



**UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA
 PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA
 FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO**

Nº DE RADICACIÓN: _____

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1		
Nombre (s):	Camilo Enrique	
Apellido (s):	Monroy Cárdenas	
Código:	20102275022	
E-mail:	camilo.monroycardenas@hotmail.com	
Teléfono fijo:	6788238	
Celular:	3104816893	
Ejecutor 2		
Nombre (s):	Carlos Eduardo	
Apellido (s):	Mahecha León	
Código:	20102275020	
E-mail:	eduardom1717@hotmail.com	
Teléfono fijo:	4119821	
Celular:	3118567928	

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL AISLAMIENTO DE FACHADAS Y SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO PARA ZONAS CLIMATICAS CRITICAS EN COLOMBIA	
Duración (estimada):	4 meses, 3 semanas	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:	Proyecto Científico y comunitario	
Línea de Investigación de la Facultad:	Apoyo tecnológico empresarial.	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular:	Ecoingeniería.	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Energías alternativas, transferencia de calor, modelamiento.	

INFORMACIÓN PASANTÍA

Nombre de la empresa:	
Dirección:	
Teléfonos:	
Correo electrónico:	
Página Web:	

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director: (Vo. Bo.)	
Proyecto de Pasantía:(Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
Resumen	2
0. Introducción	2
1. Planteamiento del problema	3
1.1 Estado del arte	3
1.2 Justificación	5
2. Objetivos	5
2.1 Objetivo General	5
2.2 Objetivos Específicos	5
3. Marco Teórico	6
3.1 Estándar 90.1-2007 de la ASHRAE	6
3.2 Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE)	6
3.3 Software LIDER	7
3.4 eQUEST como herramienta de simulación	8
4. Metodología	9
5. Cronograma	11
6. Presupuesto y financiación	12
7. Bibliografía	12

TABLA DE GRÁFICOS

Gráfica No. 1. Algunas medidas que mejoran el consumo de energía de una edificación.	7
Gráfica No. 2 Efecto chimenea en una edificación, la radiación solar en las ventanas superiores incrementa la temperatura en esa zona.	8
Gráfica No. 3. Efecto fotovoltaico.	9
Gráfica No. 4 Ambiente de Simulación en el software eQUEST.	10

RESUMEN

En el presente proyecto se hará uso de la simulación computacional para determinar el efecto que tiene el aislamiento térmico de la envolvente en edificaciones típicas de diferentes zonas de Colombia. También se creará un edificio base o de referencia que cumple las características mínimas de diseño eficiente, al no contar con una norma nacional para este fin, nos basaremos en normas internacionales como el estándar 90.1-2007 de la ASHRAE o el Documento Básico español DB-HE, los cuales dictan los lineamientos a seguir para desarrollar este proceso.

La simulación energética de edificios es una herramienta que no ha sido altamente difundida en nuestro país, en la mayoría de los casos solo se acude a esta cuando se requiere que el edificio se certifique como sostenible, proceso que se realiza a través de códigos y normas internacionales. También se realizarán simulaciones de un edificio real, con el fin de demostrar las ventajas de realizar simulaciones energéticas en las etapas tempranas de diseño.

Para realizar las simulaciones se hará uso de diferentes programas, como eQUEST y TRNSYS para realizar los cálculos y estudios energéticos, estos se implementarán debido a su capacidad para integrar en la simulación una gran cantidad de parámetros asociados al consumo de energía de las edificaciones, estos programas son mundialmente aceptados para estos fines.

0. INTRODUCCIÓN

Actualmente en Colombia la mayoría de los diseños de edificaciones se realizan tomando los sistemas que influyen en el futuro consumo de energía (materiales de la envolvente, equipos de aire acondicionado, sistemas de agua caliente, etc.) como grupos aislados, de tal forma que la especificación de eficiencias y desempeños de cada uno corresponden, la mayoría de las veces, únicamente al experto en cada tema, esta manera de llevar a cabo el proceso de diseño no tiene en cuenta que desde el momento en que el edificio entre en funcionamiento y hasta que este culmine su vida útil estos sistemas trabajaran en conjunto y de su desempeño como grupo dependerán los costos relacionados con el consumo de energía.

La simulación energética de edificios ha demostrado tener el potencial para enlazar todos los sistemas desde una temprana etapa de diseño y de alguna u otra forma predecir el desempeño que tendrá el edificio en términos de consumo de energía, para así ayudar en el proceso de toma de decisiones.

Lamentablemente en Colombia la simulación de edificios solo se utiliza para cumplir códigos internacionales que acreditan al edificio como sostenible, y no existe actualmente un código nacional que haga de la simulación un aspecto de carácter obligatorio.

Se pretende entonces con este proyecto comparar los efectos de materiales aislantes en la envolvente de las edificaciones a través de la simulación

computacional para así probar las ventajas de esta no tan difundida herramienta de diseño.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La escogencia adecuada de los materiales que garanticen un debido aislamiento térmico es de gran importancia para conservar la temperatura interna de los ambientes habitados en un nivel apropiado para el confort térmico.

En Colombia gran parte de las edificaciones convencionales, principalmente las que sirven como viviendas de interés social, no hacen uso de aislamientos en los principales componentes de la construcción, factor por el cual se ve la necesidad de adquirir elementos o equipos que mejoren el ambiente al interior de la edificación dependiendo de el clima en que se encuentre.

En los inmuebles que cuentan con unidades mecánicas de refrigeración o aire acondicionado, el desperdicio o mal uso de la energía de estos componentes se ve ligado a la ineficiencia en la selección de aislamientos apropiados en las edificaciones que hacen uso de ellos, parte de estos desperdicios de energía solo se perciben después de que el inmueble ha sido construido y ocupado ya que no se hace uso de herramientas que puedan pronosticar el desempeño energético del edificio desde su fase de diseño.

1.1 ESTADO DEL ARTE

Desde hace algunas décadas se ha manifestado una disminución de las reservas de petróleo, sustancia de la cual dependemos en muchos ámbitos, incluyendo la generación de energía. La obligación de mantener los suministros de energía para los países desarrollados, el incremento en la demanda energética de países en desarrollo y el aumento en las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, deja en evidencia la necesidad de implementar estrategias que reduzcan el consumo de energía.

La edificación es uno de los sectores productivos que consume grandes cantidades de recursos naturales y que representa un porcentaje significativo de las emisiones de gases de efecto invernadero en el planeta. En los EE.UU., el sector de la edificación representa el 38,9% del consumo de energía primaria, el 38% de todas las emisiones de CO₂, y el 30% de la producción de residuos. En Colombia, el consumo del sector residencial constituye un 41.2% del total nacional, seguido del sector industrial con 30.9% y del sector terciario con el 25.0%.

Determinar las características y los usos finales de la energía es el primer paso hacia la identificación de acciones para mejorar el uso de esta; Es obvio que las características de construcción afectan fuertemente el consumo durante el ciclo de vida de la edificación¹. Además es en la etapa de diseño y

¹ Escrivá, Álvarez y Peñalvo, 2010, Energy and Buildings Journal, Página 446.

construcción que se eligen e instalan los sistemas que determinaran el confort de los ocupantes que son también, en algunos casos, los elementos que generan cargas térmicas como los sistemas de iluminación.

Tradicionalmente, reglas básicas y cálculos simplificados han sido utilizados durante las etapas de diseño inicial de los edificios para guiar los aspectos básicos a tener en cuenta en el desempeño térmico. Es sólo después de que el diseño ha concluido que analistas de energía externos son involucrados al proyecto para analizar la solución de diseño final. Muchas de las decisiones que afectan la futura demanda de energía se toman durante las primeras fases de diseño cuando herramientas útiles, importantes y relativamente fáciles de aplicar, como la simulación computarizada, no se tienen en cuenta².

La industria de la construcción, sin duda, es uno de los sectores más importantes a nivel industrial y económico, influenciando la calidad de vida y el medio ambiente. Sin embargo, los diseñadores y desarrolladores ponen muy poca atención durante el proceso de diseño al costo del ciclo de vida del mantenimiento y la operación de los edificios. La simulación del desempeño de la edificación posee el potencial para enfrentarse adecuadamente a asuntos relacionados con el desempeño energético. Cada vez mas son empleados los modelos basados en computador para ayudar en el proceso de toma de decisiones en el diseño, operación y mantenimiento.³

Para Casanovas⁴ la estrategia resulta clara, se debe establecer un sistema que permita certificar la sostenibilidad objetiva de los edificios, recogiendo los múltiples impactos de cada uno de sus componentes y el consumo como consecuencia de su uso a lo largo de su vida útil y de su futura deconstrucción. Para afrontar esta dificultad, durante los últimos diez años, se ha planteado la internacionalización de algunos de los principales métodos de certificación; Se trata de empezar con un modelo base, en cuanto a criterios de partida y a parámetros de evaluación, para adaptarlo a las particularidades y a la realidad de cada país.

Los modelos y simulaciones solo se vuelven de carácter obligatorio si los propietarios tienen dentro de sus objetivos la construcción de un edificio sostenible enfocado hacia el ahorro de energía, siguiendo estándares y códigos internacionales, tal es el caso del sistema de verificación medio ambiental LEED el cual posee actualmente un gran auge y ha impulsado en muchos países la construcción sostenible de los edificios.

Aunque es recomendado realizar las simulaciones energéticas en una etapa temprana de diseño, también se pueden aplicar a edificios existentes para determinar si el edificio es o no eficiente en términos de consumo de energía tal

² Hetherington, Laney, Peake y Oldham (2011) Integrated Building Design, Information and Simulation Modelling: The Need For A New Hierarchy.

³ Hensen, Lambers, Negrao. (2002). A view of energy and building performance simulation at the start of the 3rd millennium. Recuperado 03 de Abril de 2012

⁴ Casanovas, X. La construcción sostenible. Una mirada estratégica. "V Convención Técnica y Tecnológica de la Arquitectura Técnica". Albacete: Colegio de Arquitectos de Almería, 2009, p. 1-17.

es el caso del edificio del sincrotrón en Cataluña⁵, en el que el autor hizo uso de los software LIDER y CALENER GT mediante los cuales se realizó un estudio para determinar si el edificio cumplía las normas de certificación y las exigencias de eficiencia energética locales.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En las edificaciones, los diferentes sistemas encargados de mantener la comodidad de los ocupantes se diseñan y se especifican de manera aislada sin tener en cuenta su interacción y su futuro desempeño en este. La mayoría de las veces los diseños son realizados por especialistas de cada área (arquitectura, aire acondicionado, sistemas de agua caliente, etc.) sin considerar la futura correlación entre sistemas.

Además asociado a cada kilovatio-hora de energía eléctrica generado a través de combustibles fósiles existe una cantidad específica de CO₂ liberado al medio ambiente, en el caso de Colombia se liberan 0,2717 kg de CO₂/kWh relacionados con la generación de energía en plantas termoeléctricas, una disminución en la demanda de energía podría llevar a la reducción del uso de estas plantas de generación y de esta manera reducir la producción de CO₂. Ligado a esto, está también la disminución de los costos de operación de los edificios, lo cual representaría ahorros en el manejo y operación

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Determinar la influencia del aislamiento de fachadas y los sistemas de acondicionamiento para zonas climáticas críticas en Colombia.

2.2 Objetivos Específicos

- Especificar una construcción de referencia para realizar un análisis comparativo.
- Determinar las características de los componentes de fachada y vidriados según normas internacionales.
- Especificar las propiedades de transferencia de calor para las construcciones típicas en las zonas de prueba.
- Determinar comparativamente las demandas de refrigeración y calefacción para el edificio de referencia y el de prueba mediante simulación computacional.
- Determinar el efecto que tiene el aislamiento tanto en la fachada como en la cristalería del edificio de referencia.
- Determinar el efecto en el consumo de sistemas de ventilación mecánica y natural.

⁵ Freitas Rodríguez, Luis. (2007). Certificación energética del edificio de oficinas del sincrotrón situado en Cerdanyola del Vallès. Recuperado 10 de Marzo de 2012.

- Desarrollar una comparación en consumos y demandas para una construcción real.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Estándar 90.1-2007 de la ASHRAE:

El propósito de este estándar es proveer los requerimientos mínimos para el diseño energéticamente eficiente de edificios, exceptuando edificios residenciales de poca altura. Las especificaciones de este estándar aplican a la envolvente de los edificios y a los siguientes sistemas y equipos que se usan conjuntamente con el edificio⁶:

- Aire acondicionado.
- Calentamiento de agua.
- Distribución y medición de la potencia eléctrica.
- Motores eléctricos.
- Iluminación.

Además en el apéndice G de este estándar se especifican los lineamientos a seguir en la simulación energética de nuevas construcciones y de los edificios base (Baseline building) que les corresponden.

Este apéndice es usado para obtener ciertos créditos y puntos en el ámbito de energía y atmosfera del sistema internacional de certificación medioambiental para edificios LEED, en el cual es requisito obligatorio el realizar simulaciones energéticas completas de los edificios propuestos.

3.2 Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE)⁷:

Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía en el estado español. El objetivo del requisito básico “Ahorro de energía” consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se deben proyectar, construir, utilizar y mantener de forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen

⁶ Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings, ANSI/ASHRAE/IESNA (2007).

⁷ Dirección general de arquitectura y Política de vivienda – Ministerio de Fomento (2011), Documento básico HE-Ahorro de Energía.

en los apartados presentes en el documento. El Documento Básico “DB HE Ahorro de energía” especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía.

Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

3.3 SOFTWARE LIDER⁸

LIDER y CALENER son los programas oficiales de evaluación de la demanda energética y de certificación energética, respectivamente, en el Estado Español tal y como se declara en el Real Decreto 47/2007.

La herramienta LIDER (Limitación de la Demanda de enERgía) tiene como objetivo valorar el cumplimiento de las exigencias establecidas en el documento básico de ahorro energético (DB-HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE), en el apartado referente a la limitación de la demanda de energía (HE1).

Este programa permite calcular la demanda energética del edificio teniendo en cuenta su geometría, construcción y operación, y compararlo con un edificio de referencia que se caracteriza por:

- El mismo tamaño y la misma forma que el edificio objeto.
- La misma zonificación interior y el mismo uso de cada zona que el edificio objeto.
- Los mismo obstáculos remotos que el edificio objeto.
- Unos cerramientos que garanticen el cumplimiento de las exigencias del CTE.

LIDER se encuentra como programa singular y en el entorno del propio programa CALENER, por lo que puede exportar datos directamente de este entorno, facilitando la tarea de los certificadores al reducir el proceso de introducción de datos¹ además de ser una herramienta con una interfase más sencilla a la correspondiente a la primera versión de CALENER o a CALENER Gran Terciario, de formato más complejo.

⁸ Freitas Rodríguez, Luis. (2007). Certificación energética del edificio de oficinas del sincrotrón situado en Cerdanyola del Vallès. Recuperado 10 de Julio de 2012.

La ventaja de configurar LIDER como motor de CALENER es que facilita el proceso de entrada de datos por los proyectistas, al no tener que introducirlos dos veces (cumplimiento del Código Técnico y proceso de certificación).

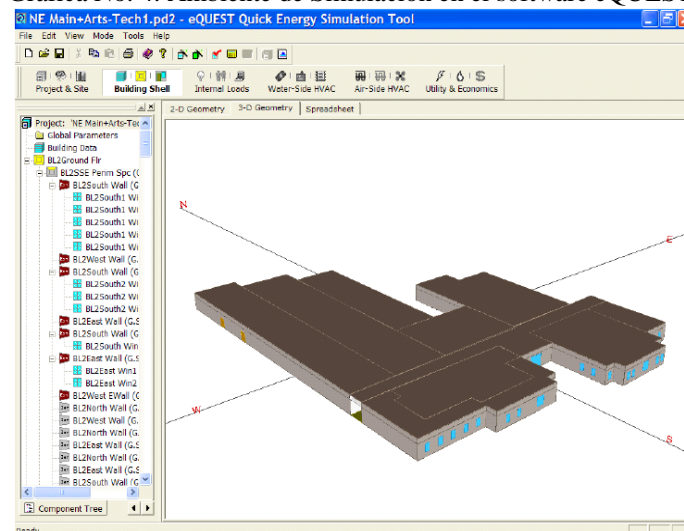
3.4 eQUEST COMO HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN

Las herramientas de software que integran resultados gráficos como una guía contextual pueden tener un mayor atractivo para los arquitectos. Por el contrario, los ingenieros necesitan herramientas de software que puedan ser utilizadas tanto en la fase de diseño conceptual, cuando se sabe poco acerca de la construcción, como en las etapas finales de diseño, cuando la mayoría de los detalles de los proyectos han sido finalizados⁹.

eQUEST es una herramienta que se usa para realizar el análisis energético de los edificios, en este se encuentran presentes varios asistentes de modelar edificios, combina un asistente de creación, un asistente de medidas de eficiencia energética y una interfaz que muestra los resultados gráficos de la simulación energética, el programa se basa en el motor de simulación llamado DOE-2.

El asistente de creación de la construcción lleva al usuario a través del proceso de creación de un modelo de construcción. Dentro de eQUEST, el DOE-2 realiza una simulación horaria de la construcción basándose en datos de muros, ventanas, vidrios, ocupación, las cargas de proceso, y la ventilación. DOE-2 también se simula el funcionamiento de los ventiladores, bombas, refrigeradores, calderas y otros aparatos que consumen energía. eQUEST permite a los usuarios crear múltiples simulaciones y ver los resultados para realizar comparaciones.

Gráfica No. 4. Ambiente de Simulación en el software eQUEST.



Fuente: Energy Design Resources (2008) eQUEST 3 Overview, p. 10.

⁹ Srivastava-Modi, Shalini (2011) Evaluating the Ability of eQUEST Software to Simulate Low-energy Buildings in a Cold Climatic Region

El programa también ofrece estimación de costos de energía, se pueden introducir parámetros para simular iluminación natural y su sistema de control, también cuenta con un asistente de aplicación de medidas de eficiencia energética. (eQUEST, 2008).

4. METODOLOGÍA

Etapa 1

Se especificarán las dimensiones y características del edificio de referencia.

Se procede a generar las especificaciones del edificio de referencia (materiales arquitectónicos de la fachada y de la cristalería) revisando diferentes normas internacionales como la norma de la ASHRAE 90.1 o el documento básico DB-HE.

Etapa 2

Se realizara una búsqueda de documentos relacionados con las propiedades de transferencia de calor para las construcciones típicas en Colombia.

De no hallar documentos que contengan esta información se tomara el peor escenario y el promedio de cada zona a analizar.

Se especificarán las propiedades térmicas para las construcciones típicas en las zonas de prueba.

Etapa 3

Luego se determinarán las demandas de refrigeración y calefacción para la edificación de referencia.

Para este fin se acudirá a la simulación computacional.

Etapa 4

Teniendo las propiedades térmicas básicas y las demandas anteriormente mencionadas se procede a analizar el efecto que tiene el aislamiento de fachadas y cristalería en el edificio referencia.

Se acudirá de nuevo en esta etapa a la simulación computacional.

Etapa 5

Se procede a simular el consumo que tendría una unidad de ventilación mecánica en el edificio de referencia

Luego se determinará el efecto que tiene el aislamiento en el consumo de esta unidad.

Etapa 6

Se aplicarán las mismas propiedades térmicas determinadas anteriormente a una edificación prueba.

Se desarrollará una comparación en consumos y demandas para una construcción prueba.

5. CRONOGRAMA

8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																						
ETAPA	ACTIVIDAD	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1- Documentación	Lectura de Normas Internacionales (ASHRAE 90.1, DB-HE)	■	■																			
	Estudio dimensiones del edificio referencia		■	■																		
	Estudio características del edificio referencia		■	■																		
2- Escenarios	Busqueda de propiedades de transferencia de calor para			■	■																	
	Especificación de las propiedades térmicas para las construcciones				■	■	■															
3- Generación Edificio referencia	Especificación de cargas internas					■	■															
	Determinación de las demandas de refrigeración y calefacción						■	■	■													
4- Análisis de aislamiento	Análisis del efecto del aislamiento de fachadas y cristalería de edificio								■	■												
	Simulación en Software										■	■										
5- Análisis sistemas de ventilación	Simulación de consumo de la ventilación mecánica											■	■									
	Determinación del efecto del aislamiento en la unidad													■	■							
6- Análisis caso real	Comparación de consumos y demandas en edificación prueba															■	■					
	Comparación entre consumos y demandas para una construcción real																■	■				

6. PRESUPUESTO

INSUMOS		
Descripción	Valor	Financiación
Computador	1600000	Personal
Licencias	700000	Personal
Elaboración Informe	50000	Personal
Papelería	35000	Personal
Total	1658000	

RECURSO HUMANO			
Descripción	Valor Hora	Horas laboradas mensual	Costo
Autores del Proyecto	9500	48	456000
Tutor del proyecto	15000	10	150000
Asesoría Técnica	12000	8	96000
		Costo recurso humano	702000
		Costo Total	2566000

7. BIBLIOGRAFÍA

Escrivá, Guillermo. Álvarez, Carlos. Peñalvo, Elisa (2010), New indices to assess building energy efficiency at the use stage. Energy and Buildings Journal, Volumen 43, Página 446.

Casanovas, X. La construcción sostenible. Una mirada estratégica. "V Convención Técnica y Tecnológica de la Arquitectura Técnica". Albacete: Colegio de Arquitectos de Almería, 2009, p. 1-17. Recuperado el 05 de abril de 2012 de <http://hdl.handle.net/2117/11004>

Hetherington, Laney, Peake y Oldham (2011) Integrated Building Design, Information and Simulation Modelling: The Need For A New Hierarchy. Recuperado el 12 de Marzo de 2012 de http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2011/P_1708.pdf

Hensen, Lambers, Negrao. (2002). A view of energy and building performance simulation at the start of the 3rd millennium. Recuperado 03 de Abril de 2012 de http://www.bwk.tue.nl/bps/hensen/publications/02_e+b_intro.pdf

Freitas Rodríguez, Luis. (2007). Certificación energética del edificio de oficinas del sincrotrón situado en Cerdanyola del Vallès. Recuperado 10 de Marzo de 2012 de <http://hdl.handle.net/2099.1/4548>

Unidad de planeación minero energética UPME, Ministerio de minas y energía Republica de Colombia, Proyección de demanda de energía en Colombia, Revisión Octubre 2010.

Dias Bordalo, Hamilton. (2010) Estrategias de ventilación natural para la mejora de la eficiencia energética en edificios. Recuperado el 15 de Marzo de 2012 de: <http://hdl.handle.net/2099.1/10946>

Srivastava-Modi, Shalini (2011) Evaluating the Ability of eQUEST Software to Simulate Low-energy Buildings in a Cold Climatic Region. Recuperado el 12 de Marzo de 2012 de: <http://hdl.handle.net/1807/31451>

eQUEST overview [En Línea]. Recuperado el 18 de marzo de 2012 de <http://doe2.com/equest/index.html>

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers ASHRAE (2011). Advanced Energy Design Guide for Small to Medium Office Buildings.