

### Caso 3

El factor de vista de la componente horizontal permanece como en la ecuación 5.43. Para la componente vertical se utiliza la ecuación 5.52.  $L_2$  corresponde a la longitud que se muestra en la Figura 5.4.11 (caso 3) y  $L_1$  queda del modo siguiente:

$$L_1 = X / \sin \theta \quad (5.1)$$

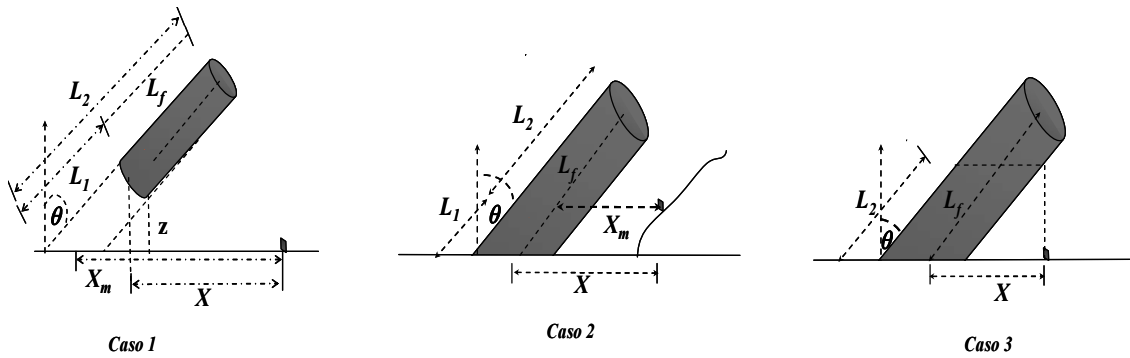


Figura 5.4.11. Diversas situaciones con llama inclinada aproximada mediante una forma cilíndrica.

#### 5.4.1.7. Fuente emisora diferencial con respecto a una persona estándar (Dunkle, 1963)

En la bibliografía se ha detectado un vacío de conocimientos en lo referente a la determinación del factor de vista cuando uno de los elementos involucrados es una persona. Dunkle (1963) comentó este hecho y encontró errores en los pocos trabajos publicados al respecto. Por otra parte, este mismo autor estudió diversas posibilidades, observando que los factores de vista son función de diferentes parámetros tales como: el tamaño y peso de los individuos, la dirección de la cara, la posición (sentados, de pie, tendidos, etc.), la disposición de los brazos y piernas, la dirección y la distancia con respecto al punto de referencia y también de la dirección y dimensión del elemento de referencia (el frente de llama).

Es poco práctico y, dada la imprecisión que entra en juego, no está justificado tabular o representar gráficamente todas las posibilidades (geometrías y combinaciones); por lo tanto, Dunkle (1963) simplificó el problema y consideró a una persona estándar. La configuración de una persona de pie se representa en la Figura 5.4.12. La ecuación empírica propuesta para la determinación del factor de vista está dada por la expresión 5.61. Esta ecuación asume simetría en el sujeto (del frente hacia atrás y por los lados) y de aquí el valor absoluto de  $\theta$ .

$$F_{1-2} = \frac{x[0,65 + \cos \alpha(0,715 + 0,52|\cos \theta|)]hw^{1/3}}{30,8(x^2 + y^2 + z^2)^{3/2}} \quad (5.2)$$

donde  $h$  es la altura en pies,  $w$  el peso en libras,  $x$ ,  $y$ ,  $z$  corresponde a las coordenadas representadas en la Figura (en pies),  $\alpha$  el ángulo vertical entre la horizontal y el punto de interés en la superficie y  $\theta$  es el ángulo azimutal entre la dirección de cara a la persona y el punto en la superficie.

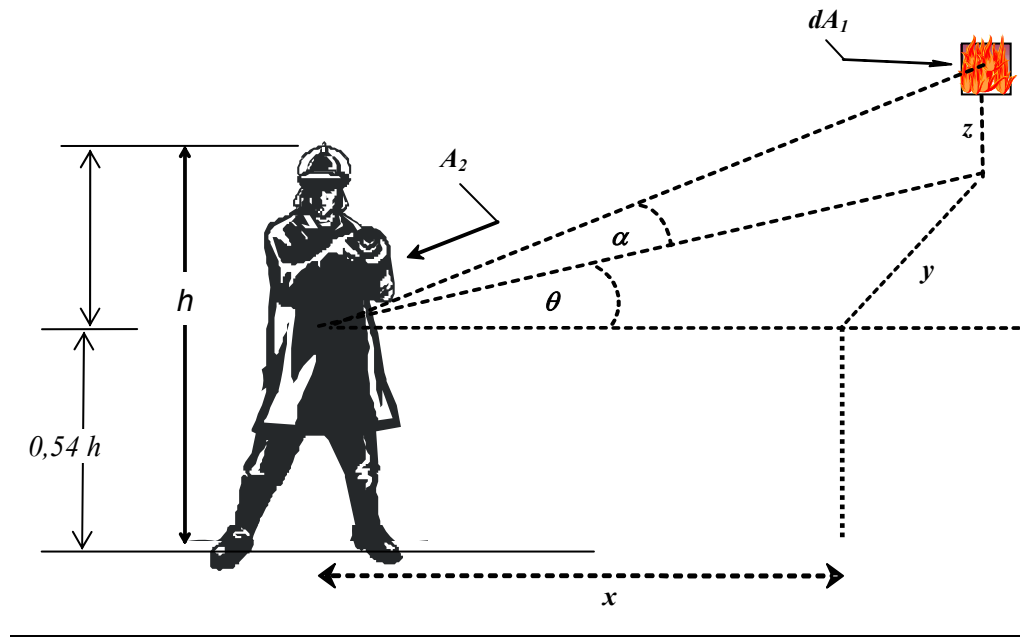


Figura 5.4.12. Configuración considerada para la determinación del factor de vista entre una persona estándar de frente o de costado con respecto a un punto diferencial de la llama

#### 5.4.2. Determinación del factor de vista (casos prácticos)

Para la determinación del factor de vista mediante las ecuaciones descritas en la sección anterior, se consideran básicamente tres casos prácticos:

- Frente de llama de forma rectangular
  - elemento receptor a nivel del suelo
  - elemento receptor a la mitad de la altura del frente de llama.
- Frente de llama de forma cilíndrica
  - elemento receptor a nivel del suelo
  - elemento receptor a la mitad de la altura del frente de llama.
- Elemento diferencial en un punto a una cierta altura de interés del frente de llama con respecto a una persona.

La programación de los casos considerados ha sido realizada con Matlab versión 6.5. Los resultados numéricos calculados para el factor de vista para los diversos casos se encuentran en el anexo I. Mientras que en un segundo anexo se contrastan los resultados (corresponden a las graficas de las Figuras 5.4.20 a 5.4.23 y de 5.4.31 a 5.4.38).

### 5.4.2.1. Resultados para un frente de llama supuesto de forma rectangular

#### *Elemento receptor a nivel del suelo*

La Figura 5.4.13 muestra las dimensiones consideradas para un frente de llama de superficie 1 que irradia a un área 2 (elemento receptor que puede ser una persona, un objeto o un punto), con las siguientes características:

- variación de la altura del frente de llama entre 1 y 40 metros (alturas mayores presentan pocas variaciones),
- amplitud del frente de llama de 20 metros,
- profundidad del frente superior a dos metros (lo que justifica la suposición de una emisividad igual a la unidad),
- distancia entre el frente de llama y objeto receptor entre 3 y 40 metros.

Las ecuaciones que de forma general corresponden a esta disposición geométrica y que pueden emplearse en la determinación del factor de vista son las proporcionadas en las secciones 5.4.1.1 (TNO, 1997), 5.4.1.2 (Hollands, 1995) y 5.4.1.3 (McGuire, 1953).

En las Figuras 5.4.14 a 5.4.16 se representan, mediante gráficas, los valores del factor de vista obtenidos mediante las ecuaciones correspondientes en función de la altura del frente de llama y la distancia entre el punto receptor y dicho frente.

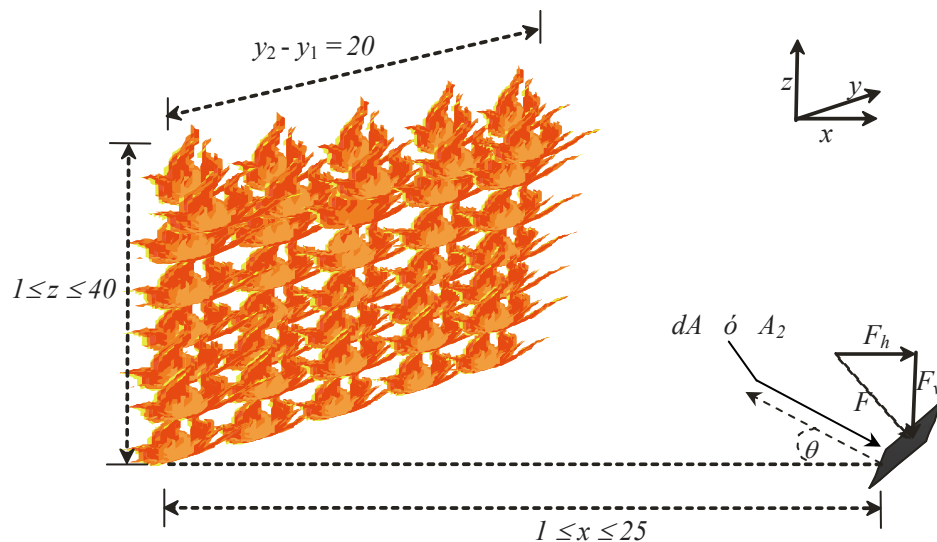


Figura 5.4.13. Configuración supuesta para la determinación del factor de vista en un frente de llama considerado de forma rectangular y vertical.

En la Figura 5.4.14 puede observarse que el factor de vista aumenta en función de la altura de la llama. Para distancias cortas ( $x$  hasta aproximadamente 5 m) dicho factor se estabiliza rápidamente en función de la altura de la llama, de manera que después de esta zona el factor de vista aumenta muy poco en función de la altura del frente de llama (en realidad a distancias muy cortas y dado el movimiento de la llama, la posibilidad de contacto directo con la

superficie expuesta es muy elevada). Conforme aumenta la distancia, la curva se suaviza de manera que el cambio debido a la altura de la llama es algo más significativo, cuando dicha altura es mayor, si bien los valores del factor de vista son más pequeños (lo cual se explica por la lejanía del elemento receptor).

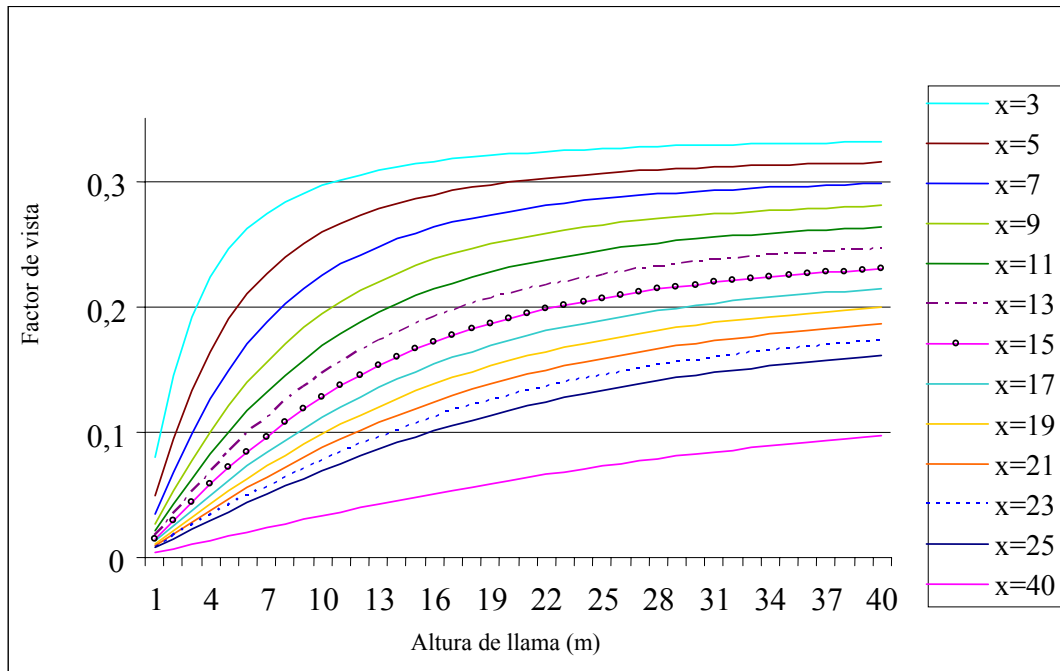


Figura 5.4.14. Factores de vista en función de la altura de llama y la distancia al punto receptor, para el caso de un emisor de forma rectangular y vertical (distancia  $x$  en m. TNO, 1997).

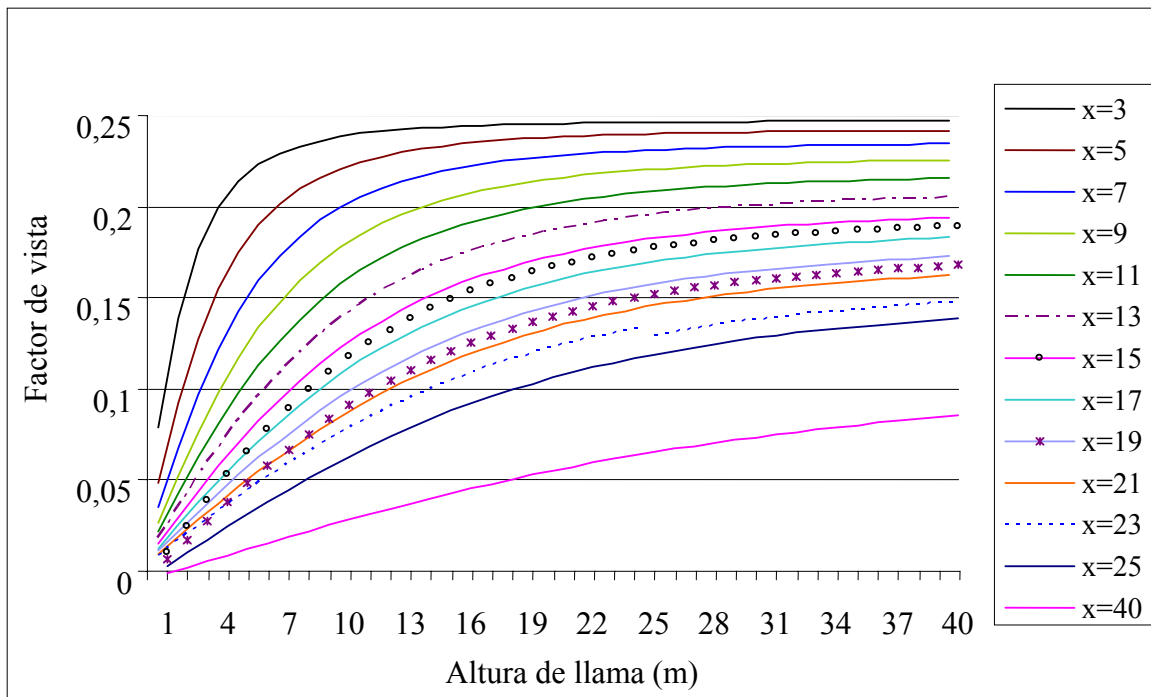


Figura 5.4.15. Factores de vista para un emisor de forma rectangular obtenidos mediante la ecuación propuesta por Hollands (1995) (distancia en m).

El comportamiento de las curvas de la Figura 5.4.15 es similar al mostrado en la Figura 5.4.14. La diferencia radica en los valores obtenidos, dado que la ecuación de Hollands proporciona valores inferiores a los obtenidos mediante la ecuación propuesta por TNO (1997), a pesar de que en ambos trabajos se considera la misma configuración. Hollands (1995) previó la posibilidad de inclinación del objeto receptor; en consecuencia, la integración de la ecuación 5.17 adquiere una forma distinta, que al sustituir valores ocasiona diferencias por truncamiento y redondeo de cifras.

La Figura 5.4.16 muestra unos resultados de similar comportamiento a los descritos en las Figuras 5.4.14 y 5.4.15. Las diferencias con respecto a la ecuación de Hollands (1995) para efectos prácticos es inexistente, de forma que, como se mostrará más adelante en la gráfica donde se comparan los resultados, los valores obtenidos con estas dos ecuaciones prácticamente se sobreponen.

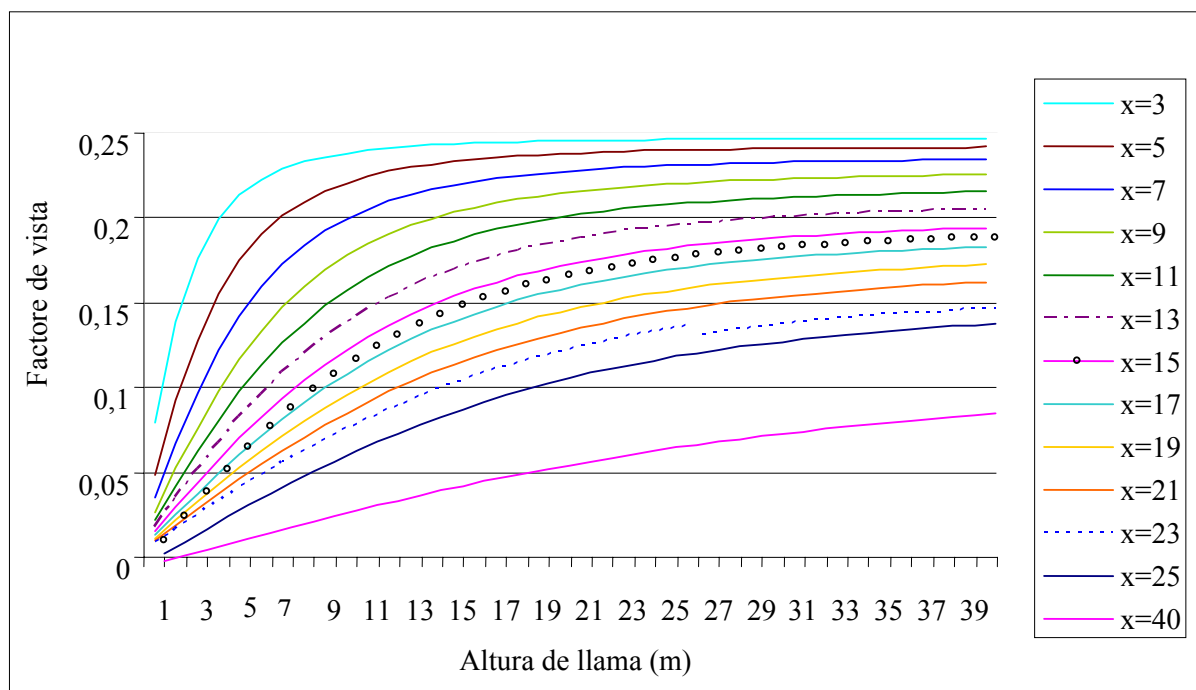


Figura 5.4.16. Factores de vista para una fuente emisora de forma rectangular paralela en su extremo inferior a un punto receptor ubicado a una distancia  $x$  (en m), obtenidos mediante la ecuación de McGuire (1953).

#### ***Elemento receptor situado a la mitad de la altura del frente de llama***

Para la determinación del factor de vista en una geometría como la que se muestra en la Figura 5.4.17, se utilizan las ecuaciones descritas en la sección 5.4.1.3 y 5.4.1.4.

Las consideraciones que se han supuesto son:

- frente de llama de 20 metros
- la altura del frente de llama entre 1 y 40 metros

- elemento receptor ubicado a una altura de entre 0,5 y 20 m, orientado de forma paralela al frente de llama (de modo que el factor de vista se determine en las condiciones de mayor peligro)
- elemento receptor localizado simétricamente a la mitad del frente de llama y a una distancia de entre 3 y 40 metros
- profundidad del frente mayor a dos metros (lo que justifica la suposición de una emisividad igual a la unidad).

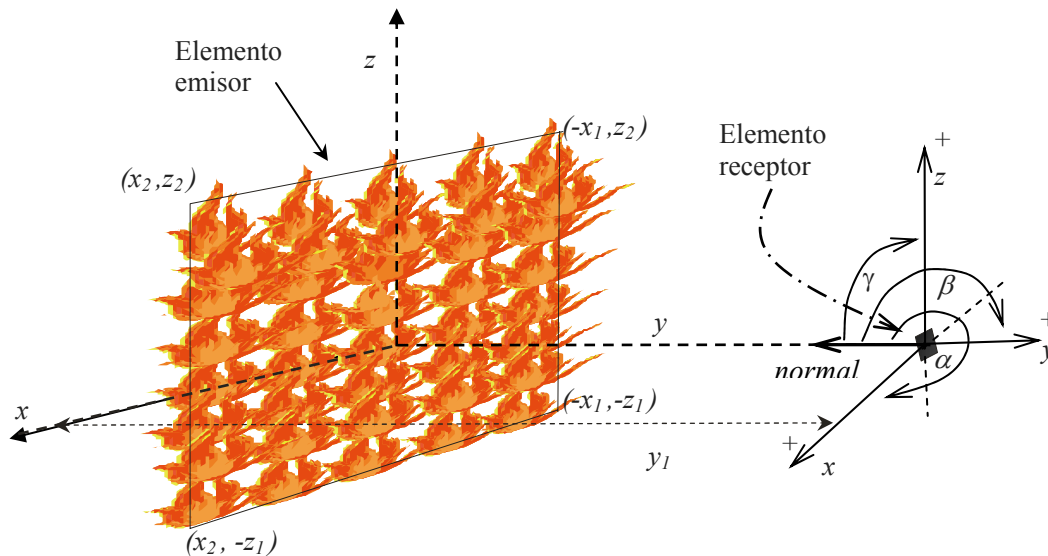


Figura 5.4.17. Frente rectangular con elemento receptor a la mitad de la altura de la llama

El comportamiento del factor de vista para las configuraciones con los supuestos anteriormente descritos, se muestran en las Figuras 5.4.18 y 5.4.19. Al igual que en los casos anteriores, se observa un comportamiento ascendente, siendo la pendiente más alta cuanto más cerca están los elementos involucrados (emisor y receptor) hasta llegar a un punto de estabilidad.

Las diferencias entre ambas ecuaciones son mínimas, para efectos prácticos nulas, lo cual era de esperar al tratarse del mismo autor (McGuire 1953).

Por otra parte, la ecuación que aprovecha las propiedades de simetría y adición del factor de vista tiene aplicación sólo en situaciones donde el frente de llama y el objeto receptor son paralelos. Mientras que la ecuación considerada como caso general prevé la posibilidad de inclinación y desplazamiento del objeto receptor, de esta forma podrá aplicarse en un mayor número de casos (existencia de viento y/o pendiente).

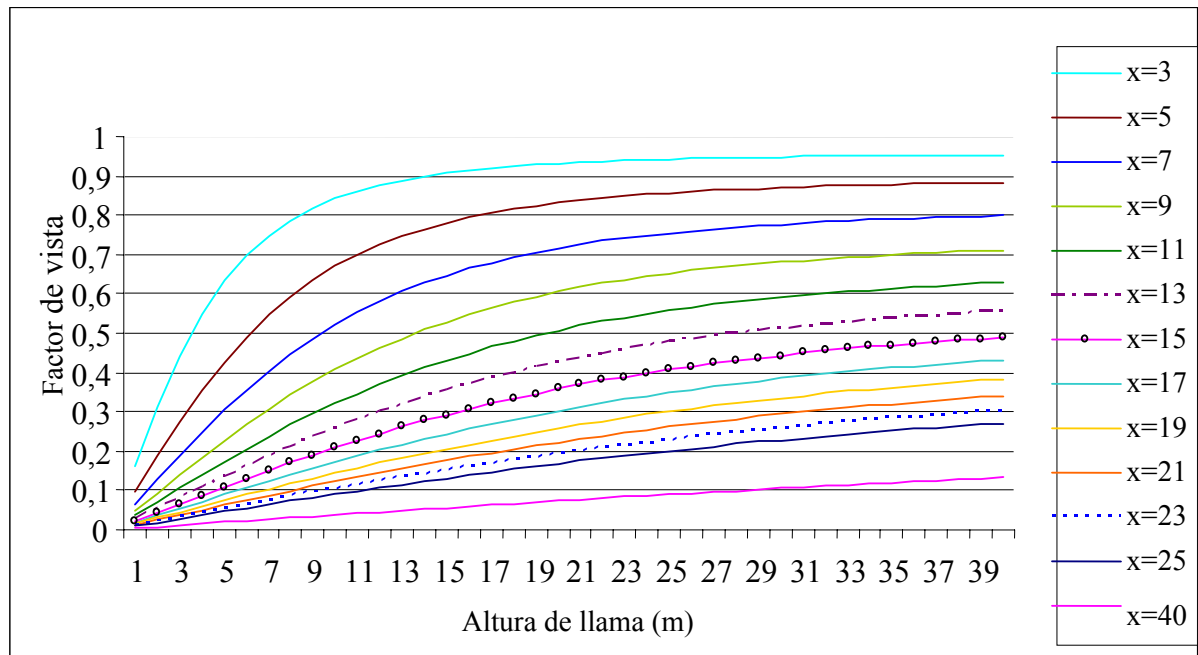


Figura 5.4.18. Factores de vista mediante la ecuación de McGuire (5.29) considerando una distribución simétrica y las propiedades de adición (distancia  $x$  en m).

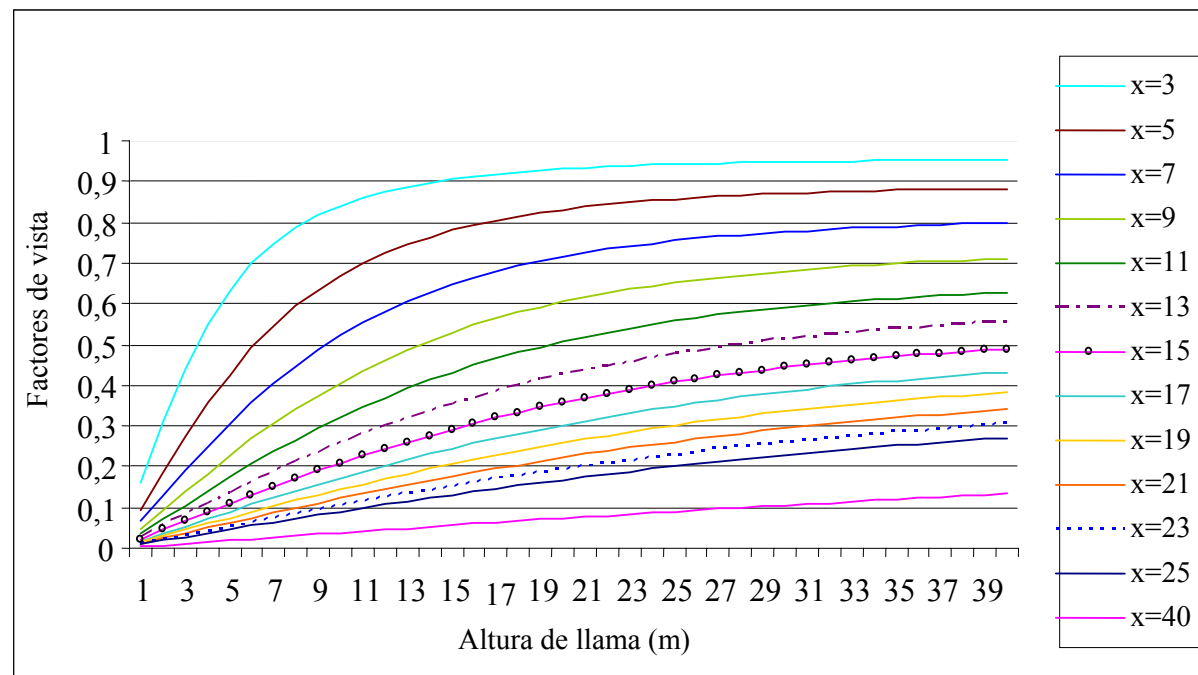


Figura 5.4.19. Factor de vista mediante la ecuación general (5.32) propuesta por McGuire ( $x$  en m).

### ***Análisis de los resultados de un frente de llama considerado de forma rectangular***

El comportamiento fluctuante de los parámetros que describen el frente del incendio ocasiona que, en la modelización del mismo, sea necesario incluir diversas configuraciones geométricas, incluso en un corto período de tiempo (durante un mismo incendio). Lo anterior introduce serias dificultades de cálculo que, para la determinación de zonas de seguridad, pueden abordarse mediante la comparación de resultados obtenidos con las diversas ecuaciones, seleccionando la ecuación que refleje las condiciones más críticas, lo que a su vez proporciona un margen de seguridad.

Como parte del análisis, en las Figuras 5.4.20 a 5.4.23 se contrastan los resultados de las ecuaciones seleccionadas, para varias distancias entre el frente de llama y el elemento receptor (1, 6, 15 y 25 m). Los primeros metros (1 -15 m), al ser los más cercanos, resultan de gran interés dado que son los de mayor riesgo. El valor puntual de 6 m se ha elegido debido a la posibilidad de contrastar los resultados obtenidos para esta distancia con los aportados por Butler (1998). Asimismo, se ha elegido también el valor de 25 m para darle continuidad al estudio, ya que ésta es la distancia de seguridad exigida en zonas interurbanas según el decreto 64/1995 del 7 de Marzo (vigente). Éste es un valor único exigido para todas las zonas consideradas bajo esta denominación.

La nomenclatura para indicar las ecuaciones utilizadas en las Figuras 5.4.20 a 5.4.23 y en las tablas AII.1 a AII.4 del anexo II, es la siguiente:

McGuire 1: corresponde a la ecuación 5.31. Punto receptor paralelo a una esquina del frente de llama.

McGuire 2: se emplea la ecuación 5.32 (aunque también puede emplearse la ecuación 5.29). Punto receptor paralelo simétricamente al centro del frente de llama.

TNO: ecuaciones 5.19 a 5.25 que describen un punto receptor paralelo a frente de llama de forma rectangular.

Hollands: punto receptor paralelo al frente de llama de forma rectangular (ecuación 5.26).

A pesar de considerar la distancia prácticamente límite de 1 m entre el frente de llama y el objeto receptor (Figura 5.4.20, Tabla AII.1), sólo las ecuaciones que toman una disposición geométrica con el punto receptor paralelo al centro del frente de llama (McGuire 2) alcanzan valores cercanos a la unidad.

La ecuación de TNO, aunque tenga valores muy inferiores a los de una configuración que considera una cierta altura del objeto receptor (ecuaciones de McGuire 2), es la siguiente que proporciona valores más altos, mientras que los valores mínimos se obtienen a partir de las ecuaciones de McGuire 1 y de Hollands. Los resultados de estas ecuaciones son prácticamente iguales, por tanto, en la gráfica se superponen observándose solo una línea (la de color más intenso).

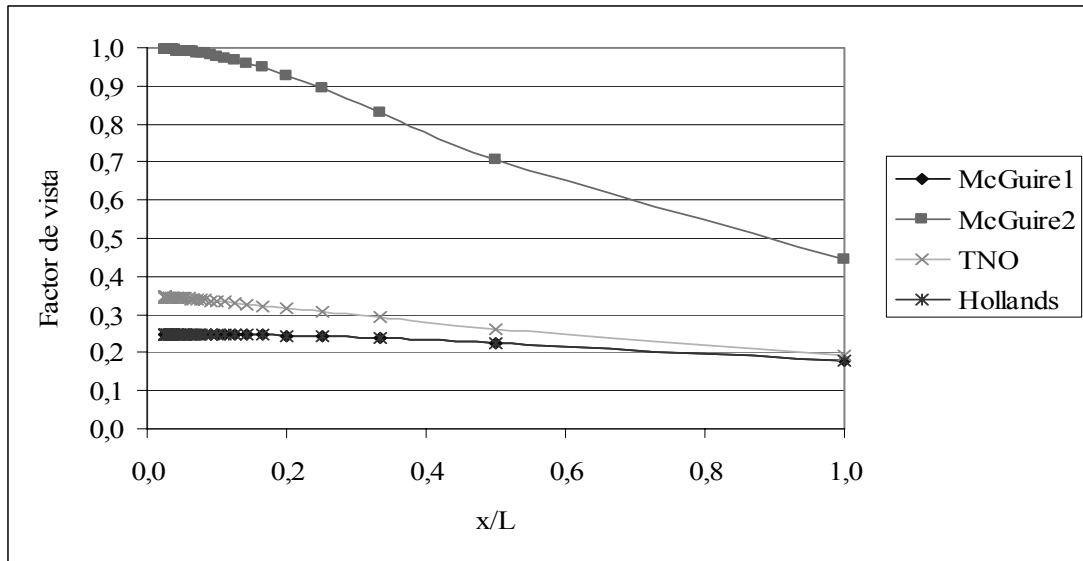


Figura 5.4.20. Factores de vista para un frente de llama de forma rectangular con respecto a un elemento receptor ubicado a 1 m de distancia.

Como puede observarse en la Figura 5.4.21 y en la Tabla AII.2, nuevamente la disposición que considera al elemento receptor paralelo al centro del frente de llama (McGuire 2) es la que proporciona los valores más altos, seguida por la de TNO, aunque esta última con valores significativamente más bajos (lo que se explica por la disposición geométrica paralela a una esquina del frente). Por otra parte, las ecuaciones de Hollands y McGuire 1, vuelven a coincidir de forma que también prácticamente se superponen. Nótese que los valores del factor de vista se incrementan significativamente a partir de llamas con una altura igual a la distancia que las separa ( $x/L \leq 1$ ), presentando valores máximos cuando la altura de las llamas es superior en, aproximadamente, 2 veces a la distancia que separa al elemento emisor con respecto al receptor ( $x/L \leq 0,5$ ). Por otra parte, los valores numéricos son notoriamente inferiores con respecto a los observados a una distancia  $x = 1$ .

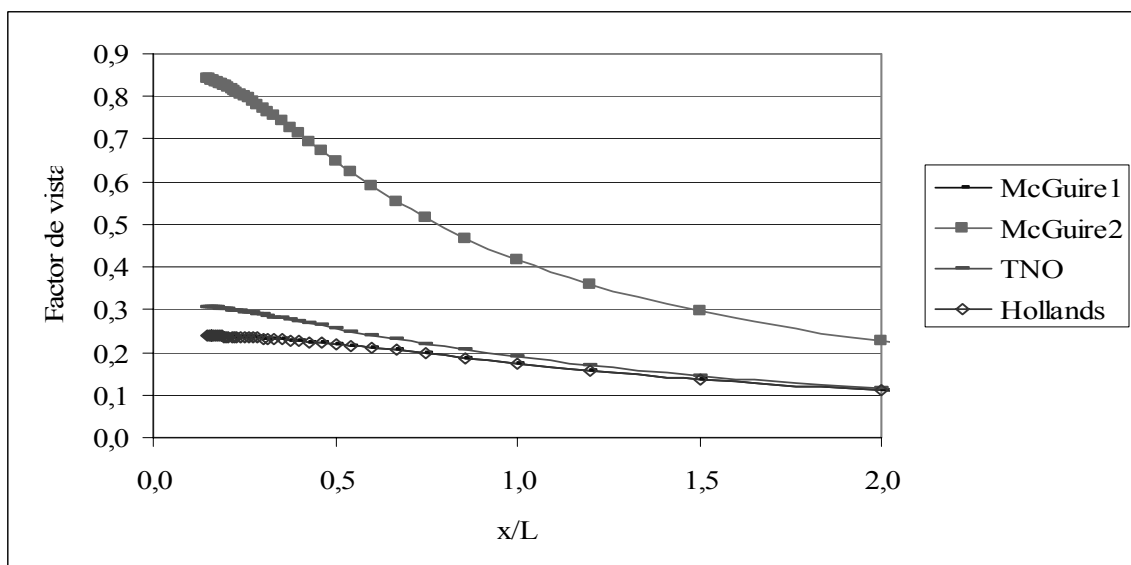


Figura 5.4.21. Factores de vista para un frente de llama de forma rectangular con respecto a un elemento receptor ubicado a 6 m de distancia.

Según los resultados que se muestran en la Figura 5.4.22 y en la Tabla AII.3, las tendencias se conservan, de forma que la ecuación de McGuire 2 es la que proporciona los valores más altos. Las ecuaciones de TNO, Hollands y McGuire 1 predicen valores muy cercanos para valores de  $x/L$  entre 1 y 4. Obsérvese que en todos los casos el valor del factor de vista con respecto a la relación  $x/L$  es siempre descendente y que los valores significativos del factor de vista se obtienen a partir de llamas superiores a los 6 m (es decir,  $x/L \leq 2$ ). Dicho de otra forma, esto representa que a partir de una distancia entre el frente de llama y el elemento receptor de, aproximadamente, dos veces la altura de la llama, el factor de vista adopta una gama de valores que pueden considerarse bajos.

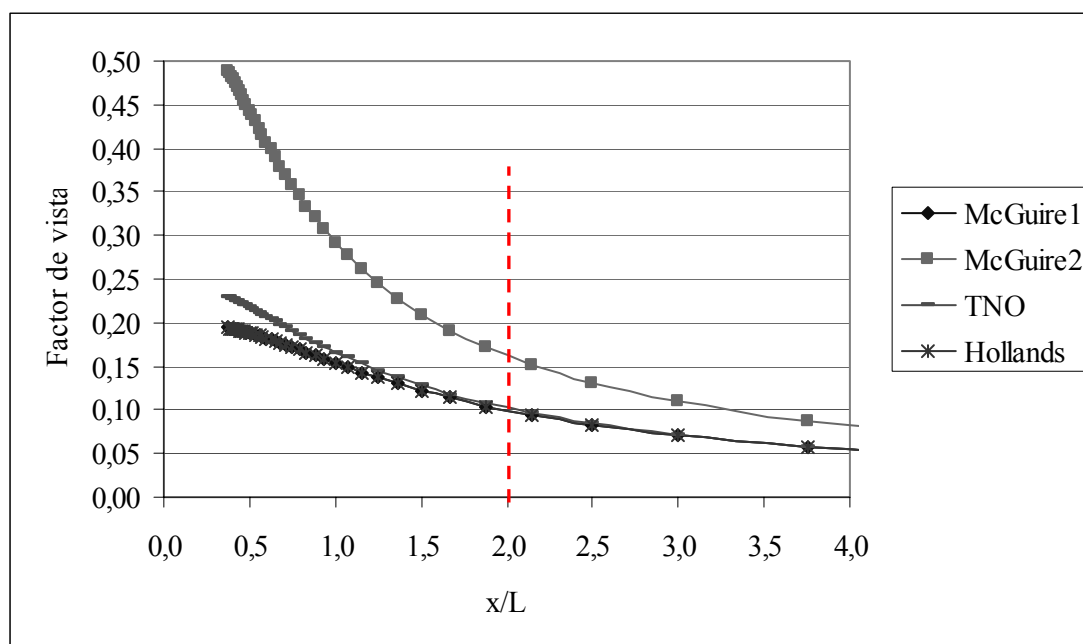


Figura 5.4.22. Factores de vista para un frente de llama de forma rectangular con respecto a un elemento receptor ubicado a 15 m de distancia.

Tal como puede verse en la Figura 5.4.23 y en la Tabla AII.4, al ser la distancia considerada entre el frente de llama y el elemento receptor la máxima considerada (25 m), los valores del factor de vista obtenidos son los más bajos. Igual que en los casos anteriores, la ecuación que proporciona los valores más altos es la de McGuire (2). Existe una mayor coincidencia en las predicciones de las ecuaciones de TNO, Hollands, y McGuire 1. Estas dos últimas, como ya se ha visto anteriormente, han dado prácticamente los mismos resultados.

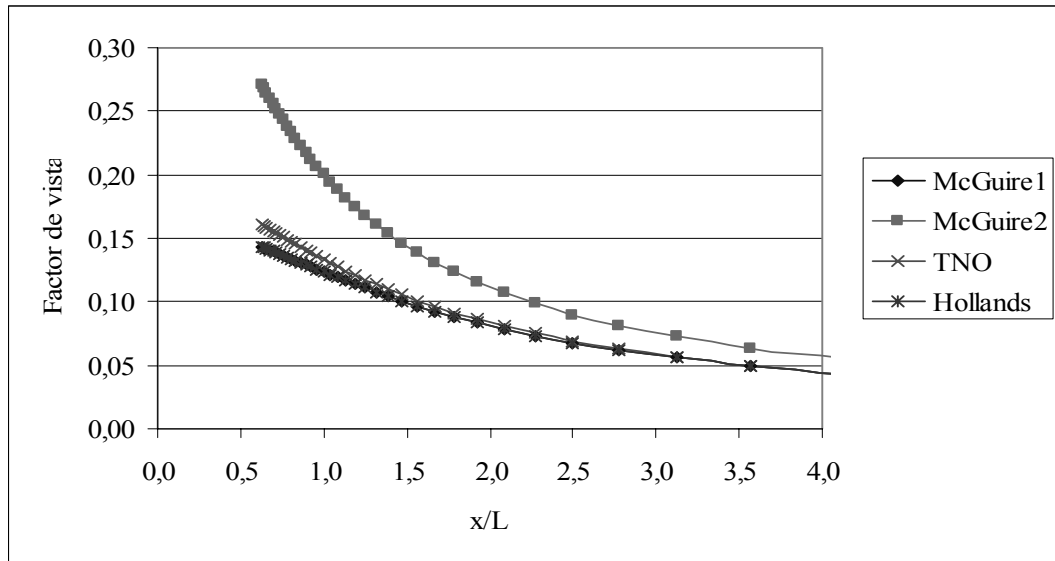


Figura 5.4.23. Factores de vista para un frente de llama de forma rectangular con respecto a un elemento receptor ubicado a 25 m de distancia.

#### 5.4.2.2. Resultados para un frente de llama supuesto de forma cilíndrica

Las suposiciones consideradas para la determinación del factor de vista se representan en la Figura 5.4.24. Las principales consideraciones son:

- cilindro vertical con variaciones en la altura y en el radio (altura de la llama,  $z$ , entre 1 y 40 metros; mientras que el radio adquiere valores de 1 y 2 metros),
- distancia entre llamas y objeto receptor entre 2 y 25 metros,
- el elemento receptor para el caso 1 se encuentra a nivel del suelo, mientras que para el caso 2, éste está a una altura que corresponde a la mitad de la altura del cilindro.

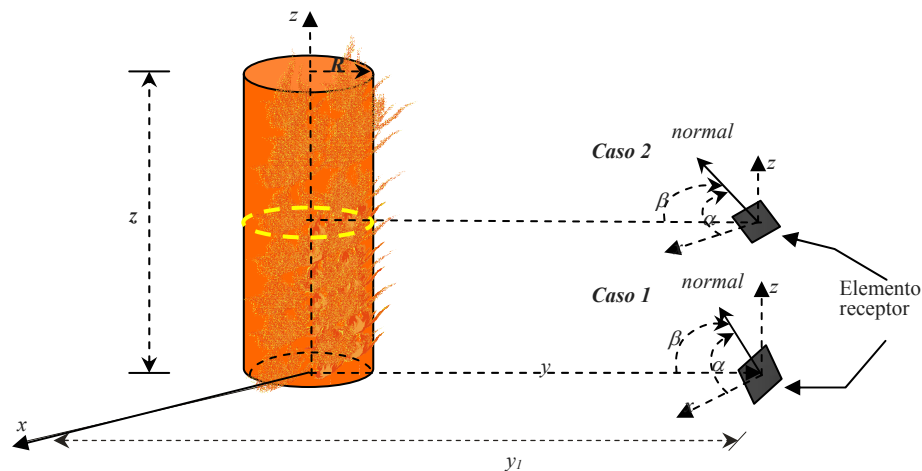


Figura 5.4.24. Configuración supuesta para la determinación del factor de vista para un frente de llama supuesto de forma cilíndrica.

### Elemento receptor a nivel del suelo (Caso 1)

Algunas de las expresiones que determinan el factor de vista y que pueden emplearse para esta disposición geométrica son las ecuaciones analíticas propuestas por Kay (1994) y TNO (1997). Estas ecuaciones ya han sido comentadas en las secciones 5.4.1.5 y 5.4.1.6. Los resultados obtenidos se muestran en las Figuras 5.4.25 a 5.4.28.

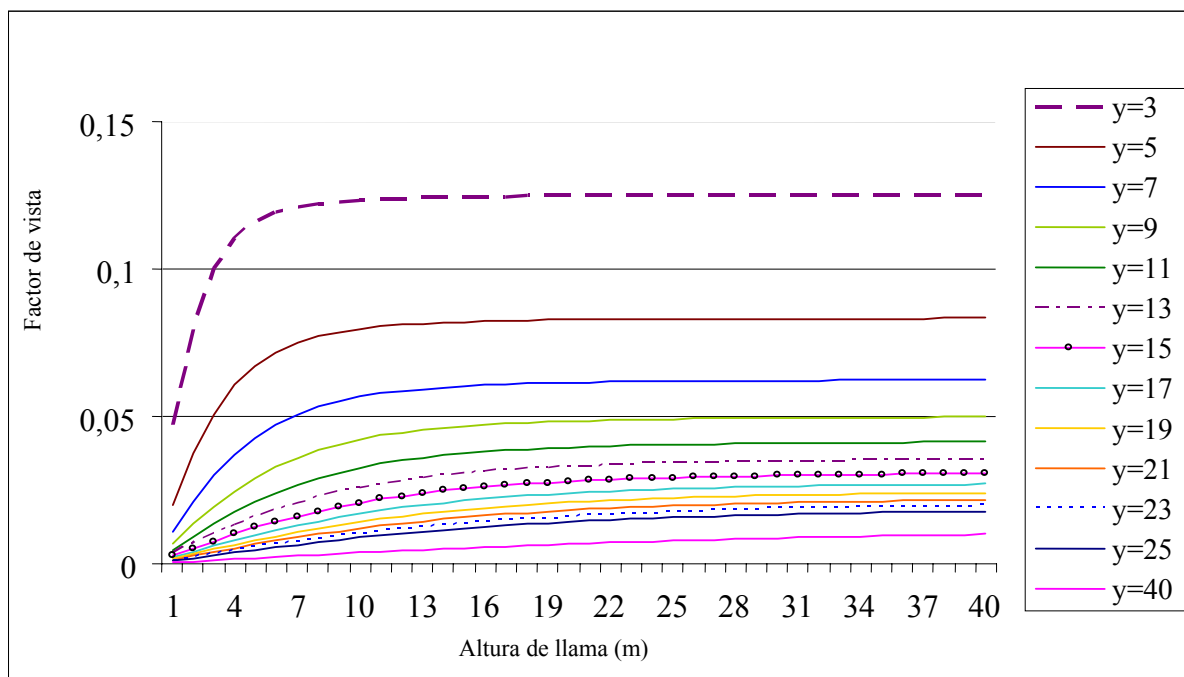


Figura 5.4.25. Factores de vista en función de la altura de un emisor considerado de forma cilíndrica (con un radio de 1 m). Kay, 1994 (Ecuación 5.33) ( $y$  en m).

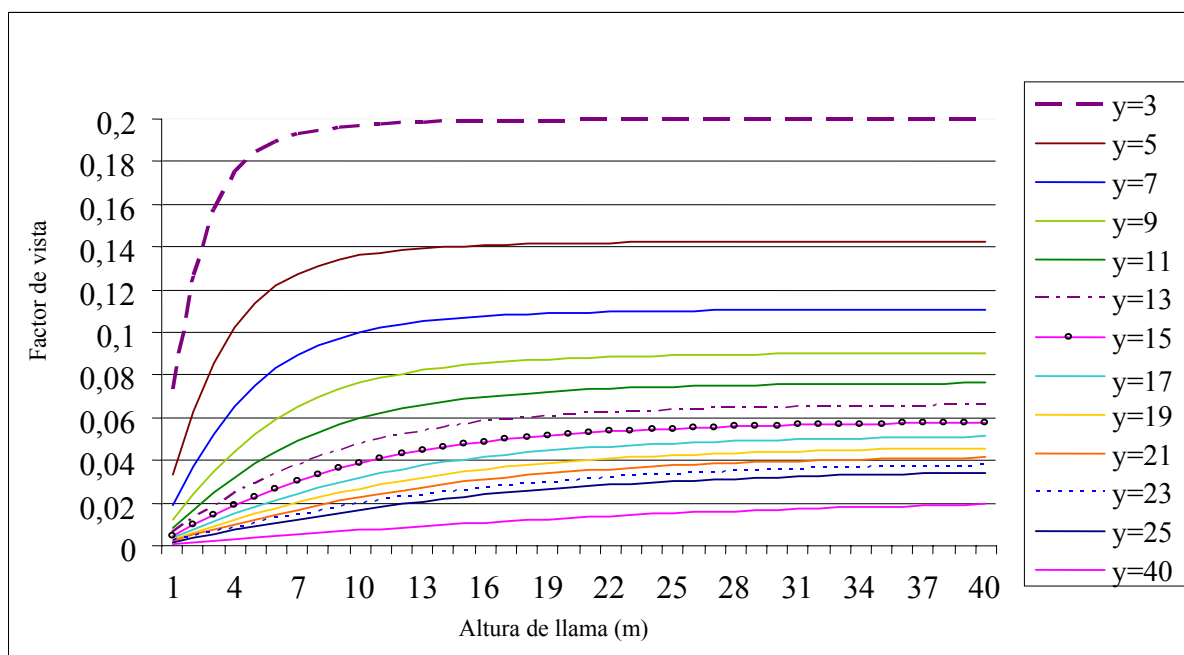


Figura 5.4.26. Factores de vista en función de la altura de un emisor considerado de forma cilíndrica (con un radio de 2 m). Kay, 1994 (Ecuación 5.33) ( $y$  en m).

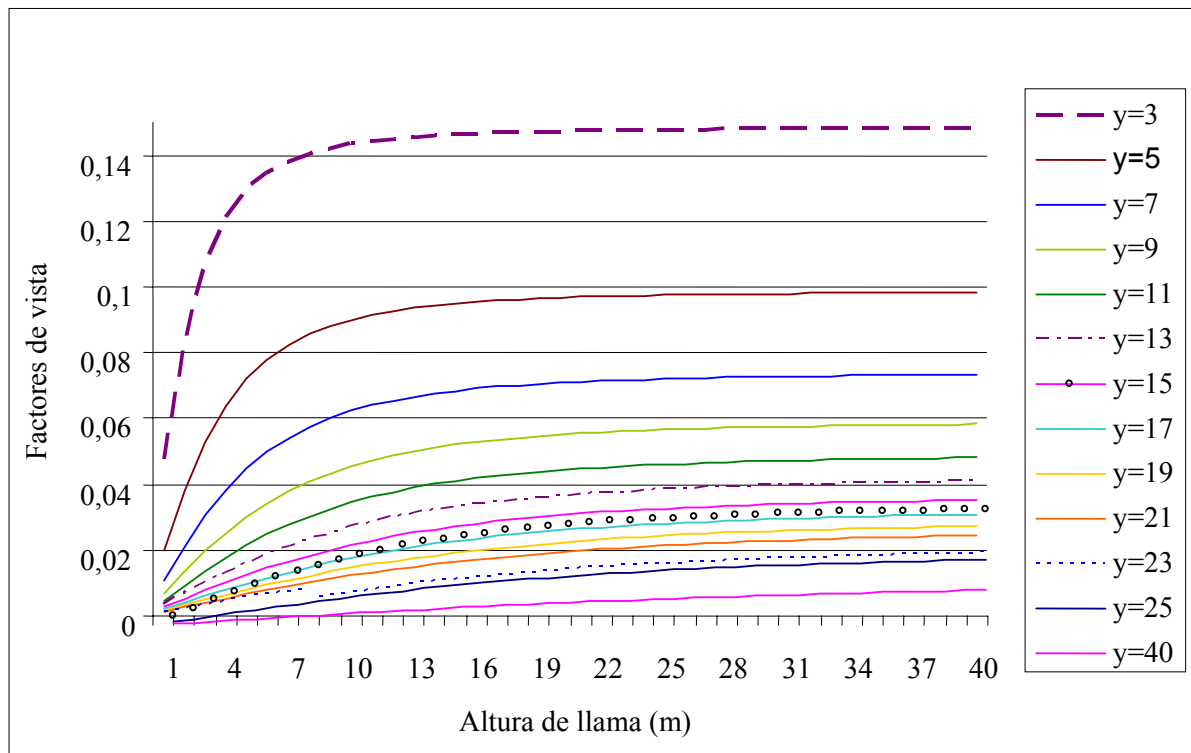


Figura 5.4.27. Factores de vista en función de la altura de un emisor de forma cilíndrica (con radio de 1 m). TNO, 1997 (Ecuación 5.35) ( $y$  en m).

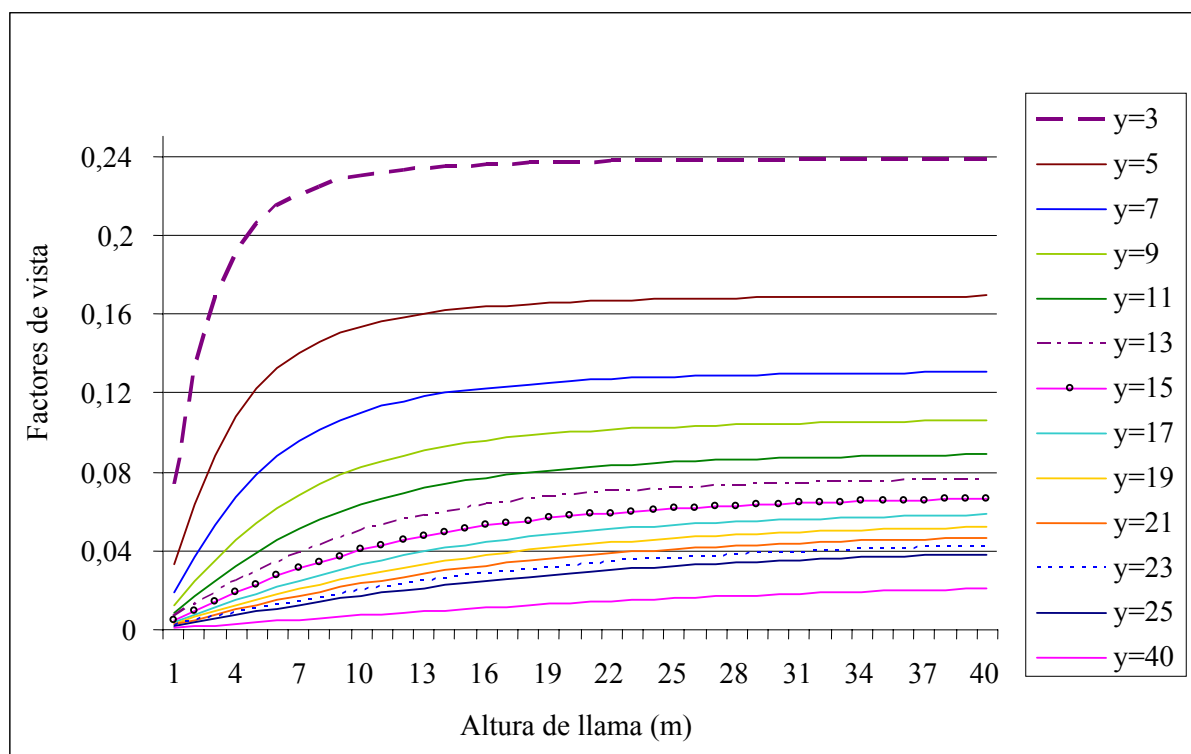


Figura 5.4.28. Factores de vista en función de la altura de un emisor de forma cilíndrica (con radio de 2 m). TNO, 1997 (Ecuación 5.35) ( $y$  en m).

### ***Elemento receptor situado a la mitad de la altura del frente de llama (Caso 2)***

En este caso la ecuación que se utiliza es únicamente la de Kay (1994). Son las condiciones más críticas debido a que se ubica el elemento receptor perpendicular a una altura que corresponde a la mitad del cilindro. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 5.4.29.

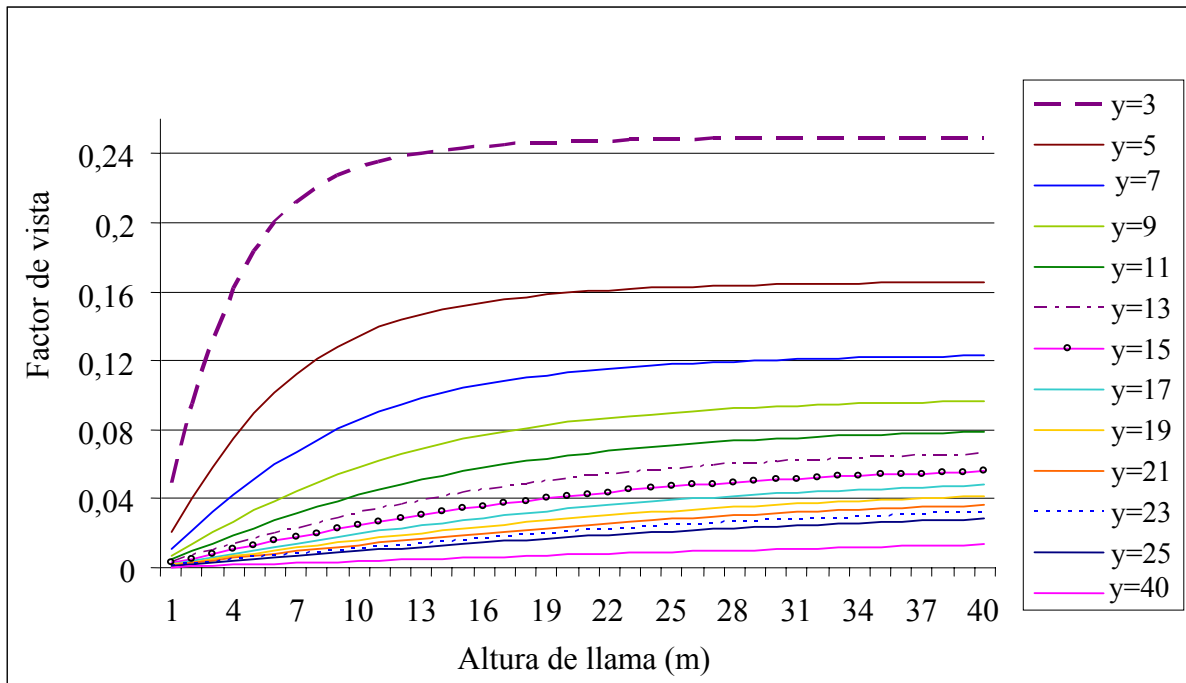


Figura 5.4.29. Factores de vista en función de la altura de un emisor de forma cilíndrica (con radio de 1 m). Kay, 1994 (Ecuación 5.33) ( $y$  en m).

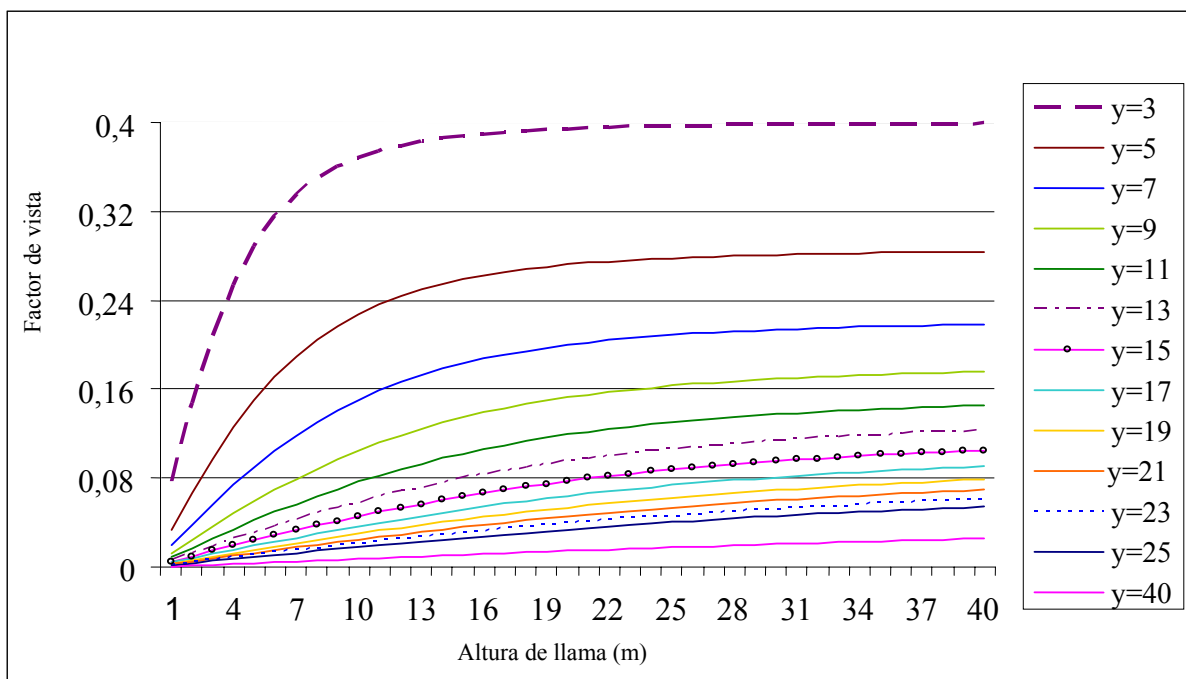


Figura 5.4.30. Factores de vista en función de la altura de un emisor de forma cilíndrica (con radio de 2 m). Kay, 1994 (Ecuación 5.33) ( $y$  en m).

### *Análisis de los resultados de un frente de llama considerado de forma cilíndrica*

De forma general, se observa un comportamiento ascendente del factor de vista con respecto a la altura de la llama en distancias muy cercanas al cilindro (distancias menores a 6 metros y longitudes de llama menores a los 7 metros). Rápidamente se alcanza la estabilidad, es decir, a partir de una cierta altura del cilindro (aproximadamente 7 m), el incremento en la altura de las llamas no afecta de manera importante a los valores obtenidos en el factor de vista y es más significativo el cambio producido por la distancia entre emisor y elemento receptor. Como era de esperar, la configuración que presenta los resultados más altos corresponde a aquella que ubica al elemento receptor a una altura que corresponde a la mitad de la altura del cilindro. Considerando solamente la geometría del caso 1, se observa que la ecuación de TNO (1997) proporciona valores ligeramente superiores a los determinados con la ecuación de Kay (1994). Por otra parte, pese a que se observa un incremento en el factor de vista cuando se aumenta el radio del cilindro dos veces (de 1 m a 2 m), los valores obtenidos en el factor de vista no aumentan en la misma proporción, esto es debido a que el factor de vista también es función de otros parámetros igualmente importantes.

Es interesante observar el comportamiento en función de la relación  $x/L$ , que se presenta en las Figuras 5.4.31 a 5.4.38 (véase los valores numéricos en el anexo II). Este comportamiento muestra ciertas tendencias que se pueden traducir en consejos prácticos de fácil divulgación.

A pesar de las grandes diferencias de las configuraciones rectangulares y cilíndricas, que - en consecuencia - no tienen porque ser comparables, cabe observar que, en algunos casos, el factor de vista es mayor en la configuración cilíndrica que en la rectangular (para alturas y distancias iguales), lo cual aplicado a la transferencia de calor significará mayor flujo de calor. El criterio de elección entre una geometría y otra deberá de ser sometido a un mayor estudio de campo (registro de datos en incendios forestales reales).

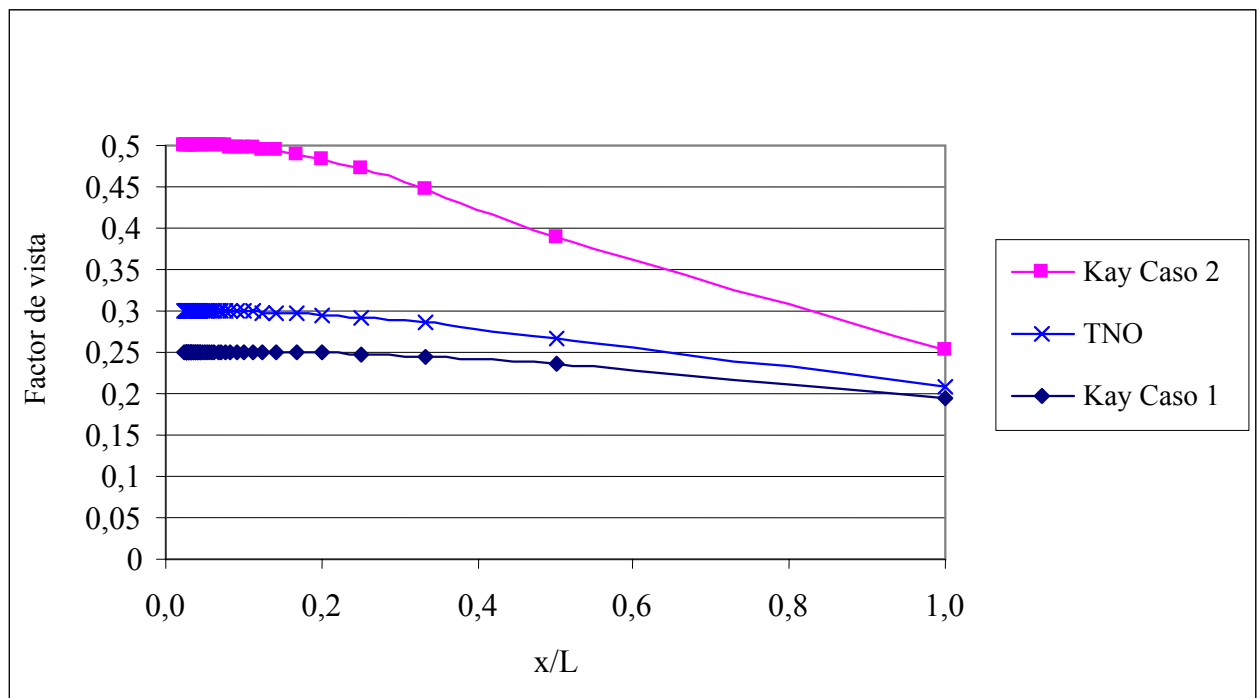


Figura 5.4.31. Factores de vista para un frente de llama de forma cilíndrica de radio de 1m y con un elemento receptor ubicado a 1 m de distancia.

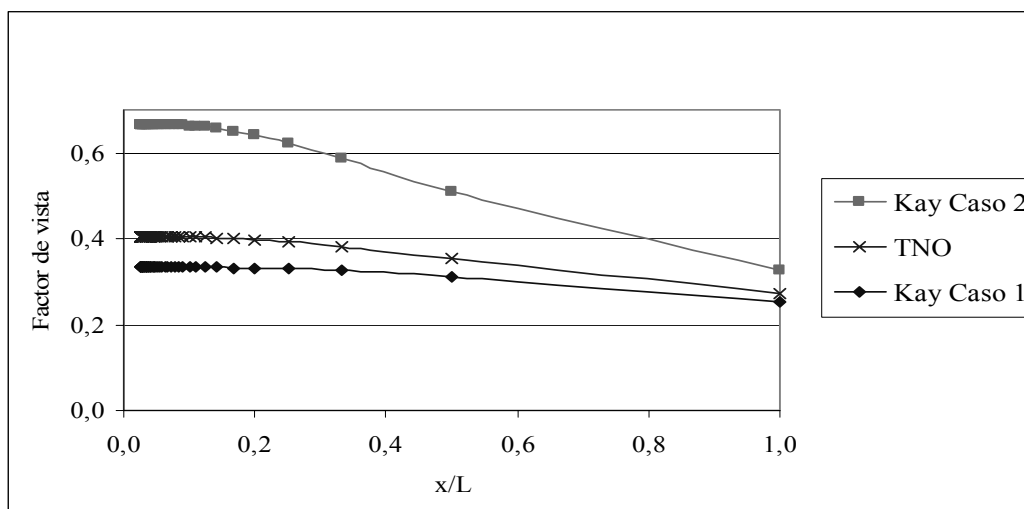


Figura 5.4.32. Factores de vista para un frente de llama de forma cilíndrica de radio de 2 m y con un elemento receptor ubicado a 1 m de distancia.

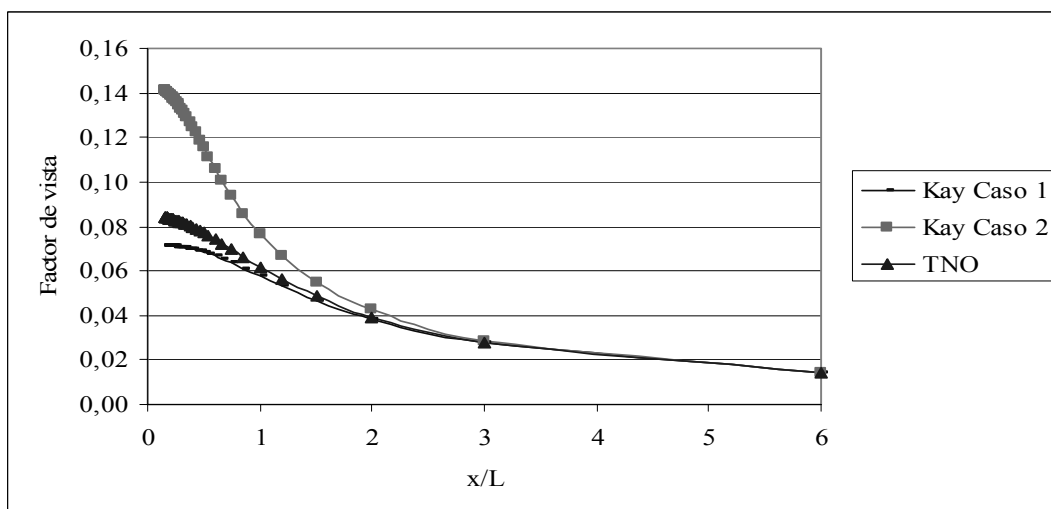


Figura 5.4.33. Factores de vista para un frente de llama de forma cilíndrica de radio de 1 m y con un elemento receptor ubicado a 6 m de distancia.

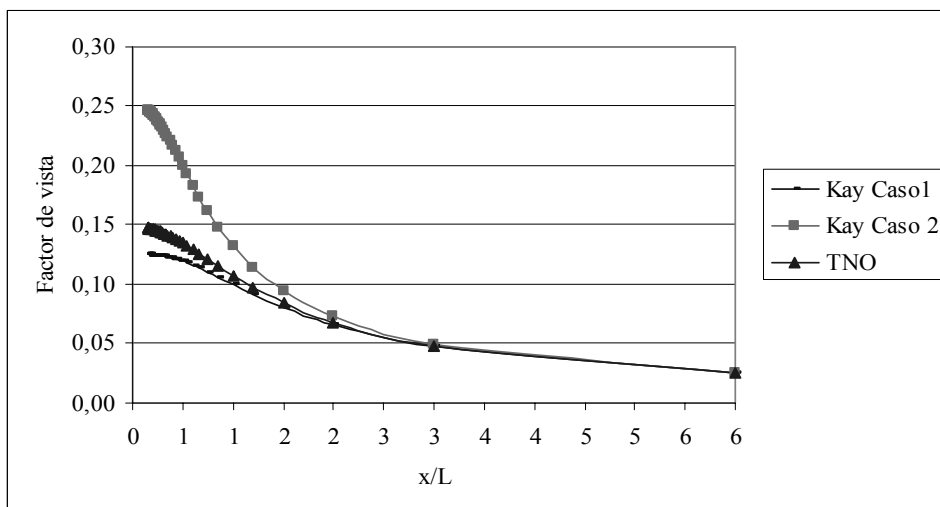


Figura 5.4.34. Factores de vista para un frente de llama de forma cilíndrica de radio de 2 m y con un elemento receptor ubicado a 6 m de distancia.

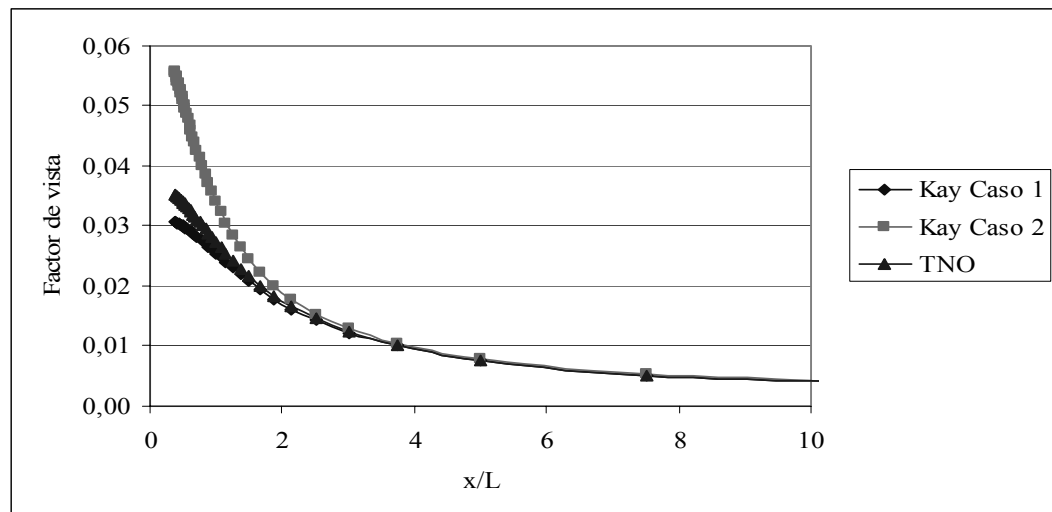


Figura 5.4.35. Factores de vista para un frente de llama de forma cilíndrica de radio de 1 m y con un elemento receptor ubicado a 15 m de distancia.

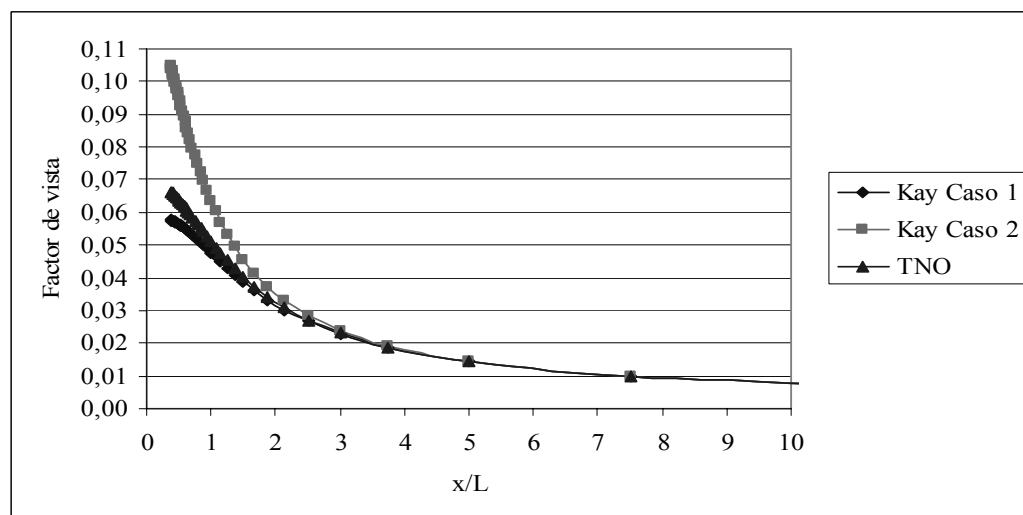


Figura 5.4.36. Factores de vista para un frente de llama de forma cilíndrica de radio de 2 m y con un elemento receptor ubicado a 15 m de distancia.

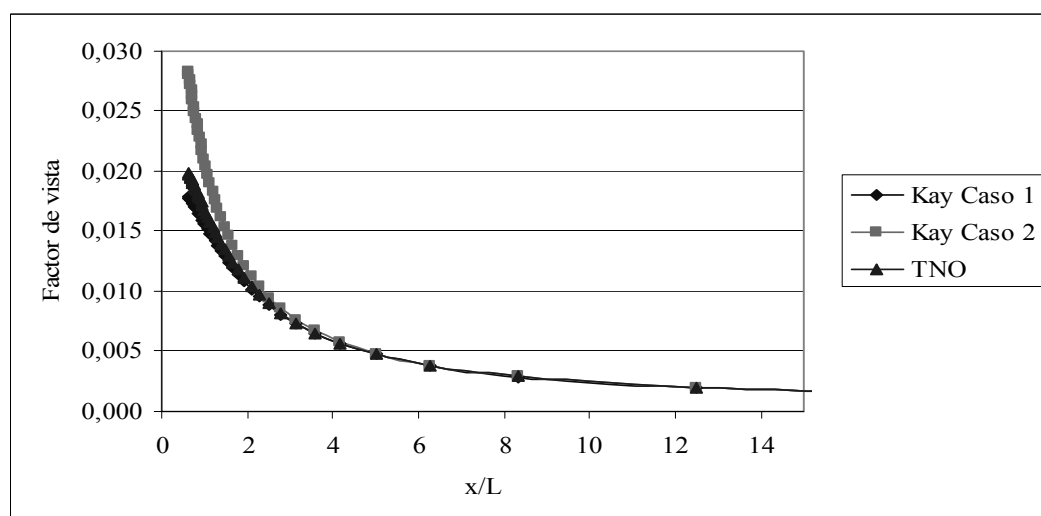


Figura 5.4.37. Factores de vista para un frente de llama de forma cilíndrica de radio 1 m y con un elemento receptor ubicado a 25 m de distancia.

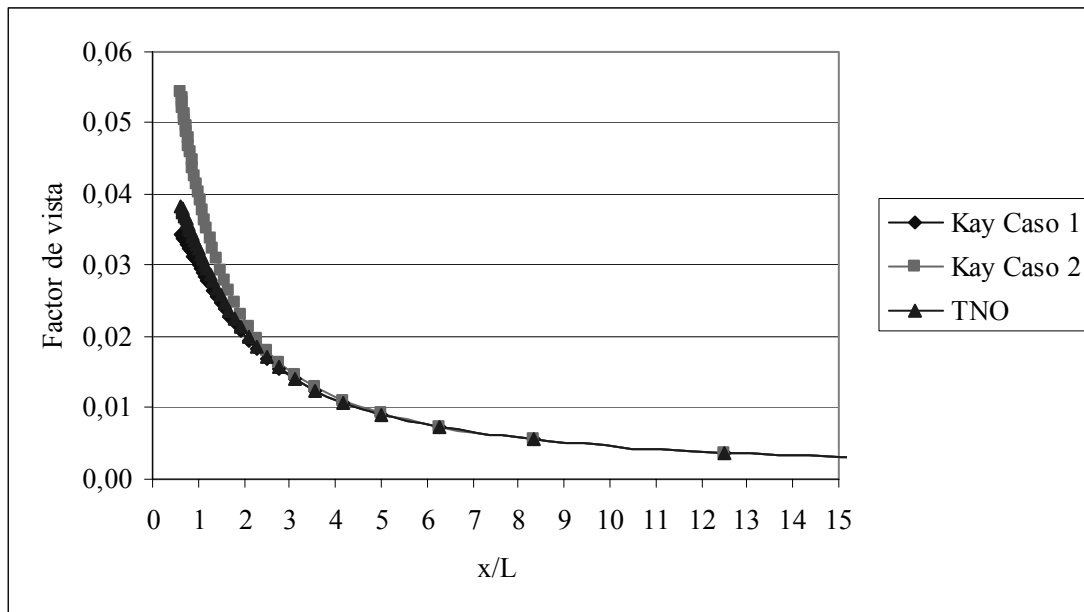


Figura 5.4.38. Factores de vista para un frente de llama de forma cilíndrica de radio 2 m y con un elemento receptor ubicado a 25 m de distancia.

Tal como puede verse en las tablas y Figuras anteriores, los valores del factor de vista más altos se alcanzan a las distancias más cortas entre emisor y receptor para las dimensiones más grandes de la llama (de altura y radio). La disminución del factor de vista por efecto de la distancia es muy importante, más aun en las distancias pequeñas (aproximadamente menores a 10 m); después de una cierta distancia el factor de vista disminuye y los cambios en la distancia (emisor - receptor) dejan de ser significativos. En términos generales, se observa un incremento del factor de vista a partir de valores menores a 2 en la relaciones  $x/L$  (es decir, cuando la distancia entre el emisor y receptor es superior a la longitud de la llama en sólo dos veces).

#### 5.4.2.3. Elemento diferencial en algún punto a una altura de interés del frente de llama con respecto a una persona.

Los resultados obtenidos mediante la ecuación descrita en la sección 5.4.1.7 (Dunkle, 1963) se muestran en las Figuras 5.4.39 y 5.4.40 (esta última es una parte de la Figura 5.4.39, pero con un cambio de escala que permite observar mejor los resultados).

Como puede observarse, el valor máximo del factor de vista se encuentra en el punto perpendicular a la persona y disminuye conforme se aleja el punto considerado, bien sea por la variación en la altura del frente de llama o bien por el aumento de la distancia que separa a los elementos involucrados, o por ambas causas.

De manera general, los valores obtenidos son bajos si se comparan con los encontrados en las configuraciones de áreas finitas. Los valores que son significativos se encuentran en distancias cortas entre el frente de llama y la persona involucrada (distancias  $x$  menores que 7 metros, y para puntos en el frente de llama de alturas menores a los 4 metros). Esto se debe a que la ecuación considera elementos diferenciales (tanto en el frente de llama como en la

persona) sin la posibilidad de adición de los factores de cada punto de la totalidad de las superficies involucradas. No obstante, estos resultados son de interés debido a que son los únicos que se obtienen a partir de ecuaciones específicas para personas; por tanto, su aplicación puede servir para casos muy particulares. Por otra parte, no debe olvidarse que se trata de una ecuación empírica con una validez limitada, debiendo validarse mediante el contraste con resultados experimentales.

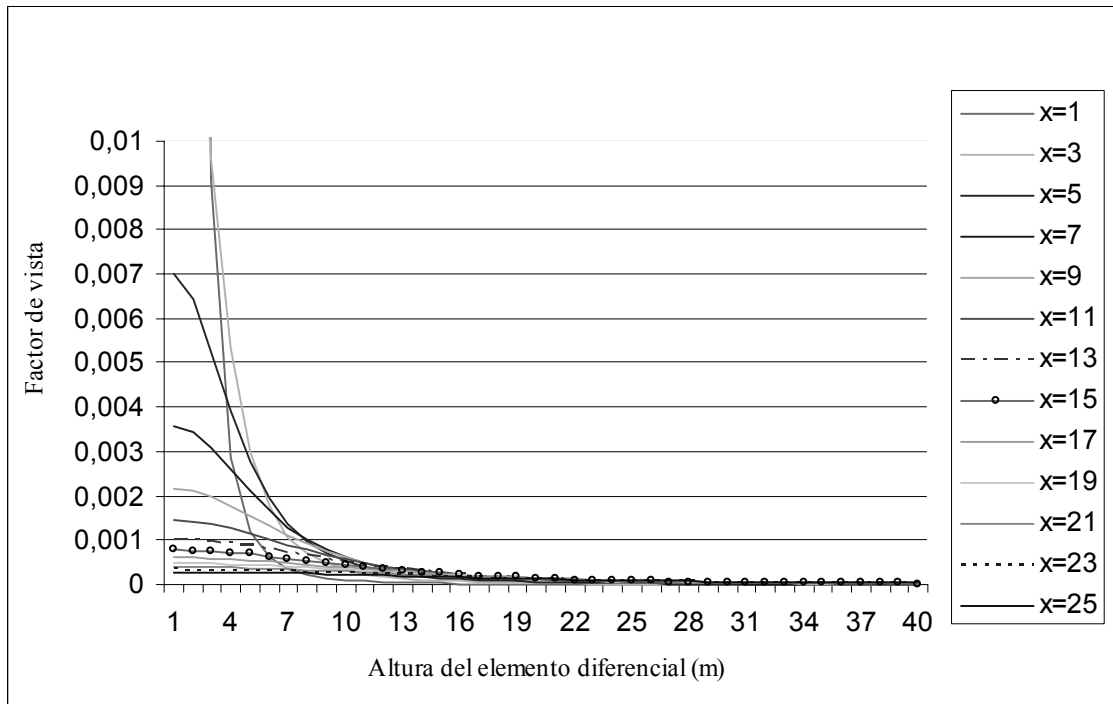


Figura 5.4.39. Factores de vista en función de la altura del elemento diferencial considerado a diferentes distancias ( $1\text{m} \leq x \leq 25\text{m}$ ) de acuerdo con la ecuación de Dunkle (1963).

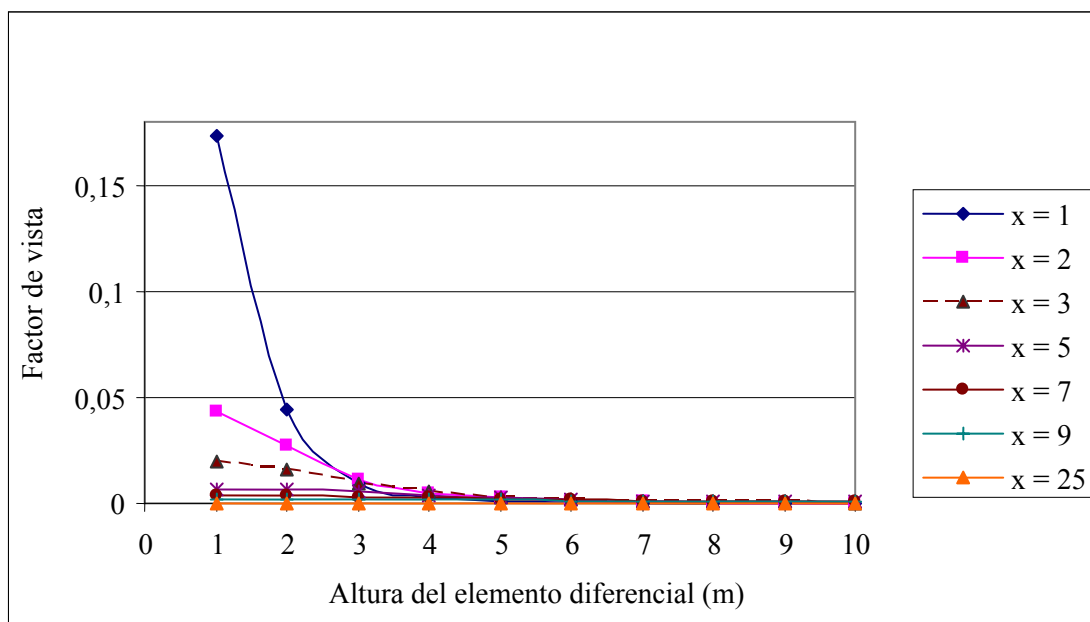


Figura 5.4.40. Factores de vista para distancias significativas entre los elementos diferenciales en de la persona y el frente de llama

## 5.5. CONSIDERACIONES FINALES

En el desarrollo de este capítulo se ha observado una vez más la necesidad de una amplia base de datos y/o correlaciones que permitan la estimación de los múltiples parámetros físicos que caracterizan al combustible y a la llama.

De entre las diversas opciones existentes para la modelización matemática de los incendios forestales se ha seleccionado el modelo del cuerpo sólido, en base a los buenos resultados del mismo en el caso de los incendios de hidrocarburos y a la similitud existente entre éstos y los incendios forestales.

Un aspecto esencial en la aplicación del modelo del cuerpo sólido es la determinación del factor de vista. Se ha efectuado por tanto un estudio comparativo de las diversas ecuaciones que permiten su cálculo.

La ventaja de la utilización de las ecuaciones analíticas sobre las resoluciones con métodos numéricos, radica en la mayor precisión de los resultados, debido al hecho de que las técnicas numéricas son aproximaciones que implican un mayor grado de error. No obstante, en las ecuaciones analíticas publicadas para la determinación del factor de vista, se han encontrado diversos errores, principalmente debidos a la manipulación y transcripción de ecuaciones con términos tan complejos. Diversos autores (Howell, 2001; Buschman *et al.* 1961; Feingold, 1966; Gross *et al.*, 1981) han comentado los errores de tipo tipográfico y lo tedioso del álgebra que, sumado al truncamiento y redondeo de valores, conducen a errores importantes.

El análisis llevado a cabo de las diversas ecuaciones existentes para la estimación del factor de vista y la comparación de los resultados obtenidos de las mismas han permitido seleccionar como más adecuadas para el cálculo del flujo de calor las ecuaciones de McGuire.

Las ecuaciones propuestas por McGuire consideran para un elemento emisor una geometría rectangular, así como la posibilidad del desplazamiento del elemento receptor a través de cualquiera de los ejes ( $x, y, z$ ), con la opción de considerar el giro o posible inclinación de dicho elemento receptor (con respecto a la normal). Tales características permiten la aplicación para la suposición de un número infinito de posibles situaciones en los incendios forestales. Por otra parte, estas ecuaciones dan resultados conservadores. Dada la imprecisión todavía existente en la definición del problema (falta de información exacta sobre las características del combustible, la altura del frente de llama, la velocidad del viento, la pendiente, etc.), las características citadas aconsejan seleccionar para la modelización matemática de la radiación procedente del incendio, ecuaciones de fácil adaptación a las múltiples posibles situaciones por modelar, lo cual se consigue mediante este modelo (modelo del cuerpo sólido) y mediante el uso de las ecuaciones de McGuire (para la determinación del factor de vista).

La selección de estas ecuaciones ha de permitir la generación de gráficas que muestren “zonas de seguridad” en función de los parámetros considerados por el modelo del cuerpo sólido. En el capítulo siguiente se efectúa la determinación de las distancias de seguridad con finalidades de aplicación durante la emergencia o para la adopción de medidas preventivas.

## 5.6. NOMENCLATURA

|              |                                                                      |
|--------------|----------------------------------------------------------------------|
| $A$          | Superficie, $m^2$                                                    |
| $b$          | Anchura de la fuente emisora (llama o frente), m                     |
| $E$          | Poder emisivo de la llama, W                                         |
| $E_p$        | Poder emisivo medio de la llama, ( $W/m^2$ )                         |
| $E_b$        | Poder emisivo del cuerpo negro, ( $W/m^2$ )                          |
| $F$          | Factor de vista, (-)                                                 |
| $H_R$        | Humedad relativa, -                                                  |
| $h$          | Altura en la ecuación 5.61, ft                                       |
| $\Delta H_c$ | Calor de combustión, J/kg                                            |
| $L$          | Altura o longitud de la fuente emisora (llama o frente), m           |
| $m$          | Velocidad másica de combustión, (kg/s)                               |
| $\bar{p}_w$  | Presión parcial del vapor de agua, Pa                                |
| $Q_r$        | Flujo de calor transmitido por radiación por unidad de área, $W/m^2$ |
| $R$          | Radio, m                                                             |
| $T$          | Temperatura, K o C                                                   |
| $T_f$        | Temperatura de la llama, K o C                                       |
| $T_a$        | Temperatura ambiente, K o C                                          |
| $w$          | Peso en la ecuación 5.61, lb                                         |
| $x$          | Coordenada en la dirección x; distancia, m                           |
| $y$          | Coordenada en la dirección y; distancia, m                           |
| $z$          | Coordenada en la dirección z; distancia, m                           |

### ***Letras griegas***

|                 |                                                                      |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------|
| $\alpha$        | Absorbancia, -; Ángulo, °                                            |
| $\beta$         | Ángulo, °                                                            |
| $\varepsilon$   | Emisividad, -                                                        |
| $\varepsilon_w$ | Emisividad del vapor de agua, -                                      |
| $\phi_a$        | Fracción de energía de combustión liberada en forma de radiación (-) |
| $\gamma$        | Ángulo, °                                                            |

---

|          |                                                                                                  |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\theta$ | Ángulo, °                                                                                        |
| $\sigma$ | Constante de Stefan-Boltzmann, $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ |
| $\tau$   | Transmisividad atmosférica, -                                                                    |