelo de edificio base.






**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**



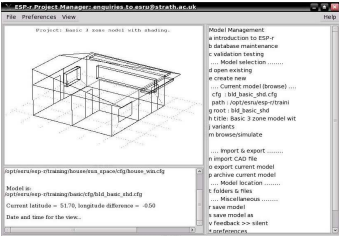
PRINCIPALES PROGRAMAS BEPS

ESP-r

ESP-r

Este software desarrollado por investigadores de la Universidad de Strathclyde, cuenta con un nivel excepcional de desarrollo en los conceptos de transferencia de calor y dinámica de fluidos.

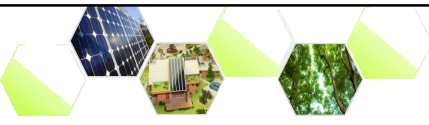
Dado su alto nivel de complejidad operativa, se utiliza principalmente con fines académicos, para validar modelos desarrollados con otros programas menos complejos.






**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**

DIPLOMA DE POSTÍTULO



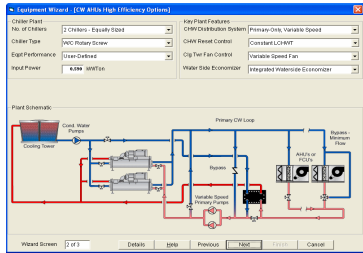
PRINCIPALES PROGRAMAS BEPS



HAP Carrier

Herramienta de gran versatilidad desarrollada por Carrier, que permite el cálculo y dimensionamiento de sistemas HVAC, así como la obtención de las cargas de diseño para los equipos.

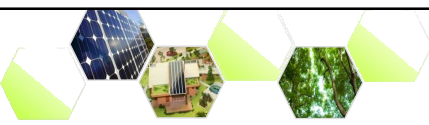
Cuenta con una aplicación para LEED, donde define el edificio base según el apéndice G del estándar ASHRAE 90.1-2004.






**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**

DIPLOMA DE POSTÍTULO



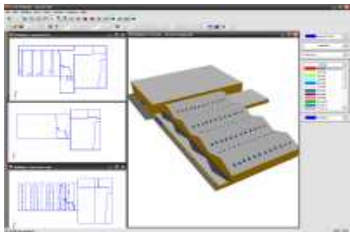
PRINCIPALES PROGRAMAS BEPS



TAS

Software desarrollado en paquetes para el análisis térmico de edificios. TAS incluye un módulo para el diseño 3D, un módulo de análisis térmico y energético, un simulador de sistemas de control y un módulo de simulación CFD en 2D.

Este programa actualmente puede importar formatos gbXML y archivos de geometría de EnergyPlus (IDF files).






**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**

DIPLOMA DE POSTÍTULO



PRINCIPALES PROGRAMAS BEPS



IES-VE

Software interconectado con formato BIM/CAD que permite importar de manera sencilla formatos 2D y 3D mediante plug-ins de Revit y SketchUp.

Dentro de sus aplicaciones se encuentran evaluaciones de Emisiones de GEI, Iluminación natural, energía solar, flujos CFD, evaluación de costos, análisis de sistemas mecánicos y modelación de edificios.






**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**

DIPLOMA DE POSTÍTULO



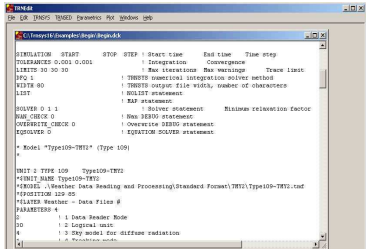
PRINCIPALES PROGRAMAS BEPS



TRNSYS

TRNSYS que viene de la sigla TRaNsient System Simulation es una de las herramientas de mayor flexibilidad para el desarrollo de simulaciones del comportamiento energético de edificios.

Su arquitectura modular permite modelar sistemas de distintos niveles de complejidad, y una de sus mayores ventajas es la aplicabilidad para trabajar con sistemas de energías renovables en la simulación energética.



**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**

DIPLOMA DE POSTÍTULO

DESIGNBUILDER

SOFTWARE DESIGNBUILDER

DesignBuilder es un software desarrollado en UK, que utiliza el motor de cálculo EnergyPlus para el desarrollo de simulaciones del comportamiento térmico y energético, además incorpora un módulo de cálculo CFD (Dinámica de fluidos computacional).

Presenta una interfaz de sencilla adopción para el usuario, con un modelado basado en OpenGL, permitiendo una modelación sencilla de edificios mediante la construcción y edición de bloques en el espacio 3D. Permite importar archivos CAD en formato 2D y 3D.

La introducción de datos de modelo se desarrolla a través de plantillas. El software permite editar la información existente, así como la creación de nuevas plantillas de información.

La visualización de resultados, se presenta de forma gráfica, siendo posible ajustar, normalizar y segregar los datos en función de los requerimientos del usuario. Se pueden obtener imágenes (RENDERS) del modelo, así como generar videos.

**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**

DIPLOMA DE POSTÍTULO

DESIGNBUILDER

SOFTWARE DESIGNBUILDER

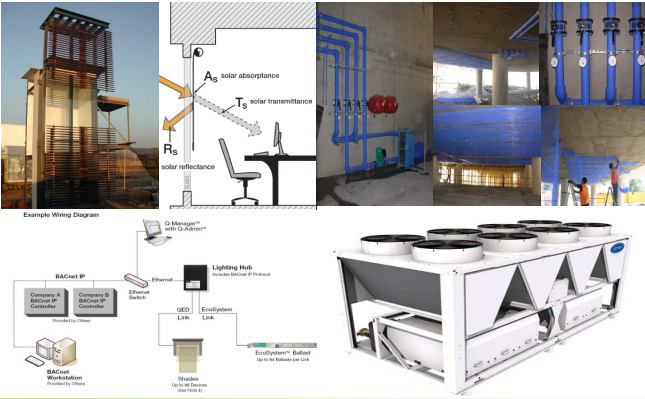
Un ejemplo de aplicación (Edificio Corporativo TRANSOCEANICA)


DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES
 DIPLOMA DE POSTÍTULO

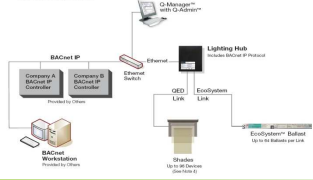
DESIGNBUILDER

SOFTWARE DESIGNBUILDER

Un ejemplo de aplicación (Edificio Corporativo TRANSOCEANICA)



Example Wiring Diagram

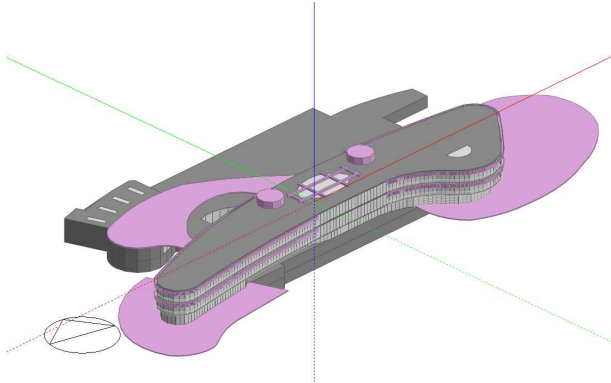


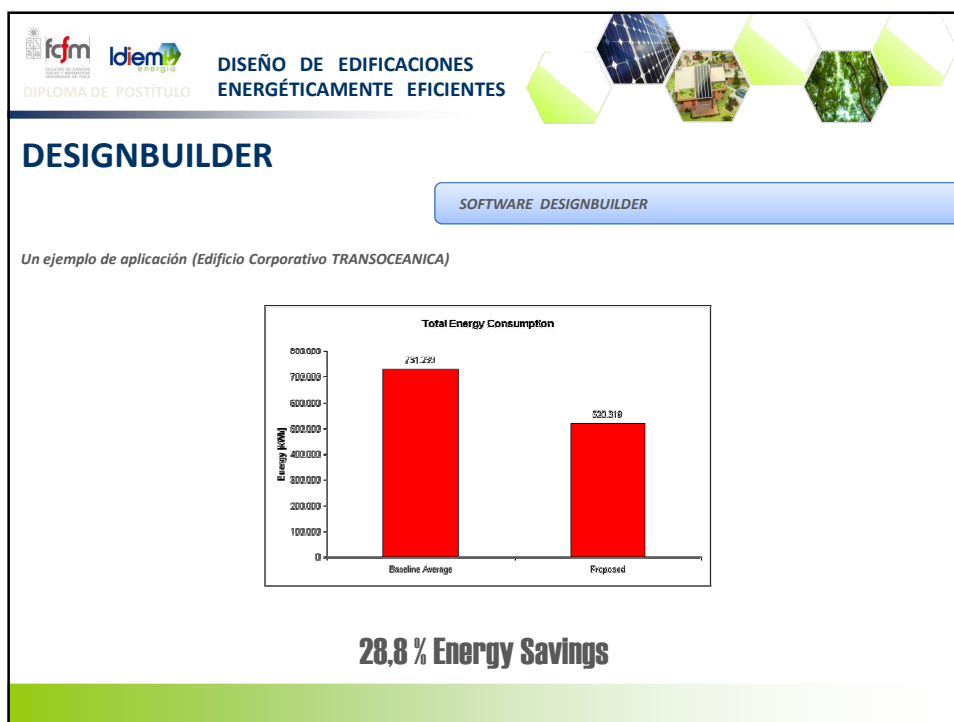
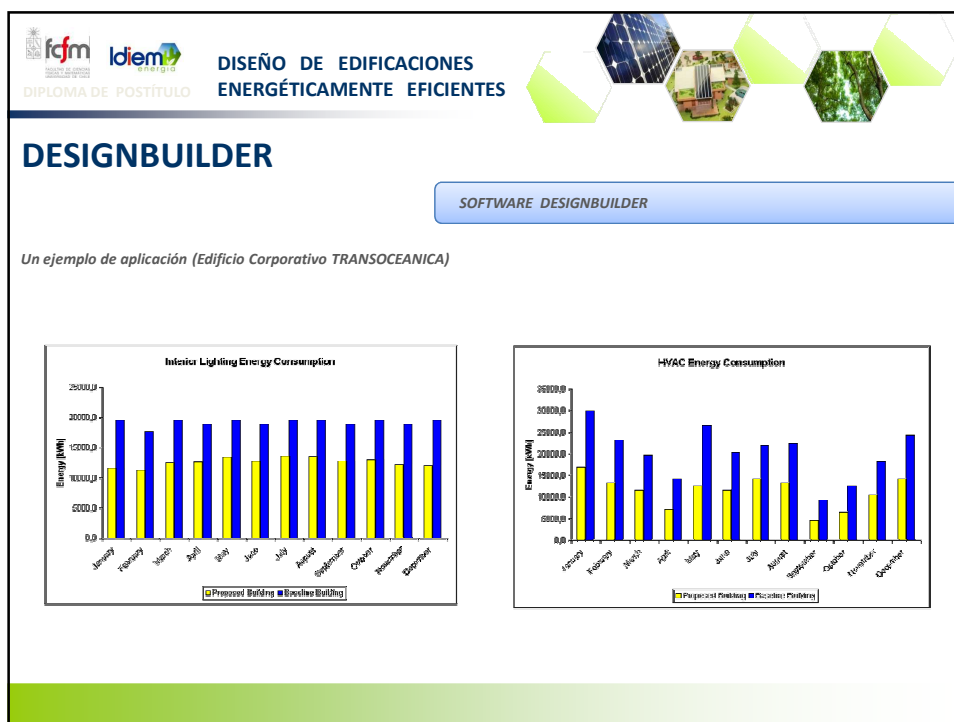

DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES
 DIPLOMA DE POSTÍTULO

DESIGNBUILDER

SOFTWARE DESIGNBUILDER

Un ejemplo de aplicación (Edificio Corporativo TRANSOCEANICA)





DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

PRIMEROS PASOS

- *Instalación del Software*
- *Visualización General*
- *Una primera simulación (Esquemática)*