

ANALIZANDO EN CLASE EL EFECTO
DE LA INFLACIÓN EN LOS RESULTADOS DE
LOS ANÁLISIS DE COSTES DE CICLOS DE VIDA
EN LA CONSTRUCCIÓN

CARLOS ANTONIO DOMÍNGUEZ TORRES
Universidad de Sevilla

HELENA DOMÍNGUEZ TORRES
Universidad de Sevilla

1. INTRODUCCIÓN

La valoración de los costes económicos de cualquier acción que se emprenda en el ámbito de la edificación, y de forma específica en medidas de rehabilitación energética cuyo objetivo sea la reducción del consumo energético para conseguir confort térmico interior en los edificios, es una condición fundamental para estimar un balance económico global que comprenda los gastos inherentes a la implementación de dichas medidas y su mantenimiento, así como los costes de consumo energético para obtener confort interior y todo ello para un intervalo de tiempo que abarque el periodo de vida útil de las medidas implementadas, de forma que sea posible valorar el posible ahorro económico de dichas medidas a lo largo de dicho intervalo de tiempo. De esta valoración se deducen las decisiones que pueden conducir a la implementación, o no, de las medidas analizadas.

En este marco, en el desempeño de su futuro ejercicio profesional los futuros egresados de los grados de Arquitectura, Ingeniería de la Edificación o Economía y Ciencias Empresariales, deberán en muchas ocasiones enfrentarse a la repercusión de las consecuencias de la evolución de precios, y por tanto al efecto de la evolución del índice de inflación, sobre acciones concretas de su desempeño profesional que pueden

requerir una evaluación de costes precisa para valorar la posible rentabilidad de dichas acciones. Esta evaluación puede requerir una acción combinada de profesionales procedentes de distintos ámbitos, que para el caso que aquí se presenta procederían desde las áreas económicas y arquitectónicas o edificatoria.

De hecho, en la práctica productiva general, es frecuente, a la hora de tomar decisiones sobre la implementación de alguna acción o medida la realización de un análisis de costes para el ciclo de vida útil de dicha medida, de forma que se cuente con información a priori sobre la viabilidad económica de la acción que se pretende emprender

Por ello, los mencionados grados de Arquitectura, Ingeniería de la Edificación o Economía y Ciencias Empresariales deben proporcionar una formación a sus alumnos que les permita entender, valorar y tomar las mejores decisiones posibles de cara a los fenómenos inflacionarios y su repercusión en los costes de acciones habituales en su práctica profesional.

En la presente ponencia se plantea el desarrollo de una práctica docente centrada en un caso de estudio transversal a la Arquitectura, la Ingeniería de la Edificación y las Ciencias Económicas como forma de introducir el conocimiento del efecto de la inflación en el análisis de costes para el ciclo de vida de medidas que puedan considerarse habituales dentro del ámbito de aplicación de dichas titulaciones.

Como caso de estudio para ilustrar la metodología que se implementa en dicha práctica se considera el caso de las medidas de rehabilitación energética que en el actual contexto cada vez se aplican con más frecuencia a la rehabilitación de viviendas energéticamente obsoletas, construidas la mayor parte de ellas en el siglo pasado, o incluso a la rehabilitación de viviendas más recientes pero susceptibles de mejoras en su adecuación al objetivo de la reducción de consumos energéticos para obtener confort térmico interior.

2. OBJETIVOS

Los objetivos que se pretenden conseguir con el desarrollo del presente proyecto docente son fundamentalmente dos: por un lado, concienciar a

los alumnos que cursan los grados de Arquitectura, Ingeniería de la Edificación y Ciencias Económicas, de la importancia del impacto que la inflación tiene sobre los resultados de los análisis de ciclo de vida en el caso de estudio centrado en medidas de rehabilitación en el sector de la construcción. Por otro, se pretende introducir al alumno de los grados citados en técnicas de evaluación de los costes para el ciclo de vida de las medidas de rehabilitación que se propongan a lo largo del desarrollo de la práctica.

De forma específica, los objetivos que se pretenden alcanzar en el desarrollo de la presente práctica docente son:

- Iniciar al alumno en la realización de análisis de costes de ciclo de vida.
- Concienciar al alumno de la importancia de la inflación sobre la actividad económica en general y la constructiva en particular.
- Desarrollar destrezas en el alumnado que les permitan valorar la viabilidad económica de ciertas acciones en la práctica productiva en general y en la constructiva o edificatoria en particular.
- Desarrollar destrezas para cuantificar el consumo energético del caso de estudio elegido para obtener condiciones de confort interior, antes y después de implementar medidas de rehabilitación energéticas.
- Adquirir destreza y conciencia de la utilidad de las herramientas usadas para la valoración coste-efectividad de las medidas analizadas.
- Adquirir conciencia en el papel que la inflación juega en la valoración de coste-efectividad para las medidas de rehabilitación energéticas estudiadas.

3. METODOLOGÍA

Para la consecución de los objetivos descritos de la presente práctica, se sigue una metodología cuyo aspecto central lo constituye el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Así, a través de un proceso de desarrollo pedagógico que abarca el planteamiento de un caso de estudio realista, el análisis de los parámetros energéticos y económicos asociados a dicho

caso, con especial énfasis en el papel de la inflación, y una fase final de análisis y discusión de resultados así como la elaboración de conclusiones, los alumnos realizan una inmersión en el problema que, a la vez, les proporciona altas dosis de autonomía en la realización de la práctica lo que contribuye al desarrollo y consecución de las destrezas deseadas y estimula un aprendizaje significativo en relación con el problema planteado. Este procedimiento tiene grandes ventajas en cuanto a la consecución de los objetivos planteados y se puede considerar más eficiente cuando se compara a otras metodologías más clásicas.

Asimismo, se procurará fomentar la colaboración entre alumnos de los distintos grados de forma que se potencie el flujo e intercambio de habilidades y destrezas y las sinergias colaborativas.

Por otro lado, según las posibilidades de las dinámicas de intercambio de información, los distintos hitos de la práctica podrán tener un nivel de desarrollo diferente adaptado al grado de formación en los aspectos concretos que se vayan abordando en su transcurso.

La práctica está dirigida a alumnos de los cursos superiores de las mencionadas titulaciones de Arquitectura, Ingeniería de la Edificación y Ciencias Económicas, dado el nivel de destrezas y conocimientos requeridos. Específicamente puede tener cabida en aquellas asignaturas de carácter optativo que se encuentran en los cursos finales de los diversos grados implicados, o incluso, en las asignaturas intensivas que se imparten dentro de los másteres en las escuelas y facultades respectivas.

Es evidente que la realización de una práctica docente de las características descritas plantea un reto en cuanto al carácter diverso de los alumnos a los que se dirige. Por ello, si la composición de grupos mixtos de alumnos fuera imposible, la práctica se pretende desarrollar con distintos niveles de exigencia y requerimientos según el grado en el que se implemente, dando la información y los datos necesarios cuando sea necesario para su correcta implementación.

En base a lo dicho, es necesario subrayar que la metodología que se plantea para el desarrollo de la presente práctica tiene una doble vertiente en base a los objetivos descritos.

Por un lado, tiene una vertiente de análisis arquitectónico, constructivo y energético en la que los alumnos deben plantear posibles medidas realistas de rehabilitación que impliquen ahorros energéticos, para seguidamente evaluar el gasto energético tanto para el caso de estudio inicial como para el caso de estudio una vez rehabilitado, para conseguir confort térmico interior.

Por otro, tiene una vertiente económica en la que se analiza para el intervalo de tiempo del ciclo de vida considerado, el coste económico de las diferentes soluciones de rehabilitación consideradas, así como para el caso de estudio inicial, de forma que sea posible valorar el posible ahorro del gasto global. En esta faceta económica se tendrán en cuenta distintos escenarios inflacionarios lo que a través del análisis económico permitirá evaluar el impacto de la evolución de la inflación en los resultados finales del análisis.

En cualquier caso, el planteamiento del problema a través del caso de estudio elegido, y su tratamiento, tanto energético como económico, tendrán una estructura de desarrollo progresivo basada en la metodología que se describe a continuación.

El desarrollo de la presente práctica contempla las siguientes etapas:

1. Introducción al análisis de coste de ciclo de vida.
2. Planteamiento del caso de estudio: elección de la tipología de vivienda a analizar y de las posibles medidas de rehabilitación a implementar.
3. Cuantificación de los distintos tipos de costes: de implementación de las medidas y operacionales para el ciclo de vida.
4. Estimación del valor presente neto de las medidas de rehabilitación analizadas teniendo en cuenta diversos escenarios inflacionarios.
5. Análisis de posibles ahorros económicos en función de los distintos índices de inflación considerados.
6. Presentación e interpretación de resultados.
7. Realización de una sesión crítica de debate y elaboración de conclusiones.

4. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA DOCENTE

Seguidamente se expone de forma sucinta el flujo de trabajo que se pretende seguir en la práctica docente planteada. Para ello se describirán los contenidos y desarrollos a seguir para los distintos apartados descritos en la sección de Metodología. Hay que recalcar que, si bien los siguientes apartados son generales para todos los grados implicados, su desarrollo práctico deberá tener distintos grados de profundidad en función de los conocimientos previos que tengan los alumnos implicados, determinados fundamentalmente por el grado al que pertenezcan.

Como paso previo, se constituirán la clase los grupos de trabajo que estarán formados, idealmente, por un número de entre tres y cuatro alumnos.

Seguidamente se procede a la presentación del desarrollo de la práctica que se describe en los siguientes apartados siguiendo las etapas señaladas en la metodología.

4.1. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE COSTE DE CICLO DE VIDA

El acercamiento inicial al análisis de costes del ciclo de vida debe fijar con claridad el marco en el que se debe realizar dicho análisis y la metodología a usar en el mismo.

Los análisis de ciclo de vida abarcan múltiples variables cuyo tratamiento exceden el contenido de la práctica. Por ello es necesario en primer lugar elegir las variables que se tendrán en cuenta en el análisis de costes y la metodología que se va a aplicar, dada las amplias posibilidades existentes, pero de forma que se mantenga un tratamiento realista del análisis de costes.

Se comienza por presentar en clase el concepto de análisis de costes para el ciclo de vida de una medida como la rehabilitación de una vivienda.

Siguiendo a Duffie y Beckmann (2006), una forma precisa de analizar el coste económico de cualquier medida cuyos efectos se prolongan en el tiempo, y en concreto de la rehabilitación propuesta, es la evaluación de su rentabilidad a través de un análisis de costes para el ciclo de vida (LCCA) que tenga en cuenta los costes futuros.

Para llevar a cabo el análisis de costes para el ciclo de vida, todos los costes futuros son calculados y descontados a su valor presente. Para ello, el procedimiento usual es calcular los costes para cada año futuro tomando en cuenta el valor futuro de las variables que generan los costes y luego descontar cada coste anual a su valor presente. Finalmente, la suma de todos los costes futuros y de implementación y mantenimiento de la medida de rehabilitación, constituye el coste total para el periodo de tiempo contemplado en el ciclo de vida.

Para el análisis LCCA, se introduce el método P1-P2 desarrollado por los citados Duffie y Beckmann en 2016.

Este método cuantifica por un lado el valor presente de los costes operacionales debidos al consumo energético para conseguir confort interior y los costes de mantenimiento a lo largo del periodo de tiempo que abarque el ciclo de vida. Por otro cuantifica los costes de instalación de la medida, así como su mantenimiento durante todo el periodo de tiempo contemplado en el ciclo de vida.

Para llevar a cabo este cálculo, se determina en primer lugar el valor presente neto (VPN) de una unidad monetaria del período de tiempo futuro k (usualmente expresado en años) y ello para cada periodo de tiempo dentro del intervalo total contemplado para el análisis LCCA. Suponiendo entonces una tasa de descuento monetaria d (porcentual por unidad de tiempo), la relación que permite calcular dicho valor VPN es:

$$PW_k = 1 / (1 + d)^k$$

A este respecto, puede ser útil efectuar algunas consideraciones sobre el papel de la tasa de descuento monetaria d como un elemento clave para la evaluación de cualquier inversión y su significado en términos económicos.

Todos los alumnos de los grados implicados pueden verse en su práctica profesional abocados a evaluar económicamente la rentabilidad económica de alguna inversión, por lo que conocer este concepto y su papel en el análisis del ciclo de vida es de gran importancia.

Se puede, sin dedicarle un tiempo excesivo, exponer en clase algunos de los documentos y metodologías establecidos dentro del marco normativo de la Unión Europea (UE), para llevar a cabo este tipo de análisis.

Seguidamente se obtiene la expresión del valor actual de los costes de consumo energético cada año futuro k contado a partir del año presente, que se calcula mediante la expresión

$$PW_k(C_e(k)) = C_e(k) / (1 + d)^k$$

donde $C_e(k)$ es el coste monetario del consumo energético en el año k .

La estimación del coste del consumo energético $C_e(k)$ en el año k se efectúa mediante la siguiente expresión:

$$C_e(k) = \left(\frac{Q_c(k) \times P_{e,c}}{SEER \times (3.6 \times 10^6)} + \frac{Q_h(k) \times P_{e,h}}{SCOP \times (3.6 \times 10^6)} \right) (1 + i)^{k-1}$$

donde $SEER$ y $SCOP$ son los índices de rendimiento energético para refrigeración y calefacción de la maquinaria usada para aclimatar el edificio, $P_{e,c}$ y $P_{e,h}$ son los precios de la energía para refrigeración y calefacción, que usualmente son electricidad y gas respectivamente, o electricidad en los dos casos. Finalmente, $Q_c(k)$ y $Q_h(k)$ son los consumos en el año k de energía para refrigeración y calefacción respectivamente cuyo cálculo se efectúa en primer lugar para el caso de estudio en su situación de partida y seguidamente para las distintas propuestas de rehabilitación.

Para el cálculo de $Q_c(k)$ y $Q_h(k)$ se puede usar cualquier software de evaluación energética para edificios, como el software Energy Plus, que reúne las cualidades de facilidad de uso, junto con la disponibilidad de una amplia base de datos meteorológica que facilita la realización de los cálculos de consumo energético.

En la anterior expresión para el cálculo de $C_e(k)$ aparece el índice i que representa el índice anual de inflación para los precios de la energía y que es, junto con el valor de descuento monetario d , uno de los factores determinantes de los resultados económicos del análisis económico.

Finalmente, el coste total para el ciclo de vida se obtiene mediante la suma de los costes operacionales, de mantenimiento y de instalación totales obtenidos para el periodo completo del ciclo de vida mediante la suma de los costes para cada año:

donde $C_e = \sum_{k=1}^n PW_k(C_e(k))$ y $C_M = \sum_{k=1}^n PW_k(C_M(k))$ donde C_e y C_M son los costes operacionales y de mantenimiento, respectivamente, y PW_k es el factor de descuento de la forma similar a como se han calculado los costes operacionales.

El número n de años que se tiene en cuenta para el análisis es el número de años que se prevé, según los datos técnicos disponibles, que las medidas de rehabilitación implementadas estarán en servicio. Para los casos de esta práctica se puede tomar $n=30$ años, aunque este valor está sujeto a las especificaciones técnicas de los materiales empleados.

4.2. PLANTEAMIENTO DEL CASO DE ESTUDIO: ELECCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO Y DE LAS MEDIDAS DE REHABILITACIÓN A REALIZAR.

En esta etapa de desarrollo de la práctica, los alumnos, en base a una serie de casos de estudio propuestos por el profesor, procederán a elegir en primer lugar el caso concreto que van a analizar y en segundo lugar efectuarán una propuesta de rehabilitación de la vivienda elegida.

Para no dificultar en exceso esta etapa, se sugerirá en clase que las propuestas de rehabilitación se centren en la envolvente y combinen un máximo de dos medidas, por ejemplo, instalación de aislamiento y cambio de acristalamientos en ventanas.

Las distintas propuestas se expondrán en clase por parte de cada grupo de alumnos y se determinará a partir de dicha exposición la idoneidad de cada una de ellas y se sugerirán las modificaciones que el profesor considere oportunas para favorecer un tratamiento realista de las diferentes propuestas en términos de viabilidad técnica.

Dado que los centros educativos en los que se pretende desarrollar la presente práctica se encuentran en la ciudad de Sevilla, el profesor puede incentivar la elección de casos de estudio entre los numerosos barrios de vivienda social construidos en Sevilla a mediados del siglo pasado, antes de la promulgación de la primera normativa en España referente a

eficiencia energética en viviendas, la NBE-CT-79. De esta forma, el tratamiento del caso de estudio adquirirá significatividad para el alumnado, que podrá, si el desarrollo de la práctica lo permite, efectuar visitas in situ a las viviendas objeto de estudio.

4.3. CUANTIFICACIÓN DE COSTES VARIOS: DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEDIDAS Y OPERACIONALES PARA EL CICLO DE VIDA.

Una vez decididas las propuestas de rehabilitación, los distintos grupos procede, al cálculo, mediante el uso de un programa de simulación energética, como Energy Plus, de los consumos energéticos necesarios para obtener confort interior.

Este cálculo de debe efectuar en primer lugar para el caso de estudio, en su situación original, y seguidamente para cada una de las propuestas de rehabilitación energética.

Los consumos que proporcionan dichos cálculos son dependientes de las características de los materiales usados en el proceso de rehabilitación, por lo que con carácter previo deberán efectuar un proceso de recopilación de información sobre las distintas características de los materiales usado en el proceso de rehabilitación, características que determinaran, junto con las condiciones climáticas de la zona de estudio, los valores de los consumos energéticos necesarios para obtener confort interior.

A este respecto, se puede incidir en la influencia de las condiciones climáticas sobre el resultado del estudio.

Si el profesor lo considerara pertinente en función de la disponibilidad de tiempo, se podría realizar un análisis paralelo en otro marco geográfico y climático que arrojará luz sobre la fuerte dependencia de los resultados de las medidas de rehabilitación respecto del entorno climático.

Asimismo, usando las distintas bases de datos existentes, y la información de los fabricantes, deberán recopilar información sobre los costes completos de ejecución de las medidas de rehabilitación y los costes de mantenimiento típicos previstos.

4.4. ESTIMACIÓN DEL VALOR PRESENTE NETO DE LAS MEDIDAS DE REHABILITACIÓN PROPUESTAS TENIENDO EN CUENTA DIVERSOS ESCENARIOS INFLACIONARIOS

Una vez estimados, en la etapa anterior de la práctica, los requerimientos energéticos necesarios para obtener confort interior en el periodo de tiempo considerado para el LCCA, se procede al cálculo del coste total actualizado al valor presente mediante la suma

$$C_e + C_M + C_I$$

Donde C_I es el coste de instalación, y C_e y C_M el valor presente del coste en energía y mantenimiento respectivamente, calculados para el periodo del ciclo de vida.

En el cálculo de C_e se usa el índice de inflación de la energía usando la expresión

$$C_e(k) = \left(\frac{Q_c(k) \times P_{ec}}{SEER \times (3.6 \times 10^6)} + \frac{Q_h(k) \times P_{eh}}{SCOP \times (3.6 \times 10^6)} \right) (1+i)^{k-1}$$

introducida anteriormente.

En esta fase del trabajo, los alumnos deben hacer una breve indagación sobre el histórico de los índices de inflación para la energía en España.

Una vez que se analice en clase dicho histórico, se elaborará una serie de propuestas de futuro para la evolución de dicho índice teniendo en cuenta escenarios lo más realistas posibles y la situación actual de dicho índice.

Por último, en esta fase, se procederá a la estimación del coste total para el ciclo de vida usando diversos índices de inflación.

Cada grupo de alumnos deberá proceder, usando para ello los datos constructivos de su propuesta de rehabilitación, al cálculo de dicho coste total tomando como índice de inflación de los precios de la energía diversos posibles marcos de comportamiento en base al histórico de dichos índices obtenido. Se pueden proponer tres marcos de comportamiento, al igual que se suele hacer con la evolución de las temperaturas para el cambio climático. Así, se puede proponer una tendencia de

comportamiento baja, otra media y finalmente una elevada, en función de los comportamientos del índice observados en la serie histórica. En cualquier caso, el profesor debe evaluar la pertinencia de los valores usados para este cálculo.

4.5. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

- Una vez estimados en la etapa anterior los efectos de las distintas tendencias o comportamiento del índice de inflación para la energía sobre los costes para el ciclo de vida de cada medida de rehabilitación propuesta por cada grupo de alumnos se procede en clase a la presentación de los resultados.
- Dicha presentación debe ir acompañada de material gráfico que explique de forma suficientemente significativa los resultados obtenidos por cada grupo.
- Asimismo, en esta fase se debe proceder a la interpretación de los resultados obtenidos, interpretación en la que se debe valorar el grado de comprensión de los alumnos de los efectos del fenómeno inflacionario sobre los costes de las medidas de rehabilitación energética y las posibles consecuencias que ello conlleva.

Asimismo, si los profesores lo consideran pertinente, se puede proceder a un pequeño análisis de la adecuación de las tasas de descuento monetaria a la evolución de los índices de inflación. Sin embargo, esta cuestión al ser más técnica puede ser adecuada solamente para su tratamiento detallado por parte de los alumnos del área económica, si bien, ello no es óbice para que las conclusiones y resultados obtenidos por estos alumnos puedan ser usados por los del área técnica, en el marco generalizado del trasvase de información entre los alumnos de los grados implicados dentro del contexto de la realización de la práctica.

4.6. REALIZACIÓN DE UNA SESIÓN CRÍTICA DE DEBATE Y ELABORACIÓN DE CONCLUSIONES.

- En la última etapa de desarrollo de la práctica, se realizará una sesión crítica en la que, tras la exposición por parte de cada grupo de sus resultados y conclusiones, se abrirá un debate sobre los resultados obtenidos y se discutirán críticamente las posibles mejoras de cada propuesta de rehabilitación a la luz del efecto de los distintos valores de la inflación energética sobre los costes del ciclo de vida.
- Por último, se procederá a la sistematización y presentación de conclusiones por parte de cada grupo en base a sus resultados y al debate desarrollado en la sesión crítica, atendiendo a los criterios de claridad, argumentación razonada y capacidad de síntesis.

5. RESULTADOS QUE SE ESPERAN OBTENER.

Los resultados que se esperan obtener del desarrollo de la presente práctica docente son:

- Conocimiento y comprensión de los análisis de coste para el ciclo de vida de inversiones económicas en el sector de la edificación.
- Aplicación de dichos conceptos al análisis de propuestas rehabilitadoras en el sector de la edificación y adquisición de destrezas en la realización de dicho análisis.
- Desarrollar la capacidad de valorar el efecto inflacionario sobre los costes de ciertas acciones constructivas en la edificación.
- Adquisición de sentido crítico el efecto de la inflación energética sobre los costes en el sector de la construcción.
- Comprensión del efecto de la evolución de los índices de inflación sobre la toma de decisiones basadas en el coste económico de medidas de rehabilitación.

6. SISTEMA DE EVALUACIÓN

El procedimiento seguido para la evaluación del trabajo realizado por los alumnos se basa en una evaluación de las diferentes etapas en las que se estructura el proceso de desarrollo de la práctica.

Por otro lado, teniendo en cuenta el carácter interconectado de dichas etapas, el sistema de evaluación que se implemente debe permitir determinar que el alumno ha adquirido unos conocimientos y competencias mínimas en cada una de las fases enumeradas en la sección 3 de metodología y descritas con más detalle en la sección 4 de desarrollo de la práctica.

Por ello, se propone un sistema evaluación en el que todas las fases se valoren y los alumnos deban obtener una calificación mínima para obtener una calificación de aprobado final.

Para obtener la calificación final de aprobado, el alumno deberá obtener al menos el 50 % de la calificación máxima de cada fase. De esta forma se garantiza que el alumno ha adquirido las competencias y destrezas requeridas en cada una de las fases del proyecto.

7. CONCLUSIONES

Como conclusiones finales de la presente propuesta de práctica docente, se pueden reseñar que en el marco de los grados implicados se podrían destacar los siguientes puntos:

- Destacar la importancia del efecto inflacionario.
- Destacar el impacto sobre las propuestas de rehabilitación del efecto inflacionario de los precios de la energía.
- Concluir el grado de consecución o efectividad de las medidas sobre cada uno de los objetivos analizados.
- Obtener una síntesis final de la importancia de la aplicación de las medidas y acciones estudiadas sobre los objetivos, y propuestas de alternativas y mejoras de dichas acciones.

6. REFERENCIAS

NBE-CT-79. Real Decreto 2429/79, de 6 de julio, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79, sobre Condiciones Térmicas en los edificios. ; BOE Nro. 253; 6 Julio. (1979) pp. 24524-24550.

Duffie, J.A.; Beckman, W. Solar Engineering of Thermal Processes; John Wiley and Sons Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2006.

Energy Plus Software. U.S. Department of Energy (DOE). Building Technologies Office (BTO).