

**DISEÑO DE UNA APLICACIÓN COMPUTACIONAL PARA EL CÁLCULO
DE FACTOR DE VISION Y TEMPERATURA MEDIA RADIANTE EN
ESPACIOS ARQUITECTONICOS**

FREDDY JAVIER ORBES ORTIZ

**PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**



UNIVERSIDAD DEL VALLE

Santiago de Cali, febrero 15 de 2017

**DISEÑO DE UNA APLICACIÓN COMPUTACIONAL PARA EL CÁLCULO DE
FACTOR DE VISION Y TEMPERATURA MEDIA RADIANTE EN ESPACIOS
ARQUITECTONICOS**

FREDDY JAVIER ORBES ORTIZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO**

Director: ING. CARLOS ALBERTO HERRERA C.

Ph. D en ingeniería mecánica

carlos.herrera@correounivalle.edu.co



**PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
UNIVERSIDAD DEL VALLE**

A mi madre y Hermanas

Nota de aceptación: _____

Ph.D. CARLOS A. HERRERA C

_____ Firma del Jurado

_____ Firma del Jurado

Santiago de Cali, Marzo 22 de 2017

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Carlos Herrera, que sin su ayuda y conocimiento no hubiese sido posible alcanzar este proyecto.

A mi madre Rossana Ortiz por haberme proporcionado la mejor educación y enseñado que con esfuerzo, trabajo y constancia todo se consigue.

A Lizeth Plazas Victoria por el apoyo brindado durante la elaboración de este proyecto.

Contenido

1. ANTECEDENTE DEL PROBLEMA.....	13
1.1 Planteamiento del problema	17
2. JUSTIFICACION	18
2.1 Cálculo de la temperatura media radiante Análisis de un cuerpo en una cavidad	18
3. OBJETIVOS	22
3.1.1 Identificar los parámetros, y las variables matemáticas relevantes para el cálculo de la temperatura media radiante.....	23
3.1.2 Definir la ecuación para el cálculo de la temperatura media radiante	23
3.1.3 Elaborar un programa o algoritmo que facilite determinar los factores de forma, temperatura media radiante y las radiaciones (F_{ij} , Q_i).	23
4. MARCO TEÓRICO.....	23
4.1 Absortividad, reflexión y transmisividad	26
4.2 Ley de Kirchhoff.....	27
4.3 Analogía del circuito eléctrico para el intercambio de calor entre cuerpos grises y opacos ($\tau = 0$)	28
4.3.1 Caso 1. Intercambio entre dos superficies	28
4.3.2 Caso 2. Intercambio entre tres superficies	29
5. Cálculo del flujo de calor del individuo y las superficies.....	31
5.1.1 Temperatura al interior de cada superficie.	32
5.1.2 Cálculo Temperatura sol-aire [7].	33
5.1.3 Incidencia Solar.....	35
5.1.4 Ecuaciones de geometría e Intensidad de radiación de acuerdo al tiempo y hora solar	36
5.1.5 Energía incidente sobre las superficies de los edificios.	39
5.2 Variables relevantes para el cálculo de factor de forma.	41
5.2.1 Factor de forma.....	41
5.2.2 Regla de reciprocidad y suma.....	43
5.3 Determinación del factor de forma en EDIFICACIONES.	44
5.4 Factor de forma entre el individuo y las superficies.	46
5.5 Factor de forma entre las superficies restantes	50
5.6 Cálculo de transferencia de calor por radiación entre superficies grises y difusas para N superficies.	54

6. DESARROLLO DEL PROGRAMA	58
6.1 Desarrollo del algoritmo.	58
6.2 Aplicativo	61
6.2.1 Menú Principal.....	61
6.2.2 Dimensiones del recinto, ubicación y orientación.....	61
6.2.3 Datos temperaturas y emisividades de las superficies, Resultados e Informe en formato Adobe Acrobat Reader-PDF.	62
6.3 Uso del Aplicativo.	64
7. conclusiones Y TRABAJOS FUTUROS.	66
8. Referencias	68
9. ANEXOS	69
9.1 Verificación de CÁLCULO.	69
9.2 Código Implementado en Visual Basic Excel.....	86
9.3 Configuration factors for radiant heat- transfer calculations involving people.....	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1 Medición temperatura media radiante.....	14
Ilustración 2 Definición de temperatura media radiante (a) caso real (b) caso idealizado.	19
Ilustración 3 Representación de resistencia del flujo de calor entre el individuo y el recinto.	20
Ilustración 4 Analogía del circuito eléctrico para el cálculo de transferencia de calor de dos superficies.	20
Ilustración 5 Intensidad de radiación emitida por una área infinitesimal.	24
Ilustración 6 Distribución de intensidad de radiación cuerpo difuso y no difuso.	25
Ilustración 7 Absorción, reflexión y transmisión de la energía incidente.	27
Ilustración 8 Radiación incidente y radiosidad de una superficie gris y opaca.	28
Ilustración 9 Resistencia equivalente para una superficie.....	29
Ilustración 10 Resistencia equivalente para dos superficies intercambiando energía.....	29
Ilustración 11 Arreglo de resistencia para tres superficies.....	30
Ilustración 12 Valores necesarios para el cálculo de TMR.....	32
Ilustración 13 Flujo de calor en una pared.	33
Ilustración 14 transferencia de calor en la superficie externa de una fachada.	34
Ilustración 15 Transferencia de calor sobre una fachada idealizada.....	35
Ilustración 16 Radiación solar en el año	36
Ilustración 17 Variables medidas desde un plano vertical y horizontal [3]	39
Ilustración 18 Transferencia de calor desde la superficie DA1 a DA2	42
Ilustración 19 Distribución espacios vivienda Constructora Meléndez.....	45
Ilustración 20 Distribución espacios vivienda constructora Bolívar.	45
Ilustración 21 Factor de forma entre una persona y un plano.	47
Ilustración 22 Factor de forma entre un individuo sentado y plano lateral.....	48
Ilustración 23 Factor de forma entre un individuo sentado y plano superior e inferior.	49
Ilustración 24 Factor de forma entre un individuo sentado y plano frontal.	50
Ilustración 25 Determinación factores de forma planos paralelos.	51
Ilustración 26 Factor de forma entre planos paralelos.	52
Ilustración 27 Determinación factor de forma planos perpendiculares con una arista común.	53
Ilustración 28 Factor de forma entre Planos perpendiculares unidos por una arista.....	53
Ilustración 29 Representación de un encerramiento con n superficies.	54
Ilustración 30 Menú principal.	61
Ilustración 31 Valores de dimensiones y ubicación.....	62
Ilustración 32 Menú Para ingresar Valores de Temperaturas y Emisividades.....	63
Ilustración 33 Pantalla de Resultados FactorTrm.xlsm.....	63
Ilustración 34 Informe generado por FactorTrm.xlsm en extensión PDF.	64
Ilustración 35 TMR Vs Temperatura de techo a diferente valores de emisividad.....	65

DISEÑO DE UNA APLICACIÓN COMPUTACIONAL PARA EL CÁLCULO DE FACTOR DE VISION Y TEMPERATURA MEDIA RADIANTE EN ESPACIOS ARQUITECTONICOS

F. Orbes^a, C. Herrera^b.

^{a,b}*Universidad del valle, Meléndez, Cali, Colombia*

Resumen

Para que una edificación sea vivible, debe ofrecer confort. Una de las maneras de calcular el confort es mediante el índice propuesto por FANGER. Para determinarlo es necesario calcular varios parámetros, entre ellos la temperatura media radiante, la humedad relativa, la temperatura ambiente, la velocidad del aire, el metabolismo y la vestimenta. La temperatura media radiante es fundamental para determinar si un espacio es confortable o no. Puede obtenerse a través de instrumentos de medición o de cálculos de transferencia de calor. La temperatura media radiante está directamente relacionada con las temperaturas de todas las superficies y sus emisividades, esta última propiedad determina la cantidad de energía que las superficies irradian al individuo.

El cálculo de la temperatura media radiante se simplifica sensiblemente si se asume que todas las emisividades corresponde al cuerpo negro, pero se vuelve muy complejo cuando no se valida esta suposición; cosa que acontece, por ejemplo, con superficies de aluminio. El presente trabajo tiene como objetivo realizar una aplicación para calcular esta temperatura basado en el intercambio de energía entre todas las superficies y encontrar el flujo de calor neto del individuo hacia a las superficies considerando el valor de emisividades y temperaturas para cualquier dimensión del cerramiento.

Gracias al desarrollo fue posible encontrar la relación entre las emisividades de las superficies y la temperatura media radiante. Para valores de emisividades cercanas a cero las superficies tiene una pequeña participación en el cambio de energía. Para superficies donde la temperatura es mayor a la temperatura del cuerpo humano lo recomendable es usar materiales de baja emisividad para evitar que el individuo gane energía, lo que provocaría un aumento de temperatura media radiante. En climas cálidos este efecto incomoda al confort, pero en climas frío sería lo más recomendable.

Palabras clave: Factores de forma, Temperatura media radiante, Emisividad, radiación Térmica, Recinto.

INTRODUCCIÓN

La radiación térmica es un fenómeno presente en el universo, que permitió el desarrollo de la vida, pues es la primera fuente de energía; las ondas viajan a través del universo e inciden en la superficie terrestre.

Entender el fenómeno de radiación térmica permite mejorar y optimizar los materiales que se implementan durante el diseño de viviendas o espacios donde habiten individuos.

En el diseño de edificaciones se debe considerar la incidencia solar sobre fachadas y techos, pues debido a su gran área superficial captan demasiada radiación solar. Los diseñadores, para mitigar esta incidencia, orientan las edificaciones en el sentido donde la incidencia solar capte la menor energía posible, dependiendo del clima y zona geográfica. Estos esfuerzos tienen como objetivo mejorar el confort térmico.

En ambientes cálidos es recomendable disminuir la incidencia solar sobre grandes áreas, puesto que estas incrementan la temperatura al interior de las fachadas. Un incremento de temperatura sobre fachadas aumenta la energía entrante, afectando directamente a los ocupantes de estos recintos.

Determinar la cantidad de energía que las fachadas logran emitir hacia el interior del recinto se vuelve un objetivo clave puesto que a mayor capacidad de emitir energía, mayor es la ganancia por parte de los ocupantes. La cantidad de energía capaz de emitirse desde una superficie

la determina su emisividad. Este valor es de mayor interés en radiación, porque a valores de emisividades cercanos a cero la superficie dejaría de emitir energía.

En la actualidad, los diseñadores de edificaciones consideran importante el uso eficiente de energía y el confort. Así pues, se procura minimizar el consumo de electricidad y evitar la utilización de sistemas de aire acondicionado y sistemas de ventilación mecánica.

Como bien lo plantea **Fanger** [1] en su procedimiento de cálculo de confort, es importante contemplar las diferentes variables que influyen en la valoración del ambiente térmico por ejemplo en un entorno laboral, una habitación de vivienda, una cocina. Para establecer el índice de conformidad o inconformidad del espacio, el método de Fanger considera el **nivel de actividad**, las **características de la ropa**, la **temperatura de bulbo seco**, la **humedad relativa**, la **temperatura media radiante** y la **velocidad del aire**. Todas estas variables influyen en los intercambios térmicos hombre-entorno, afectando la sensación de confort. La de más difícil cálculo es la temperatura media radiante; la temperatura media radiante depende de la geometría del espacio donde se evalúa y de la emisividad del material de las superficies, típicamente la temperatura media radiante asume que las superficies se comportan como cuerpo negro, suposición que aquí se rebate dado que existen productos que arquitectónicamente son muy comunes y de baja emisividad, como por ejemplo el aluminio. En este caso la suposición mencionada carece de validez.

Dado lo anterior el presente trabajo tiene como propósito desarrollar una aplicación computacional utilizando el software EXCEL, que se encargue de calcular los factores de forma para diferentes posiciones del sujeto en un

espacio con forma cubica, y para determinar la temperatura media radiante, con el fin de poder obtener un nuevo índice de fanger para cada valor de temperatura media radiante Esta será calculada ingresando los datos de temperaturas, emisividad, ubicación del sujeto, y medidas del recinto. La temperatura media radiante sirve como insumo para determinar el confort.

Finalmente se presentan conclusiones y recomendaciones, y queda a disposición de la comunidad un software.

1. ANTECEDENTE DEL PROBLEMA

El cálculo de confort térmico se ha vuelto de común interés no solo para ingenieros mecánicos sino también para arquitectos y profesionales de la construcción; el objetivo principal es evitar espacios que generen inconformidad térmica. Numerosos trabajos de grado tanto de pregrado y postgrado han concentrado el esfuerzo en el cálculo de confort térmico, el cual calcula el índice de Fanger para establecer si un espacio es vivible o no, adoptado por ASHRAE, y que aquí no se incluye por ser de dominio público.

Fanger propuso el cálculo de un índice que determina el confort térmico, en función de producción interna de calor, resistencia térmica debido a la vestimenta, temperatura del aire, presión de vapor, velocidad relativa del aire, temperatura de la piel, perdida de calor por evaporación y temperatura media radiante .

Para el cálculo de temperatura media radiante se requiere el factor de forma, que es una propiedad geométrica que depende exclusivamente de

las dimensiones y orientación del individuo frente a las demás superficies. En muchas geometrías este factor de forma se convierte en un objetivo sumamente complicado de obtener, en este trabajo se define el espacio a trabajar de forma cubica, puto que la mayoría de los espacios ocupados presentan esta configuración.

La temperatura media radiante se ha convertido en un parámetro “irrelevante” para muchos profesionales de climatización y han optado por usar aproximaciones sin considerar el efecto de la emisividad de las superficies.

Algunos autores han optado por usar aproximaciones del cálculo de la temperatura media radiante, como la Ilustración 1, y la relacionan con las temperaturas de bulbo húmedo, seco y la velocidad del aire [2].

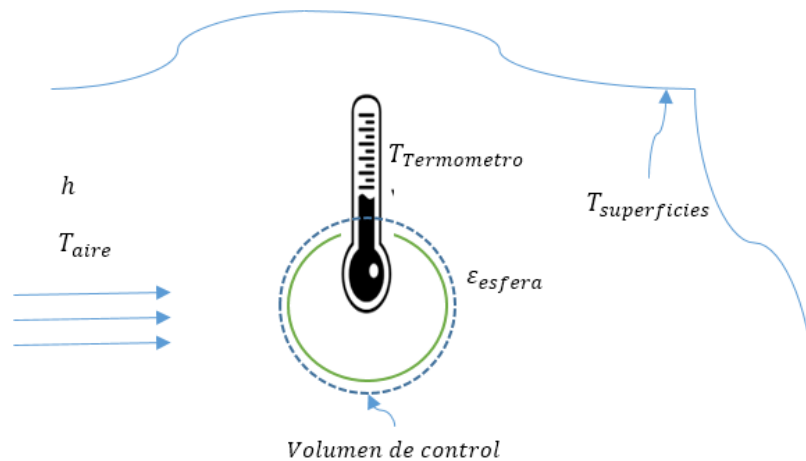


Ilustración 1 Medición temperatura media radiante.

En la actualidad una forma de obtener la TMR es a través del medidor WBGT, consiste en un termómetro introducido en una esfera de diámetro D con un espesor aproximadamente de 1mm , de color negro mate con un

valor de emisividad de 0,95. El modelo está representado en la Ilustración 1.

La Temperatura de Globo, la Temperatura de Aire y la Velocidad de Aire en un recinto se utiliza para el cálculo de la TMR, cuando esta alcanza equilibrio térmico en el volumen de control Ilustración 1,

$$Q_{\text{Convección}} = Q_{\text{Radiación}}$$

$$h * (T_{\text{aire}} - T_{\text{Termometro}}) = \varepsilon_{\text{esfera}} * \sigma * (T_{\text{superficies}}^4 - T_{\text{Termometro}}^4)$$

$$T_{\text{superficies}} = \left[\frac{h * (T_{\text{aire}} - T_{\text{Termometro}})}{\varepsilon_{\text{esfera}} * \sigma} + T_{\text{Termometro}}^4 \right]^{\frac{1}{4}}$$

Donde $T_{\text{superficies}}$ es igual a TMR,

h = Coeficiente de convección (esfera)

$\varepsilon_{\text{esfera}}$ = Emisividad de la esfera.

σ = Constante Stephan Boltzman.

El coeficiente de convección se calcula a partir de la expresión propuesta por Whitaker;

$$Nu_{\text{esfera}} = \frac{hD}{k} = 2 + [0.4Re^{1/2} + 0.06Re^{2/3}] * Pr^{0.4} * \left(\frac{\mu_{\infty}}{\mu_s} \right)^{1/4}$$

$$\mu_{\infty} = \frac{T_{\text{aire}} + T_{\text{Termometro}}}{2}$$

Las propiedades de k , Pr , μ_s se determinan a la temperatura del aire T_{aire} . μ_∞ , se determina a partir del promedio entre la temperatura del aire y el termómetro.

Una de las imprecisiones de este medidor se debe al valor del coeficiente de convección y el tiempo de lectura, puesto que requiere estar en equilibrio para obtener un buen dato de TMR, este también es susceptible a la ubicación del medidor puesto que depende de los factores de forma entre las superficies y el globo.

Para otros autores el cálculo de la temperatura media radiante se ha resumido al de temperatura media ponderada de las superficies, ecuación 2, el cual no contempla el valor de las emisividades de las superficies y el impacto que estas generan.

$$TMR = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot T_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Ecuación 1 Temperatura media radiante como promedio de temperaturas

Para obtener espacios confortables usualmente lo que se hace es utilizar un promedio ponderado de los factores de forma excluyendo las emisividades, la ASHRAE (2009) indica, ecuación 2, que: “la temperatura media radiante puede ser calculada con base a la orientación de la persona en el recinto y la temperatura de cada una de las superficies, asumiendo que las superficies se comportan como un cuerpo negro ($\epsilon=1$)”. [3]

$$T_r^4 = T_1^4 * F_{P \rightarrow 1} + T_2^4 * F_{P \rightarrow 2} + \dots + T_N^4 * F_{P \rightarrow N}$$

Ecuación 2

Con lo anterior es evidente que la emisividad se está asumiendo en un mismo valor, usualmente (1), ignorando el efecto de las emisividades de las superficies sobre la persona. Por ello se requiere corregir el cálculo de la temperatura media radiante, considerando los diferentes valores de emisividad de las superficies [3].

Así pues, la aplicación tiene como función obtener la temperatura media radiante y transferencia de calor entre un individuo y el espacio que lo rodea involucrando los diferentes valores de emisividades y temperaturas.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Obtener la temperatura media radiante para un espacio cerrado considerando la ubicación de la persona y la emisividad de cada una de las superficies de manera rápida y precisa. Para calcular la temperatura media radiante se requiere determinar inicialmente sus factores de forma, la cual relaciona las dimensiones del recinto.

2. JUSTIFICACION

La temperatura media radiante es uno de los aspectos más importantes en la valoración de la sensación de confortabilidad de un individuo, sobre todo a temperaturas relativamente altas ($>25^{\circ}\text{C}$). El cálculo apropiado de esta variable permite lograr un diseño óptimo de una edificación, de tal forma, que los individuos puedan desarrollar sus actividades con sensaciones térmicas agradables y que, además generen menores tasas de consumo energético.

2.1 CÁLCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA RADIANTE ANÁLISIS DE UN CUERPO EN UNA CAVIDAD

La temperatura media radiante se define como la temperatura uniforme y equivalente del recinto, que produce el mismo intercambio de energía del individuo con las otras superficies que se encuentran a igual o diferentes temperaturas y emisividades

Ilustración 2.

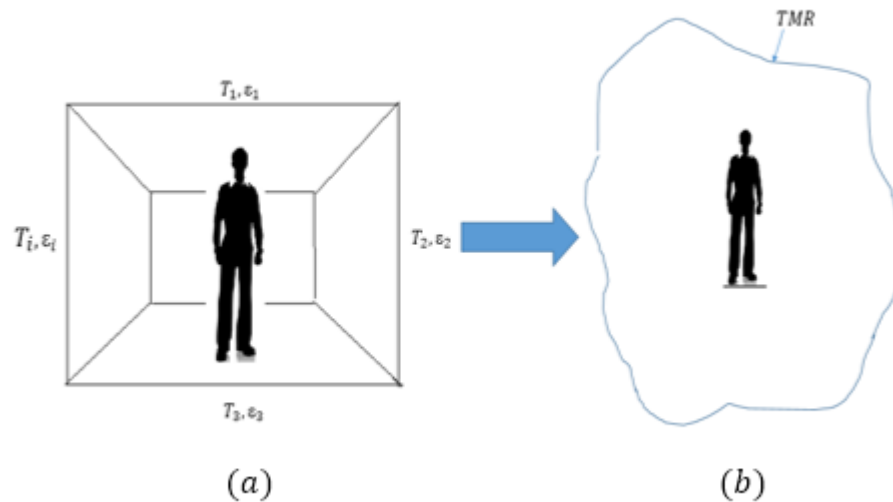


Ilustración 2 Definición de temperatura media radiante (a) caso real (b) caso idealizado.

Cada una de las superficies Ilustración 2(a) intercambia energía con el individuo, las temperaturas al igual que sus emisividades. Se requiere entonces determinar un valor de temperatura Ilustración 2(b) que produzca el mismo intercambio de energía que en el caso Ilustración 2(a).

Para el caso b de la Ilustración 2 se observa que el individuo intercambia energía con una superficie equivalente a la del caso a, con la aclaración que esta se encuentra a una sola temperatura (TMR) y valor de emisividad (ε_2). Al encontrarse a una temperatura uniforme todo el recinto y el individuo dentro de ella, se hace uso de la analogía del circuito eléctrico entre un cuerpo en una cavidad Ilustración 3 .

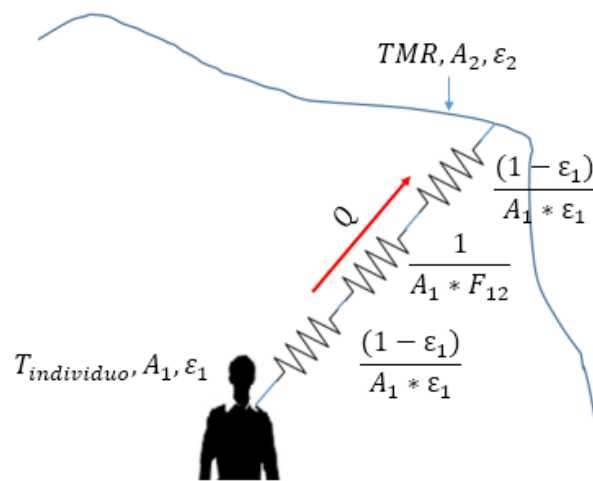


Ilustración 3 Representación de resistencia del flujo de calor entre el individuo y el recinto.

B_2 Es la energía máxima del individuo que depende de su temperatura y emisividad, la primera resistencia se debe a que el individuo no emite como un cuerpo negro, sino por debajo de esta. La segunda resistencia relaciona la oposición de emitir el flujo hacia la otra superficie la cual depende de su factor de forma, para este caso el factor de forma entre estas dos superficies es 1, ya que la superficie 2 se encuentra a un solo valor de temperatura (TMR) y el individuo se encuentra dentro de esta ($F_{12} = 1$) Ecuación 3 .

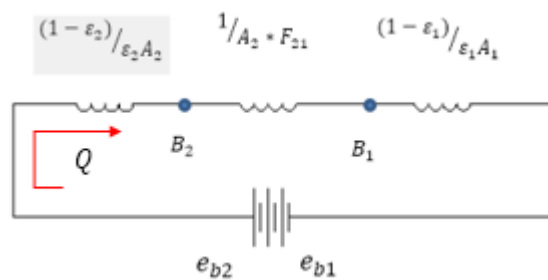


Ilustración 4 Analogía del circuito eléctrico para el cálculo de transferencia de calor de dos superficies.

$$Q_{net} = \frac{\sigma * (T_1^4 - TMR^4)}{\left(\frac{(1 - \varepsilon_1)}{\varepsilon_1 A_1} \right) + \left(\frac{(1 - \varepsilon_2)}{\varepsilon_2 A_2} \right) + \left(\frac{1}{A_2 * F_{21}} \right)}$$

Ecuación 3 Flujo de calor entre el individuo y la superficie a temperatura uniforme.

En este caso de estudio el área $A_2 \gg A_1$ obtenemos la ecuación de flujo de calor de un individuo en un recinto simplificada donde TMR corresponde a la Temperatura Media Radiante, T_1 y ε_1 es la temperatura y la emisividad del individuo y Q_{net} es el flujo de calor entre la persona y las demás superficies que se encuentran a cualquier valor de temperatura y emisividad.

Observe que;

$$A_2 * F_{21} = A_1 * F_{12}$$

$$F_{12} = F_{21} = 1$$

$$A_2 \gg A_1$$

$$\varepsilon_2 \neq 0$$

$$Q_{net} = \frac{\sigma * (T_1^4 - TMR^4)}{\frac{1}{A_1} * \left[\left(\frac{(1 - \varepsilon_1)}{\varepsilon_1} \right) + \left(\frac{(1 - \varepsilon_2) * A_1}{\varepsilon_2 A_2} \right) + \left(\frac{1}{F_{12}} \right) \right]}$$

$$Q_{net} = \frac{A_1 * \sigma * (T_1^4 - TMR^4)}{\left[\left(\frac{1}{\varepsilon_1} \right) - 1 + 1 \right]}$$

$$Q_{net} = \frac{A_1 * \sigma * (T_1^4 - TMR^4)}{\left(\frac{1}{\varepsilon_1} \right)}$$

Ecuación 4 Flujo d calor entre el individuo y la superficie a temperatura uniforme simplificada.

Despejando TMR de la Ecuación 4 se obtiene la expresión de la temperatura media radiante Ecuación 5.

$$TMR = \left[T_1^4 - \frac{Q_{net}}{A_1 * \varepsilon_1 * \sigma} \right]^{\frac{1}{4}}$$

Ecuación 5 Temperatura Media Radiante.

La TMR depende del flujo de calor que intercambia el individuo con las demás superficies, estas pueden estar a temperaturas distintas y tener emisividades diferentes. Por tanto de la Ecuación 5 se requiere determinar el flujo de calor neto del individuo.

Queda entonces planteada la ecuación de la temperatura media radiante entre dos superficies (individuo y alrededores), y para ello se requiere el flujo neto de calor al individuo, que depende de los factores de forma y emisividades, y temperaturas superficiales, justificando la bondad de este proyecto.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una aplicación que permita obtener la temperatura media radiante de un espacio arquitectónico a partir de las cargas en paredes, techo y suelo.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 3.1.1 Identificar los parámetros, y las variables matemáticas relevantes para el cálculo de la temperatura media radiante.
- 3.1.2 Definir la ecuación para el cálculo de la temperatura media radiante
- 3.1.3 Elaborar un programa o algoritmo que facilite determinar los factores de forma, temperatura media radiante y las radiaciones (F_{ij} , Q_i).

4. MARCO TEÓRICO

La radiación térmica se emite por todo objeto cuya temperatura este por encima del cero absoluto, esta radiación está definida de 0.1 hasta 100 μm en el espectro electromagnético; en este sentido todo cuerpo emite y absorbe radiación. La cantidad de energía por radiación emitida depende del material de la superficie y de su temperatura, esto quiere decir que los cuerpos emiten diferente cantidad de energía por radiación a diferentes temperaturas.

Todas las formas de materia emiten radiación. Para gases y para sólidos semitransparentes, como vidrio y cristales de sal a temperaturas muy elevadas, la emisión es un fenómeno volumétrico. [5]

Sin embargo, para los sólidos opacos (no transparentes), como los metales, la madera y las rocas, se considera que la radiación es un fenómeno superficial, ya que lo emitido desde el interior nunca puede llegar hasta la superficie y lo que incide suele ser absorbido dentro de unas cuantas micras de la superficie [5]

Resumen ejecutivo sobre temas de radiación a usar en este desarrollo.

Para cuantificar la cantidad de energía que emite una superficie es necesario definir la intensidad de radiación emitida.

La intensidad de radiación emitida se define como la razón de energía de radiación por unidad de área normal y por unidad de ángulo sólido en torno a esta misma dirección [6].

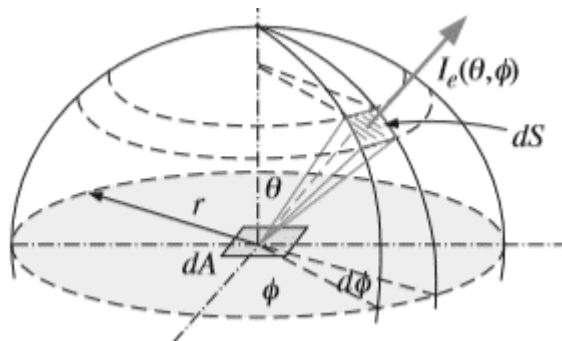


Ilustración 5 Intensidad de radiación emitida por una área infinitesimal.

A partir de la Ilustración 5 se desarrolla la expresión para la intensidad de radiación. Donde θ y ϕ es su dirección.

$$I_e(\theta, \phi) = \frac{dQ_e}{dA * \cos(\theta) * dW}$$

Ecuación 6 Intensidad de radiación

Donde $dA * \cos(\theta)$ es el área interceptada y dW es la porción de ángulo solido que corresponde esta cantidad de energía, esta definición es importante pues lleva a la definición de poder de emisión, dE , Ecuación 7.

$$dE = \frac{dQ_e}{dA} = I_e(\theta, \phi) * \cos(\theta) * dW$$

Ecuación 7 Poder de emisión diferencial.

Para cuerpos no difusos $I_e(\theta, \phi)$ es un valor no constante puesto que depende de la dirección en la cual se intercepta, para cuerpos difusos $I_e(\theta, \phi) = I$ Ilustración 6; no hay dependencia de la dirección y permanece constante.

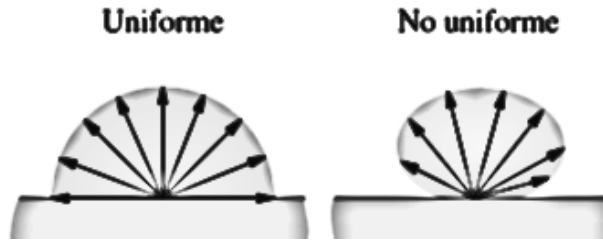


Ilustración 6 Distribución de intensidad de radiación cuerpo difuso y no difuso.

Sumando cada uno de las potencias emisivas Ecuación 7 se obtiene la potencia total emisiva de una superficie Ecuación 8.

$$E = I * \iint \cos(\theta) * \sin(\phi) * d\phi * d\theta = \pi I$$

Ecuación 8 Potencia emisiva total.

Para el estudio de la cantidad de energía que transmite un objeto se emplea un cuerpo idealizado conocido como cuerpo negro, la mayor

particularidad de este cuerpo se debe a que la máxima energía que puede emitir a una temperatura T es igual a:

$$E_b(T) = \sigma T^4$$

Ecuación 9 Potencia emisiva de un cuerpo negro.

A partir de la potencia emisiva de un cuerpo negro se puede determinar la energía de un cuerpo real que se encuentren a la misma temperatura. A la relación entre la potencia emisiva de un cuerpo real y un cuerpo negro se conoce como emisividad.

$$\varepsilon(T) = \frac{E_{Real}(T)}{E_b(T)}$$

Ecuación 10 Emisividad.

La emisividad juega un papel importante puesto que, como se plantea en la ecuación 10, un valor de emisividad bajo, indica que la energía que puede emitir una superficie real a una temperatura T , es baja.

4.1 ABSORTIVIDAD, REFLEXIÓN Y TRANSMISIVIDAD

Suponga un cuerpo en el cual sobre él incide radiación. Realizando un balance sobre el cuerpo, Ilustración 7, tenemos que parte de la energía que incide es reflejada, otra parte la absorbe el cuerpo y la restante transmitida. [5].

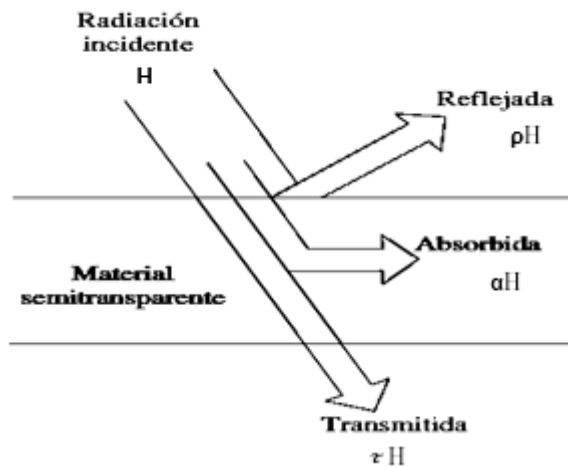


Ilustración 7 Absorción, reflexión y transmisión de la energía incidente.

Los valores de reflexión, absorptividad y transmisividad son fracciones correspondientes de la radiación incidente sobre la superficie.

$$H = \rho H + \tau H + \alpha H$$

Ecuación 11 Radiación incidente.

$$1 = \rho + \tau + \alpha$$

Ecuación 12 Propiedades de una superficie en radiación.

De la Ecuación 12 se obtiene;

$$1 = \rho + \alpha \text{ cuerpos opacos } \tau = 0$$

$$1 = \tau + \alpha \text{ cuerpos semitransparentes y algunos gases } \rho = 0$$

4.2 LEY DE KIRCHHOFF

Un cuerpo dentro de un recinto grande isotérmico que se encuentra a la misma temperatura, emisividad ε y absorptividad α , y el recinto se comporta

como un cuerpo negro, entonces, la energía que incide sobre el recinto es igual a la emitida por el cuerpo.

$$\varepsilon \sigma T^4 = \alpha \sigma T^4$$

$$\varepsilon = \alpha$$

De lo anterior se puede concluir que la absorptividad es igual a la emisividad, esto es válido cuando la temperatura del cuerpo dentro del recinto y el recinto no presenten gran diferencia. Por tanto no es válido a temperatura terrestre comparada con solar.

4.3 ANALOGÍA DEL CIRCUITO ELÉCTRICO PARA EL INTERCAMBIO DE CALOR ENTRE CUERPOS GRISES Y OPACOS ($\tau = 0$)

4.3.1 Caso 1. Intercambio entre dos superficies

Para esta simplificación las dos superficies deben intercambiar energía. El flujo de calor de cada superficie, como se muestra en la Ilustración 8 , es igual a la diferencia entre la radiación incidente y la radiosidad [7].

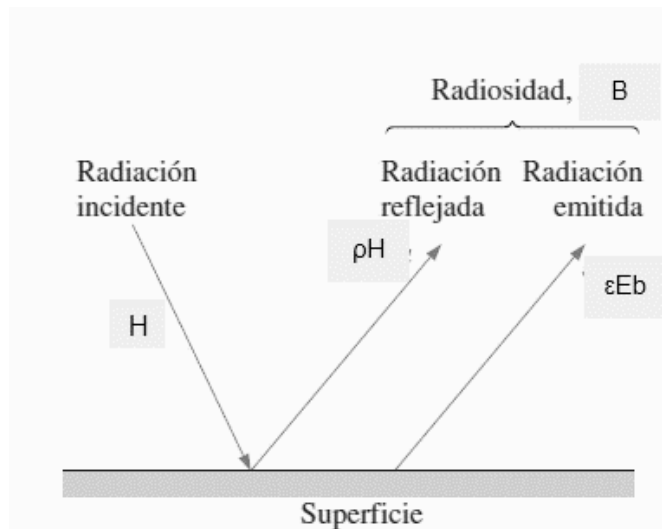


Ilustración 8 Radiación incidente y radiosidad de una superficie gris y opaca.

$$q = H - B = B - \frac{B - \varepsilon e_b}{\rho}$$

Ecuación 13 Flujo de calor en una superficie.

Reescribiendo se obtiene,

$$Q = \frac{e_b - B}{(1 - \varepsilon / \varepsilon A)} \quad (14)$$

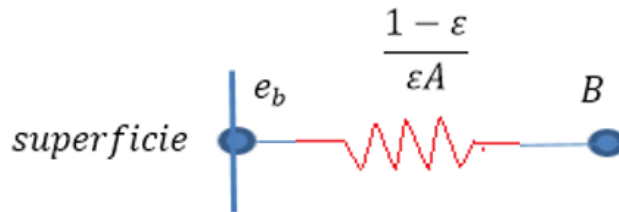


Ilustración 9 Resistencia equivalente para una superficie.

Cuando dos superficies se orientan de tal forma que su factor de forma es diferente de cero, se obtiene el arreglo de la Ilustración 10, donde aparece una tercera resistencia que está asociada a su geometría y orientación (factor forma).

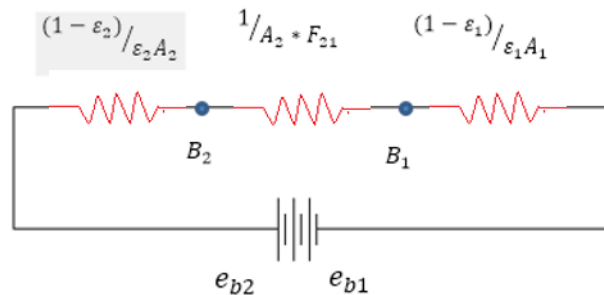


Ilustración 10 Resistencia equivalente para dos superficies intercambiando energía.

4.3.2 Caso 2. Intercambio entre tres superficies

Considérese tres superficies con diferentes valores de emisividad, áreas y las cuales intercambian energía entre ellas; para calcular el flujo de calor entre las superficies a través de la analogía del circuito eléctrico se requiere

realizar el arreglo de resistencias, el cual se representa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

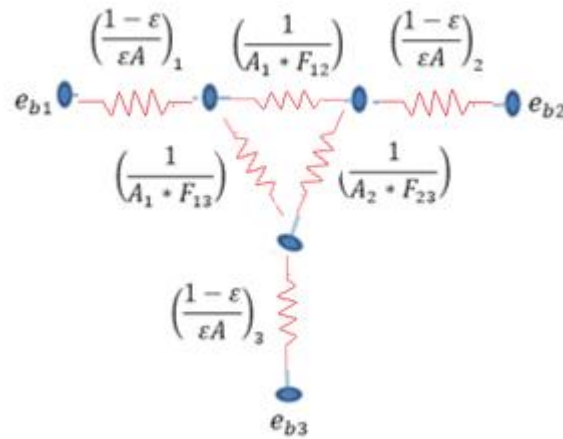


Ilustración 11 Arreglo de resistencia para tres superficies.

Las tres primeras resistencias hacen parte de la emisividad de cada superficie, al igual que su área $\left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon A}\right)_1$, $\left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon A}\right)_2$ y $\left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon A}\right)_3$. Las tres resistencia restantes relacionan la oposición del flujo de calor entre ellas, donde depende de las relaciones geométricas entre cada superficie (factores de forma).

De la ilustración se puede observar que cuando la emisividad de cada superficie tiende a cero, la resistencia equivalente tiende a infinito, indicando el carácter re-radiante de las superficies. Toda la energía que incide sobre ella es devuelta; este efecto equivale a aislar la superficie.

Análisis similares pueden hacerse en espacios de más de tres superficies con una red un poco más complicada.

5. CALCULO DEL FLUJO DE CALOR DEL INDIVIDUO Y LAS SUPERFICIES.

Para determinar la temperatura media radiante se llegó a Ecuación 14. Donde el flujo de calor del individuo (Q_{net}) es un insumo que debe conocerse previamente.

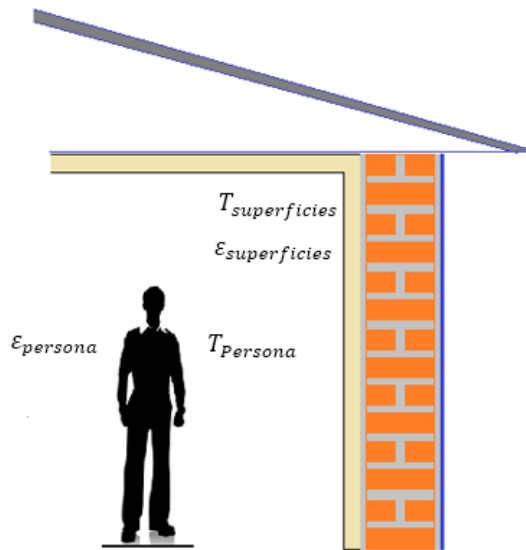
$$TMR = \left[T_1^4 - \frac{Q_{net}}{A_1 * \varepsilon_1 * \sigma} \right]^{\frac{1}{4}}$$

Ecuación 14 Temperatura media radiante.

El flujo de calor del individuo depende del valor de temperaturas de cada superficie, con la analogía del circuito eléctrico es posible obtener este flujo, pero requiere determinar el arreglo de resistencias de cada una de las superficies Ilustración 10, lo cual, como ya se dijo, puede resultar complejo para más de 3 superficies.

Para calcular el Q_{net} se propone realizar un balance de energía para un sistema cerrado donde solo se considera el efecto de la transferencia de calor por radiación en superficies grises y difusas, para no recurrir a la analogía del circuito eléctrico.

La transferencia de calor entre superficies relaciona su temperatura, emisividad y los factores de forma; por tanto se requiere determinar o definir el valor de cada uno de los parámetros, el esquema del espacio a modelar se ve en la Ilustración 12.



$$Tmr(T_{persona}, \epsilon_{persona}, T_{superficies}, \epsilon_{superficies}, Relaciones\ geométricas)$$

Ilustración 12 Valores necesarios para el cálculo de TMR.

Los valores de emisividad son exclusivos del material a usar, las relaciones geométricas dependen de las dimensiones del recinto, la posición y orientación del individuo, con lo cual se define el espacio a evaluar y se determinará dichas relaciones; la temperatura al interior de la superficie para el caso edificaciones ya construida se mide con una cámara termográfica o un termómetro infrarrojo; para una edificación en la etapa de diseño se debe determinar el flujo que atraviesan las superficies (paredes y techo) teóricamente; el flujo que atraviesa la pared o techo depende de la cantidad de energía solar que sobre ella incide.

5.1.1 Temperatura al interior de cada superficie.

El flujo de calor que atraviesa un muro o techo depende de las propiedades del material, la temperatura en el interior y la temperatura $t_{sol-air}$ [7], Ilustración 133.

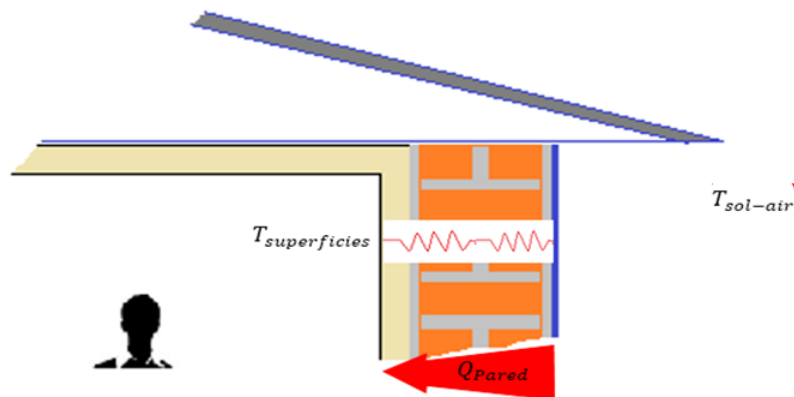


Ilustración 13 Flujo de calor en una pared.

$$Q_{pared} = U * A(t_{sol-air} - t_{interior})$$

Ecuación 15 Flujo de calor en una pared.

Donde la $t_{sol-air}$ es función de la incidencia solar (E_t).

Temperatura sol-aire.

Es la temperatura del aire equivalente exterior que da la misma velocidad de transferencia de calor a una superficie como si fuera la combinación de la radiación solar incidente, convección con el aire ambiente y el intercambio de calor por radiación con el cielo y las superficies de los alrededores”

5.1.2 Cálculo Temperatura sol-aire [7].

La energía total sobre una fachada se determina a partir del balance sobre esta, donde se considera la incidencia del sol, la convección y la transferencia de calor por radiación entre el medio ambiente y sus alrededores Ilustración 14.

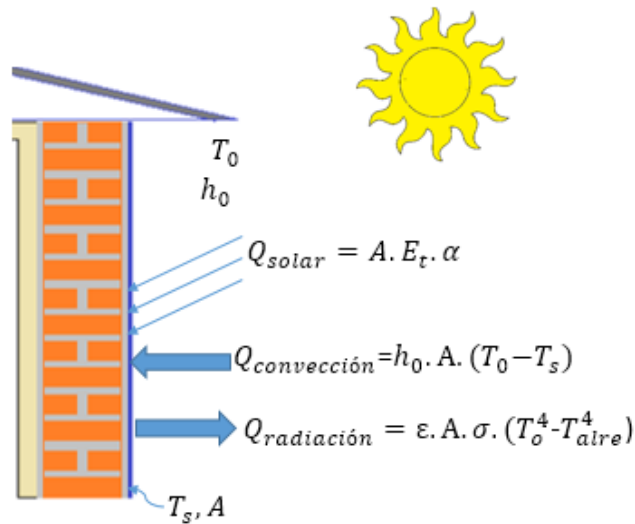


Ilustración 14 transferencia de calor en la superficie externa de una fachada.

T_0 =Temperatura ambiente

T_s =Temperatura de la superficie.

E_t =Incidencia solar.

h_0 = Coeficiente combinado (convección y radiación).

ϵ = Emisividad de la superficie.

σ = Constante Stephen-Boltzman.

Donde la energía total en la superficie es,

$$Q_{total} = h_0 \cdot A \cdot (T_0 - T_s) + A \cdot E_t \cdot \alpha - \epsilon \cdot A \cdot \sigma \cdot (T_0^4 - T_{alre}^4)$$

Ecuación 16 Transferencia de calor total sobre una fachada

La temperatura sol aire se determina a partir de un balance sobre la fachada, donde se considera la transferencia de calor debido solo a esta temperatura equivalente,

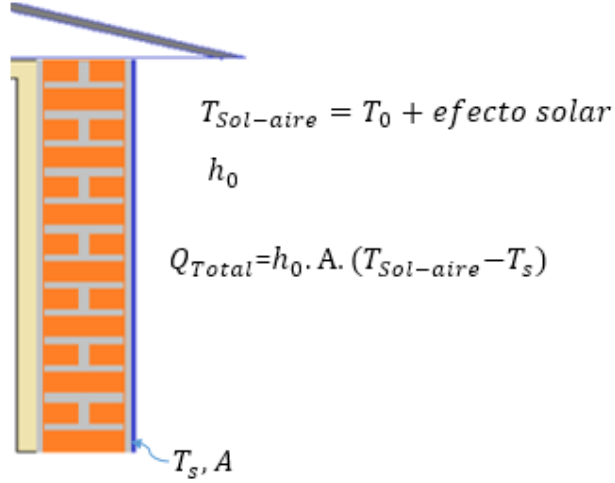


Ilustración 15 Transferencia de calor sobre una fachada idealizada.

$T_{sol-aire}$ = Temperatura sol-aire

T_s = Temperatura de la superficie.

h_0 = Coeficiente combinado (convección y radiación).

$$Q_{total} = h_0 \cdot A \cdot (T_{Sol-aire} - T_s)$$

Ecuación 17 Transferencia de calor sobre una fachada sin considerar los efectos del sol.

De la Ecuación 16 y Ecuación 17 se puede obtener la temperatura sol – aire, dado que estos dos flujos de calor son iguales. $T_{alrededores}$ Es la temperatura de los alrededores y es la combinación del efecto de la temperatura de las superficies visibles y la temperatura del cielo. Algunos autores acostumbran tomar la temperatura del cielo entre 5°C y 7°C por debajo de la temperatura ambiente [7]. Algunos valores sugeridos de h_0 se puede obtener de ASHRAE Handbook of Fundamentals, Ref. 1, Cap. 26.

$$T_{sol-aire} = T_{ambiente} + \frac{\alpha_s \cdot E_t}{h_0} - \frac{\varepsilon^* \sigma (T_{ambiente}^4 - T_{alrededores}^4)}{h_0}$$

Ecuación 18 Temperatura exterior equivalente.

5.1.3 Incidencia Solar.

Para el cálculo de cargas en fachadas se requiere determinar la incidencia solar en la zona de estudio, ASHRAE desarrolló un modelo de cálculo [3] que relaciona el tiempo y la hora solar, la inclinación entre la línea del sol y la tierra y el plano ecuatorial. La metodología aquí seguida corresponde a lo publicado por ASHRAE.

5.1.4 Ecuaciones de geometría e Intensidad de radiación de acuerdo al tiempo y hora solar

La tierra presenta un desplazamiento elíptico de la tierra hace que irradiación solar en la tierra, varíe de acuerdo a la Ilustración 16 y la Ecuación 19, entre 1353 -1413 W/m². La masa atmosférica y los diferentes gases o partículas presentes, hacen que la radiación proveniente del sol disminuya, al igual que otros factores como la topografía y el ángulo de incidencia [10]

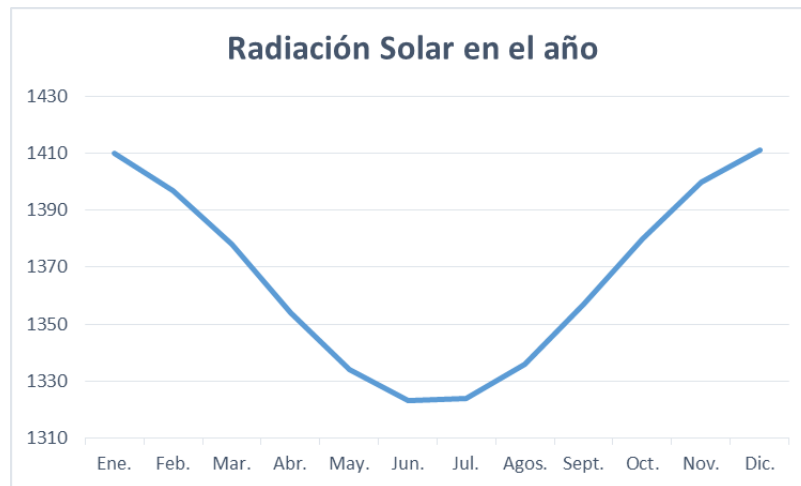


Ilustración 16 Radiciación solar en el año

$$E_0 = E_{SC} * \left\{ 1 + 0.033 * \cos \left(360^\circ \frac{(n - 3)}{365} \right) \right\}$$

Ecuación 19 Incidencia solar alrededor del año.

n =Número del día en el año.

La organización mundial meteorológica propuso en 1983 el valor de 1367 W/m², para la intensidad de radiación solar perpendicular al plano horizontal terrestre (E_{SC}).

Para determinar la cantidad de energía incidente, primero es necesario determinar la posición del sol con respecto a la ubicación de nuestra vivienda, la posición del sol está determinada por la ecuación que define la posición del sol debido a la traslación y rotación, la Ecuación 20 es una propuesta de Spencer (1971) la cual adopto ASHRAE para determinar el tiempo solar.

$$ET = 229.18 * \left\{ 7.5 * 10^{-5} + 18.68 * 10^{-4} * \cos\left(\frac{2\pi}{365}(n-1)\right) - 32.077 * 10^{-3} * \sin\left(\frac{2\pi}{365}(n-1)\right) - 14.615 * 10^{-3} * \cos\left(\frac{4\pi}{365}(n-1)\right) - 40.89 * 10^{-3} * \sin\left(\frac{4\pi}{365}(n-1)\right) \right\}$$

Ecuación 20 Ec. Tiempo solar.

n =Número del día en el año.

El tiempo solar verdadero es el tiempo observado por el movimiento diario del Sol en el firmamento con base al punto de ubicación local. Y es el tiempo en el cual el sol pasa por un mismo punto dado la ubicación.

$$AST = LST + ET + 4 * (LSM - LON)$$

AST=Tiempo solar aparente

LST= Hora local estándar.

LSM= Meridiano local estándar.

LON=Longitud local.

Las anteriores ecuaciones nos permite determinar la trayectoria del sol respecto a nuestra ubicación local; sin embargo se requiere determinar la Energía total incidente con base en la posición del sol.

La posición del sol se expresa en términos de la altitud y la azimut medida con respecto a la dirección sur en sentido anti horario. Estos valores dependen de la declinación solar, tiempo solar aparente y del ángulo horario..

$$H = 15 * (AST - 12)$$

La latitud β y el ángulo azimut Φ , se relacionan con las siguientes ecuaciones, la representación de estas variables se observa en la **¡Error!** **o se encuentra el origen de la referencia.** Ilustración 17 [3].

$$\text{sen } \beta = \cos L * \cos \delta * \cos H + \text{Sen} L * \text{sen} \delta$$

$$\cos \Phi = \frac{\text{sen } \beta * \text{sen } L - \text{sen} \delta}{\cos \beta * \cos L}$$

Donde δ es la declinación solar, la cual se determina a partir del ángulo inclinado de la tierra ($23,5^\circ$) sobre su eje polar y el movimiento elíptico de la tierra. ASHRAE adoptó la aproximación propuesta por Cooper.

$$\delta = 23,45 \text{Sen} \left(\frac{2\pi}{365} (284 + n) \right)$$

Ecuación 21 Declinación solar propuesta por Cooper.

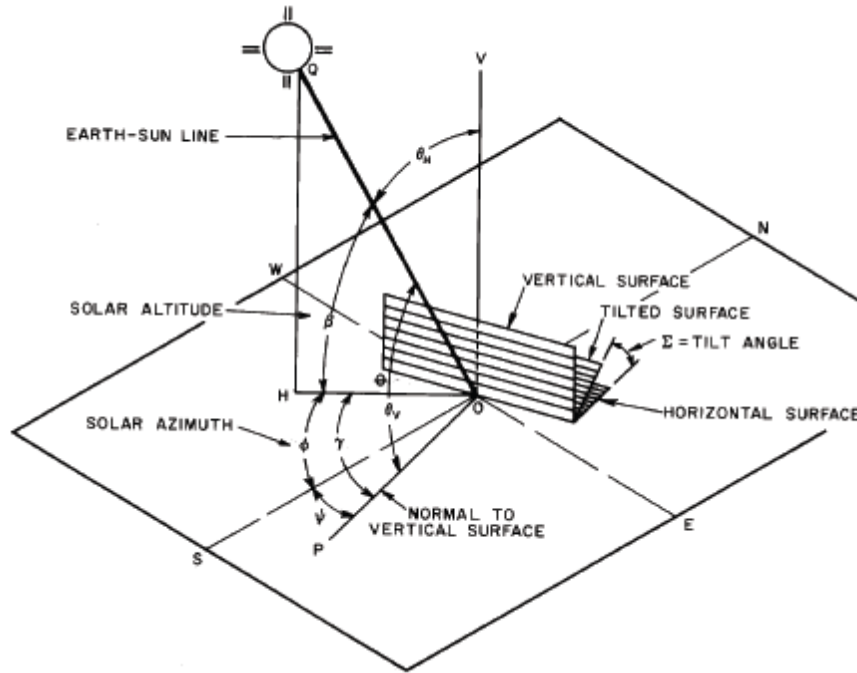


Ilustración 17 Variables medidas desde un plano vertical y horizontal [3]

5.1.5 Energía incidente sobre las superficies de los edificios.

Se determinó la cantidad de energía que impacta a la superficie terrestre, ahora es necesario determinar qué porcentaje de esta energía incide sobre las superficies del edificio, las cuales presentan diferente orientación. Una vez determinada la energía que incide se calcula la energía que se transfiere al interior de la pared o techo.

$$E_t = E_{DN} * \cos \theta + E_d + E_r$$

Donde,

$$E_{DN} = \frac{A}{e^{\left(\frac{B}{\sin \beta}\right)}}$$

$$E_d = C * Y * E_{DN}$$

$$E_r = E_{DN} * (C + \sin \beta) * \rho_g * \frac{(1 - \cos \Sigma.)}{2}$$

E_t =Potencia solar total incidente

E_{DN} =Radiacion solar directa.

E_d =Radiacion solar difusa.

E_r =Radiacion solar reflejada.

Debido a las diferente variables que se consideran para el calculo de cargas termicas en edificaciones, el ingeniero Byron Alejandro Macías Morales desarrollo en conjunto con el profesor Carlos Herrera una aplicación (Qcalc1.0.xlsm) que facilita el cálculo de estas cargas [11], teniendo en cuenta la ubicación geográfica y los diferentes materiales con los cuales se construyen los edificios.

La temperatura al interior de la edificación es la que intercambia energia por radiación con los ocupantes, a partir de esta temperatura y los diferentes valores de emisividad es posible obtener la Temperatura Media Radiante (TRM), uno de los parametros para determinar si un espacio es o no confortable.

5.2 VARIABLES RELEVANTES PARA EL CÁLCULO DE FACTOR DE FORMA.

El intercambio de energía por radiación entre superficies, no se ve afectado por el medio que los separa. Tales medios -no participantes- incluyen el vacío y el aire a temperaturas bajas [12].

El análisis de radiación térmica implica todas las superficies, no importa que lejos se encuentren. El intercambio mutuo de energía debe considerarse simultáneamente. Este intercambio además de la temperatura de cada superficie, también depende en parte de su tamaño, separación entre superficies y orientación, lo último conduce a una función llamada factor de forma también llamado: factor de visión, factor geométrico, etc.

Las propiedades de las superficies en intercambio de energía por radiación térmica son de gran relevancia, estas propiedades (ε) depende de la temperatura a la cual se encuentra cada superficie.

5.2.1 Factor de forma.

Para determinar la cantidad de energía de un elemento de superficie dA_1 hacia un elemento de superficie dA_2 , primero se establecerán las relaciones geométricas para este proceso difuso (superficies que absorben y emiten difusamente) conocidas como factor de forma, Ilustración 18 [10].

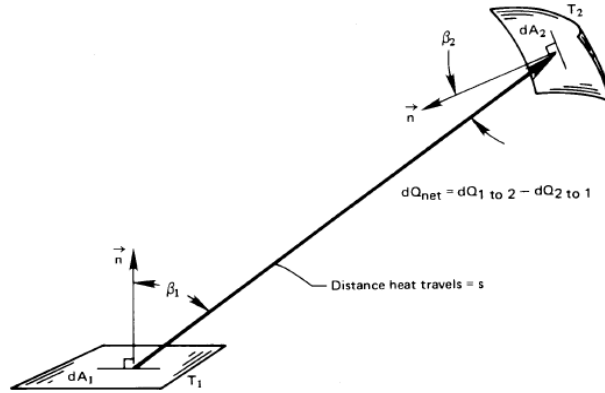


Ilustración 18 Transferencia de calor desde la superficie DA1 a DA2

El factor de forma para las dos áreas se definen como la proporción de energía que viaja desde dA_1 directamente e interceptada por dA_2 .

$$dF_{1-2} = \frac{\text{Energía difusa viajando desde } dA_1 \text{ directamente e interceptada a } dA_2}{\text{Energía difusa total viajando desde } dA_1}$$

Ecuación 22 Factor de forma entre 2 superficies diferenciales.

El factor de forma es infinitesimal, ya que solo una fracción infinitesimal puede ser interceptada por un área infinitesimal.

La energía difusa que viaja desde dA_1 y que es interceptada dA_2 se expresa en la Ecuación 23.

$$Q_{1-2} = \frac{I * dA_1 * dA_2 * \cos\beta_1 * \cos\beta_2}{s^2}$$

Ecuación 23 Energía desde dA1-dA2.

Q_1 Es la energía total de la superficie dA_1 Ecuación 24.

$$Q_1 = \pi * I * dA_1$$

Ecuación 24 Energía Total dA1

De las Ecuación 23 y Ecuación 24 se obtiene la expresión del factor de forma entre dos superficies infinitesimales Ecuación 25.

$$dF_{1-2} = \frac{I * dA_1 * dA_2 * \cos\beta_1 * \cos\beta_2}{\pi * I * dA_1 * S^2}$$

Ecuación 25 Factor de forma entre dA1-dA2.

Integrando la Ecuación 25 se obtiene el factor de forma total entre la superficie 1 y 2 [12].

$$F_{1-2} = \iint \frac{dA_1 * dA_2 * \cos\beta_1 * \cos\beta_2}{\pi S^2}$$

Ecuación 26 Factor de forma total entre las superficies 1 y 2.

5.2.2 Regla de reciprocidad y suma.

Una de las implicaciones que se tiene, si se asume que el campo de radiosidades no varía es la ley de reciprocidad [12].

$$F_{1-2} = \frac{\int \frac{I(r_j) * dA_1 * dA_2 * \cos\beta_1 * \cos\beta_2}{\pi S^2}}{\int I(r_2) * dA_2} \quad (20)$$

$$F_{1-2} = \frac{1}{A_1} * \iint \frac{\cos\beta_1 * \cos\beta_2 * dA_1 * dA_2}{\pi S^2} \quad (21)$$

$$A_1 * F_{1-2} = A_2 * F_{2-1} \quad (22)$$

Finalmente para un encerramiento con N superficies con intensidades constantes se cumple que:

$$\sum_{i=1}^n F_{1-n} = 1 \quad (23)$$

5.3 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE FORMA EN EDIFICACIONES.

El número de superficies que intercambia energía en una edificación se define por la forma de su espacio. Tomando como referencia distribuciones de espacios en las viviendas por las constructoras, se asocia a un cubo el espacio a evaluar. Definido el espacio el número de superficies que intercambian energía son 7.

Sub-índice	Superficie
1	Persona
2	Pared 1
3	Pared 3
4	Pared 4
5	Pared 2
6	Techo
7	Piso

Tabla 1 Superficies que intercambian energía.



Ilustración 19 Distribución espacios vivienda Constructora Meléndez.



Ilustración 20 Distribución espacios vivienda constructora Bolívar.

Cada superficie intercambia energía con las demás (7 superficies) por tanto, el número de factores a determinar es 49, por ley de reciprocidad y suma el número de coeficientes se resume en determinar 21.

$$F_{ij} = \begin{vmatrix} f_{11} & f_{12} & f_{13} & f_{14} & f_{15} & f_{16} & f_{17} \\ f_{21} & f_{22} & f_{23} & f_{24} & f_{25} & f_{26} & f_{27} \\ f_{31} & f_{32} & f_{33} & f_{34} & f_{35} & f_{36} & f_{37} \\ f_{41} & f_{41} & f_{41} & f_{41} & f_{45} & f_{46} & f_{47} \\ f_{51} & f_{52} & f_{53} & f_{54} & f_{55} & f_{56} & f_{57} \\ f_{61} & f_{62} & f_{63} & f_{64} & f_{65} & f_{66} & f_{67} \\ f_{71} & f_{72} & f_{73} & f_{74} & f_{75} & f_{76} & f_{77} \end{vmatrix}$$

Matriz 1 Factores de forma.

5.4 FACTOR DE FORMA ENTRE EL INDIVIDUO Y LAS SUPERFICIES.

Para calcular el factor de forma entre la superficie y el individuo, Dunkle (1963) usó las ecuaciones anteriores, y presentó resultados del factor de forma medidos en personas, y correlaciona los datos en términos de ecuaciones simples en un recinto teniendo en cuenta la orientación y un punto relativo a un plano. Los puntos evaluados son integrados para varias geometrías para obtener el factor de forma entre un individuo y sus superficies [13].

El factor de forma varía con la altura y el peso de un individuo, la dirección de observación, si está sentado, o de pie y las disposiciones de sus hombros y brazos. Como se vuelve impráctico reducir todas las posibles configuraciones o tabular de forma gráfica, Dunkle propone representar un sujeto estándar como una esfera para correlacionar los resultados de su medición y simplificar su presentación. La esfera tiene un radio R equivalente de la posición del sujeto y la dirección de la cual observa. Véase Ilustración 21.

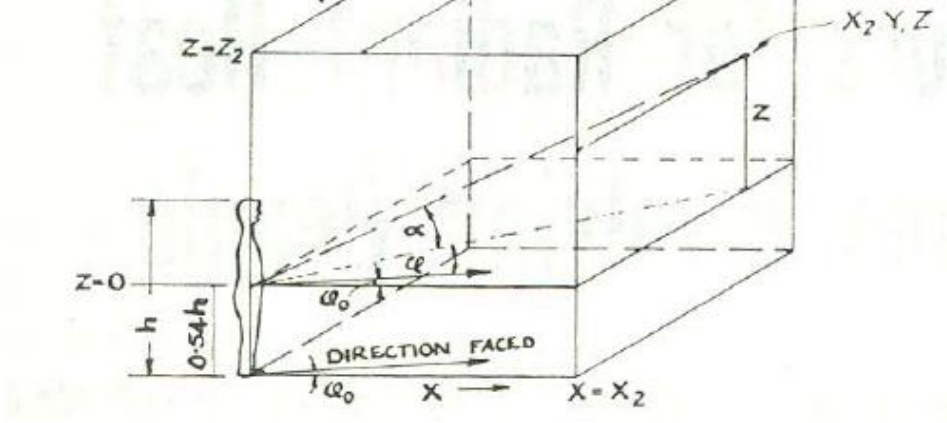


Ilustración 21 Factor de forma entre una persona y un plano.

Las ecuaciones que definen R equivalente para una persona de pie y sentada. Ecuación 27 y Ecuación 28.

$$R^2 = 0.65 + \cos \alpha (0.715 + 0.52 * |\cos \varphi|)$$

Ecuación 27 Ecuación de radio equivalente persona de pie.

$$R^2 = 1.365 + (0.2 + 0.673 * \sin\alpha) * \cos\alpha * \sin\varphi$$

Ecuación 28 Ecuación de radio equivalente sentada.

Sin embargo como se mencionó el factor de forma entre la persona y un plano depende de la altura y su peso, dunkle encontró la relación entre el radio equivalente y estos dos parámetros Ecuación 29.

$$R_1^2 = \frac{h * w^{1/3}}{30,8} * R^2$$

Ecuación 29 Radio equivalente relacionando altura y peso.

Al encontrar el radio equivalente, el cual relaciona la dirección, la altura y el peso, se calcula el factor de forma entre una esfera y un plano donde el radio es el mostrado en la Ecuación 29.

$$f = \int \frac{R^2 * D}{(x^2 + y^2 + z^2)^{3/2}} dA$$

Ecuación 30 factor de forma entre una esfera y un plano.

D es la distancia entre el centro de la esfera y el plano donde se encuentra el punto.

El radio equivalente se calcula para cada uno de los planos (lado este, oeste, sur, norte, piso y techo), después de obtener este radio para cada plano se reemplaza en la Ecuación 30 y se integra.

La Ilustración 22, Ilustración 23 e Ilustración 24 se observa las relaciones con las superficies y su respectivo factor de forma, para una persona de 1.75 m y 160 Kg.

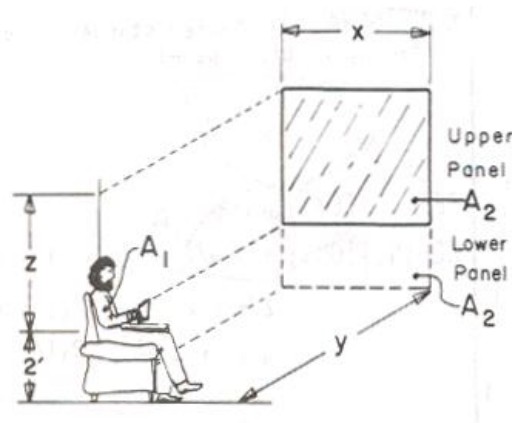


Ilustración 22 Factor de forma entre un individuo sentado y plano lateral.

$$f = 0.07952$$

$$* \tan^{-1} \frac{YZ}{A} \pm 0.013 * \left[\frac{Y}{B} - \frac{Y}{AC} \right] \pm 0.005$$

$$* \left[\frac{Y}{B} * \tan^{-1} \frac{Z}{B} + \frac{Z}{C} * \tan^{-1} \frac{Y}{C} \right]$$

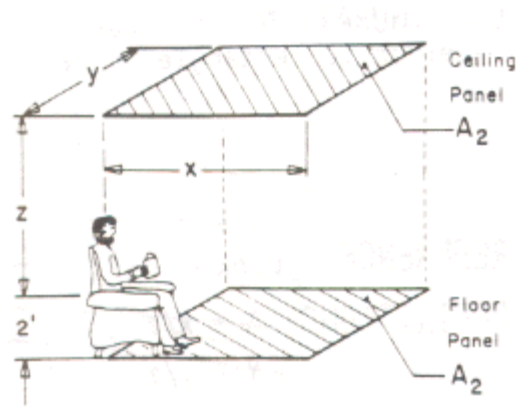


Ilustración 23 Factor de forma entre un individuo sentado y plano superior e inferior.

$$f = 0.07952$$

$$* \tan^{-1} \frac{XY}{A} \pm 0.013 * \left[\frac{Y}{(1 + Y^2)^{1/2}} - \frac{Y}{A * (1 + X)^{1/2}} \right] \pm 0.005$$

$$* \left[\tan^{-1} Y - \frac{1}{[X]} * \tan^{-1} \frac{Y}{[X]} \right]$$

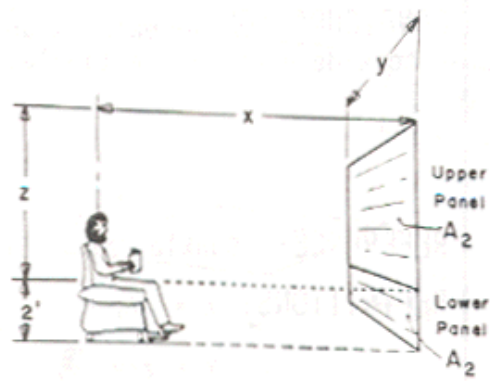


Ilustración 24 Factor de forma entre un individuo sentado y plano frontal.

$$f = 0.07952 * \tan^{-1} \frac{xz}{A} \pm 0.013 * \left[1 + \frac{1}{A} - \frac{1}{|x|} - \frac{1}{|z|} \right] \pm 0.005 * \left[\tan^{-1} Z - \frac{1}{|x|} * \tan^{-1} \frac{y}{|x|} \right]$$

5.5 FACTOR DE FORMA ENTRE LAS SUPERFICIES RESTANTES

Para el cálculo de la transferencia de energía de una persona con las demás superficies no es suficiente calcular el factor de forma de la persona con respecto a las demás superficie, también es necesario calcular el factor de forma entre cada una de las superficies, puesto que todas las superficies intercambian energía entre ellas. Dado que la geometría del espacio a evaluar corresponde a un cubo (Ilustración 19 e Ilustración 20) se puede obtener fácilmente el factor de forma entre estas superficies. Se usa la relación entre planos paralelos alienados y planos perpendiculares unidos por una arista [14].

Para determinar los factores de forma entre planos paralelos y perpendiculares en una arista, usamos la definición de factor de forma Ecuación 26.

$$F_{1-2} = \iint \frac{dA_1 \cdot dA_2 \cdot \cos\beta_1 \cdot \cos\beta_2}{\pi S^2}$$

Ecuación 31 Factor de forma total entre las superficies 1 y 2.

Donde n_1 y n_2 son los vectores normales a cada superficie, β_1 y β_2 ángulos formado entre los vectores normales y el vector S ; donde S es el vector que separa las dos superficies.

Planos paralelos con dimensiones ancho y largo iguales.

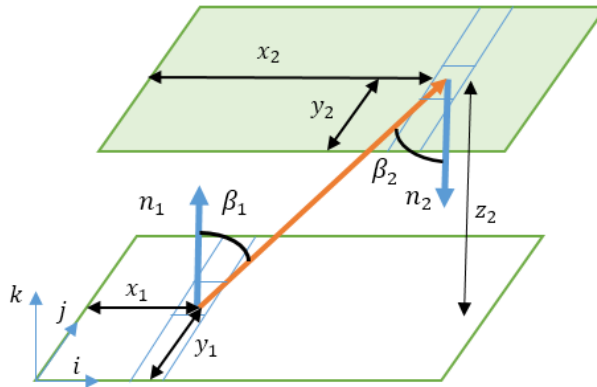


Ilustración 25 Determinación factores de forma planos paralelos.

$$n_1 = k, n_2 = -k$$

$$S_{12} = (x_2 - x_1)i + (y_2 - y_1)j + (z_2)k$$

$$\cos\beta_1 = \frac{n_1 \cdot S_{12}}{S}$$

$$\cos\beta_2 = \frac{n_2 \cdot S_{21}}{S}$$

$$F_{1-2} = \frac{1}{\pi} * \iint \frac{Z^2}{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} dA_1 * dA_2$$

Ecuación 32 Factor de forma plano paralelos.

La solución de esta integral se puede obtener analíticamente, se reorganiza en términos del ancho, largo y alto Ecuación 33.

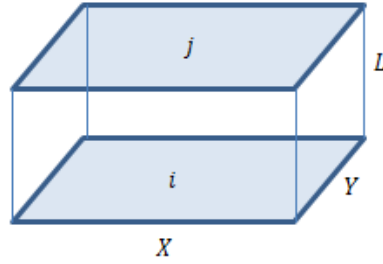


Ilustración 26 Factor de forma entre planos paralelos.

$$F_{ij} = \frac{2}{\pi \bar{X} \bar{Y}} \left\{ \ln \left[\frac{(1 + \bar{X}^2)(1 + \bar{Y}^2)}{1 + \bar{X}^2 + \bar{Y}^2} \right]^{1/2} + \bar{X}(1 + \bar{Y}^2)^{1/2} \tan^{-1} \frac{\bar{X}}{(1 + \bar{Y}^2)^{1/2}} + \bar{Y}(1 + \bar{X}^2)^{1/2} \tan^{-1} \frac{\bar{Y}}{(1 + \bar{X}^2)^{1/2}} - \bar{X} \tan^{-1} \bar{X} - \bar{Y} \tan^{-1} \bar{Y} \right\}$$

Ecuación 33 Solución ecuación 31.

Planos perpendiculares con una arista en común.

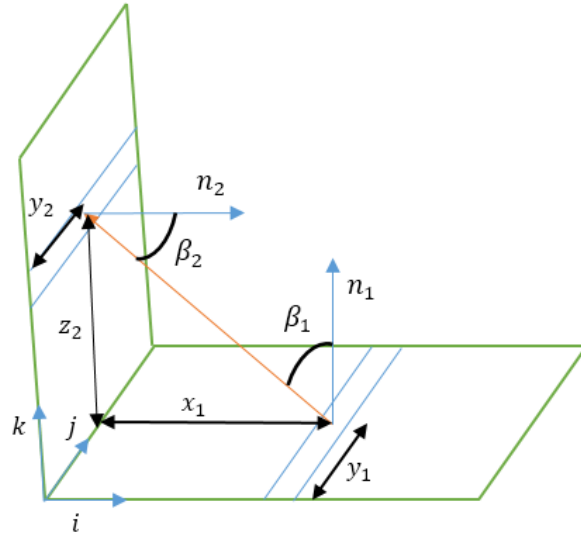


Ilustración 27 Determinación factor de forma planos perpendiculares con una arista común.

$$n_1 = k, n_2 = i$$

$$S_{12} = (-x_1)i + (y_2 - y_1)j + (z_2)k$$

$$\cos\beta_1 = \frac{n_1 \cdot S_{12}}{S}$$

$$\cos\beta_2 = \frac{n_2 \cdot S_{21}}{S}$$

$$F_{1-2} = \frac{1}{\pi} * \iint \frac{z_2 * (-x_1)}{(x_2)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2)^2} dA_1 * dA_2$$

Ecuación 34 Factor de forma planos perpendiculares con una arista en común.

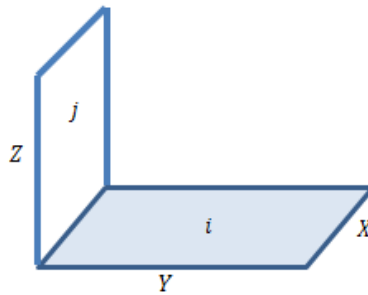


Ilustración 28 Factor de forma entre Planos perpendiculares unidos por una arista.

$$F_{ij}$$

$$= \frac{1}{\pi W} \left(W \tan^{-1} \frac{1}{W} + H \tan^{-1} \frac{1}{H} - (H^2 + W^2)^{\frac{1}{2}} \tan^{-1} \frac{1}{(H^2 + W^2)^{\frac{1}{2}}} \right.$$

$$\left. + \frac{1}{4} \ln \left\{ \frac{(1 + W^2)(1 + H^2)}{1 + W^2 + H^2} \left[\frac{W^2(1 + H^2 + W^2)}{(1 + W^2)(H^2 + W^2)} \right]^{W^2} \left[\frac{H^2(1 + H^2 + W^2)}{(1 + H^2)(H^2 + W^2)} \right]^{H^2} \right\} \right)$$

Ecuación 35 Solución ecuación 33.

5.6 CALCULO DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN ENTRE SUPERFICIES GRISES Y DIFUSAS PARA N SUPERFICIES.

A partir de un modelo representado en la Ilustración 29, se realiza un balance de energía para una superficie arbitraria, donde H_i es la energía incidente en la superficie i proveniente de las demás superficies, y B_i es la radiosidad que es la energía que refleja y emite dicha superficie. El balance se ve en las ecuaciones 24 y 25 [8] .

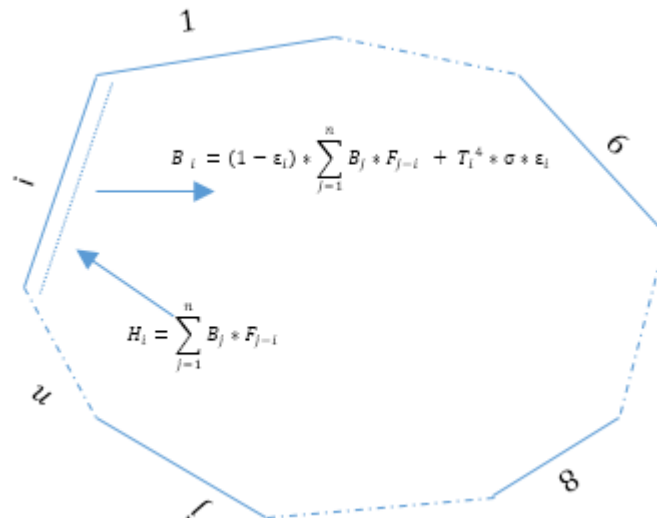


Ilustración 29 Representación de un encerramiento con n superficies.

$$B_i = (E + \rho H) = e_{bi} * \epsilon_i + \rho_i * H_i$$

Ecuación 36 Radiosidad de una superficie.

Como la potencia emisiva $e_{bi} = T_i^4 * \sigma$ y la superficie es opaca $\rho_i = 1 - \epsilon_i$ se reescribe la Ecuación 36.

$$B_i = (E + \rho H) = T_i^4 * \sigma * \epsilon_i + (1 - \epsilon_i) * H_i$$

Todas las superficies aportan energía por tanto y por ley de reciprocidad se obtiene;

$$A_i * H_i = \sum_{j=1}^n A_j * B_j * F_{i-j}$$

Ecuación 37 Radiación incidente.

Por ley de reciprocidad $A_j * F_{j-i} = A_i * F_{i-j}$ y se reescribe la Ecuación 37.

$$H_i = \sum_{j=1}^n B_j * F_{j-i}$$

De la ecuación 26 y 27 se obtiene la relación para el cálculo de la radiosidad en una superficie debido a las demás superficies.

$$B_i = (1 - \epsilon_i) * \sum_{j=1}^n B_j * F_{j-i} + T_i^4 * \sigma * \epsilon_i$$

$$B_i - (1 - \epsilon_i) * \sum_{j=1}^n B_j * F_{j-i} = T_i^4 * \sigma * \epsilon_i$$

$$\sum_{j=1}^n [\delta_{ij} - (1 - \epsilon_i) * F_{i-j}] * B_j = T_i^4 * \sigma * \epsilon_i$$

Ecuación 38 Ecuación de radiosidad de una superficie.

Con el valor de la irradiación y la radiosidad se escribe la ecuación que relaciona el flujo de calor, valor de emisividad y temperatura de cada superficie Ecuación 39.

$$\sum_{j=1}^n \left[\frac{\delta_{ij}}{\varepsilon_i} - \frac{(1 - \varepsilon_i)}{\varepsilon_j} * A_i * F_{i-j} \right] * Q_{netj} = \sum_{j=1}^n A_i * F_{i-j} * \sigma * (T_i^4 - T_j^4)$$

Ecuación 39 Ecuación que relaciona el flujo de calor, temperaturas y emisividades de cada superficie.

La ecuación 29 se puede reescribir como un sistema de matrices que relaciona los variables flujos de calor, temperatura, factor de forma y emisividad.

$$[A] \cdot [Q] = [B]$$

Como se definió el espacio con 6 superficies (paredes, techo y piso) y el individuo, los cuales se determinaron sus factores de forma, temperatura y se selecciona un valor de emisividad para cada una. La Ecuación 39 representa 7 ecuaciones que tiene como incógnita el flujo de calor neto para cada superficie (Q_{netj}).

Con un algoritmo en el programa EXCEL, se calcula cada uno de los coeficientes de la matriz A y B.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} & a_{16} & a_{17} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} & a_{26} & a_{27} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} & a_{36} & a_{37} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} & a_{46} & a_{47} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} & a_{56} & a_{57} \\ a_{61} & a_{62} & a_{63} & a_{64} & a_{65} & a_{66} & a_{67} \\ a_{71} & a_{72} & a_{73} & a_{74} & a_{75} & a_{76} & a_{77} \end{bmatrix}$$

El vector flujo de calor neto de cada una de las superficies, considera los valores de Emisividades y factores de forma, para cada una de las superficies.

$$Q = \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \\ q_4 \\ q_5 \\ q_6 \\ q_7 \end{bmatrix}$$

El siguiente vector es el resultado del producto entre la matriz A y Q, donde involucra la temperatura de cada una de las superficies.

$$B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \\ b_7 \end{bmatrix}$$

La solución del sistema anterior se obtiene invirtiendo la matriz

$$[Q] = [A]^{-1} \cdot [B]$$

Este desarrollo permite calcular el flujo de calor neto para cada superficie, sin recurrir a la analogía del circuito eléctrico. El flujo de calor de interés es el de las superficies hacia el individuo, sin embargo este flujo se relaciona con los demás flujos de calor, por lo que no es posible solo determinar el flujo de calor que requerimos.

De la Ecuación 39 se observa que los flujos de calor para cada superficie requiere el valor de sus factores de forma con respecto a las demás superficies, su temperatura y emisividad; por tanto el flujo de calor se determina a partir de sus parámetros y más relevante su emisividad.

Una vez determinado el flujo neto del individuo, es posible reemplazar su valor en la ecuación de la temperatura media radiante planteada al inicio de este trabajo. Donde se observa que esta temperatura depende del flujo del individuo, y este a su vez de las temperaturas a la que se encuentra cada superficie y lo más importante considera el valor de la emisividad de cada superficie.

$$TMR = \left[T_1^4 - \frac{Q_{net}}{A_1 * \varepsilon_1 * \sigma} \right]^{\frac{1}{4}}$$

Ecuación 40 Temperatura media radiante.

6. DESARROLLO DEL PROGRAMA

6.1 DESARROLLO DEL ALGORITMO.

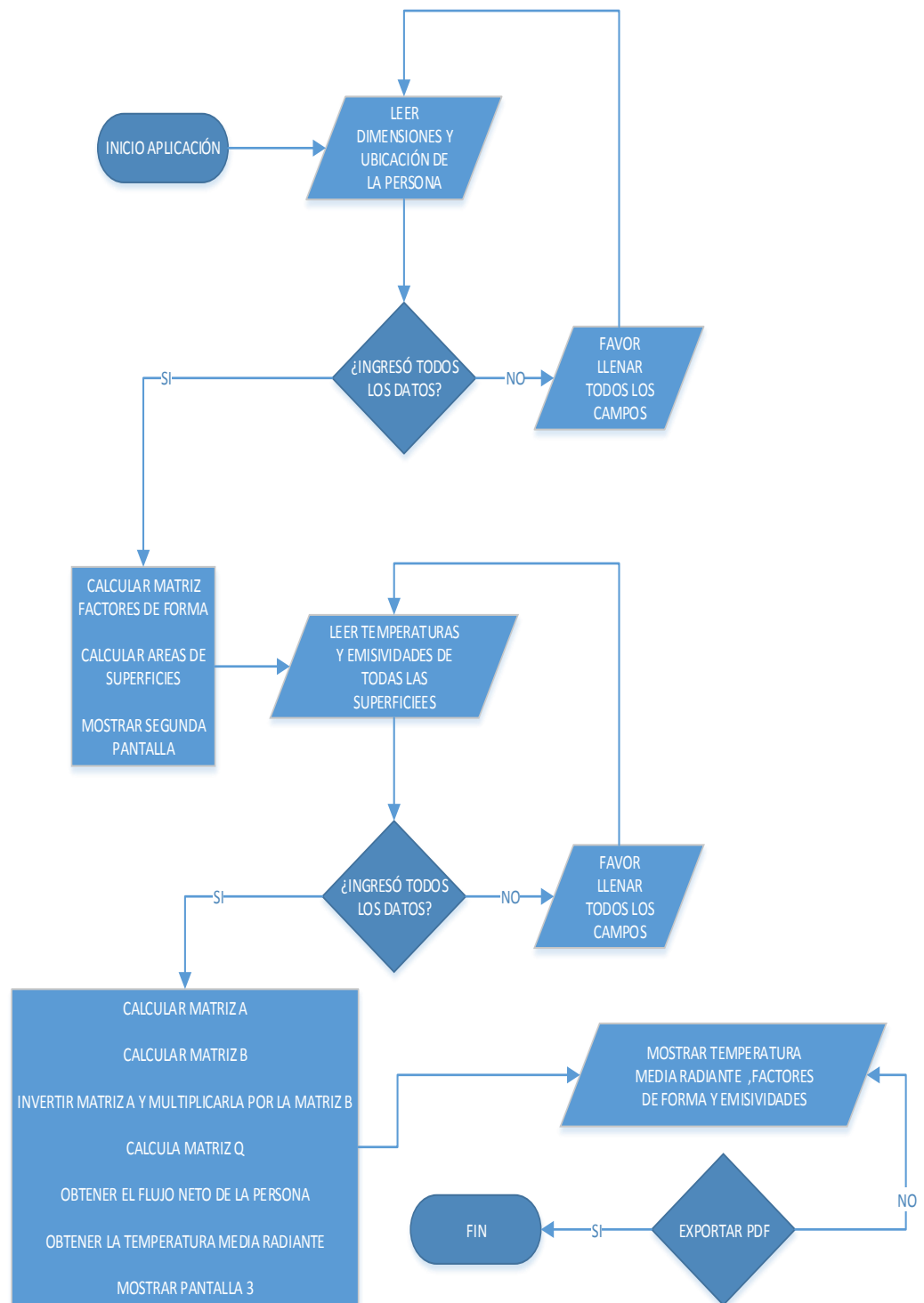
El algoritmo se implementó en el software Excel, debido a que es un software de uso común para muchos profesionales y no exige un computador con gran capacidad de procesamiento.

Inicialmente se ingresa las medidas del recinto largo, ancho y alto; pues como se mencionó anteriormente los espacios en las edificaciones tienen forma cubica. Posteriormente se ingresa la ubicación del individuo, con estos valores iniciales la aplicación determina los factores de forma (algoritmo interno).

El usuario debe conocer las temperaturas para cada superficie, como se mencionó estas se calculan con base a la ubicación de la edificación y los

materiales de construcción (paredes y techos). En los materiales de construcción se especifica la emisividad, valor requerido para determinar la TMR, en muchos casos donde se aplica pinturas en el interior de la edificación, el valor de la emisividad corresponde al de las pinturas.

Con los datos suministrados se obtiene el flujo del calor neto dada las condiciones anteriores mencionadas (factores de forma debido a las dimensiones del recinto y temperaturas de las superficies con sus respectivos valores de emisividad) y se calcula la TMR.



6.2 APLICATIVO

6.2.1 Menú Principal.

La primer pantalla aparece cuando ejecutamos el archivo factorTmr.xlsm corresponde al menú principal donde encontramos el nombre de la aplicación, las consideraciones de físicas de la aplicación y el acceso al aplicativo.



Ilustración 30 Menú principal.

6.2.2 Dimensiones del recinto, ubicación y orientación.

En la segunda pantalla se ingresa los datos como medidas de recinto, ubicación de la persona y orientación. Las medidas corresponden al largo, ancho y alto del encerramiento, las medidas están en metros.

La ubicación es con respecto a la arista de la pared1 y pared2 como se observa en la figura 12. Como los factores de forma dependen de la orientación del observador, se ha considerado en esta aplicación.

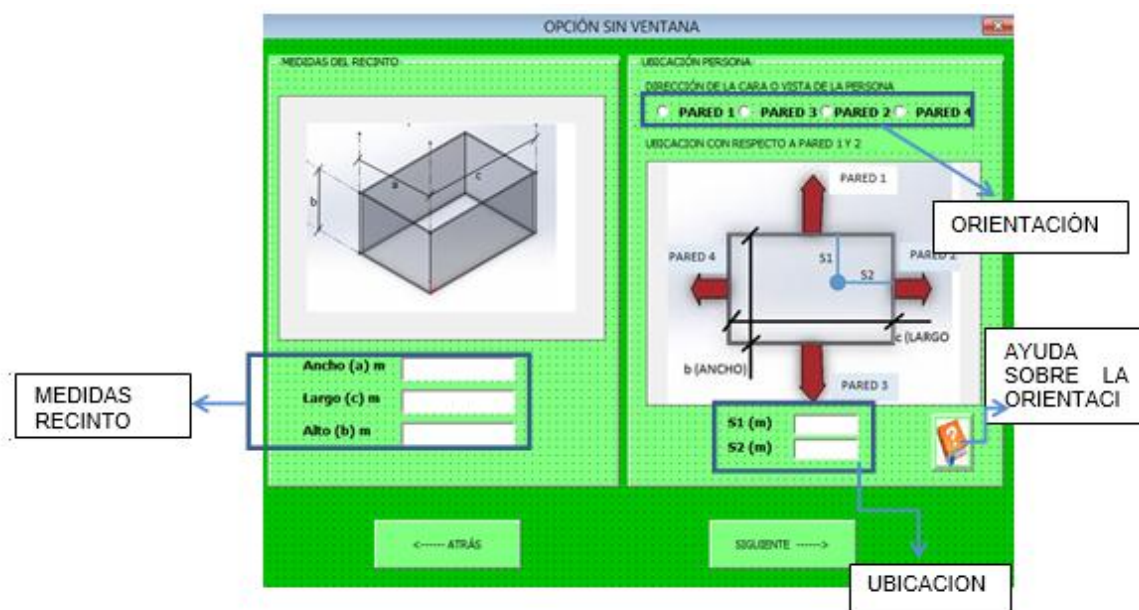


Ilustración 31 Valores de dimensiones y ubicación.

6.2.3 Datos temperaturas y emisividades de las superficies, Resultados e Informe en formato Adobe Acrobat Reader-PDF.

El objetivo de la aplicación es obtener los factores de formas y la temperatura media radiante, la tercera nos permite ingresar estos valores (deben ser conocidos) Ilustración 31. Los resultados nos muestran los valores obtenidos de los factores de forma de la persona hacia las paredes, La Temperatura media radiante (TMR) y los flujos de calor de cada superficie al igual que sus factores de forma, el valor de interés es la TMR puesto que se requiere como insumo para calcular el índice de fanger, el archivo generado se guarda con el nombre reporte.pdf.

DATOS DE TEMPERATURAS Y EMISIVIDADES

DATO DE TEMPERATURAS

TEMPERATURA PARED 4	34
TEMPERATURA PARED 2	34
TEMPERATURA PARED 1	34
TEMPERATURA PARED 3	34
TEMPERATURA PISO	34
TEMPERATURA TECHO	34
TEMPERATURA PERSONA	32

[AYUDA](#)

< ----- ATRÁS
SIGUIENTE ----->

DATOS EMISIVIDADES

EMISIVIDAD PARED 4	1
EMISIVIDAD PARED 2	1
EMISIVIDAD PARED 1	1
EMISIVIDAD PARED 3	1
EMISIVIDAD PISO	1
EMISIVIDAD TECHO	1
EMISIVIDAD PERSONA	1

[ALGUNAS EMISIVIDADES](#)

Ilustración 32 Menú Para ingresar Valores de Temperaturas y Emisividades.

RESULTADOS

FACTORES DE FORMA

FPersona- Persona	0
FPersona- Pared 1	0,18058
FPersona- Pared 2	0,13187
FPersona- Pared 3	0,05877
FPersona- Pared 4	0,05872
FPersona- Techo	0,17399
FPersona- Piso	0,39604

TEMPERATURAS

Persona	305
Pared 1	307
Pared 3	307
Pared 4	307
Pared 2	307
Techo	307
Piso	307

EMISIVIDADES

Emisividad Persona	0,0005
Emisividad Norte	1
Emisividad Sur	1
Emisividad Oeste	1
Emisividad Este	1
Emisividad Techo	1
Emisividad Piso	1

TRANSFERENCIA DE CALOR NETO

QPersona	0,01
QPared 1	0
QPared 3	0
QPared 4	0
QPared 2	0
QTecho	0
QPiso	0

TMR (°C)

32

< ----- ATRÁS
[GENERAR INFORME \(PDF\)](#)

Ilustración 33 Pantalla de Resultados FactorTrm.xlsm.

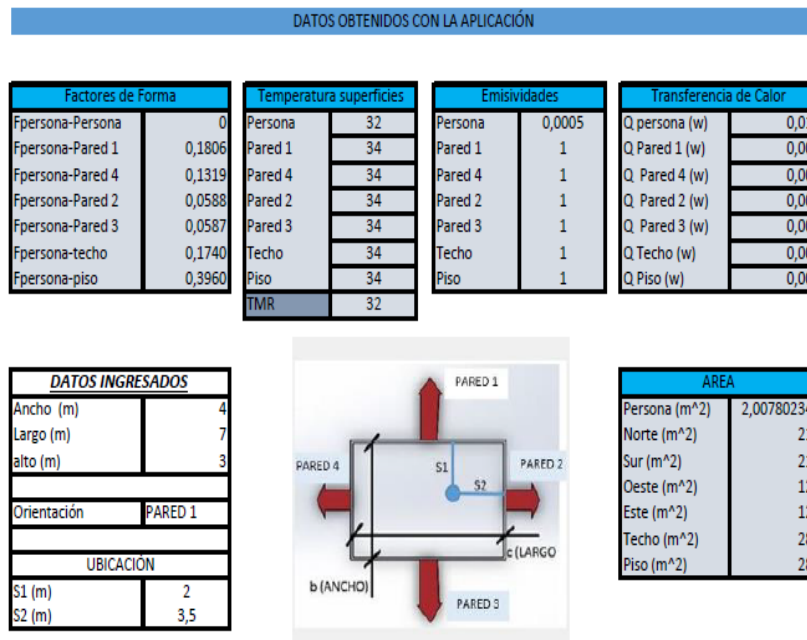


Ilustración 34 Informe generado por FactorTrm.xlsm en extensión PDF.

6.3 USO DEL APLICATIVO.

Debido a la trayectoria del sol algunas paredes no se ven tan afectadas directamente por la incidencia solar a diferencia del techo. Una mala selección de materiales para la construcción de muros y techos incrementa la temperatura al interior de las superficies, afectando el confort de la edificación.

El no considerar el efecto de la emisividad de los materiales, se incurre en desaprovechar algunos materiales que mitigan el efecto de la incidencia solar.

Con FactorTrm.xlsm se simuló el efecto de la emisividad y la alta temperatura del techo, para un espacio de 7 x 4 x 3 m, con el individuo ubicado en el centro.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observa la dependencia entre los diferentes valores de emisividad la temperatura del techo con respecto a la temperatura media radiante.

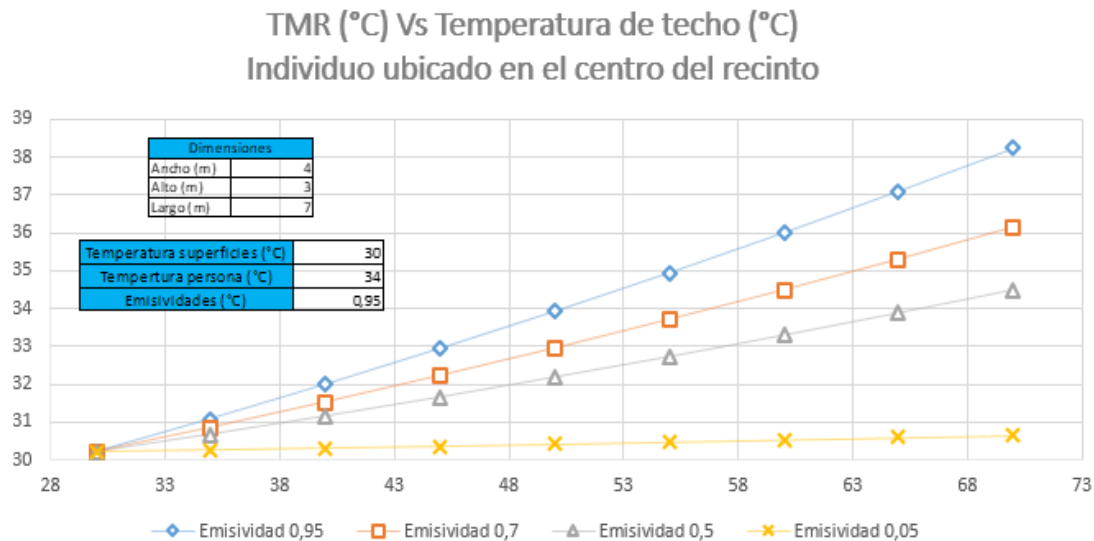


Ilustración 35 TMR Vs Temperatura de techo a diferente valores de emisividad.

Entre mayor sea la temperatura del techo, mayor es la temperatura media radiante. Sin embargo, para una determinada temperatura de techo pueden existir diferentes valores de TMR, esto se logra con diferentes valores de emisividad.

7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

Conclusiones.

Se desarrolló un aplicativo en Excel, muy amigable, que permite calcular la TMR (temperatura media radiante), los factores de forma, y la carga térmica para un espacio arquitectónico.

La TMR es de difícil cálculo, y se necesita como insumo para determinar el estado de confort. Los programas arquitectónicos y de climatización la piden como un dato. Con esta herramienta, los arquitectos e ingenieros, la pueden determinar y disponer de este insumo.

Típicamente, ASHRAE, determina la TMR asumiendo emisividades de cuerpo negro en todas las superficies. Esto no es cierto en situaciones cuando se usan recubrimiento especiales, o aluminio, los cuales pueden tener emisividades entre 0.5 y 0.01 (foil de aluminio). Esta herramienta tiene en cuenta las emisividades de cada superficie.

Como ayuda adicional, el programa contabiliza la transferencia de calor neto con el individuo, y el recibido desde cada superficie. Esto permite tener una apreciación de cuál es la superficie crítica.

Se espera que esta herramienta se integre en los cursos de energía en edificaciones de las escuelas de Arquitectura, y de Ingeniería Mecánica.

Trabajo futuro.

Este trabajo responde a las necesidades de las líneas de energética y de arquitectura bioclimática. Es complementario a otras tesis de grado desarrollados en la misma línea. Se espera que en el futuro se perfeccione la amigabilidad del programa, con la retroalimentación de los usuarios; y también, que se integre con otros programas de cálculo de confort y de cargas térmicas. Se debe explorar el uso de otras metodologías de programación más dinámicas como la orientada a objetos. Es deseable incluir ayudas complementarias de diseño que le permitan al arquitecto o ingeniero, programar correcciones tendientes a obtener diseños eficientes y de uso racional de los recursos.

8. REFERENCIAS

- [1] P. FANGER, de *Thermal Confort Analysis and Applications in Enviromental*, copnahren, McGraw-Hill, 1970, p. 244.
- [2] M. d. T. y. A. S. d. España, «NTP74 Confort Térmico.,» de *Confort Térmico-Metodo de Fanger*, Barcelona, España, INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO, 1983, p. 10.
- [3] R. A. A.-C. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, «INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY,» de *Thermal confort.*, New york, ASHRAE, 2009, p. 30.
- [4] F. P. INCROPERA, «Radiación procesos y propiedades,» de *Fundamentos de transferencia de calor y masa*, Mexico , PRENTICE HALL HISPANOAMERICANO.S.A., 1996, p. 63.
- [5] Y. A. Ç.-A. J. Ghajar, «Intensidad de radiación,» de *TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA. Fundamentos y aplicaciones*, Mexico, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2011, pp. 694-697.
- [6] Y. A. Ç.-A. J. Ghajar, «Superficies grises y difusas,» de *TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA. Fundamentos y aplicaciones*, Mexico, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2011, pp. 748-749.
- [7] Y. CENGEL, «Heating and Cooling,» de *HEAT TRANSFER, A PRACTICAL APPROACH*, Boston, Massachusetts , Mc Graw Hill, 2007, p. 21.
- [8] C. Chauliaguet, «La Energía Solar en la Edificación.,» Maignón,26-Barcelona-24, Editores Técnicos Asociados, S.A, 1978, p. 256.
- [9] B. A. Macías, *Desarrollo del programa para calculo de cargas térmicas en edificaciones*, Cali, 2013.
- [10] M. MODEST, « View Factors,» de *Radiative heat transfer.*, Amsterdam, The Netherlands, Elsevier Inc, 2013, pp. 131-161.
- [11] R. DUNKLE, « Configuration factors for radiant heat transfer calculations involving people,» *Journal of heat transfer.*, vol. 1, nº 1, pp. 71-76, feb., 1963.
- [12] J. I. Y. L. J. V. LIENHARD, «Table 10.3 View Factors for some three-dimensional configurations,» de *A heat transfer text book. 4ed.*, Massachusetts, Phlogiston press., 2011, p. 545.
- [13] J. I. Y. L. J. V. LIENHARD, de *A heat transfer text book. 4ed*, Cambridge, Massachusetts, Phlogiston press, 2011, pp. 557-558.
- [14] F. P. INCROPERA, «Intercambio de radiación entre superficies,» de *Transferencia de Calor y Masa*, Mexico, PRENTICE HALL HISPANOAMERICANO .S.A., 1996, pp. 22-23.

9. ANEXOS

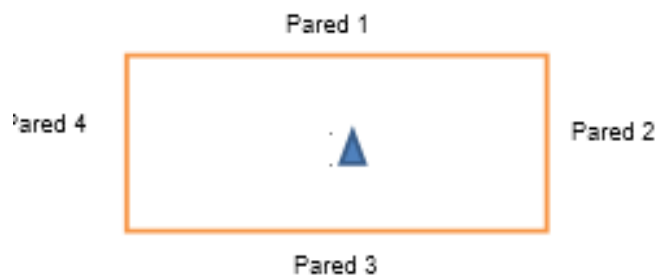
9.1 VERIFICACIÓN DE CÁLCULO.

Las medidas del recinto es 4m de ancho, 7m de largo, 2m de alto, la persona se ubica en el centro del recinto y su postura es sentado.

Se requiere determinar la temperatura media radiante, para ello es necesario determinar el calor del individuo hacia las superficies.

Del Libro termal Confort se utilizan las figuras 42, 43, 44,45, 46 y 47. Para determinar el factor de forma de la superficie 1 (persona) hacia las demás superficies.

Vista en planta.



Nomenclatura índice.
Superficie 1=Persona
Superficie 2=Pared 1
Superficie 3=Pared 2
Superficie 4=Pared 3
Superficie 5=Pared 4
Superficie 6=Techo
Superficie 7=Piso

$$F_{1-2} = 0,15, F_{1-3} = 0,04, F_{1-4} = 0,129, F_{1-5} = 0,04, F_{1-6} = 0,23, F_{1-7} = 0,385$$

Como se requiere determinar la matriz de factores de forma se determinará por filas.

Fila 2 (PARED 1 RESPECTO A LAS DEMÁS SUPERFICIES).

$$F_{2-1} = 0,15 * \frac{2,0003}{14} = 0,0214$$

Para calcular F_{2-3} , se requiere determinar primero $F_{PERPENDICULAR(23)}$, se utiliza la figura 13-6 (planos perpendiculares en una arista).

$L1=7, W=2, L2=4.$

$$L1/W = 3,5, L2/W = 2$$

$$F_{PERPENDICULAR(23)} = 0,09$$

$$F_{2-3} = 0,09 - 0.0214 = 0,0686$$

Para calcular F_{2-4} , se requiere determinar primero $F_{PARALELO(24)}$, se utiliza la figura 13-5

$L1=2, D=4, L2=7.$

$$L1/D = 0,5, L2/D = 1,75$$

$$F_{PARALELO(24)} = 0,17$$

$$F_{2-4} = 0,17 - 0.0214 = 0,1486.$$

Por simetría $F_{2-3} = F_{2-5}$, quedan por calcular F_{2-6} y F_{2-7} .

Para calcular F_{2-6} y F_{2-7} . Se requiere calcular primero el plano perpendicular en una arista el cual es el mismo para los dos.

$L1=2, W=7, L2=4.$

$$L1/W = 0,29, L2/W = 0,57$$

$$F_{PERPENDICULAR(26)} = 0,365$$

$$F_{2-6} = 0,36 - 0.0214 = 0,34 = F_{2-7}$$

Fila 3 (PARED 2 RESPECTO A LAS DEMÁS SUPERFICIES).

$$F_{3-1} = 0,04 * \frac{2,0003}{8} = 0,010$$

$$F_{3-2} = 0,0686 * \frac{14}{8} = 0,12 = F_{3-4}$$

Para calcular F_{3-5} , se requiere calcular $F_{PARALELO(35)}$, se utiliza la figura 13-5

$L1=4, D=7, L2=2.$

$$L1/D = 0,57, L2/D = 0,29$$

$$F_{PARALELO(35)} = 0,043$$

$$F_{3-5} = 0,043 - 0.010 = 0,033$$

Para calcular F_{3-6} y F_{3-7} . Se requiere calcular primero el plano perpendicular en una arista el cual es el mismo para los dos.

$$L1=2, W=4, L2=7.$$

$$L1/W = 0,5, L2/W = 1,75$$

$$F_{PERPENDICULAR(36)} = 0,31$$

$$F_{3-6} = 0,31 - 0.010 = 0,3 = F_{3-7}$$

Fila 4 (PARED 3 RESPECTO A LAS DEMÁS SUPERFICIES).

$$F_{4-1} = 0,129 * \frac{2,0003}{14} = 0,01843$$

$$F_{4-2} = 0,1486 * \frac{14}{14} = 0,1486$$

$$F_{4-3} = 0,12 * \frac{8}{14} = 0,0686$$

Por simetría tenemos;

$$F_{4-3} = F_{4-5}$$

Para calcular F_{4-6} y F_{4-7} . Se requiere calcular primero el plano perpendicular en una arista el cual es el mismo para los dos.

$$L1=2, W=7, L2=4.$$

$$L1/W = 0,29, L2/W = 0,57$$

$$F_{PERPENDICULAR(26)} = 0,365 = F_{PERPENDICULAR(46)}$$

$$F_{4-6} = 0,365 - 0.01843 = 0,3465 = F_{4-7}$$

Fila 5 (PARED 4 RESPECTO A LAS DEMÁS SUPERFICIES).

La pared 4 y pared 2 son simétricas por tanto los factores de forma de la pared 2 son iguales a la pared 4

$$F_{5-1} = 0,010 = F_{3-1}$$

$$F_{5-2} = F_{3-2} = 0,0686 * \frac{14}{8} = 0,12 = F_{5-4}$$

$$F_{5-3} = 0,033 = F_{3-5}$$

$$F_{5-4} = \frac{14 * 0,0686}{8} = 0,12005$$

$$F_{5-6} = 0,31 - 0,010 = 0,3 = F_{5-7}$$

Fila 6 (TECHO RESPECTO A LAS DEMÁS SUPERFICIES).

$$F_{6-1} = 0,23 * \frac{2,0003}{28} = 0,01643$$

$$F_{6-2} = 0,3465 * \frac{14}{28} = 0,173$$

$$F_{6-3} = 0,3 * \frac{8}{28} = 0,0857$$

$$F_{6-4} = 0,3465 * \frac{14}{28} = 0,173$$

$$F_{6-5} = 0,3 * \frac{8}{28} = 0,0857$$

Para calcular F_{6-7} , se requiere calcular, $F_{PARALELO(67)}$, se utiliza la figura 13-5
 $L1=4$, $D=2$, $L2=7$.

$$L1/D = 2, L2/D = 3,5$$

$$F_{PARALELO(67)} = 0,51$$

$$F_{6-7} = 0,51 - 0,01643 = 0,494$$

Fila 7 (PISO RESPECTO A LAS DEMÁS SUPERFICIES).

$$F_{7-1} = 0,385 * \frac{2,0003}{28} = 0,0275$$

$$F_{7-2} = 0,34 * \frac{14}{28} = 0,17$$

$$F_{7-3} = 0,3 * \frac{8}{28} = 0,0857$$

$$F_{7-4} = 0,3465 * \frac{14}{28} = 0,173$$

$$F_{7-5} = 0,3 * \frac{8}{28} = 0,0857$$

$$F_{7-6} = 0,494$$

Áreas	Emisividades	Temperaturas
2,0003	0,95	305
14	0,92	303
8	0,92	303
14	0,92	303
8	0,92	303
28	0,0005	338
28	0,92	301

$$\sum_{j=1}^n \left[\frac{\delta_{ij}}{\varepsilon_i} - \frac{(1 - \varepsilon_i)}{\varepsilon_j * A_j} * A_i * F_{i-j} \right] = \text{Coeficientes matriz A}$$

Coeficientes Para la superficie 1:

$$a_{11} = \frac{1}{0,95} = 1.053$$

$$a_{12} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,021 = -0,00183$$

$$a_{13} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,010 = -0,00087$$

$$a_{14} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,019 = -0,00165$$

$$a_{15} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,010 = -0,00087$$

$$a_{16} = -\frac{(1 - 0,005)}{0,0005} * 0,016 = -31,98$$

$$a_{17} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,028 = -0,00243$$

Coeficientes Para la superficie 2:

$$a_{21} = -\frac{(1 - 0,95)}{0,95} * 0,15 = -0,008$$

$$a_{22} = \frac{1}{0,92} = 1.087$$

$$a_{23} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,12 = -0,010$$

$$a_{24} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,15 = -0,013$$

$$a_{25} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,12 = -0,010$$

$$a_{26} = -\frac{(1 - 0,0005)}{0,0005} * 0,173 = -346$$

$$a_{27} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,170 = -0,0148$$

Coeficientes Para la superficie 3:

$$a_{31} = -\frac{(1 - 0,95)}{0,95} * 0,04 = -0,0021$$

$$a_{32} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,069 = -0,006$$

$$a_{33} = \frac{1}{0,92} = 1.087$$

$$a_{34} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,07 = -0,0061$$

$$a_{35} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,033 = -0,00287$$

$$a_{36} = -\frac{(1 - 0,0005)}{0,0005} * 0,086 = -171.9$$

$$a_{37} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,086 = -0,00748$$

Coeficientes Para la superficie 4:

$$a_{41} = -\frac{(1 - 0,95)}{0,95} * 0,129 = -0,00679$$

$$a_{42} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,149 = -0,01296$$

$$a_{43} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,120 = -0,0104$$

$$a_{44} = \frac{1}{0,92} = 1.087$$

$$a_{45} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,120 = -0,0104$$

$$a_{46} = -\frac{(1 - 0,0005)}{0,0005} * 0,173 = -346$$

$$a_{47} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,173 = -0,015$$

Coeficientes Para la superficie 5:

$$a_{51} = -\frac{(1 - 0,95)}{0,95} * 0,04 = -0,0021$$

$$a_{52} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,069 = -0,006$$

$$a_{53} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,033 = -0,0294$$

$$a_{54} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,07 = -0,0061$$

$$a_{55} = \frac{1}{0,92} = 1,087$$

$$a_{56} = -\frac{(1 - 0,0005)}{0,0005} * 0,086 = -172$$

$$a_{57} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,086 = -0,00748$$

Coeficientes Para la superficie 6:

$$a_{61} = -\frac{(1 - 0,95)}{0,95} * 0,23 = -0,0121$$

$$a_{62} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,34 = -0,0296$$

$$a_{63} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,3 = -0,0261$$

$$a_{64} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,35 = -0,0304$$

$$a_{65} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,3 = -0,0261$$

$$a_{66} = \frac{1}{0,0005} = 2000$$

$$a_{67} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,494 = -0,043$$

Coeficientes Para la superficie 7:

$$a_{71} = -\frac{(1 - 0,95)}{0,95} * 0,385 = -0,0203$$

$$a_{72} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,34 = -0,0296$$

$$a_{73} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,3 = -0,0261$$

$$a_{74} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,35 = -0,0304$$

$$a_{75} = -\frac{(1 - 0,92)}{0,92} * 0,3 = -0,0261$$

$$a_{76} = -\frac{(1 - 0,0005)}{0,0005} * 0,494 = -988$$

$$a_{77} = \frac{1}{0,92} = 1.087$$

Matriz A						
1,053	-0,00183	-0,00087	-0,00165	-0,00087	-31,98	-0,00243
-0,008	1,087	-0,01	-0,013	-0,01	-346	-0,0148
-0,0021	-0,006	1,087	-0,0061	-0,00287	-171,9	-0,00748
-0,00679	-0,01296	-0,0104	1,087	-0,0104	-346	-0,015
-0,0021	-0,006	-0,0294	-0,0061	1,087	-172	-0,00748
-0,0021	-0,0296	-0,0261	-0,0304	-0,0261	2000	-0,043
-0,0203	-0,0296	-0,0261	-0,0304	-0,0261	-988	1,087

Vector M.

$$\sum_{j=1}^n A_i * F_{i-j} * \sigma * (T_i^4 - T_j^4) = \text{Coeficientes del vector M}$$

Coeficiente Para la superficie 1:

$$2,003 * \sigma * (305^4 - 303^4) = 25,53$$

$$2,003 * \sigma * (305^4 - 338^4) = -499,5$$

$$2,003 * \sigma * (305^4 - 301^4) = 50,48$$

$$m_{11} = 25,53 * 0,15 + 25,53 * 0,04 + 25,53 * 0,129 + 25,53 * 0,04 - 499,5 * 0,23 \\ + 0,385 * 50,48$$

$$m_{11} = -86,29$$

Coeficiente Para la superficie 2:

$$14 * \sigma * (303^4 - 305^4) = -178,41$$

$$14 * \sigma * (303^4 - 338^4) = -3669,6$$

$$14 * \sigma * (303^4 - 301^4) = 174,92$$

$$m_{21} = -178,42 * 0,0214 - 3669,6 * 0,34 + 174,92 * 0,34 = -1192$$

Coeficiente Para la superficie 3:

$$8 * \sigma * (303^4 - 305^4) = -101,95$$

$$8 * \sigma * (303^4 - 338^4) = -2096,92$$

$$8 * \sigma * (303^4 - 301^4) = 99,96$$

$$m_{31} = -101,95 * 0,010 - 2096,92 * 0,3 + 99,96 * 0,3 = -600,11$$

Coeficiente Para la superficie 4:

$$14 * \sigma * (303^4 - 305^4) = -178,41$$

$$14 * \sigma * (303^4 - 338^4) = -3669,6$$

$$14 * \sigma * (303^4 - 301^4) = 174,92$$

$$m_{41} = -178,42 * 0,01843 - 3669,6 * 0,3465 + 174,92 * 0,3465 = -1214,2$$

Coeficiente Para la superficie 5:

$$8 * \sigma * (303^4 - 305^4) = -101,95$$

$$8 * \sigma * (303^4 - 338^4) = -2096,92$$

$$8 * \sigma * (303^4 - 301^4) = 99,96$$

$$m_{51} = -101,95 * 0,010 - 2096,92 * 0,3 + 99,96 * 0,3 = -600,11$$

Coeficiente Para la superficie 6:

$$28 * \sigma * (338^4 - 305^4) = 6982,33$$

$$28 * \sigma * (338^4 - 303^4) = 7339,16$$

$$28 * \sigma * (338^4 - 301^4) = 7688,99$$

$$m_{61} = 7339,16 * (0,173 + 0,0857 + 0,173 + 0,0857) + 7688,99 * 0,494 \\ + 6982,33 * 0,01643$$

$$m_{61} = 7710,36$$

Coeficiente Para la superficie 7:

$$28 * \sigma * (301^4 - 305^4) = -706,66$$

$$28 * \sigma * (301^4 - 303^4) = -349,83$$

$$28 * \sigma * (301^4 - 338^4) = -7688,99$$

$$m_{71} = -349,83 * (0,173 + 0,0857 + 0,173 + 0,0857) - 706,66 * 0,0275 \\ - 7688,99 * 0,494$$

$$m_{71} = -3998,8$$

-86,29
-1192
-600,11
-1214,2
-600,11
7710,36
-3998,8

Matriz A Invertida						
0,949794	0,0021955	0,00132665	0,00205527	0,00129513	0,0175781	0,00289493
0,007929	0,9256444	0,01373435	0,01669732	0,01340797	0,1753529	0,01997467
0,00233	0,0078757	0,92258993	0,0080309	0,00492932	0,0874825	0,01006649
0,006889	0,0165304	0,01408442	0,92579869	0,01374972	0,1754799	0,02014922
0,002387	0,0080688	0,02750856	0,0082278	0,92259115	0,0896595	0,01031347
1,71E-06	1,502E-05	1,3591E-05	0,00001541	1,3268E-05	0,000518	0,000021098
0,019811	0,0397403	0,03595837	0,04078204	0,03510386	0,4851072	0,94079042

Vector Transferencia de calor:

35
132
58
111
60
4
-163

FACTORES DE FORMA		TEMPERATURAS	
FPersona- Persona	0	Persona	307
FPersona- Pared 1	0,13957	Pared 1	305
FPersona- Pared 2	0,10640	Pared 3	305
FPersona- Pared 3	0,04301	Pared 4	305
FPersona- Pared 4	0,04296	Pared 2	305
FPersona- Techo	0,27945	Techo	338
FPersona- Piso	0,38857	Piso	303

EMISIVIDADES		TRANSFERENCIA DE CALOR NETO	
Emisividad Persona	0,95	QPersona	-36,61
Emisividad Norte	0,92	QPared 1	-77,55
Emisividad Sur	0,92	QPared 3	-76,51
Emisividad Oeste	0,92	QPared 4	-42,36
Emisividad Este	0,92	QPared 2	-42,37
Emisividad Techo	0,0005	QTecho	-3,56
Emisividad Piso	0,92	QPiso	275,49

TMR (°C)
28,26

< ----- ATRÁS
GENERAR INFORME (PDF)

$$TMR = (305^4 - \frac{35}{5,67 \times 10^{-8}})^{0,25}$$

$$TMR = 299 \text{ } ^\circ K$$

$$TMR = 26,4 \text{ } ^\circ C$$

TMR aplicación= 28,26 °C, la diferencia se debe a que no se tuvo cuidado en la exactitud de los factores de forma en el cálculo a mano una forma de verificar es sumar los factores de forma de la persona hacia las superficies debe ser igual a 1 de lo contrario se presenta errores en los cálculo de forma para las demás superficies y habrá un cálculo erróneo, en la aplicación esta corregido y los factores de forma para todas las superficies es igual a 1.

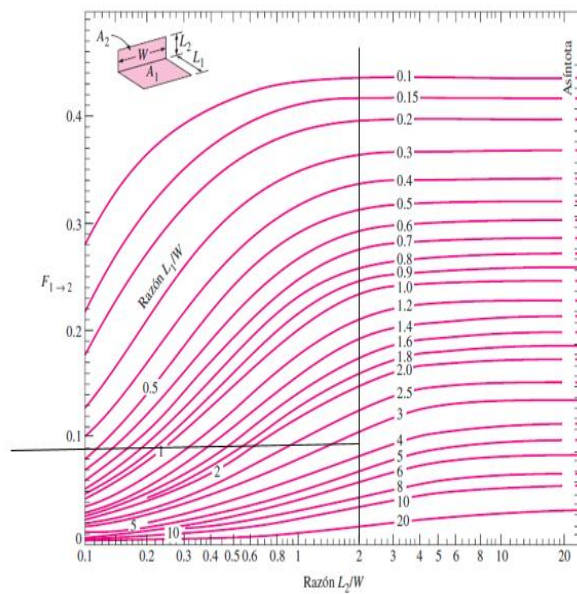


FIGURA 13-6
Factor de visión entre dos
rectángulos perpendiculares
con una arista común.

Fila 2 (PARED 1 RESPECTO A LAS DEMÁS SUPERFICIES).

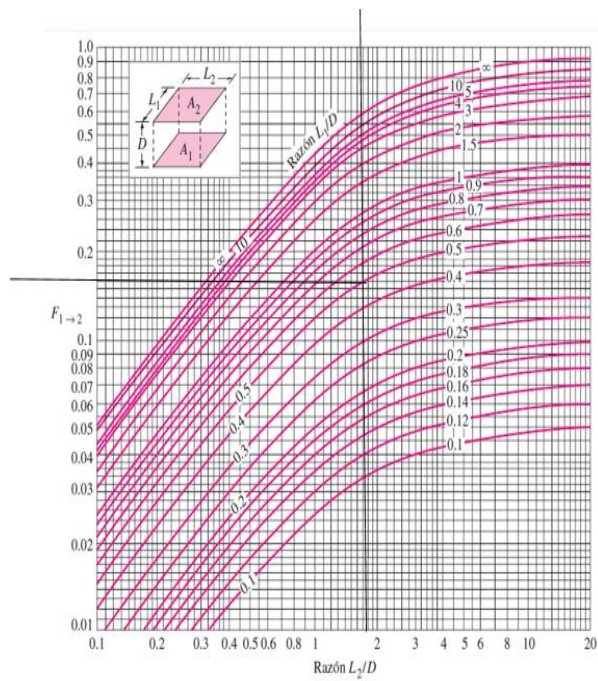


FIGURA 13-5
Factor de visión entre dos rectángulos paralelos alineados de igual tamaño.

Fila 2 (PARED 1 RESPECTO A LAS DEMÁS SUPERFICIES).

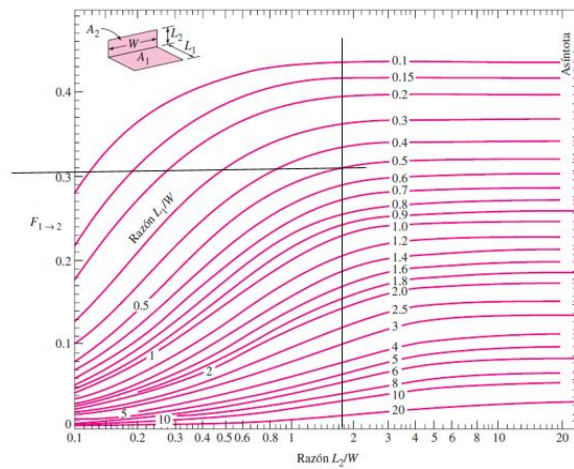


FIGURA 13-6
Factor de visión entre dos rectángulos perpendiculares con una arista común.

Fila 3 (PARED 2 RESPECTO A LAS DEMÁS SUPERFICIES).

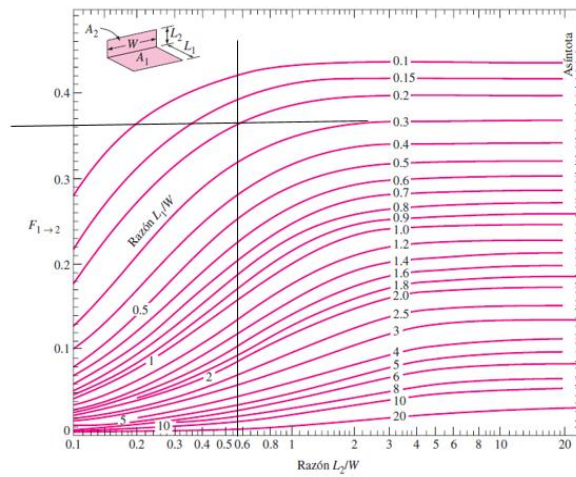


FIGURA 13-6
Factor de visión entre dos rectángulos perpendiculares con una arista común.

Fila 4 (PARED 3 RESPECTO A LAS DEMÁS SUPERFICIES).

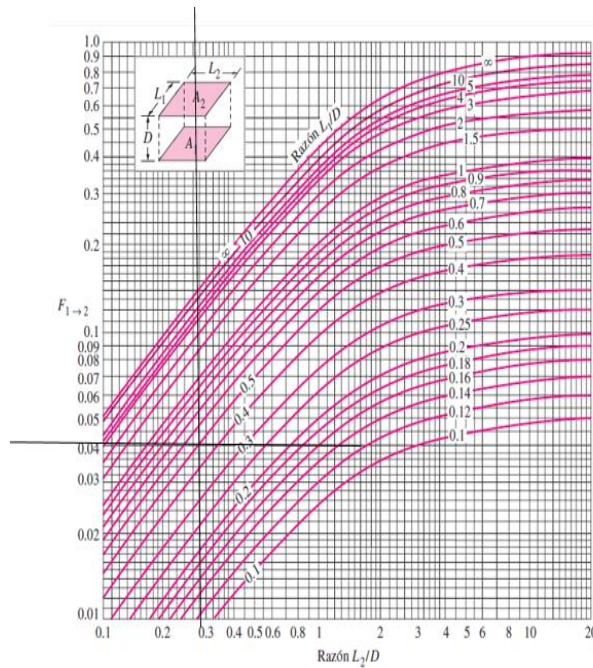


FIGURA 13-5
Factor de visión entre dos rectángulos paralelos alineados de igual tamaño.

Fila 4 (PARED 3 RESPECTO A LAS DEMÁS SUPERFICIES).

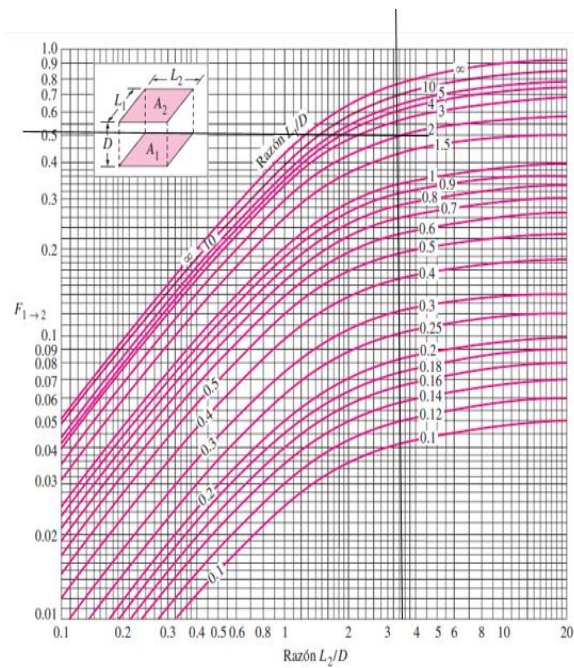


FIGURA 13-5
Factor de visión entre dos
rectángulos paralelos alineados
de igual tamaño.

Fila 6 (TECHO RESPECTO A LAS DEMÁS SUPERFICIES).

9.2 CÓDIGO IMPLEMENTADO EN VISUAL BASIC EXCEL.

```
Private Sub CommandButton1_Click()
```

```
If TextBox1.Text <> "" And TextBox2.Text <> "" And TextBox3.Text <> "" And  
TextBox4.Text <> "" And TextBox5.Text <> "" Then  
'////////// AREA DE LA PERSONA //////////  
apersona = 0.202 * ((70) ^ 0.45) * ((1.7) ^ 0.725)  
'//////////  
'////////// MEDIDAS del recinto //////////  
ancho = TextBox1.Value  
largo = TextBox2.Value  
alto = TextBox3.Value  
'////////// UBICACION DE LA PERSONA //////////  
s1 = TextBox4.Value  
s2 = TextBox5.Value  
'//////////  
Hoja3.Cells(17, 28) = ancho  
Hoja3.Cells(18, 28) = largo  
Hoja3.Cells(19, 28) = alto  
  
'//////////  
'//////////  
  
Hoja3.Cells(24, 28) = s1  
Hoja3.Cells(25, 28) = s2  
'//////////  
'///CALCULO DEL FACTOR DE FORMA ENTRE PLANOS PERPENDICULARES //////////  
h = largo / ancho  
w = alto / ancho  
'/// FACTOR DE FORMA ENTRE PISO Y PLANO ESTE //////////  
fredon = (1 / (3.1416 * w)) * ((w * Atn(1 / w)) + (h * Atn(1 / h)) - (((w ^ 2) + (h ^ 2)) ^ 0.5) *  
Atn(1 / (((w ^ 2) + (h ^ 2)) ^ 0.5))) + der1  
f = Round(fredon, 3)  
term1 = (((w ^ 2) * (1 + (w ^ 2) + (h ^ 2))) / ((1 + (w ^ 2)) * ((h ^ 2) + (w ^ 2))) ^ (w ^ 2))  
term2 = (((h ^ 2) * (1 + (w ^ 2) + (h ^ 2))) / ((1 + (h ^ 2)) * ((h ^ 2) + (w ^ 2))) ^ (h ^ 2))  
der1 = 0.25 * (Log((((1 + (w ^ 2)) * (1 + (h ^ 2)) / (1 + (w ^ 2) + (h ^ 2)))))) * term1 * term2  
  
h1 = ancho / alto  
w1 = largo / alto  
'/// FACTOR DE FORMA ENTRE ESTE Y PLANO NORTE //////////  
term1 = (((w1 ^ 2) * (1 + (w1 ^ 2) + (h1 ^ 2))) / ((1 + (w1 ^ 2)) * ((h1 ^ 2) + (w1 ^ 2))) ^ (w1 ^  
2))  
term2 = (((h1 ^ 2) * (1 + (w1 ^ 2) + (h1 ^ 2))) / ((1 + (h1 ^ 2)) * ((h1 ^ 2) + (w1 ^ 2))) ^ (h1 ^  
2))  
der1 = 0.25 * (Log((((1 + (w1 ^ 2)) * (1 + (h1 ^ 2)) / (1 + (w1 ^ 2) + (h1 ^ 2)))))) * term1 *  
term2  
fenredon = (1 / (3.1416 * w1)) * ((w1 * Atn(1 / w1)) + (h1 * Atn(1 / h1)) - (((w1 ^ 2) + (h1 ^  
2)) ^ 0.5) * Atn(1 / (((w1 ^ 2) + (h1 ^ 2)) ^ 0.5))) + der1  
fen = Round(fenredon, 9)
```

//

'///CALCULO DEL FACTOR DE FORMA ENTRE PLANOS PERPENDICULARES //////////////////////////////////

h11 = ancho / largo 'h

w11 = alto / largo 'w

'/// FACTOR DE FORMA ENTRE PISO Y NORTE //////////////////////////////////

term11 = (((w11 ^ 2) * (1 + (w11 ^ 2) + (h11 ^ 2))) / ((1 + (w11 ^ 2)) * ((h11 ^ 2) + (w11 ^ 2))) ^ (w11 ^ 2))

term21 = (((h11 ^ 2) * (1 + (w11 ^ 2) + (h11 ^ 2))) / ((1 + (h11 ^ 2)) * ((h11 ^ 2) + (w11 ^ 2))) ^ (h11 ^ 2))

der11 = 0.25 * (Log((((1 + (w11 ^ 2)) * (1 + (h11 ^ 2)) / (1 + (w11 ^ 2) + (h11 ^ 2)))))) * term11 * term21)

f1redon = (1 / (3.1416 * w11)) * ((w11 * Atn(1 / w11)) + (h11 * Atn(1 / h11)) - (((w11 ^ 2) + (h11 ^ 2)) ^ 0.5) * Atn(1 / (((w11 ^ 2) + (h11 ^ 2)) ^ 0.5))) + der11)

f1 = Round(f1redon, 9)

////////////////////////////////

'///CALCULO DEL FACTOR DE FORMA ENTRE PLANOS PARALELOS //////////////////////////////////

xm = ancho / alto

ym = largo / alto

'/// FACTOR DE FORMA ENTRE PISO y TECHO //////////////////////////////////

fparredon = (2 / (3.1416 * xm * ym)) * ((Log(((1 + xm ^ 2) * (1 + (ym ^ 2)) / (1 + (xm ^ 2) + (ym ^ 2))) ^ 0.5)) - (((xm * Atn(xm)) + (ym * Atn(ym)))) + (xm * (((1 + (ym ^ 2)) ^ 0.5) * (Atn(xm / ((1 + (ym ^ 2)) ^ 0.5)))) + (ym * (((1 + (xm ^ 2)) ^ 0.5) * (Atn(ym / ((1 + (xm ^ 2)) ^ 0.5))))))

ter3 = (Log(((1 + xm ^ 2) * (1 + (ym ^ 2)) / (1 + (xm ^ 2) + (ym ^ 2))) ^ 0.5))

ter32 = (xm * (((1 + (ym ^ 2)) ^ 0.5) * (Atn(xm / ((1 + (ym ^ 2)) ^ 0.5))))

ter33 = (ym * (((1 + (xm ^ 2)) ^ 0.5) * (Atn(ym / ((1 + (xm ^ 2)) ^ 0.5))))

ter44 = ((xm * Atn(xm)) + (ym * Atn(ym)))

fpar = Round(fparredon, 9)

'/// FACTOR DE FORMA ENTRE ESTE y OESTE //////////////////////////////////

xm1 = ancho / alto

ym1 = alto / ancho

feoredon = (2 / (3.1416 * xm1 * ym1)) * ((Log(((1 + xm1 ^ 2) * (1 + (ym1 ^ 2)) / (1 + (xm1 ^ 2) + (ym1 ^ 2))) ^ 0.5)) - (((xm1 * Atn(xm1)) + (ym1 * Atn(ym1)))) + (xm1 * (((1 + (ym1 ^ 2)) ^ 0.5) * (Atn(xm1 / ((1 + (ym1 ^ 2)) ^ 0.5)))) + (ym1 * (((1 + (xm1 ^ 2)) ^ 0.5) * (Atn(ym1 / ((1 + (xm1 ^ 2)) ^ 0.5))))))

ter3 = (Log(((1 + xm1 ^ 2) * (1 + (ym1 ^ 2)) / (1 + (xm1 ^ 2) + (ym1 ^ 2))) ^ 0.5))

ter32 = (xm1 * (((1 + (ym1 ^ 2)) ^ 0.5) * (Atn(xm1 / ((1 + (ym1 ^ 2)) ^ 0.5))))

ter33 = (ym1 * (((1 + (xm1 ^ 2)) ^ 0.5) * (Atn(ym1 / ((1 + (xm1 ^ 2)) ^ 0.5))))

ter44 = ((xm1 * Atn(xm1)) + (ym1 * Atn(ym1)))

feo = Round(feoredon, 9)

'/// FACTOR DE FORMA NORTE Y SUR //////////////////////////////////

xm2 = alto / ancho

ym2 = largo / ancho

fnsredon = (2 / (3.1416 * xm2 * ym2)) * ((Log(((1 + xm2 ^ 2) * (1 + (ym2 ^ 2)) / (1 + (xm2 ^ 2) + (ym2 ^ 2))) ^ 0.5)) - (((xm2 * Atn(xm2)) + (ym2 * Atn(ym2)))) + (xm2 * (((1 + (ym2 ^ 2)) ^ 0.5) * (Atn(xm2 / ((1 + (ym2 ^ 2)) ^ 0.5)))) + (ym2 * (((1 + (xm2 ^ 2)) ^ 0.5) * (Atn(ym2 / ((1 + (xm2 ^ 2)) ^ 0.5))))))

ter3 = (Log(((1 + xm2 ^ 2) * (1 + (ym2 ^ 2)) / (1 + (xm2 ^ 2) + (ym2 ^ 2))) ^ 0.5))

ter32 = (xm2 * (((1 + (ym2 ^ 2)) ^ 0.5) * (Atn(xm2 / ((1 + (ym2 ^ 2)) ^ 0.5))))

ter33 = (ym2 * (((1 + (xm2 ^ 2)) ^ 0.5) * (Atn(ym2 / ((1 + (xm2 ^ 2)) ^ 0.5))))

ter44 = ((xm2 * Atn(xm2)) + (ym2 * Atn(ym2)))

fns = Round(fnsredon, 9)

If (OptionButton9 = True Or OptionButton10 = True) And (OptionButton11 = False And OptionButton12 = False) Then 'para norte y sur

'////////////////////FRETE////////////////////

```

ypn = (largo - s2)
xpn = s1
zpn = alto - 0.6
zpn2 = 0.6
y1 = ypn / xpn
z1 = zpn / xpn
a1 = (1 + (y1 ^ 2) + (z1 ^ 2)) ^ 0.5
b1 = (1 + (y1 ^ 2)) ^ 0.5
c1 = (1 + (z1 ^ 2)) ^ 0.5
y2 = ypn / xpn
z2 = zpn2 / xpn
a2 = (1 + (y2 ^ 2) + (z2 ^ 2)) ^ 0.5
b2 = (1 + (y2 ^ 2)) ^ 0.5
c2 = (1 + (z2 ^ 2)) ^ 0.5
fpn1 = ((0.07952 * Atn((y1 * z1) / a1)) + (0.013 * ((y1 / b1) - (y1 / (a1 * c1)))) + (0.005 *
(((y1 / b1) * Atn(z1 / b1))) + (((z1 / c1) * Atn(y1 / c1)))))

fpn2 = (0.07952 * Atn((y2 * z2) / a2)) - (0.013 * ((y2 / b2) - (y2 / (a2 * c2)))) + 0.005 * (((y2 /
b2 * Atn(z2 / b2)) + ((z2 / c2 * Atn(y2 / c2)))))

fpn11 = fpn1 + fpn2

```

'////////////////////ypn varia////////////////////

```

ypns = s2
xpns = s1
zpns = alto - 0.6
zpn2s = 0.6
y1s = ypns / xpns
z1s = zpns / xpns
a1s = (1 + (y1s ^ 2) + (z1s ^ 2)) ^ 0.5
b1s = (1 + (y1s ^ 2)) ^ 0.5
c1s = (1 + (z1s ^ 2)) ^ 0.5
y2s = ypn / xpn
z2s = zpn2s / xpn
a2s = (1 + (y2s ^ 2) + (z2s ^ 2)) ^ 0.5
b2s = (1 + (y2s ^ 2)) ^ 0.5
c2s = (1 + (z2s ^ 2)) ^ 0.5
fpn1s = (0.07952 * Atn(y1s * z1s / a1s)) + (0.013 * ((y1s / b1s) - (y1s / (a1s * c1s)))) + 0.005
* (((y1s / b1s * Atn(z1s / b1s)) + ((z1s / c1s * Atn(y1s / c1s)))))

fpn2s = (0.07952 * Atn(y2s * z2s / a2s)) - (0.013 * ((y2s / b2s) - (y2s / (a2s * c2s)))) + 0.005
* (((y2s / b2s * Atn(z2s / b2s)) + ((z2s / c2s * Atn(y2s / c2s)))))

fpn22 = fpn1s + fpn2s

fpn = fpn11 + fpn22

```

'////////////////////ATRAS////////////////////

```

y1s1 = (largo - s2) / (ancho - s1)
z1s1 = (alto - 0.6) / (ancho - s1)
a1s1 = (1 + (y1s1 ^ 2) + (z1s1 ^ 2)) ^ 0.5
b1s1 = (1 + (y1s1 ^ 2)) ^ 0.5
c1s1 = (1 + (z1s1 ^ 2)) ^ 0.5
fps1s = (0.07952 * Atn(y1s1 * z1s1 / a1s1)) - (0.013 * ((y1s1 / b1s1) - (y1s1 / (a1s1 *
c1s1)))) - 0.005 * (((y1s1 / b1s1) * Atn(z1s1 / b1s1)) + (((z1s1 / c1s1) * Atn(y1s1 / c1s1))))))

```

```

y2s1 = (largo - s2) / (ancho - s1)
z2s1 = 0.6 / (ancho - s1)
a2s1 = (1 + (y2s1 ^ 2) + (z2s1 ^ 2)) ^ 0.5
b2s1 = (1 + (y2s1 ^ 2)) ^ 0.5
c2s1 = (1 + (z2s1 ^ 2)) ^ 0.5
fps2s = (0.07952 * Atn(y2s1 * z2s1 / a2s1)) + (0.013 * ((y2s1 / b2s1) - (y2s1 / (a2s1 *
c2s1)))) - 0.005 * (((y2s1 / b2s1) * Atn(z2s1 / b2s1)) + ((z2s1 / c2s1) * Atn(y2s1 / c2s1))))

```

'////////////////////ypn varia////////////////////

```

y1s12 = (s2) / (ancho - s1)
z1s12 = (alto - 0.6) / (ancho - s1)
a1s12 = (1 + (y1s12 ^ 2) + (z1s12 ^ 2)) ^ 0.5
b1s12 = (1 + (y1s12 ^ 2)) ^ 0.5
c1s12 = (1 + (z1s12 ^ 2)) ^ 0.5
fps1sa = (0.07952 * Atn(y1s12 * z1s12 / a1s12)) - (0.013 * ((y1s12 / b1s12) - (y1s12 /
(a1s12 * c1s12)))) - 0.005 * (((y1s12 / b1s12) * Atn(z1s12 / b1s12)) + (((z1s12 / c1s12) *
Atn(y1s12 / c1s12))))

```

```

y2s121 = (s2) / (ancho - s1)
z2s121 = 0.6 / (ancho - s1)
a2s121 = (1 + (y2s121 ^ 2) + (z2s121 ^ 2)) ^ 0.5
b2s121 = (1 + (y2s121 ^ 2)) ^ 0.5
c2s121 = (1 + (z2s121 ^ 2)) ^ 0.5
fps2sa = (0.07952 * Atn(y2s121 * z2s121 / a2s121)) + (0.013 * ((y2s121 / b2s121) -
(y2s121 / (a2s121 * c2s121)))) - 0.005 * (((y2s121 / b2s121) * Atn(z2s121 / b2s121)) +
((z2s121 / c2s121) * Atn(y2s121 / c2s121))))

```

fps = fps2sa + fps1sa + fps1s + fps2s

'////////LADO OESTE////////

'paneles de frente

```

xoe = s1 / (largo - s2)
zoe = (alto - 0.6) / (largo - s2)
aoe = (1 + (xoe ^ 2) + (zoe ^ 2)) ^ 0.5
xoe1 = s1 / (largo - s2)
zoe1 = 0.6 / (largo - s2)
aoe1 = (1 + (xoe1 ^ 2) + (zoe1 ^ 2)) ^ 0.5
fpoe11 = 0.07952 * (Atn(xoe * zoe / aoe)) + (0.013 * (1 + (1 / aoe) - (1 / Abs(xoe)) - (1 /
Abs(zoe)))) + 0.005 * (Atn(zoe) - ((1 / ((1 + xoe ^ 2) ^ 0.5)) * Atn(1 / ((1 / ((1 + zoe ^ 2)
^ 0.5))))))
fpoe22 = 0.07952 * (Atn(xoe1 * zoe1 / aoe1)) - (0.013 * (1 + (1 / aoe1) - (1 / Abs(xoe1)) - (1 /
Abs(zoe1)))) + 0.005 * (Atn(zoe1) - ((1 / ((1 + xoe1 ^ 2) ^ 0.5)) * Atn(1 / ((1 / ((1 + zoe1 ^ 2)
^ 0.5))))))

```

'paneles trasero

```
xoe22 = (ancho - s1) / (largo - s2)
zoe22 = (alto - 0.6) / (largo - s2)
aroe122 = (1 + (xoe22 ^ 2) + (zoe22 ^ 2)) ^ 0.5
xoe122 = (ancho - s1) / (largo - s2)
zoe122 = (0.6) / (largo - s2)
aroe1122 = (1 + (xoe122 ^ 2) + (yoe122 ^ 2)) ^ 0.5
fpoe112 = 0.07952 * (Atn(xoe22 * zoe22 / aroe122)) - (0.013 * (1 + (1 / aroe122) - (1 /
Abs(xoe22)) - (1 / Abs(zoe22)))) - 0.005 * (Atn(zoe22) - ((1 / ((1 + xoe22 ^ 2) ^ 0.5)) * Atn(1
/ ((1 / ((1 + zoe22 ^ 2) ^ 0.5))))))

fpoe222 = 0.07952 * (Atn(xoe1 * zoe122 / aroe1122)) + (0.013 * (1 + (1 / aroe1122) - (1 /
Abs(xoe122)) - (1 / Abs(zoe122)))) - 0.005 * (Atn(zoe122) - ((1 / ((1 + xoe122 ^ 2) ^ 0.5)) *
Atn(1 / ((1 / ((1 + zoe122 ^ 2) ^ 0.5))))))

fpo = fpoe11 + fpoe22 + fpoe112 + fpoe222
```

'////////////////////////////////LADO ESTE////////////////////////////////

'paneles de frente

```
xee = s1 / s2
zee = (alto - 0.6) / s2
aee = (1 + (xee ^ 2) + (zee ^ 2)) ^ 0.5
xee1 = s1 / s2
zee1 = 0.6 / s2
aee1 = (1 + (xee1 ^ 2) + (zee1 ^ 2)) ^ 0.5
fpee11 = 0.07952 * (Atn(xee * zee / aee)) + (0.013 * (1 + (1 / aee) - (1 / Abs(xee)) - (1 /
Abs(zee)))) + 0.005 * (Atn(zee) - ((1 / ((1 + xee ^ 2) ^ 0.5)) * Atn(1 / ((1 / ((1 + zee ^ 2) ^
0.5))))))

fpee22 = 0.07952 * (Atn(xee1 * zee1 / aee1)) - (0.013 * (1 + (1 / aee1) - (1 / Abs(xee1)) - (1 /
Abs(zee1)))) + 0.005 * (Atn(zee1) - ((1 / ((1 + xee1 ^ 2) ^ 0.5)) * Atn(1 / ((1 / ((1 + zee1 ^ 2) ^
0.5))))))

'paneles traseros
xee22 = (ancho - s1) / s2
zee22 = (alto - 0.6) / s2
aree122 = (1 + (xoe22 ^ 2) + (zoe22 ^ 2)) ^ 0.5
xee122 = (ancho - s1) / s2
zee122 = (0.6) / s2
aree1122 = (1 + (xee122 ^ 2) + (yee122 ^ 2)) ^ 0.5
fpee112 = 0.07952 * (Atn(xee22 * zee22 / aree122)) - (0.013 * (1 + (1 / aree122) - (1 /
Abs(xee22)) - (1 / Abs(zee22)))) - 0.005 * (Atn(zee22) - ((1 / ((1 + xee22 ^ 2) ^ 0.5)) * Atn(1
/ ((1 / ((1 + zee22 ^ 2) ^ 0.5))))))

fpee222 = 0.07952 * (Atn(xee1 * zee122 / aree1122)) + (0.013 * (1 + (1 / aree1122) - (1 /
Abs(xee122)) - (1 / Abs(zee122)))) - 0.005 * (Atn(zee122) - ((1 / ((1 + xee122 ^ 2) ^ 0.5)) *
Atn(1 / ((1 / ((1 + zee122 ^ 2) ^ 0.5))))))

fpe = fpee11 + fpee22 + fpee112 + fpee222
```

'////////////////////////////////TECHO////////////////////////////////

xt1 = s1 / (alto - 0.6)

```

yt1 = s2 / (alto - 0.6)
at1 = (1 + ((xt1) ^ 2) + ((yt1) ^ 2)) ^ 0.5
xt12 = s1 / (alto - 0.6)
yt12 = (largo - s2) / (alto - 0.6)
at12 = (1 + ((xt12) ^ 2) + ((yt12) ^ 2)) ^ 0.5
ft11 = (0.07952 * Atn(xt1 * yt1 / at1)) + (0.013 * ((yt1 / ((1 + yt1 ^ 2) ^ 0.5)) - (yt1 / (at1 * ((1 + xt1 ^ 2) ^ 0.5))))) + 0.005 * ((Atn(yt1)) - ((1 / Abs(xt1)) * Atn(yt1 / Abs(xt1))))

ft22 = (0.07952 * Atn(xt12 * yt12 / at12)) + (0.013 * ((yt12 / ((1 + yt12 ^ 2) ^ 0.5)) - (yt12 / (at12 * ((1 + xt12 ^ 2) ^ 0.5))))) + 0.005 * ((Atn(yt12)) - ((1 / Abs(xt12)) * Atn(yt12 / Abs(xt12))))

xt122 = (ancho - s1) / (alto - 0.6)
yt122 = s2 / (alto - 0.6)
at122 = (1 + ((xt122) ^ 2) + ((yt122) ^ 2)) ^ 0.5
xt123 = (ancho - s1) / (alto - 0.6)
yt123 = (largo - s2) / (alto - 0.6)
at123 = (1 + ((xt123) ^ 2) + ((yt123) ^ 2)) ^ 0.5
ft111 = (0.07952 * Atn(xt122 * yt122 / at122)) - (0.013 * ((yt122 / ((1 + yt122 ^ 2) ^ 0.5)) - (yt122 / (at122 * ((1 + xt122 ^ 2) ^ 0.5))))) - 0.005 * ((Atn(yt122)) - ((1 / Abs(xt122)) * Atn(yt122 / Abs(xt122))))

ft222 = (0.07952 * Atn(xt123 * yt123 / at123)) - (0.013 * ((yt123 / ((1 + yt123 ^ 2) ^ 0.5)) - (yt123 / (at123 * ((1 + xt123 ^ 2) ^ 0.5))))) + 0.005 * ((Atn(yt123)) - ((1 / Abs(xt123)) * Atn(yt123 / Abs(xt123))))

fpt = ft11 + ft22 + ft111 + ft222

'////////////////////////////////PISO////////////////////////////////////////

xt13 = s1 / (0.6)
yt13 = s2 / (0.6)
at13 = (1 + ((xt13) ^ 2) + ((yt13) ^ 2)) ^ 0.5
xt124 = s1 / (0.6)
yt124 = (largo - s2) / (0.6)
at124 = (1 + ((xt124) ^ 2) + ((yt124) ^ 2)) ^ 0.5
ft113 = (0.07952 * Atn(xt13 * yt13 / at13)) + (0.013 * ((yt13 / ((1 + yt13 ^ 2) ^ 0.5)) + (yt13 / (at13 * ((1 + xt13 ^ 2) ^ 0.5))))) + 0.005 * ((Atn(yt13)) - ((1 / Abs(xt13)) * Atn(yt13 / Abs(xt13))))

ft224 = (0.07952 * Atn(xt12 * yt124 / at124)) + (0.013 * ((yt124 / ((1 + yt124 ^ 2) ^ 0.5)) + (yt124 / (at124 * ((1 + xt124 ^ 2) ^ 0.5))))) - 0.005 * ((Atn(yt124)) - ((1 / Abs(xt124)) * Atn(yt124 / Abs(xt124))))

xt1223 = (ancho - s1) / (0.6)
yt1223 = s2 / (0.6)
at1223 = (1 + ((xt1223) ^ 2) + ((yt1223) ^ 2)) ^ 0.5
xt1234 = (ancho - s1) / (0.6)
yt1234 = (largo - s2) / (0.6)
at1234 = (1 + ((xt1234) ^ 2) + ((yt1234) ^ 2)) ^ 0.5
ft1113 = (0.07952 * Atn(xt1223 * yt1223 / at1223)) - (0.013 * ((yt1223 / ((1 + yt1223 ^ 2) ^ 0.5)) - (yt1223 / (at1223 * ((1 + xt1223 ^ 2) ^ 0.5))))) + 0.005 * ((Atn(yt1223)) - ((1 / Abs(xt1223)) * Atn(yt1223 / Abs(xt1223))))

```

```
ft2224 = (0.07952 * Atn(xt1234 * yt1234 / at1234)) - (0.013 * ((yt1234 / ((1 + yt1234 ^ 2) ^ 0.5)) - (yt1234 / (at1234 * ((1 + xt1234 ^ 2) ^ 0.5)))) - 0.005 * ((Atn(yt1234)) - ((1 / Abs(xt1234)) * Atn(yt1234 / Abs(xt1234)))))
```

```
fpp = ft113 + ft224 + ft1113 + ft2224
```

```
End If
```

```
If (OptionButton11 = True Or OptionButton12 = True) And (OptionButton9 = False Or OptionButton10 = False) Then 'para este y oeste
```

```
////////////////////////////////////FRENTE////////////////////////////////////
```

```
ypn = (ancho - s1)
xpn = s2
zpn = alto - 0.6
zpn2 = 0.6
y1 = ypn / xpn
z1 = zpn / xpn
a1 = (1 + (y1 ^ 2) + (z1 ^ 2)) ^ 0.5
b1 = (1 + (y1 ^ 2)) ^ 0.5
c1 = (1 + (z1 ^ 2)) ^ 0.5
```

```
y2 = ypn / xpn
z2 = zpn2 / xpn
a2 = (1 + (y2 ^ 2) + (z2 ^ 2)) ^ 0.5
b2 = (1 + (y2 ^ 2)) ^ 0.5
c2 = (1 + (z2 ^ 2)) ^ 0.5
fpn1 = ((0.07952 * Atn((y1 * z1) / a1)) + (0.013 * ((y1 / b1) - (y1 / (a1 * c1)))) + (0.005 * (((y1 / b1) * Atn(z1 / b1)) + ((z1 / c1) * Atn(y1 / c1)))))
```

```
fpn2 = (0.07952 * Atn((y2 * z2) / a2)) - (0.013 * ((y2 / b2) - (y2 / (a2 * c2)))) + 0.005 * (((y2 / b2 * Atn(z2 / b2)) + ((z2 / c2 * Atn(y2 / c2)))))
```

```
fpn11 = fpn1 + fpn2
```

```
////////////////////////////////////ypn varia////////////////////////////////////
```

```
ypns = s1
xpns = s2
zpns = alto - 0.6
zpn2s = 0.6
y1s = ypns / xpns
z1s = zpns / xpns
a1s = (1 + (y1s ^ 2) + (z1s ^ 2)) ^ 0.5
b1s = (1 + (y1s ^ 2)) ^ 0.5
c1s = (1 + (z1s ^ 2)) ^ 0.5
y2s = ypn / xpn
z2s = zpn2s / xpn
a2s = (1 + (y2s ^ 2) + (z2s ^ 2)) ^ 0.5
b2s = (1 + (y2s ^ 2)) ^ 0.5
c2s = (1 + (z2s ^ 2)) ^ 0.5
fpn1s = (0.07952 * Atn(y1s * z1s / a1s)) + (0.013 * ((y1s / b1s) - (y1s / (a1s * c1s)))) + 0.005 * (((y1s / b1s * Atn(z1s / b1s)) + ((z1s / c1s * Atn(y1s / c1s)))))
```

$$\text{fpn2s} = (0.07952 * \text{Atn}(y2s * z2s / a2s)) - (0.013 * ((y2s / b2s) - (y2s / (a2s * c2s)))) + 0.005 * (((y2s / b2s * \text{Atn}(z2s / b2s)) + ((z2s / c2s * \text{Atn}(y2s / c2s))))))$$

$$\text{fpn22} = \text{fpn1s} + \text{fpn2s}$$

$$\text{fpn} = \text{fpn11} + \text{fpn22}$$

'//////////////////////////////////////ATRAS//////////////////////////////////////'

$$y1s1 = (\text{ancho} - s1) / (\text{largo} - s2)$$

$$z1s1 = (\text{alto} - 0.6) / (\text{largo} - s2)$$

$$a1s1 = (1 + (y1s1^2) + (z1s1^2))^{0.5}$$

$$b1s1 = (1 + (y1s1^2))^{0.5}$$

$$c1s1 = (1 + (z1s1^2))^{0.5}$$

$$\text{fps1s} = (0.07952 * \text{Atn}(y1s1 * z1s1 / a1s1)) - (0.013 * ((y1s1 / b1s1) - (y1s1 / (a1s1 * c1s1)))) - 0.005 * (((y1s1 / b1s1) * \text{Atn}(z1s1 / b1s1)) + (((z1s1 / c1s1) * \text{Atn}(y1s1 / c1s1))))$$

$$y2s1 = (\text{ancho} - s1) / (\text{largo} - s2)$$

$$z2s1 = 0.6 / (\text{largo} - s2)$$

$$a2s1 = (1 + (y2s1^2) + (z2s1^2))^{0.5}$$

$$b2s1 = (1 + (y2s1^2))^{0.5}$$

$$c2s1 = (1 + (z2s1^2))^{0.5}$$

$$\text{fps2s} = (0.07952 * \text{Atn}(y2s1 * z2s1 / a2s1)) + (0.013 * ((y2s1 / b2s1) - (y2s1 / (a2s1 * c2s1)))) - 0.005 * (((y2s1 / b2s1) * \text{Atn}(z2s1 / b2s1)) + ((z2s1 / c2s1 * \text{Atn}(y2s1 / c2s1))))$$

'//////////////////////////////////////ypn varia//////////////////////////////////////'

$$y1s12 = (s1) / (\text{largo} - s2)$$

$$z1s12 = (\text{alto} - 0.6) / (\text{largo} - s2)$$

$$a1s12 = (1 + (y1s12^2) + (z1s12^2))^{0.5}$$

$$b1s12 = (1 + (y1s12^2))^{0.5}$$

$$c1s12 = (1 + (z1s12^2))^{0.5}$$

$$\text{fps1sa} = (0.07952 * \text{Atn}(y1s12 * z1s12 / a1s12)) - (0.013 * ((y1s12 / b1s12) - (y1s12 / (a1s12 * c1s12)))) - 0.005 * (((y1s12 / b1s12) * \text{Atn}(z1s12 / b1s12)) + (((z1s12 / c1s12) * \text{Atn}(y1s12 / c1s12))))$$

$$y2s121 = (s1) / (\text{largo} - s2)$$

$$z2s121 = 0.6 / (\text{largo} - s2)$$

$$a2s121 = (1 + (y2s121^2) + (z2s121^2))^{0.5}$$

$$b2s121 = (1 + (y2s121^2))^{0.5}$$

$$c2s121 = (1 + (z2s121^2))^{0.5}$$

$$\text{fps2sa} = (0.07952 * \text{Atn}(y2s121 * z2s121 / a2s121)) + (0.013 * ((y2s121 / b2s121) - (y2s121 / (a2s121 * c2s121)))) - 0.005 * (((y2s121 / b2s121) * \text{Atn}(z2s121 / b2s121)) + ((z2s121 / c2s121 * \text{Atn}(y2s121 / c2s121))))$$

$$\text{fps} = \text{fps2sa} + \text{fps1sa} + \text{fps1s} + \text{fps2s}$$

'//////////////////////////////////////LADO OESTE//////////////////////////////////////'

'paneles de frente'

$$\text{xoe} = s2 / (\text{ancho} - s1)$$

```

zoe = (alto - 0.6) / (ancho - s1)
aoe = (1 + (xoe ^ 2) + (zoe ^ 2)) ^ 0.5

xoe1 = s2 / (ancho - s1)
zoe1 = 0.6 / (ancho - s1)
aoe1 = (1 + (xoe1 ^ 2) + (zoe1 ^ 2)) ^ 0.5

fpoe11 = 0.07952 * (Atn(xoe * zoe / aoe)) + (0.013 * (1 + (1 / aoe) - (1 / Abs(xoe)) - (1 /
Abs(zoe)))) + 0.005 * (Atn(zoe) - ((1 / ((1 + xoe ^ 2) ^ 0.5)) * Atn(1 / ((1 / ((1 + zoe ^ 2) ^
0.5))))))

fpoe22 = 0.07952 * (Atn(xoe1 * zoe1 / aoe1)) - (0.013 * (1 + (1 / aoe1) - (1 / Abs(xoe1)) - (1 /
Abs(zoe1)))) + 0.005 * (Atn(zoe1) - ((1 / ((1 + xoe1 ^ 2) ^ 0.5)) * Atn(1 / ((1 / ((1 + zoe1 ^ 2) ^
0.5))))))

'paneles traseros

xoe22 = (largo - s2) / (ancho - s1)

zoe22 = (alto - 0.6) / (ancho - s1)

aroe122 = (1 + (xoe22 ^ 2) + (zoe22 ^ 2)) ^ 0.5

xoe122 = (largo - s2) / (ancho - s1)

zoe122 = (0.6) / (ancho - s1)

aroe1122 = (1 + (xoe122 ^ 2) + (yoe122 ^ 2)) ^ 0.5

fpoe112 = 0.07952 * (Atn(xoe22 * zoe22 / aroe122)) - (0.013 * (1 + (1 / aroe122) - (1 /
Abs(xoe22)) - (1 / Abs(zoe22)))) - 0.005 * (Atn(zoe22) - ((1 / ((1 + xoe22 ^ 2) ^ 0.5)) * Atn(1 /
((1 / ((1 + zoe22 ^ 2) ^ 0.5))))))

fpoe222 = 0.07952 * (Atn(xoe1 * zoe122 / aroe1122)) + (0.013 * (1 + (1 / aroe1122) - (1 /
Abs(xoe122)) - (1 / Abs(zoe122)))) - 0.005 * (Atn(zoe122) - ((1 / ((1 + xoe122 ^ 2) ^ 0.5)) *
Atn(1 / ((1 / ((1 + zoe122 ^ 2) ^ 0.5))))))

fpo = fpoe11 + fpoe22 + fpoe112 + fpoe222

'////////////////////////////////LADO ESTE////////////////////////////////

'paneles de frente

xee = s2 / s1

zee = (alto - 0.6) / s1

aee = (1 + (xee ^ 2) + (zee ^ 2)) ^ 0.5

xee1 = s2 / s1

zee1 = 0.6 / s1

aee1 = (1 + (xee1 ^ 2) + (zeee1 ^ 2)) ^ 0.5

```

```

fpee11 = 0.07952 * (Atn(xee * zee / aee)) + (0.013 * (1 + (1 / aee) - (1 / Abs(xee)) - (1 /
Abs(zee)))) + 0.005 * (Atn(zee) - ((1 / ((1 + xee ^ 2) ^ 0.5)) * Atn(1 / ((1 / ((1 + zee ^ 2) ^
0.5))))))

fpee22 = 0.07952 * (Atn(xee1 * zee1 / aee1)) - (0.013 * (1 + (1 / aee1) - (1 / Abs(xee1)) - (1 /
Abs(zee1)))) + 0.005 * (Atn(zee1) - ((1 / ((1 + xee1 ^ 2) ^ 0.5)) * Atn(1 / ((1 / ((1 + zee1 ^ 2) ^
0.5))))))

'paneles traseros

xee22 = (largo - s2) / s1

zee22 = (alto - 0.6) / s1

aree122 = (1 + (xee22 ^ 2) + (zee22 ^ 2)) ^ 0.5

xee122 = (largo - s2) / s1

zee122 = (0.6) / s1

aree1122 = (1 + (xee122 ^ 2) + (zee122 ^ 2)) ^ 0.5

fpee112 = 0.07952 * (Atn(xee22 * zee22 / aree122)) - (0.013 * (1 + (1 / aree122) - (1 /
Abs(xee22)) - (1 / Abs(zee22)))) - 0.005 * (Atn(zee22) - ((1 / ((1 + xee22 ^ 2) ^ 0.5)) * Atn(1 /
((1 / ((1 + zee22 ^ 2) ^ 0.5))))))

fpee222 = 0.07952 * (Atn(xee1 * zee122 / aree1122)) + (0.013 * (1 + (1 / aree1122) - (1 /
Abs(xee122)) - (1 / Abs(zee122)))) - 0.005 * (Atn(zee122) - ((1 / ((1 + xee122 ^ 2) ^ 0.5)) *
Atn(1 / ((1 / ((1 + zee122 ^ 2) ^ 0.5))))))

fpe = fpee11 + fpee22 + fpee112 + fpee222

'////////////////////////////////TECHO////////////////////////////////

xt1 = s2 / (alto - 0.6)

yt1 = s1 / (alto - 0.6)

at1 = (1 + ((xt1) ^ 2) + ((yt1) ^ 2)) ^ 0.5

xt12 = s2 / (alto - 0.6)

yt12 = (largo - s2) / (alto - 0.6)

at12 = (1 + ((xt12) ^ 2) + ((yt12) ^ 2)) ^ 0.5

ft11 = (0.07952 * Atn(xt1 * yt1 / at1)) + (0.013 * ((yt1 / ((1 + yt1 ^ 2) ^ 0.5)) - (yt1 / (at1 * ((1
+ xt1 ^ 2) ^ 0.5)))) + 0.005 * ((Atn(yt1)) - ((1 / Abs(xt1)) * Atn(yt1 / Abs(xt1))))

ft22 = (0.07952 * Atn(xt12 * yt12 / at12)) + (0.013 * ((yt12 / ((1 + yt12 ^ 2) ^ 0.5)) - (yt12 /
(at12 * ((1 + xt12 ^ 2) ^ 0.5)))) + 0.005 * ((Atn(yt12)) - ((1 / Abs(xt12)) * Atn(yt12 /
Abs(xt12))))

xt122 = (largo - s2) / (alto - 0.6)

yt122 = s1 / (alto - 0.6)

```

$$at122 = (1 + ((xt122)^2) + ((yt122)^2))^{0.5}$$

$$xt123 = (largo - s2) / (alto - 0.6)$$

$$yt123 = (ancho - s1) / (alto - 0.6)$$

$$at123 = (1 + ((xt123)^2) + ((yt123)^2))^{0.5}$$

$$ft111 = (0.07952 * \text{Atn}(xt122 * yt122 / at122)) - (0.013 * ((yt122 / ((1 + yt122^2)^{0.5})) - (yt122 / (at122 * ((1 + xt122^2)^{0.5})))) - 0.005 * ((\text{Atn}(yt122)) - ((1 / \text{Abs}(xt122)) * \text{Atn}(yt122 / \text{Abs}(xt122))))$$

$$ft222 = (0.07952 * \text{Atn}(xt123 * yt123 / at123)) - (0.013 * ((yt123 / ((1 + yt123^2)^{0.5})) - (yt123 / (at123 * ((1 + xt123^2)^{0.5})))) + 0.005 * ((\text{Atn}(yt123)) - ((1 / \text{Abs}(xt123)) * \text{Atn}(yt123 / \text{Abs}(xt123))))$$

$$fpt = ft11 + ft22 + ft111 + ft222$$

'////////////////////////////////PISO////////////////////////////////'

$$xt13 = s2 / (0.6)$$

$$yt13 = s1 / (0.6)$$

$$at13 = (1 + ((xt13)^2) + ((yt13)^2))^{0.5}$$

$$xt124 = s2 / (0.6)$$

$$yt124 = (ancho - s1) / (0.6)$$

$$at124 = (1 + ((xt124)^2) + ((yt124)^2))^{0.5}$$

$$ft113 = (0.07952 * \text{Atn}(xt13 * yt13 / at13)) + (0.013 * ((yt13 / ((1 + yt13^2)^{0.5})) + (yt13 / (at13 * ((1 + xt13^2)^{0.5})))) + 0.005 * ((\text{Atn}(yt13)) - ((1 / \text{Abs}(xt13)) * \text{Atn}(yt13 / \text{Abs}(xt13))))$$

$$ft224 = (0.07952 * \text{Atn}(xt12 * yt124 / at124)) + (0.013 * ((yt124 / ((1 + yt124^2)^{0.5})) + (yt124 / (at124 * ((1 + xt124^2)^{0.5})))) - 0.005 * ((\text{Atn}(yt124)) - ((1 / \text{Abs}(xt124)) * \text{Atn}(yt124 / \text{Abs}(xt124))))$$

$$xt1223 = (largo - s2) / (0.6)$$

$$yt1223 = s1 / (0.6)$$

$$at1223 = (1 + ((xt1223)^2) + ((yt1223)^2))^{0.5}$$

$$xt1234 = (largo - s2) / (0.6)$$

$$yt1234 = (largo - s1) / (0.6)$$

$$at1234 = (1 + ((xt1234)^2) + ((yt1234)^2))^{0.5}$$

$$ft1113 = (0.07952 * \text{Atn}(xt1223 * yt1223 / at1223)) - (0.013 * ((yt1223 / ((1 + yt1223^2)^{0.5})) - (yt1223 / (at1223 * ((1 + xt1223^2)^{0.5})))) + 0.005 * ((\text{Atn}(yt1223)) - ((1 / \text{Abs}(xt1223)) * \text{Atn}(yt1223 / \text{Abs}(xt1223))))$$

$$ft2224 = (0.07952 * \text{Atn}(xt1234 * yt1234 / at1234)) - (0.013 * ((yt1234 / ((1 + yt1234^2)^{0.5})) - (yt1234 / (at1234 * ((1 + xt1234^2)^{0.5})))) - 0.005 * ((\text{Atn}(yt1234)) - ((1 / \text{Abs}(xt1234)) * \text{Atn}(yt1234 / \text{Abs}(xt1234))))$$

$$fpp = ft113 + ft224 + ft1113 + ft2224$$

End If

```
If OptionButton9 = True Then 'norte
    fpsn = fps
    fpnn = fpn
    bitn = 1
    bits = 0
    bito = 0
    bite = 0
```

```
Hoja3.Cells(4, 1) = 1
End If
```

```
If OptionButton10 = True Then 'sur
    fpss = fpn
    fpns = fps
    bits = 1
    bitn = 0
    bite = 0
    bito = 0
    Hoja3.Cells(4, 1) = 2
End If
```

```
If OptionButton11 = True Then 'este
    fpse = fps
    fpne = fpn
    bite = 1
    bito = 0
    bits = 0
    bitn = 0
    Hoja3.Cells(4, 1) = 3
End If
```

```
If OptionButton12 = True Then 'oeste
    fpso = fpn
    fpno = fps
    bite = 0
    bito = 1
    bits = 0
    bitn = 0
    Hoja3.Cells(4, 1) = 4
End If
```

```
If bite = 1 Then ' persona con norte al este
    Hoja3.Cells(20, 6).Value = Round(fpse, 9)
    Hoja3.Cells(20, 5).Value = Round(fpne, 9)
    Hoja3.Cells(20, 4).Value = Round(fpo, 9)
    Hoja3.Cells(20, 3).Value = Round(fpe, 9)
    Hoja3.Cells(20, 7).Value = Round(fpt, 9)
    Hoja3.Cells(20, 8).Value = Round(1 - (fpse + fpne + fpo + fpe + fpt), 9)
```

```

artecho = ancho * largo
arpiso = Round(ancho * largo, 9)
arsur = Round(alto * largo, 9)
arnor = Round(alto * largo, 9)
aresta = Round(ancho * alto, 9)
aroeste = Round(ancho * alto, 9)

```

' Factor de forma entre norte y demás superficies

```

Hoja3.Cells(21, 2).Value = Round((apersona / arnor) * Hoja3.Cells(20, 3).Value, 9) 'norte y
persona
Hoja3.Cells(21, 3).Value = 0 'norte y norte
Hoja3.Cells(21, 4).Value = Round((fns - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 3).Value)), 9)
'norte y sur
Hoja3.Cells(21, 5).Value = Round(((fen) - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 3).Value)),
9) 'norte y oeste
Hoja3.Cells(21, 6).Value = Round(((fen) - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 3).Value)),
9) 'norte y este
Hoja3.Cells(21, 7).Value = Round((f1 - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 3).Value)), 9)
'norte y techo
Hoja3.Cells(21, 8).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(21, 2).Value + Hoja3.Cells(21, 3).Value
+ Hoja3.Cells(21, 4).Value + Hoja3.Cells(21, 5).Value + Hoja3.Cells(21, 6).Value +
Hoja3.Cells(21, 7).Value), 9) 'norte y piso

```

' Factor de forma entre sur y demás superficies

```

Hoja3.Cells(22, 2).Value = Round((apersona / arnor) * Hoja3.Cells(20, 4).Value, 9) 'sur y
persona
Hoja3.Cells(22, 3).Value = Round(Hoja3.Cells(21, 4).Value, 9) 'sur y norte
Hoja3.Cells(22, 4).Value = 0 'norte y sur
Hoja3.Cells(22, 5).Value = Round(fen - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 4).Value), 9)
'sur y oeste
Hoja3.Cells(22, 6).Value = Round(fen - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 4).Value), 9)
'sur y este
Hoja3.Cells(22, 7).Value = Round(f1 - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 4).Value), 9)
'sur y techo
Hoja3.Cells(22, 8).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(22, 2).Value + Hoja3.Cells(22, 3).Value
+ Hoja3.Cells(22, 4).Value + Hoja3.Cells(22, 5).Value + Hoja3.Cells(22, 6).Value +
Hoja3.Cells(22, 7).Value), 9) 'norte y piso

```

' Factor de forma entre oeste y demás superficies

```

Hoja3.Cells(23, 2).Value = Round((apersona / aroeste) * Hoja3.Cells(20, 5).Value, 9) 'oeste
y persona
Hoja3.Cells(23, 3).Value = Round((Hoja3.Cells(21, 5).Value) * (arnor / aroeste), 9)
Hoja3.Cells(23, 4).Value = Round((Hoja3.Cells(22, 5).Value) * (arnor / aroeste), 9) 'oeste y
sur
Hoja3.Cells(23, 5).Value = 0 'oeste y oeste
Hoja3.Cells(23, 6).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(23, 2).Value + Hoja3.Cells(23, 3).Value
+ Hoja3.Cells(23, 4).Value + Hoja3.Cells(23, 5).Value + Hoja3.Cells(23, 7).Value +
Hoja3.Cells(23, 8).Value), 9) 'oeste y este
Hoja3.Cells(23, 7).Value = Round(f - (Hoja3.Cells(23, 2).Value), 9) 'oeste y techo
Hoja3.Cells(23, 8).Value = Round(f - (Hoja3.Cells(23, 2).Value), 9) 'oeste y piso

```

' Factor de forma entre este y demás superficies

Hoja3.Cells(24, 2).Value = Round((apersona / aroeste) * Hoja3.Cells(20, 6).Value, 9) 'este y persona
Hoja3.Cells(24, 3).Value = Round((Hoja3.Cells(21, 6).Value) * (arnor / aroeste), 9)
Hoja3.Cells(24, 4).Value = Round((Hoja3.Cells(22, 6).Value) * (arnor / aroeste), 9) 'este y sur
Hoja3.Cells(24, 5).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(24, 2).Value + Hoja3.Cells(24, 3).Value + Hoja3.Cells(24, 4).Value + Hoja3.Cells(24, 6).Value + Hoja3.Cells(24, 7).Value + Hoja3.Cells(24, 8).Value), 9) 'este y oeste
Hoja3.Cells(24, 6).Value = 0 'este y este
Hoja3.Cells(24, 7).Value = Round(f - (Hoja3.Cells(24, 2).Value), 9) 'este y techo
Hoja3.Cells(24, 8).Value = Round(f - (Hoja3.Cells(24, 2).Value), 9) 'este y piso

' Factor de forma entre techo y demás superficies

Hoja3.Cells(25, 2).Value = Round((apersona / artecho) * Hoja3.Cells(20, 7).Value, 9) 'techo y persona
Hoja3.Cells(25, 3).Value = Round((Hoja3.Cells(21, 7).Value) * (arnor / artecho), 9) 'techo y norte
Hoja3.Cells(25, 4).Value = Round((Hoja3.Cells(22, 7).Value) * (arnor / artecho), 9) 'techo y sur
Hoja3.Cells(25, 5).Value = Round((Hoja3.Cells(23, 7).Value) * (aroeste / artecho), 9) 'techo y oeste
Hoja3.Cells(25, 6).Value = Round((Hoja3.Cells(24, 7).Value) * (areste / artecho), 9) 'techo y este
Hoja3.Cells(25, 7).Value = 0 'techo y techo
Hoja3.Cells(25, 8).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(25, 2).Value + Hoja3.Cells(25, 3).Value + Hoja3.Cells(25, 4).Value + Hoja3.Cells(25, 5).Value + Hoja3.Cells(25, 6).Value), 9) 'techo y piso

' Factor de forma entre piso y demás superficies

Hoja3.Cells(26, 2).Value = Round((apersona / artecho) * Hoja3.Cells(20, 8).Value, 9) 'piso y persona
Hoja3.Cells(26, 3).Value = Round((Hoja3.Cells(21, 8).Value) * (arnor / artecho), 9) 'piso y norte
Hoja3.Cells(26, 4).Value = Round((Hoja3.Cells(22, 8).Value) * (arnor / artecho), 9) 'piso y sur
Hoja3.Cells(26, 5).Value = Round((Hoja3.Cells(23, 8).Value) * (aroeste / artecho), 9) 'piso y oeste
Hoja3.Cells(26, 6).Value = Round((Hoja3.Cells(24, 8).Value) * (areste / artecho), 9) 'piso y este
Hoja3.Cells(26, 7).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(26, 2).Value + Hoja3.Cells(26, 3).Value + Hoja3.Cells(26, 4).Value + Hoja3.Cells(26, 5).Value + Hoja3.Cells(26, 6).Value), 9) 'techo y piso
Hoja3.Cells(26, 8).Value = 0 'piso y piso

End If

```

If bito = 1 Then      'persona con norte al oeste
Hoja3.Cells(20, 6).Value = Round(fpso, 9)
Hoja3.Cells(20, 5).Value = Round(fpno, 9)
Hoja3.Cells(20, 4).Value = Round(fpo, 9)
Hoja3.Cells(20, 3).Value = Round(fpe, 9)
Hoja3.Cells(20, 7).Value = Round(fpt, 9)
Hoja3.Cells(20, 8).Value = Round(1 - (fpso + fpno + fpo + fpe + fpt), 9)

```

```

artecho = ancho * largo
ar piso = Round(ancho * largo, 9)
arsur = Round(alto * largo, 9)
arnor = Round(alto * largo, 9)
aresta = Round(ancho * alto, 9)
aroeste = Round(ancho * alto, 9)

```

' Factor de forma entre norte y demás superficies

```

Hoja3.Cells(21, 2).Value = Round((apersona / arnor) * Hoja3.Cells(20, 3).Value, 9) 'norte y
persona
Hoja3.Cells(21, 3).Value = 0 'norte y norte
Hoja3.Cells(21, 4).Value = Round(((fns - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 3).Value)), 9)
'norte y sur
Hoja3.Cells(21, 5).Value = Round(((fen) - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 3).Value)),
9) 'norte y oeste
Hoja3.Cells(21, 6).Value = Round(((fen) - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 3).Value)),
9) 'norte y este
Hoja3.Cells(21, 7).Value = Round(((f1 - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 3).Value)), 9)
'norte y techo
Hoja3.Cells(21, 8).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(21, 2).Value + Hoja3.Cells(21, 3).Value
+ Hoja3.Cells(21, 4).Value + Hoja3.Cells(21, 5).Value + Hoja3.Cells(21, 6).Value +
Hoja3.Cells(21, 7).Value), 9) 'norte y piso

```

' Factor de forma entre sur y demás superficies

```

Hoja3.Cells(22, 2).Value = Round((apersona / arnor) * Hoja3.Cells(20, 4).Value, 9) 'sur y
persona
Hoja3.Cells(22, 3).Value = Round(Hoja3.Cells(21, 4).Value, 9) 'sur y norte
Hoja3.Cells(22, 4).Value = 0 'norte y sur
Hoja3.Cells(22, 5).Value = Round(fen - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 4).Value), 9)
'sur y oeste
Hoja3.Cells(22, 6).Value = Round(fen - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 4).Value), 9)
'sur y este
Hoja3.Cells(22, 7).Value = Round(f1 - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 4).Value), 9)
'sur y techo
Hoja3.Cells(22, 8).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(22, 2).Value + Hoja3.Cells(22, 3).Value
+ Hoja3.Cells(22, 4).Value + Hoja3.Cells(22, 5).Value + Hoja3.Cells(22, 6).Value +
Hoja3.Cells(22, 7).Value), 9) 'norte y piso

```

' Factor de forma entre oeste y demás superficies

```

Hoja3.Cells(23, 2).Value = Round((apersona / aroeste) * Hoja3.Cells(20, 5).Value, 9) 'oeste
y persona
Hoja3.Cells(23, 3).Value = Round((Hoja3.Cells(21, 5).Value) * (arnor / aroeste), 9)

```

Hoja3.Cells(23, 4).Value = Round((Hoja3.Cells(22, 5).Value) * (arnor / aroeste), 9) 'oeste y sur
 Hoja3.Cells(23, 5).Value = 0 'oeste y oeste
 Hoja3.Cells(23, 6).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(23, 2).Value + Hoja3.Cells(23, 3).Value + Hoja3.Cells(23, 4).Value + Hoja3.Cells(23, 5).Value + Hoja3.Cells(23, 7).Value + Hoja3.Cells(23, 8).Value), 9) 'oeste y este
 Hoja3.Cells(23, 7).Value = Round(f - (Hoja3.Cells(23, 2).Value), 9) 'oeste y techo
 Hoja3.Cells(23, 8).Value = Round(f - (Hoja3.Cells(23, 2).Value), 9) 'oeste y piso

' Factor de forma entre este y demás superficies

Hoja3.Cells(24, 2).Value = Round((apersona / aroeste) * Hoja3.Cells(20, 6).Value, 9) 'este y persona
 Hoja3.Cells(24, 3).Value = Round((Hoja3.Cells(21, 6).Value) * (arnor / aroeste), 9)
 Hoja3.Cells(24, 4).Value = Round((Hoja3.Cells(22, 6).Value) * (arnor / aroeste), 9) 'este y sur
 Hoja3.Cells(24, 5).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(24, 2).Value + Hoja3.Cells(24, 3).Value + Hoja3.Cells(24, 4).Value + Hoja3.Cells(24, 6).Value + Hoja3.Cells(24, 7).Value + Hoja3.Cells(24, 8).Value), 9) 'este y oeste
 Hoja3.Cells(24, 6).Value = 0 'este y este
 Hoja3.Cells(24, 7).Value = Round(f - (Hoja3.Cells(24, 2).Value), 9) 'este y techo
 Hoja3.Cells(24, 8).Value = Round(f - (Hoja3.Cells(24, 2).Value), 9) 'este y piso

' Factor de forma entre techo y demás superficies

Hoja3.Cells(25, 2).Value = Round((apersona / artecho) * Hoja3.Cells(20, 7).Value, 9) 'techo y persona
 Hoja3.Cells(25, 3).Value = Round((Hoja3.Cells(21, 7).Value) * (arnor / artecho), 9) 'techo y norte
 Hoja3.Cells(25, 4).Value = Round((Hoja3.Cells(22, 7).Value) * (arnor / artecho), 9) 'techo y sur
 Hoja3.Cells(25, 5).Value = Round((Hoja3.Cells(23, 7).Value) * (aroeste / artecho), 9) 'techo y oeste
 Hoja3.Cells(25, 6).Value = Round((Hoja3.Cells(24, 7).Value) * (areste / artecho), 9) 'techo y este
 Hoja3.Cells(25, 7).Value = 0 'techo y techo
 Hoja3.Cells(25, 8).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(25, 2).Value + Hoja3.Cells(25, 3).Value + Hoja3.Cells(25, 4).Value + Hoja3.Cells(25, 5).Value + Hoja3.Cells(25, 6).Value), 9) 'techo y piso

' Factor de forma entre piso y demás superficies

Hoja3.Cells(26, 2).Value = Round((apersona / artecho) * Hoja3.Cells(20, 8).Value, 9) 'piso y persona
 Hoja3.Cells(26, 3).Value = Round((Hoja3.Cells(21, 8).Value) * (arnor / artecho), 9) 'piso y norte
 Hoja3.Cells(26, 4).Value = Round((Hoja3.Cells(22, 8).Value) * (arnor / artecho), 9) 'piso y sur
 Hoja3.Cells(26, 5).Value = Round((Hoja3.Cells(23, 8).Value) * (aroeste / artecho), 9) 'piso y oeste
 Hoja3.Cells(26, 6).Value = Round((Hoja3.Cells(24, 8).Value) * (areste / artecho), 9) 'piso y este

```

Hoja3.Cells(26, 7).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(26, 2).Value + Hoja3.Cells(26, 3).Value
+ Hoja3.Cells(26, 4).Value + Hoja3.Cells(26, 5) + Hoja3.Cells(26, 6).Value), 9) 'techo y piso
Hoja3.Cells(26, 8).Value = 0 'piso y piso

```

```

End If
If bitn = 1 Then          'persona con norte al norte
Hoja3.Cells(20, 3).Value = Round(fpnn, 9)
Hoja3.Cells(20, 4).Value = Round(fpsn, 9)
Hoja3.Cells(20, 5).Value = Round(fpo, 9)
Hoja3.Cells(20, 6).Value = Round(fpe, 9)
Hoja3.Cells(20, 7).Value = Round(fpt, 9)
Hoja3.Cells(20, 8).Value = Round(1 - (fpnn + fpsn + fpo + fpe + fpt), 9)

```

```

artecho = ancho * largo
arpiso = Round(ancho * largo, 9)
arsur = Round(alto * largo, 9)
arnor = Round(alto * largo, 9)
aresta = Round(ancho * alto, 9)
aroeste = Round(ancho * alto, 9)

```

' Factor de forma entre norte y demás superficies

```

Hoja3.Cells(21, 2).Value = Round((apersona / arnor) * Hoja3.Cells(20, 3).Value, 9) 'norte y
persona
Hoja3.Cells(21, 3).Value = 0 'note y norte
Hoja3.Cells(21, 4).Value = Round((fns - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 3).Value)), 9)
'norte y sur
Hoja3.Cells(21, 5).Value = Round(((fen) - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 3).Value)),
9) 'norte y oeste
Hoja3.Cells(21, 6).Value = Round(((fen) - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 3).Value)),
9) 'norte y este
Hoja3.Cells(21, 7).Value = Round((f1 - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 3).Value)), 9)
'norte y techo
Hoja3.Cells(21, 8).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(21, 2).Value + Hoja3.Cells(21, 3).Value
+ Hoja3.Cells(21, 4).Value + Hoja3.Cells(21, 5).Value + Hoja3.Cells(21, 6).Value +
Hoja3.Cells(21, 7).Value), 9) 'norte y piso

```

' Factor de forma entre sur y demás superficies

```

Hoja3.Cells(22, 2).Value = Round((apersona / arnor) * Hoja3.Cells(20, 4).Value, 9) 'sur y
persona
Hoja3.Cells(22, 3).Value = Round((fns - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 4).Value)), 9)
'sur y norte
Hoja3.Cells(22, 4).Value = 0 'norte y sur
Hoja3.Cells(22, 5).Value = Round(fen - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 4).Value), 9)
'sur y oeste
Hoja3.Cells(22, 6).Value = Round(fen - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 4).Value), 9)
'sur y este
Hoja3.Cells(22, 7).Value = Round(f1 - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 4).Value), 9)
'sur y techo
Hoja3.Cells(22, 8).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(22, 2).Value + Hoja3.Cells(22, 3).Value
+ Hoja3.Cells(22, 4).Value + Hoja3.Cells(22, 5).Value + Hoja3.Cells(22, 6).Value +
Hoja3.Cells(22, 7).Value), 9) 'norte y piso

```

' Factor de forma entre oeste y demás superficies

Hoja3.Cells(23, 2).Value = Round((apersona / aroeste) * Hoja3.Cells(20, 5).Value, 9) 'oeste y persona
Hoja3.Cells(23, 3).Value = Round((Hoja3.Cells(21, 5).Value) * (arnor / aroeste), 9)
Hoja3.Cells(23, 4).Value = Round((Hoja3.Cells(22, 5).Value) * (arnor / aroeste), 9) 'oeste y sur
Hoja3.Cells(23, 5).Value = 0 'oeste y oeste
Hoja3.Cells(23, 7).Value = Round(f - (Hoja3.Cells(23, 2).Value), 9) 'oeste y techo
Hoja3.Cells(23, 8).Value = Round(f - (Hoja3.Cells(23, 2).Value), 9) 'oeste y piso
Hoja3.Cells(23, 6).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(23, 2).Value + Hoja3.Cells(23, 3).Value + Hoja3.Cells(23, 4).Value + Hoja3.Cells(23, 5).Value + Hoja3.Cells(23, 7).Value + Hoja3.Cells(23, 8).Value), 9) 'oeste y este

' Factor de forma entre este y demás superficies

Hoja3.Cells(24, 2).Value = Round((apersona / aroeste) * Hoja3.Cells(20, 6).Value, 9) 'este y persona
Hoja3.Cells(24, 3).Value = Round((Hoja3.Cells(21, 6).Value) * (arnor / aroeste), 9)
Hoja3.Cells(24, 4).Value = Round((Hoja3.Cells(22, 6).Value) * (arnor / aroeste), 9) 'este y sur
Hoja3.Cells(24, 6).Value = 0 'este y este
Hoja3.Cells(24, 7).Value = Round(f - (Hoja3.Cells(24, 2).Value), 9) 'este y techo
Hoja3.Cells(24, 8).Value = Round(f - (Hoja3.Cells(24, 2).Value), 9) 'este y piso
Hoja3.Cells(24, 5).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(24, 2).Value + Hoja3.Cells(24, 3).Value + Hoja3.Cells(24, 4).Value + Hoja3.Cells(24, 6).Value + Hoja3.Cells(24, 7).Value + Hoja3.Cells(24, 8).Value), 9) 'este y oeste

' Factor de forma entre techo y demás superficies

Hoja3.Cells(25, 2).Value = Round((apersona / artecho) * Hoja3.Cells(20, 7).Value, 9) 'techo y persona
Hoja3.Cells(25, 3).Value = Round((Hoja3.Cells(21, 7).Value) * (arnor / artecho), 9) 'techo y norte
Hoja3.Cells(25, 4).Value = Round((Hoja3.Cells(22, 7).Value) * (arnor / artecho), 9) 'techo y sur
Hoja3.Cells(25, 5).Value = Round((Hoja3.Cells(23, 7).Value) * (aroeste / artecho), 9) 'techo y oeste
Hoja3.Cells(25, 6).Value = Round((Hoja3.Cells(24, 7).Value) * (areste / artecho), 9) 'techo y este
Hoja3.Cells(25, 7).Value = 0 'techo y techo
Hoja3.Cells(25, 8).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(25, 2).Value + Hoja3.Cells(25, 3).Value + Hoja3.Cells(25, 4).Value + Hoja3.Cells(25, 5).Value + Hoja3.Cells(25, 6).Value), 9) 'techo y piso

' Factor de forma entre piso y demás superficies

Hoja3.Cells(26, 2).Value = Round((apersona / artecho) * Hoja3.Cells(20, 8).Value, 9) 'piso y persona
Hoja3.Cells(26, 3).Value = Round((Hoja3.Cells(21, 8).Value) * (arnor / artecho), 9) 'piso y norte

```

Hoja3.Cells(26, 4).Value = Round((Hoja3.Cells(22, 8).Value) * (arnor / artecho), 9) 'piso y
sur
Hoja3.Cells(26, 5).Value = Round((Hoja3.Cells(23, 8).Value) * (aroeste / artecho), 9) 'piso y
oeste
Hoja3.Cells(26, 6).Value = Round((Hoja3.Cells(24, 8).Value) * (areste / artecho), 9) 'piso y
este
Hoja3.Cells(26, 7).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(26, 2).Value + Hoja3.Cells(26, 3).Value
+ Hoja3.Cells(26, 4).Value + Hoja3.Cells(26, 5).Value + Hoja3.Cells(26, 6).Value), 9) 'techo y piso
Hoja3.Cells(26, 8).Value = 0 'piso y piso

```

End If

If bits = 1 Then 'persona con norte al sur

```

Hoja3.Cells(20, 3).Value = Round(fpns, 9)
Hoja3.Cells(20, 4).Value = Round(fpss, 9)
Hoja3.Cells(20, 5).Value = Round(fpo, 9)
Hoja3.Cells(20, 6).Value = Round(fpe, 9)
Hoja3.Cells(20, 7).Value = Round(fpt, 9)
Hoja3.Cells(20, 8).Value = Round(1 - (fpss + fpns + fpo + fpe + fpt), 9)

```

```

artecho = ancho * largo
arpiso = Round(ancho * largo, 9)
arsur = Round(alto * largo, 9)
arnor = Round(alto * largo, 9)
areste = Round(ancho * alto, 9)
aroeste = Round(ancho * alto, 9)

```

' Factor de forma entre norte y demás superficies

```

Hoja3.Cells(21, 2).Value = Round((apersona / arnor) * Hoja3.Cells(20, 3).Value, 9) 'norte y
persona
Hoja3.Cells(21, 3).Value = 0 'norte y norte
Hoja3.Cells(21, 4).Value = Round(((fns - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 3).Value)), 9)
'norte y sur
Hoja3.Cells(21, 5).Value = Round(((fen) - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 3).Value)),
9) 'norte y oeste
Hoja3.Cells(21, 6).Value = Round(((fen) - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 3).Value)),
9) 'norte y este
Hoja3.Cells(21, 7).Value = Round(((f1 - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 3).Value)), 9)
'norte y techo
Hoja3.Cells(21, 8).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(21, 2).Value + Hoja3.Cells(21, 3).Value
+ Hoja3.Cells(21, 4).Value + Hoja3.Cells(21, 5).Value + Hoja3.Cells(21, 6).Value +
Hoja3.Cells(21, 7).Value), 9) 'norte y piso

```

' Factor de forma entre sur y demás superficies

```

Hoja3.Cells(22, 2).Value = Round((apersona / arnor) * Hoja3.Cells(20, 4).Value, 9) 'sur y
persona
Hoja3.Cells(22, 3).Value = Round(Hoja3.Cells(21, 4).Value, 9) 'sur y norte

```

Hoja3.Cells(22, 4).Value = 0 'norte y sur
 Hoja3.Cells(22, 5).Value = Round(fen - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 4).Value), 9)
 'sur y oeste
 Hoja3.Cells(22, 6).Value = Round(fen - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 4).Value), 9)
 'sur y este
 Hoja3.Cells(22, 7).Value = Round(f1 - (apersona / arnor) * (Hoja3.Cells(20, 4).Value), 9)
 'sur y techo
 Hoja3.Cells(22, 8).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(22, 2).Value + Hoja3.Cells(22, 3).Value
 + Hoja3.Cells(22, 4).Value + Hoja3.Cells(22, 5).Value + Hoja3.Cells(22, 6).Value +
 Hoja3.Cells(22, 7).Value), 9) 'norte y piso

' Factor de forma entre oeste y demás superficies

Hoja3.Cells(23, 2).Value = Round((apersona / aroeste) * Hoja3.Cells(20, 5).Value, 9) 'oeste
 y persona
 Hoja3.Cells(23, 3).Value = Round((Hoja3.Cells(21, 5).Value) * (arnor / aroeste), 9)
 Hoja3.Cells(23, 4).Value = Round((Hoja3.Cells(22, 5).Value) * (arnor / aroeste), 9) 'oeste y
 sur
 Hoja3.Cells(23, 5).Value = 0 'oeste y oeste
 Hoja3.Cells(23, 6).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(23, 2).Value + Hoja3.Cells(23, 3).Value
 + Hoja3.Cells(23, 4).Value + Hoja3.Cells(23, 5).Value + Hoja3.Cells(23, 7).Value +
 Hoja3.Cells(23, 8).Value), 9) 'oeste y este
 Hoja3.Cells(23, 7).Value = Round(f - (Hoja3.Cells(23, 2).Value), 9) 'oeste y techo
 Hoja3.Cells(23, 8).Value = Round(f - (Hoja3.Cells(23, 2).Value), 9) 'oeste y piso

' Factor de forma entre este y demás superficies

Hoja3.Cells(24, 2).Value = Round((apersona / aroeste) * Hoja3.Cells(20, 6).Value, 9) 'este
 y persona
 Hoja3.Cells(24, 3).Value = Round((Hoja3.Cells(21, 6).Value) * (arnor / aroeste), 9)
 Hoja3.Cells(24, 4).Value = Round((Hoja3.Cells(22, 6).Value) * (arnor / aroeste), 9) 'este y
 sur
 Hoja3.Cells(24, 5).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(24, 2).Value + Hoja3.Cells(24, 3).Value
 + Hoja3.Cells(24, 4).Value + Hoja3.Cells(24, 6).Value + Hoja3.Cells(24, 7).Value +
 Hoja3.Cells(24, 8).Value), 9) 'este y oeste
 Hoja3.Cells(24, 6).Value = 0 'este y este
 Hoja3.Cells(24, 7).Value = Round(f - (Hoja3.Cells(24, 2).Value), 9) 'este y techo
 Hoja3.Cells(24, 8).Value = Round(f - (Hoja3.Cells(24, 2).Value), 9) 'este y piso

' Factor de forma entre techo y demás superficies

Hoja3.Cells(25, 2).Value = Round((apersona / artecho) * Hoja3.Cells(20, 7).Value, 9) 'techo
 y persona
 Hoja3.Cells(25, 3).Value = Round((Hoja3.Cells(21, 7).Value) * (arnor / artecho), 9) 'techo y
 norte
 Hoja3.Cells(25, 4).Value = Round((Hoja3.Cells(22, 7).Value) * (arnor / artecho), 9) 'techo y
 sur
 Hoja3.Cells(25, 5).Value = Round((Hoja3.Cells(23, 7).Value) * (aroeste / artecho), 9) 'techo
 y oeste
 Hoja3.Cells(25, 6).Value = Round((Hoja3.Cells(24, 7).Value) * (areste / artecho), 9) 'techo y
 este
 Hoja3.Cells(25, 7).Value = 0 'techo y techo

```
Hoja3.Cells(25, 8).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(25, 2).Value + Hoja3.Cells(25, 3).Value
+ Hoja3.Cells(25, 4).Value + Hoja3.Cells(25, 5) + Hoja3.Cells(25, 6).Value), 9) 'techo y
piso
```

```
' Factor de forma entre piso y demás superficies
```

```
Hoja3.Cells(26, 2).Value = Round((apersona / artecho) * Hoja3.Cells(20, 8).Value, 9) 'piso y
persona
```

```
Hoja3.Cells(26, 3).Value = Round((Hoja3.Cells(21, 8).Value) * (arnor / artecho), 9) 'piso y
norte
```

```
Hoja3.Cells(26, 4).Value = Round((Hoja3.Cells(22, 8).Value) * (arnor / artecho), 9) 'piso y
sur
```

```
Hoja3.Cells(26, 5).Value = Round((Hoja3.Cells(23, 8).Value) * (aroeste / artecho), 9) 'piso y
oeste
```

```
Hoja3.Cells(26, 6).Value = Round((Hoja3.Cells(24, 8).Value) * (areste / artecho), 9) 'piso y
este
```

```
Hoja3.Cells(26, 7).Value = Round(1 - (Hoja3.Cells(26, 2).Value + Hoja3.Cells(26, 3).Value
+ Hoja3.Cells(26, 4).Value + Hoja3.Cells(26, 5) + Hoja3.Cells(26, 6).Value), 9) 'techo y piso
```

```
Hoja3.Cells(26, 8).Value = 0 'piso y piso
```

```
End If
```

```
'//////////////////////////////////AREAS//////////////////////////////////
```

```
Hoja3.Cells(20, 12).Value = apersona
```

```
Hoja3.Cells(21, 12).Value = arnor
```

```
Hoja3.Cells(22, 12).Value = arsur
```

```
Hoja3.Cells(23, 12).Value = aroeste
```

```
Hoja3.Cells(24, 12).Value = areste
```

```
Hoja3.Cells(25, 12).Value = artecho
```

```
Hoja3.Cells(26, 12).Value = arpiso
```

```
Hoja3.Cells(8, 1).Value = fen
```

```
Hoja3.Cells(8, 2).Value = f1
```

```
Hoja3.Cells(8, 3).Value = f
```

```
Hoja3.Cells(8, 4).Value = fpar
```

```
UserForm4.Hide 'cierra la interfaz abierta
```

```
UserForm2.Show
```

```
'//////////////////////////////////SI NO SE COMPLETAN LOS CAMPOS//////////////////////////////////
```

```
Else
```

```
MsgBox ("FAVOR LLENAR TODOS LOS CAMPOS")
```

```
Exit Sub
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()
```

```
UserForm4.Hide
UserForm1.Show
End Sub
Private Sub CommandButton3_Click()
```

```
UserForm4.Hide
UserForm7.Show
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton3_Click() ' calculo de matrices
```

```
If TextBox18.Text <> "" And TextBox17.Text <> "" And TextBox16.Text <> "" And
TextBox15.Text <> "" And TextBox14.Text <> "" And TextBox13.Text <> "" And
TextBox5.Text <> "" And TextBox6.Text <> "" And TextBox7.Text <> "" And TextBox8.Text
<> "" And TextBox12.Text <> "" And TextBox11.Text <> "" And TextBox20.Text <> "" And
TextBox22.Text <> "" Then
```

```
i = 0
```

```
j = 0
```

```
'//////////DELTA DE KRONECCKER//////////
```

```
Dim delta(8, 8) As Double
For i = 1 To 8
    For j = 1 To 8
        If i = j Then
            delta(i, j) = 1
        Else
            delta(i, j) = 0
        End If
        Cells(i, j + 13).Value = delta(i, j)
    Next j
Next i
```

```
'//////////DATOS TEMPERATURAS//////////
```

```
Toeste = TextBox18.Value + 273
```

```
Teste = TextBox17.Value + 273
```

```
Tnorte = TextBox16.Value + 273
```

```
Tsur = TextBox15.Value + 273
```

```
Tpiso = TextBox14.Value + 273
```

Ttecho = TextBox13.Value + 273

Tpersona = TextBox22.Value + 273

Hoja3.Cells(20, 11) = Tpersona

Hoja3.Cells(21, 11) = Tnorte

Hoja3.Cells(22, 11) = Tsur

Hoja3.Cells(23, 11) = Toeste

Hoja3.Cells(24, 11) = Teste

Hoja3.Cells(25, 11) = Ttecho

Hoja3.Cells(26, 11) = Tpiso

Hoja3.Cells(27, 11) = Tventana

emoeste = TextBox5.Value

emeste = TextBox6.Value

emnorte = TextBox7.Value

emsur = TextBox8.Value

empiso = TextBox12.Value

emtecho = TextBox11.Value

empersona = TextBox20.Value

Hoja3.Cells(20, 13).Value = empersona

Hoja3.Cells(21, 13).Value = emnorte

Hoja3.Cells(22, 13).Value = emsur

Hoja3.Cells(23, 13).Value = emoeste

Hoja3.Cells(24, 13).Value = emeste

Hoja3.Cells(25, 13).Value = emtecho

Hoja3.Cells(26, 13).Value = empiso

'codigo para calcular Q hacia el cuerpo

For i = 1 To 7

For j = 1 To 7

Hoja3.Cells(31 + i, 1 + j).Value = ((delta(i, j) / Cells(19 + i, 13))) - (((1 - Cells(19 + j, 13)) * (Cells(19 + i, 1 + j)) * (Cells(i + 19, 12))) / ((Cells(j + 19, 12)) * (Cells(19 + j, 13))))

Hoja3.Cells(41 + i, 1 + j).Value = (((((Cells(i + 19, 11).Value)) ^ 4 - ((Cells(j + 19, 11).Value)) ^ 4) * (5.67 * (10 ^ (-8)))) * (Cells(19 + i, 1 + j))) * Cells(19 + i, 12).Value 'hace parte del vector C

Next j

Next i

TMR = Round(((Tpersona ^ 4) - ((Hoja3.Cells(53, 11)) / ((5.67 * (10 ^ -8)))) ^ 0.25, 2)

Hoja3.Cells(53, 14) = TMR - 273

Range("k53").Copy

Range("m53").PasteSpecial xlPasteValues

Range("k54").Copy

Range("m54").PasteSpecial xlPasteValues

Range("k55").Copy

Range("m55").PasteSpecial xlPasteValues

Range("k56").Copy

Range("m56").PasteSpecial xlPasteValues

Range("k57").Copy

Range("m57").PasteSpecial xlPasteValues

Range("k58").Copy

Range("m58").PasteSpecial xlPasteValues

Range("k59").Copy

Range("m59").PasteSpecial xlPasteValues

Qpersona = -Hoja3.Cells(53, 13).Value

Qpared1 = -Hoja3.Cells(54, 13).Value

Qpared2 = -Hoja3.Cells(55, 13).Value

Qpared3 = -Hoja3.Cells(56, 13).Value

Qpared4 = -Hoja3.Cells(57, 13).Value

Qtecho = -Hoja3.Cells(58, 13).Value

Qpiso = -Hoja3.Cells(59, 13).Value

Hoja3.Cells(6, 37).Value = Round(Qpersona, 2)

Hoja3.Cells(7, 37).Value = Round(Qpared1, 2)

Hoja3.Cells(8, 37).Value = Round(Qpared2, 2)

Hoja3.Cells(9, 37).Value = Round(Qpared3, 2)

Hoja3.Cells(10, 37).Value = Round(Qpared4, 2)

Hoja3.Cells(11, 37).Value = Round(Qtecho, 2)

Hoja3.Cells(12, 37).Value = Round(Qpiso, 2)

'//////////////////////////////////SI NO SE COMPLETAN LOS CAMPOS//////////////////////////////////

Else

MsgBox ("FAVOR LLENAR TODOS LOS CAMPOS")

Exit Sub

End If

UserForm2.Hide

UserForm5.Show

End Sub

Private Sub CommandButton4_Click()

UserForm2.Hide

UserForm4.Show

End Sub

Private Sub CommandButton5_Click()

UserForm2.Hide

UserForm8.Show

End Sub

Private Sub CommandButton1_Click()

UserForm5.Hide

ActiveSheet.ExportAsFixedFormat Type:=xlTypePDF, _

Filename:=ThisWorkbook.Path & "\Reporte.pdf", Quality:=xlQualityStandard, _

IncludeDocProperties:=True, IgnorePrintAreas:=False, OpenAfterPublish:=True

ThisWorkbook.Close SaveChanges:=True

End Sub

Private Sub CommandButton4_Click()

UserForm5.Hide

UserForm2.Show

End Sub

Private Sub UserForm_Click()

End Sub

9.3 JOURNAL OF HEAT TRANSFER 1963 V85 N1 PP71-76