

Concentradores solares

Fundamentos de Energía Solar Térmica – 2010

Horacio Failache

Instituto de Física

Facultad de Ingeniería
Universidad de la República

24 de septiembre de 2010

Outline

- 1 Concentradores - Configuraciones básicas
- 2 Relación de concentración
- 3 Balance térmico
- 4 Concentradores - Óptica
- 5 Concentradores NonImaging (no formadores de imagen)
- 6 Concentradores formadores de imagen (Imaging)

Concentradores - Generalidades

- Porqué concentrar?

Concentradores - Generalidades

- Porqué concentrar?

Mayor temperatura.

Concentradores - Generalidades

- Porqué concentrar?

Mayor temperatura.

- Porqué mayor temperatura?

Concentradores - Generalidades

- Porqué concentrar?
Mayor temperatura.
- Porqué mayor temperatura?
 - Menor superficie de disipación.

Concentradores - Generalidades

- Porqué concentrar?

Mayor temperatura.

- Porqué mayor temperatura?

- Menor superficie de disipación.
- Aumento de rendimiento de máquinas térmicas.

Concentradores - Generalidades

- Porqué concentrar?

Mayor temperatura.

- Porqué mayor temperatura?

- Menor superficie de disipación.
- Aumento de rendimiento de máquinas térmicas.
- Aumento de T aumenta disipación radiativa ($\propto T^4$).

Concentradores - Configuraciones

Parabólico de revolución



Parabolic Concentrators (SPAIN)

Concentradores - Configuraciones

Fresnel parabólico de revolución



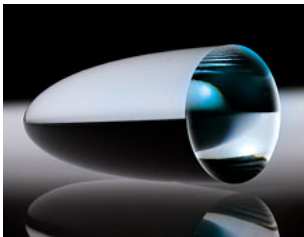
Concentradores - Configuraciones

Parabólico lineal



Concentradores - Configuraciones

CPC's



Concentradores - Configuraciones

Torre central



Concentradores - Configuraciones básicas

Relación de concentración

Balace térmico

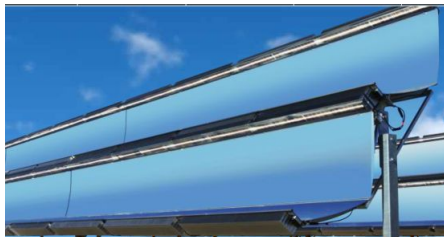
Concentradores - Óptica

Concentradores NonImaging (no formadores de imagen)

Concentradores formadores de imagen (Imaging)

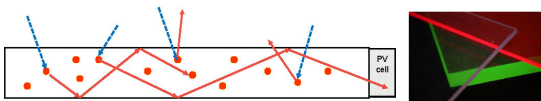
Concentradores - Configuraciones

Miscelánea



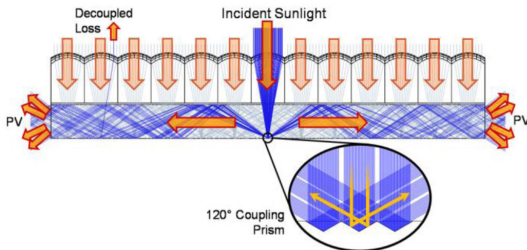
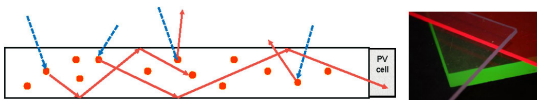
Concentradores - Configuraciones

Difusores



Concentradores - Configuraciones

Difusores



Outline

- 1 Concentradores - Configuraciones básicas
- 2 Relación de concentración**
- 3 Balance térmico
- 4 Concentradores - Óptica
- 5 Concentradores NonImaging (no formadores de imagen)
- 6 Concentradores formadores de imagen (Imaging)

Relación de concentración

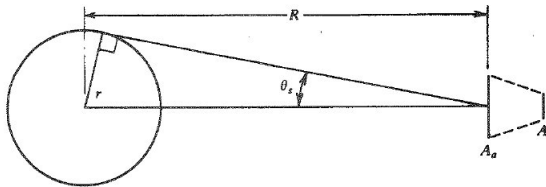
Relación de concentración (de áreas)

$$C = \frac{A_a}{A_r}$$

Relación de concentración

Relación de concentración (de áreas)

$$C = \frac{A_a}{A_r}$$

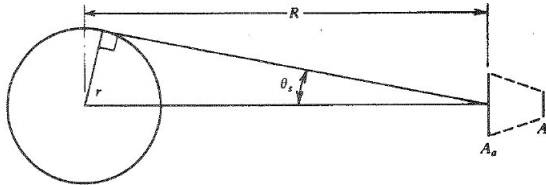


$$Q_{s \rightarrow r} = \frac{A_a}{R^2} r^2 \sigma T_s^4$$

Relación de concentración

Relación de concentración (de áreas)

$$C = \frac{A_a}{A_r}$$

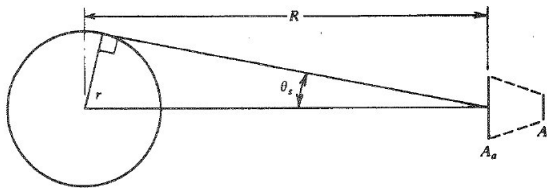


$$Q_{s \rightarrow r} = \frac{A_a}{R^2} r^2 \sigma T_s^4 \quad ; \quad Q_{r \rightarrow s} = F_{rs} A_r \sigma T_r^4$$

Relación de concentración

Relación de concentración (de áreas)

$$C = \frac{A_a}{A_r}$$



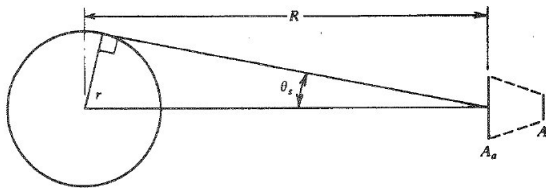
$$Q_{s \rightarrow r} = \frac{A_a}{R^2} r^2 \sigma T_s^4 ; Q_{r \rightarrow s} = F_{rs} A_r \sigma T_r^4$$

Equilibrio terodinámico ($T_s = T_r \Rightarrow Q_{s \rightarrow r} = Q_{r \rightarrow s}$)

Relación de concentración

Relación de concentración (de áreas)

$$C = \frac{A_a}{A_r}$$



$$Q_{s \rightarrow r} = \frac{A_a}{R^2} r^2 \sigma T_s^4 \quad ; \quad Q_{r \rightarrow s} = F_{rs} A_r \sigma T_r^4$$

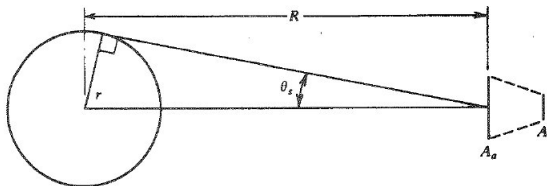
Equilibrio terodinámico ($T_s = T_r \Rightarrow Q_{s \rightarrow r} = Q_{r \rightarrow s}$)

$$\frac{A_a}{A_r} = \frac{R^2}{r^2} F_{rs}$$

Relación de concentración

Relación de concentración (de áreas)

$$C = \frac{A_a}{A_r}$$



$$Q_{s \rightarrow r} = \frac{A_a}{R^2} r^2 \sigma T_s^4 ; Q_{r \rightarrow s} = F_{rs} A_r \sigma T_r^4$$

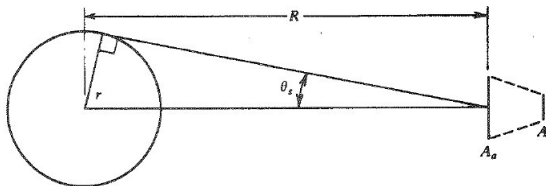
Equilibrio terodinámico ($T_s = T_r \Rightarrow Q_{s \rightarrow r} = Q_{r \rightarrow s}$)

$$\frac{A_a}{A_r} = \frac{R^2}{r^2} F_{rs} = \frac{1}{\text{sen}^2(\theta_s)} \quad (\text{max. } F_{rs} = 1)$$

Relación de concentración

Relación de concentración (de áreas)

$$C = \frac{A_a}{A_r}$$



$$Q_{s \rightarrow r} = \frac{A_a}{R^2} r^2 \sigma T_s^4 \quad ; \quad Q_{r \rightarrow s} = F_{rs} A_r \sigma T_r^4$$

Equilibrio terodinámico ($T_s = T_r \Rightarrow Q_{s \rightarrow r} = Q_{r \rightarrow s}$)

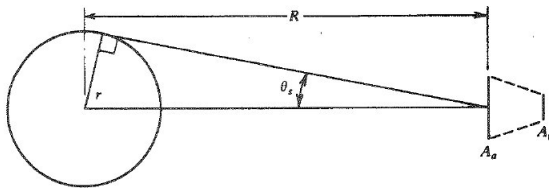
$$\frac{A_a}{A_r} = \frac{R^2}{r^2} F_{rs} = \frac{1}{\text{sen}^2(\theta_s)} \quad (\text{max. } F_{rs} = 1)$$

$$\frac{A_a}{A_r \text{ circ.}} < 45000 \quad (\theta_s = 0,27^\circ)$$

Relación de concentración

Relación de concentración (de áreas)

$$C = \frac{A_a}{A_r}$$



$$Q_{s \rightarrow r} = \frac{A_a}{R^2} r^2 \sigma T_s^4 ; Q_{r \rightarrow s} = F_{rs} A_r \sigma T_r^4$$

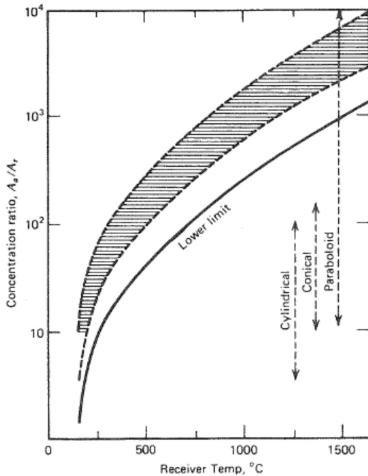
Equilibrio terodinámico ($T_s = T_r \Rightarrow Q_{s \rightarrow r} = Q_{r \rightarrow s}$)

$$\frac{A_a}{A_r} = \frac{R^2}{r^2} F_{rs} = \frac{1}{\text{sen}^2(\theta_s)} \quad (\text{max. } F_{rs} = 1)$$

$$\frac{A_a}{A_r \text{ circ.}} < 45000 \quad (\theta_s = 0,27^\circ)$$

$$\frac{A_a}{A_r \text{ lin.}} < 212 \quad (\theta_s = 0,27^\circ)$$

Relación de concentración



Lower limit: balance térmico nulo.

Dashed zone: eficiencia 40 \rightarrow 60 %

Outline

- 1 Concentradores - Configuraciones básicas
- 2 Relación de concentración
- 3 Balance térmico**
- 4 Concentradores - Óptica
- 5 Concentradores NonImaging (no formadores de imagen)
- 6 Concentradores formadores de imagen (Imaging)

Balance térmico

Particularidades:

- Altas temperaturas → altas pérdidas radiativas (selectividad superficie determinante).

Balance térmico

Particularidades:

- Altas temperaturas → altas pérdidas radiativas (selectividad superficie determinante).
- Altas temperaturas → altas pérdidas por conducción (aislación térmica determinante).

Balance térmico

Particularidades:

- Altas temperaturas → altas pérdidas radiativas (selectividad superficie determinante).
- Altas temperaturas → altas pérdidas por conducción (aislación térmica determinante).
- Efectos de borde menos despreciables.

Balance térmico

Particularidades:

- Altas temperaturas → altas pérdidas radiativas (selectividad superficie determinante).
- Altas temperaturas → altas pérdidas por conducción (aislación térmica determinante).
- Efectos de borde menos despreciables.
- Gradientes de temperatura no necesariamente despreciables.

Balance térmico

Particularidades:

- Altas temperaturas → altas pérdidas radiativas (selectividad superficie determinante).
- Altas temperaturas → altas pérdidas por conducción (aislación térmica determinante).
- Efectos de borde menos despreciables.
- Gradientes de temperatura no necesariamente despreciables.
- Pérdidas por absorción de cobertura determinantes.

Balance térmico

Particularidades:

- Altas temperaturas → altas pérdidas radiativas (selectividad superficie determinante).
- Altas temperaturas → altas pérdidas por conducción (aislación térmica determinante).
- Efectos de borde menos despreciables.
- Gradientes de temperatura no necesariamente despreciables.
- Pérdidas por absorción de cobertura determinantes.

Balance térmico

$$Q_L/A_r = h_w(T_r - T_a) + \epsilon\sigma(T_r^4 - T_{sky}^4) + U_c(T_r - T_a)$$

h_w : coef. de convección forzada.

U_c : coef. de conducción térmica.

Balance térmico

$$Q_L/A_r = h_w(T_r - T_a) + \epsilon\sigma(T_r^4 - T_{sky}^4) + U_c(T_r - T_a)$$

h_w : coef. de convección forzada.

U_c : coef. de conducción térmica.

Linealización :

$$h_r = \frac{\epsilon\sigma(T_r^4 - T_{sky}^4)}{(T_r - T_{sky})}$$

Balance térmico

$$Q_L/A_r = h_w(T_r - T_a) + \epsilon\sigma(T_r^4 - T_{sky}^4) + U_c(T_r - T_a)$$

h_w : coef. de convección forzada.

U_c : coef. de conducción térmica.

Linealización :

$$h_r = \frac{\epsilon\sigma(T_r^4 - T_{sky}^4)}{(T_r - T_{sky})}$$

$$Q_L/A_r = (h_w + h_r + U_c) \cdot (T_r - T_a)$$

Balance térmico

$$Q_L/A_r = h_w(T_r - T_a) + \epsilon\sigma(T_r^4 - T_{sky}^4) + U_c(T_r - T_a)$$

h_w : coef. de convección forzada.

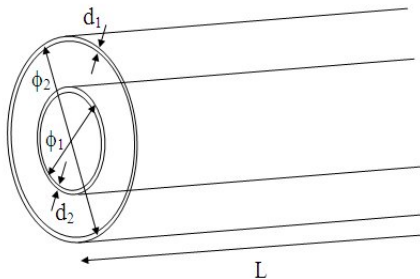
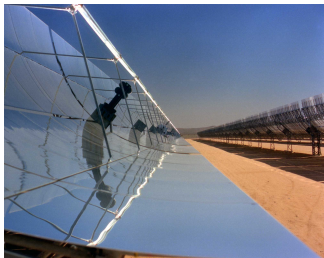
U_c : coef. de conducción térmica.

Linealización :

$$h_r = \frac{\epsilon\sigma(T_r^4 - T_{sky}^4)}{(T_r - T_{sky})}$$

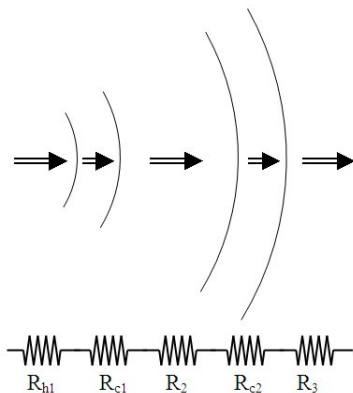
$$Q_L/A_r = (h_w + h_r + U_c) \cdot (T_r - T_a) = U(T)_L \cdot (T_r - T_a)$$

Balance térmico - Ejemplo



Balance térmico - Ejemplo

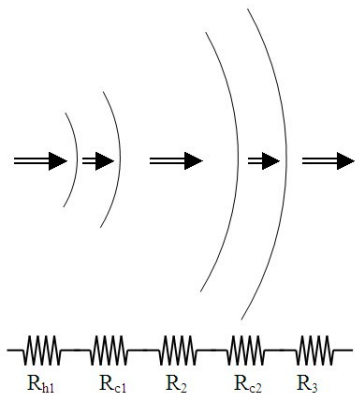
$$R_h = \frac{1}{2\pi r h L}$$



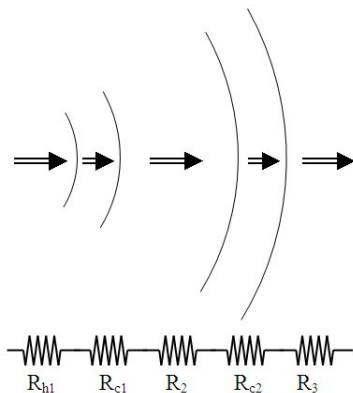
Balance térmico - Ejemplo

$$R_h = \frac{1}{2\pi rhL}$$

$$R_c = \frac{\ln(\Phi_o/\Phi_i)}{2\pi kL}$$



Balance térmico - Ejemplo

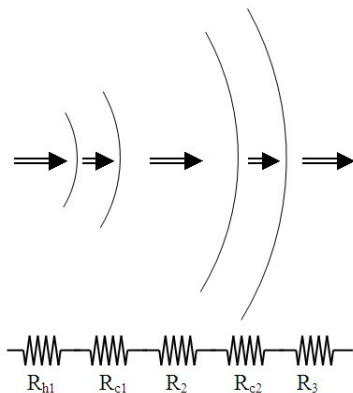


$$R_h = \frac{1}{2\pi r h L}$$

$$R_c = \frac{\ln(\Phi_o/\Phi_i)}{2\pi k L}$$

$$Q_L = \frac{2\pi k_{\text{eff}} L (T_r - T_{ci})}{\ln(\Phi_{ci}/\Phi_r)} + \frac{\pi \Phi_r L \sigma (T_r^4 - T_{ci}^4)}{\frac{1}{\epsilon_r} + \frac{1 - \epsilon_c}{\epsilon_c} \frac{\Phi_r}{\Phi_{ci}}}$$

Balance térmico - Ejemplo



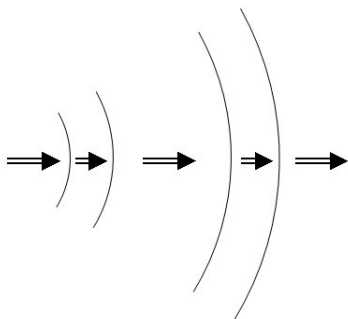
$$R_h = \frac{1}{2\pi r h L}$$

$$R_c = \frac{\ln(\Phi_o/\Phi_i)}{2\pi k L}$$

$$Q_L = \frac{2\pi k_{eff} L (T_r - T_{ci})}{\ln(\Phi_{ci}/\Phi_r)} + \frac{\pi \Phi_r L \sigma (T_r^4 - T_{ci}^4)}{\frac{1}{\epsilon_r} + \frac{1 - \epsilon_c}{\epsilon_c} \frac{\Phi_r}{\Phi_{ci}}}$$

$$Q_L = \frac{2\pi k_c L (T_{ci} - T_{co})}{\ln(\Phi_{co}/\Phi_{ci})}$$

Balance térmico - Ejemplo



$$R_h = \frac{1}{2\pi r h L}$$

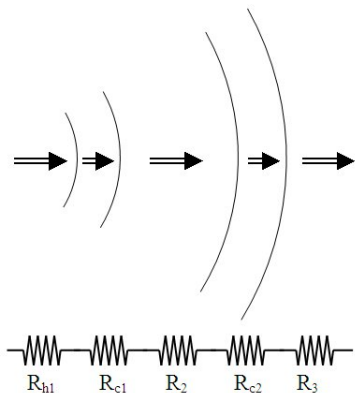
$$R_c = \frac{\ln(\Phi_o/\Phi_i)}{2\pi k L}$$

$$Q_L = \frac{2\pi k_{eff} L (T_r - T_{ci})}{\ln(\Phi_{ci}/\Phi_r)} + \frac{\pi \Phi_r L \sigma (T_r^4 - T_{ci}^4)}{\frac{1}{\epsilon_r} + \frac{1 - \epsilon_c}{\epsilon_c} \frac{\Phi_r}{\Phi_{ci}}}$$

$$Q_L = \frac{2\pi k_c L (T_{ci} - T_{co})}{\ln(\Phi_{co}/\Phi_{ci})}$$

$$Q_L = \pi \Phi_{co} L h_w (T_{co} - T_a) + \epsilon_c \pi \Phi_{co} L \sigma (T_{co}^4 - T_{sky}^4)$$

Balance térmico - Ejemplo



$$R_h = \frac{1}{2\pi r h L}$$

$$R_c = \frac{\ln(\Phi_o/\Phi_i)}{2\pi k L}$$

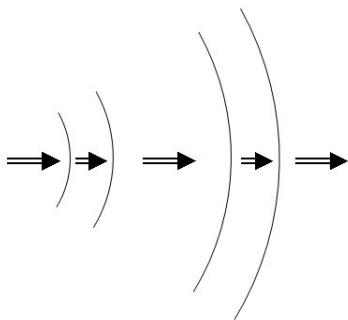
$$Q_L = \frac{2\pi k_{eff} L (T_r - T_{ci})}{\ln(\Phi_{ci}/\Phi_r)} + \frac{\pi \Phi_r L \sigma (T_r^4 - T_{ci}^4)}{\frac{1}{\epsilon_r} + \frac{1 - \epsilon_c}{\epsilon_c} \frac{\Phi_r}{\Phi_{ci}}}$$

$$Q_L = \frac{2\pi k_c L (T_{ci} - T_{co})}{\ln(\Phi_{co}/\Phi_{ci})}$$

$$Q_L = \pi \Phi_{co} L h_w (T_{co} - T_a) + \epsilon_c \pi \Phi_{co} L \sigma (T_{co}^4 - T_{sky}^4)$$

Proceso iterativo de determinación de Q_L

Balance térmico - Ejemplo



$$R_h = \frac{1}{2\pi r h L}$$

$$R_c = \frac{\ln(\Phi_o/\Phi_i)}{2\pi k L}$$

$$Q_L = \frac{2\pi k_{eff} L (T_r - T_{ci})}{\ln(\Phi_{ci}/\Phi_r)} + \frac{\pi \Phi_r L \sigma (T_r^4 - T_{ci}^4)}{\frac{1}{\epsilon_r} + \frac{1 - \epsilon_c}{\epsilon_c} \frac{\Phi_r}{\Phi_{ci}}}$$

$$Q_L = \frac{2\pi k_c L (T_{ci} - T_{co})}{\ln(\Phi_{co}/\Phi_{ci})}$$

$$Q_L = \pi \Phi_{co} L h_w (T_{co} - T_a) + \epsilon_c \pi \Phi_{co} L \sigma (T_{co}^4 - T_{sky}^4)$$

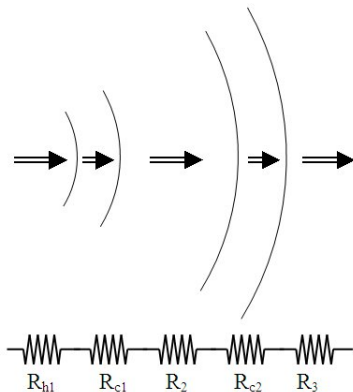
Proceso iterativo de determinación de Q_L

$$U_L = \frac{Q_L}{A_r \Delta T}$$

Balance térmico - Ejemplo

$$U_o^{-1} = U_L^{-1} + \left(\frac{h_{fi}\Phi_i}{\Phi_o}\right)^{-1} + \left(\frac{2k}{\Phi_o \ln(\Phi_o/\Phi_i)}\right)^{-1}$$

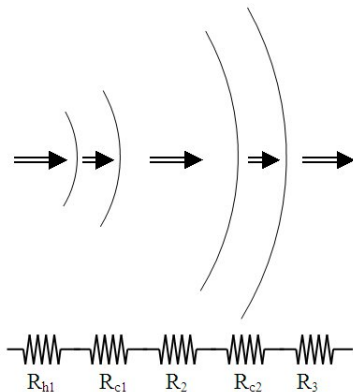
$$(U = \frac{1}{AR})$$



Balance térmico - Ejemplo

$$U_o^{-1} = U_L^{-1} + \left(\frac{h_{fi}\Phi_i}{\Phi_o}\right)^{-1} + \left(\frac{2k}{\Phi_o \ln(\Phi_o/\Phi_i)}\right)^{-1}$$

$$(U = \frac{1}{AR}) \quad (F' = \frac{U_o}{U_L})$$



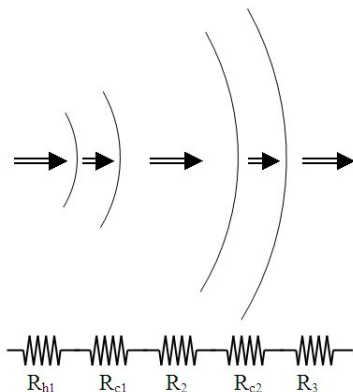
Balance térmico - Ejemplo

$$U_o^{-1} = U_L^{-1} + \left(\frac{h_{fi}\Phi_i}{\Phi_o}\right)^{-1} + \left(\frac{2k}{\Phi_o \ln(\Phi_o/\Phi_i)}\right)^{-1}$$

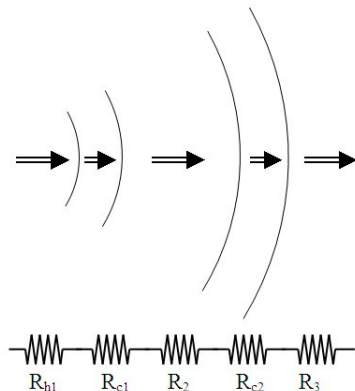
$$(U = \frac{1}{AR}) \quad (F' = \frac{U_o}{U_L})$$

Calor útil (por longitud de receptor):

$$q'_u = \frac{A_a S}{L} - \frac{A_r U_L}{L} (T_r - T_a)$$



Balance térmico - Ejemplo



$$U_o^{-1} = U_L^{-1} + \left(\frac{h_{fi}\Phi_i}{\Phi_o}\right)^{-1} + \left(\frac{2k}{\Phi_o \ln(\Phi_o/\Phi_i)}\right)^{-1}$$

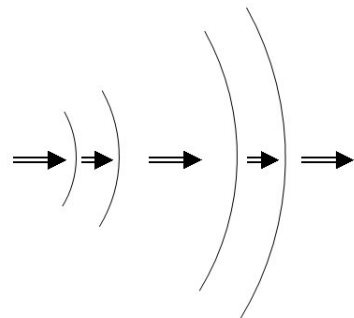
$$(U = \frac{1}{AR}) \quad (F' = \frac{U_o}{U_L})$$

Calor útil (por longitud de receptor):

$$q'_U = \frac{A_a S}{L} - \frac{A_r U_L}{L} (T_r - T_a)$$

$$q'_U = \frac{A_r / L (T_r - T_f)}{\frac{\Phi_o}{h_{fi}\Phi_i} + \left(\frac{\Phi_o}{2k} \ln \frac{\Phi_o}{\Phi_i}\right)}$$

Balance térmico - Ejemplo



$$U_o^{-1} = U_L^{-1} + \left(\frac{h_{fi}\Phi_i}{\Phi_o}\right)^{-1} + \left(\frac{2k}{\Phi_o \ln(\Phi_o/\Phi_i)}\right)^{-1}$$

$$(U = \frac{1}{AR}) \quad (F' = \frac{U_o}{U_L})$$

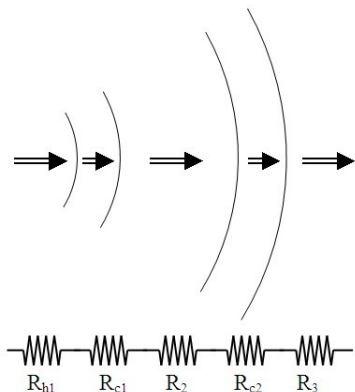
Calor útil (por longitud de receptor):

$$q'_u = \frac{A_a S}{L} - \frac{A_r U_L}{L} (T_r - T_a)$$

$$q'_u = \frac{A_r / L (T_r - T_f)}{\frac{\Phi_o}{h_{fi}\Phi_i} + \left(\frac{\Phi_o}{2k} \ln \frac{\Phi_o}{\Phi_i}\right)}$$

$$q'_u = F' \frac{A_a}{L} \left[S - \frac{A_r}{A_a} U_L (T_f - T_a) \right]$$

Balance térmico - Ejemplo



$$U_o^{-1} = U_L^{-1} + \left(\frac{h_{fi}\Phi_i}{\Phi_o}\right)^{-1} + \left(\frac{2k}{\Phi_o \ln(\Phi_o/\Phi_i)}\right)^{-1}$$

$$(U = \frac{1}{AR}) \quad (F' = \frac{U_o}{U_L})$$

Calor útil (por longitud de receptor):

$$q'_u = \frac{A_a S}{L} - \frac{A_r U_L}{L} (T_r - T_a)$$

$$q'_u = \frac{A_r/L(T_r - T_f)}{\frac{\Phi_o}{h_{fi}\Phi_i} + \left(\frac{\Phi_o}{2k} \ln \frac{\Phi_o}{\Phi_i}\right)}$$

$$q'_u = F' \frac{A_a}{L} \left[S - \frac{A_r}{A_a} U_L (T_f - T_a) \right]$$

Gradiente de temperatura en el fluido:

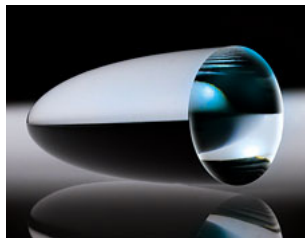
$$q'_u = F_R \frac{A_a}{L} \left[S - \frac{A_r}{A_a} U_L (T_{fi} - T_a) \right]$$

$$\left(F_R = \frac{\dot{m} C_p}{A_r U_L F'} \left[1 - \exp\left(-\frac{A_r U_L F'}{\dot{m} C_p}\right) \right] \right)$$

Outline

- 1 Concentradores - Configuraciones básicas
- 2 Relación de concentración
- 3 Balance térmico
- 4 Concentradores - Óptica**
- 5 Concentradores NonImaging (no formadores de imagen)
- 6 Concentradores formadores de imagen (Imaging)

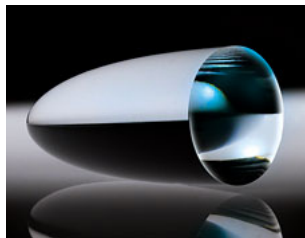
Desempeño óptico



$$S = I_b \rho (\nu\tau\alpha) K_{\nu\tau\alpha}$$

I_b : intensidad en la abertura, directa para $C > 10$.

Desempeño óptico

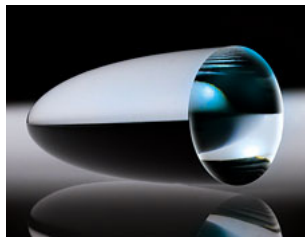


$$S = I_b \rho (\nu\tau\alpha) K_{\nu\tau\alpha}$$

I_b : intensidad en la abertura, directa para $C > 10$.

ρ : reflectividad del espejo (transmisividad de la lente).

Desempeño óptico



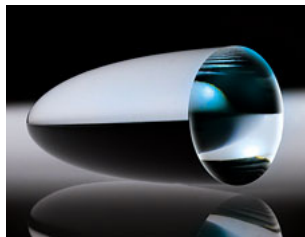
$$S = I_b \rho (\nu\tau\alpha) K_{\nu\tau\alpha}$$

I_b : intensidad en la abertura, directa para $C > 10$.

ρ : reflectividad del espejo (transmisividad de la lente).

τ : transmisividad de una posible cobertura.

Desempeño óptico



$$S = I_b \rho (\nu\tau\alpha) K_{\nu\tau\alpha}$$

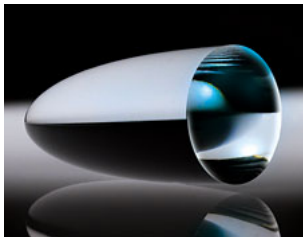
I_b : intensidad en la abertura, directa para $C > 10$.

ρ : reflectividad del espejo (transmisividad de la lente).

τ : transmisividad de una posible cobertura.

α : absorptividad de la superficie del receptor.

Desempeño óptico



$$S = I_b \rho (\nu\tau\alpha) K_{\nu\tau\alpha}$$

I_b : intensidad en la abertura, directa para $C > 10$.

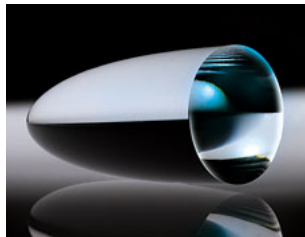
ρ : reflectividad del espejo (transmisividad de la lente).

τ : transmisividad de una posible cobertura.

α : absorptividad de la superficie del receptor.

ν : factor de intercepción.

Desempeño óptico



$$S = I_b \rho (\nu\tau\alpha) K_{\nu\tau\alpha}$$

I_b : intensidad en la abertura, directa para $C > 10$.

ρ : reflectividad del espejo (transmisividad de la lente).

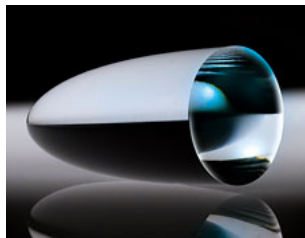
τ : transmisividad de una posible cobertura.

α : absorptividad de la superficie del receptor.

ν : factor de intercepción.

$K_{\nu\tau\alpha}$: factor de dispersión de ángulo de incidencia.

Desempeño óptico



$$S = I_b \rho (\nu\tau\alpha) K_{\nu\tau\alpha}$$

I_b : intensidad en la abertura, directa para $C > 10$.

ρ : reflectividad del espejo (transmisividad de la lente).

τ : transmisividad de una posible cobertura.

α : absorptividad de la superficie del receptor.

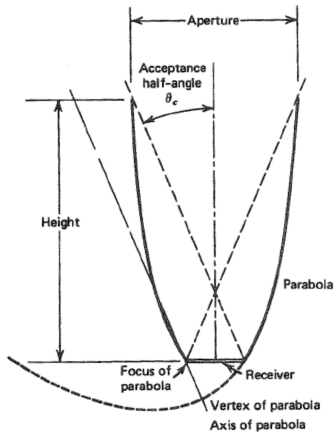
ν : factor de intercepción.

$K_{\nu\tau\alpha}$: factor de dispersión de ángulo de incidencia.

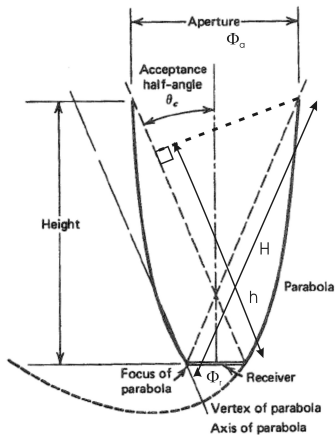
Outline

- 1 Concentradores - Configuraciones básicas
- 2 Relación de concentración
- 3 Balance térmico
- 4 Concentradores - Óptica
- 5 Concentradores NonImaging (no formadores de imagen)**
- 6 Concentradores formadores de imagen (Imaging)

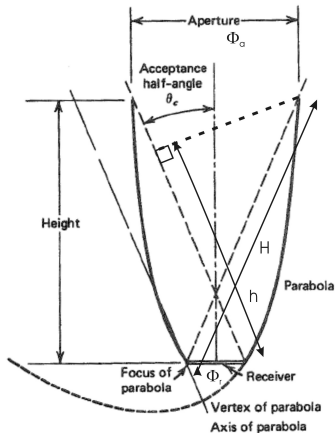
NonImaging - CPC



NonImaging - CPC

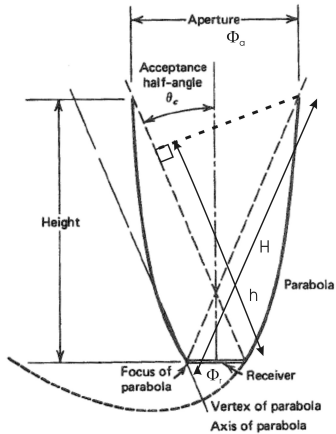


NonImaging - CPC



$$H = h + \Phi_r$$

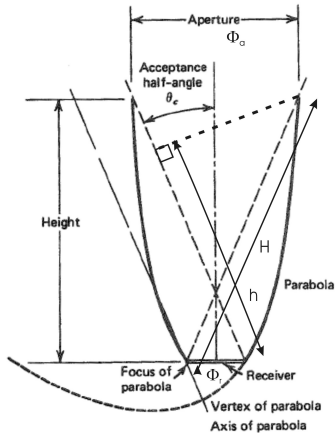
NonImaging - CPC



$$H = h + \Phi_r$$

$$\Phi_a \text{ sen}(\theta_c) = H - h$$

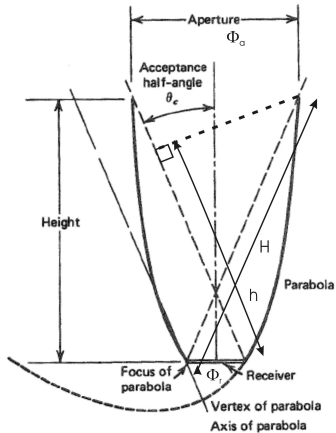
NonImaging - CPC



$$H = h + \Phi_r$$

$$\Phi_a \text{ sen}(\theta_c) = H - h = \Phi_r$$

NonImaging - CPC



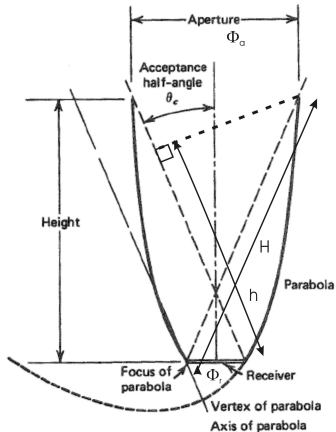
$$H = h + \Phi_r$$

$$\Phi_a \text{sen}(\theta_c) = H - h = \Phi_r$$

$$C = \frac{A_a}{A_r} = \frac{\Phi_a}{\Phi_r} = \frac{1}{\text{sen}(\theta_c)}$$

(lineal o cilíndrico)

NonImaging - CPC



$$H = h + \Phi_r$$

$$\Phi_a \text{sen}(\theta_c) = H - h = \Phi_r$$

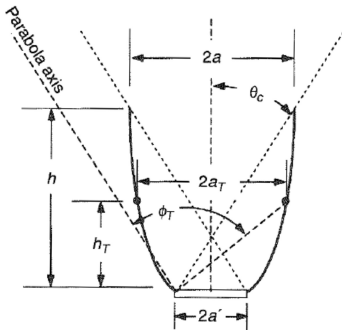
$$C = \frac{A_a}{A_r} = \frac{\Phi_a}{\Phi_r} = \frac{1}{\text{sen}(\theta_c)}$$

(lineal o cilíndrico)

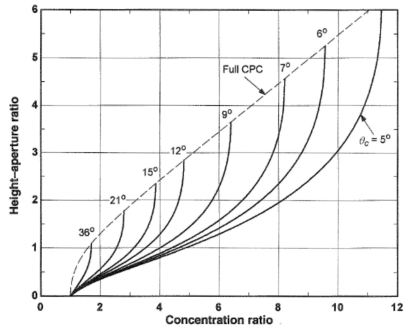
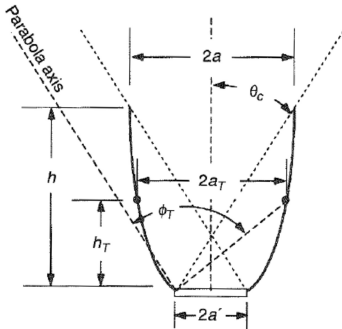
$$C = \frac{A_a}{A_r} = \frac{\Phi_a^2}{\Phi_r^2} = \frac{1}{\text{sen}^2(\theta_c)}$$

(de revolución)

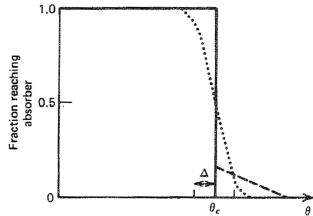
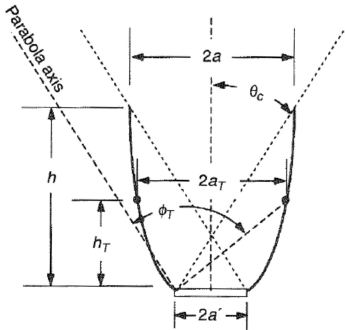
CPC - truncado



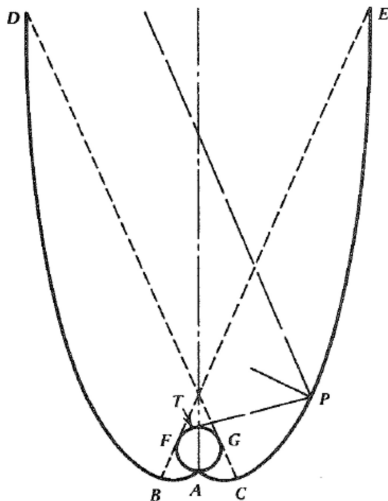
CPC - truncado



CPC - truncado



CPC - Diseño genérico

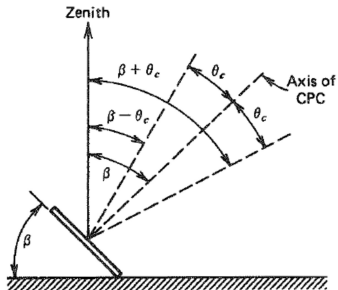


CPC - Desempeño

$$S = G_{b,CPC} \tau_{c,b} \tau_{CPC,b} \alpha_b +$$

$$G_{d,CPC} \tau_{c,d} \tau_{CPC,d} \alpha_d +$$

$$G_{g,CPC} \tau_{c,g} \tau_{CPC,g} \alpha_g$$



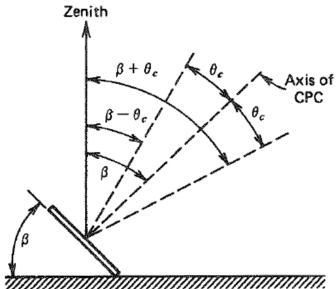
CPC - Desempeño

$$S = G_{b,CPC} \tau_{c,b} \tau_{CPC,b} \alpha_b +$$

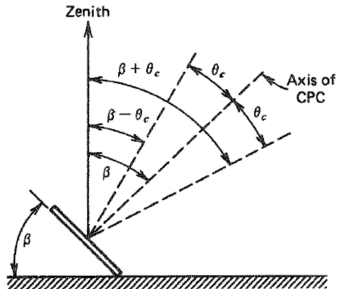
$$G_{d,CPC} \tau_{c,d} \tau_{CPC,d} \alpha_d +$$

$$G_{g,CPC} \tau_{c,g} \tau_{CPC,g} \alpha_g$$

$$G_{b,CPC} = FG_{bn} \cos(\theta)$$



CPC - Desempeño



$$S = G_{b,CPC} \tau_{c,b} \tau_{CPC,b} \alpha_b +$$

$$G_{d,CPC} \tau_{c,d} \tau_{CPC,d} \alpha_d +$$

$$G_{g,CPC} \tau_{c,g} \tau_{CPC,g} \alpha_g$$

$$G_{b,CPC} = FG_{bn} \cos(\theta)$$

$$F = 1 \quad \text{si}$$

$$(\beta - \theta_c) < \tan^{-1}(\tan(\theta_z) \cos(\nu_s)) < (\beta + \theta_c)$$

$$F = 0 \quad \text{en caso contrario.}$$

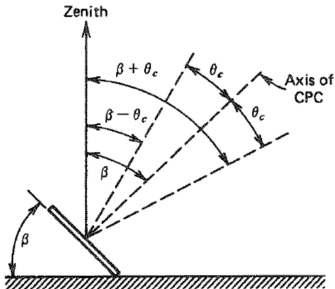
CPC - Desempeño

$$S = G_{b,CPC} \tau_{c,b} \tau_{CPC,b} \alpha_b +$$

$$G_{d,CPC} \tau_{c,d} \tau_{CPC,d} \alpha_d +$$

$$G_{g,CPC} \tau_{c,g} \tau_{CPC,g} \alpha_g$$

$$G_{b,CPC} = FG_{bn} \cos(\theta)$$



CPC - Desempeño

$$S = G_{b,CPC} \tau_{c,b} \tau_{CPC,b} \alpha_b +$$

$$G_{d,CPC} \tau_{c,d} \tau_{CPC,d} \alpha_d +$$

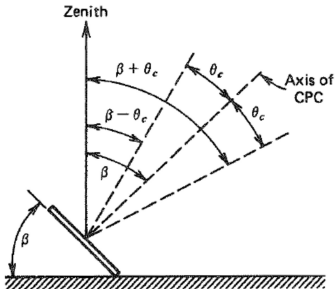
$$G_{g,CPC} \tau_{c,g} \tau_{CPC,g} \alpha_g$$

$$G_{b,CPC} = FG_{bn} \cos(\theta)$$

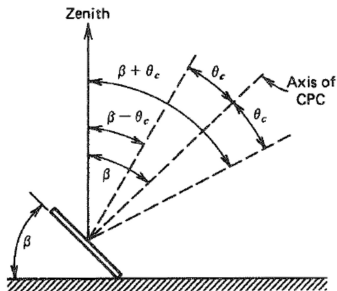
$$G_{d,CPC} :$$

$$\frac{G_d}{C} \quad \text{si } (\beta + \theta_c) < 90^\circ$$

$$G_d \left(\frac{1}{C} + \cos(\beta) \right) \quad \text{si } (\beta + \theta_c) > 90^\circ$$



CPC - Desempeño



$$S = G_{b,CPC} \tau_{c,b} \tau_{CPC,b} \alpha_b +$$

$$G_{d,CPC} \tau_{c,d} \tau_{CPC,d} \alpha_d +$$

$$G_{g,CPC} \tau_{c,g} \tau_{CPC,g} \alpha_g$$

$$G_{b,CPC} = FG_{bn} \cos(\theta)$$

$$G_{d,CPC} :$$

$$\frac{G_d}{C} \quad \text{si } (\beta + \theta_c) < 90^\circ$$

$$G_d \left(\frac{1}{C} + \cos(\beta) \right) \quad \text{si } (\beta + \theta_c) > 90^\circ$$

$$G_{g,CPC} :$$

$$0 \quad \text{si } (\beta + \theta_c) < 90^\circ$$

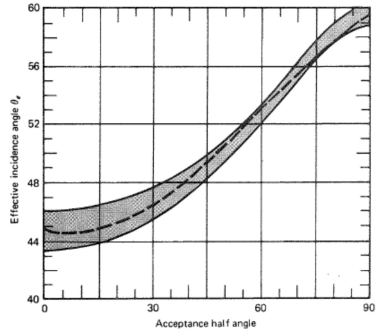
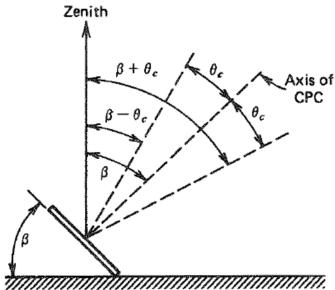
$$G_d \left(\frac{1}{C} - \cos(\beta) \right) \quad \text{si } (\beta + \theta_c) > 90^\circ$$

CPC - Desempeño

$$S = G_{b,CPC} \tau_{c,b} \tau_{CPC,b} \alpha_b +$$

$$G_{d,CPC} \tau_{c,d} \tau_{CPC,d} \alpha_d +$$

$$G_{g,CPC} \tau_{c,g} \tau_{CPC,g} \alpha_g$$



CPC - Desempeño

$$S = G_{b,CPC} \tau_{c,b} \tau_{CPC,b} \alpha_b + G_{d,CPC} \tau_{c,d} \tau_{CPC,d} \alpha_d + G_{g,CPC} \tau_{c,g} \tau_{CPC,g} \alpha_g$$

(recordar ν , $K_{\nu\tau\alpha}$, incluidos en $\tau_{c,b}$)

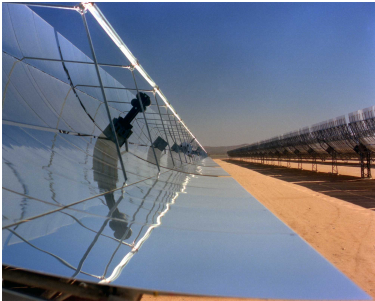
$$q'_u = F_R \frac{A_a}{L} \left[S - \frac{A_r}{A_a} U_L (T_{fi} - T_a) \right]$$
$$\left(F_R = \frac{\dot{m} C_p}{A_r U_L F'} \left[1 - \exp\left(-\frac{A_r U_L F'}{\dot{m} C_p}\right) \right] \right)$$

Determinación del coeficiente U_L : análisis del dispositivo específico.

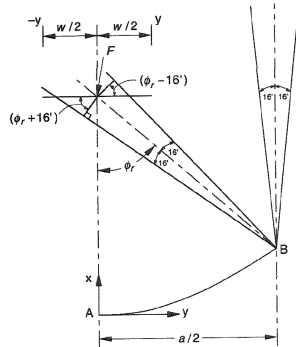
Outline

- 1 Concentradores - Configuraciones básicas
- 2 Relación de concentración
- 3 Balance térmico
- 4 Concentradores - Óptica
- 5 Concentradores NonImaging (no formadores de imagen)
- 6 Concentradores formadores de imagen (Imaging)

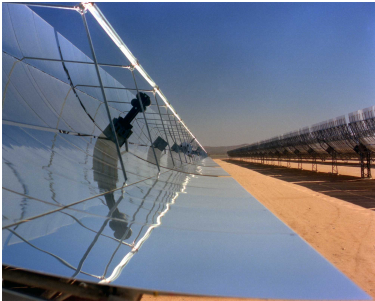
Concentradores lineales



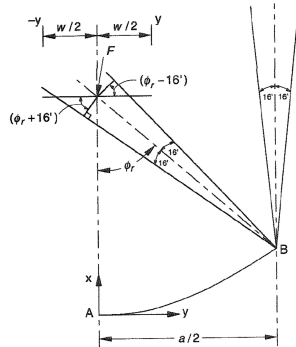
Sección parabólica, con receptor en el foco.



Concentradores lineales

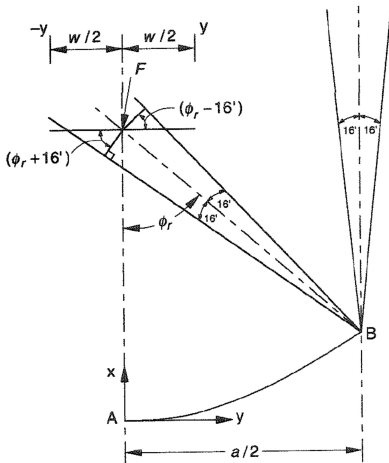


Sección parabólica, con receptor en el foco.

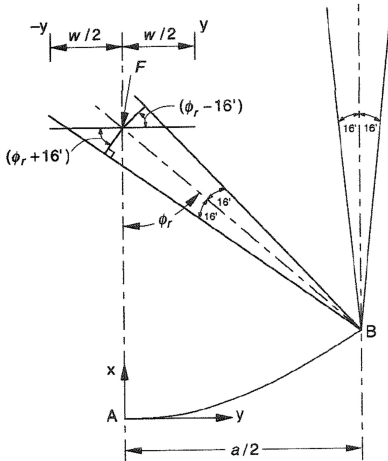


Concentradores lineales

$$y^2 = 4.f.x$$



Concentradores lineales

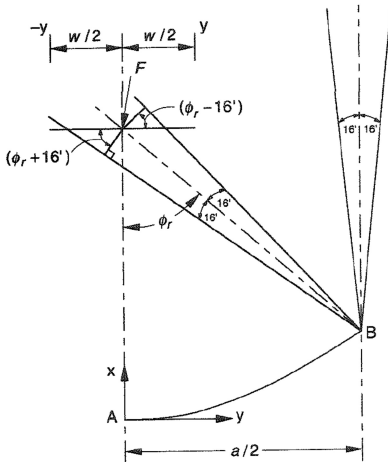


$$y^2 = 4.f.x$$

Ángulo máximo de incidencia en el receptor (plano)

$$\Phi_r = \text{Atan} \left[\frac{8(f/a)}{16(f/a)^2 - 1} \right] = \text{asen} \left(\frac{a}{2r_r} \right)$$

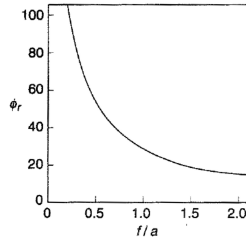
Concentradores lineales



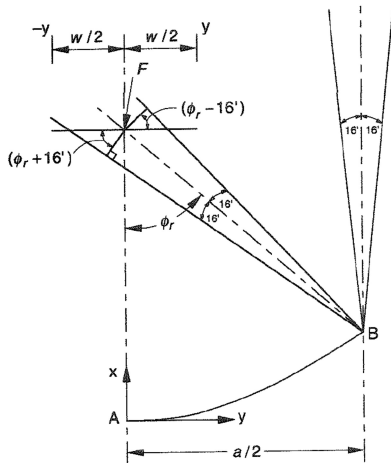
$$y^2 = 4.f.x$$

Ángulo máximo de incidencia en el receptor (plano)

$$\Phi_r = \text{Atan} \left[\frac{8(f/a)}{16(f/a)^2 - 1} \right] = \text{asen} \left(\frac{a}{2r_r} \right)$$



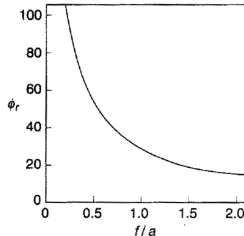
Concentradores lineales



$$y^2 = 4.f.x$$

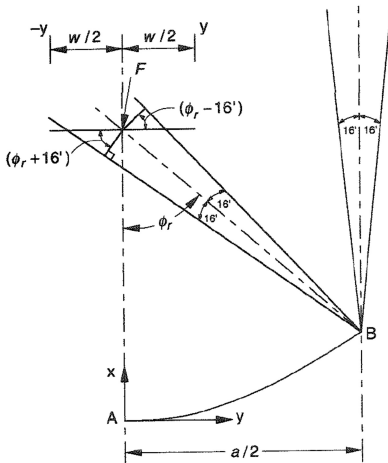
Ángulo máximo de incidencia en el receptor (plano)

$$\Phi_r = \text{Atan} \left[\frac{8(f/a)}{16(f/a)^2 - 1} \right] = \text{asen} \left(\frac{a}{2r} \right)$$



Radio local de curvatura $r = \frac{2f}{1 + \cos(\Phi)}$

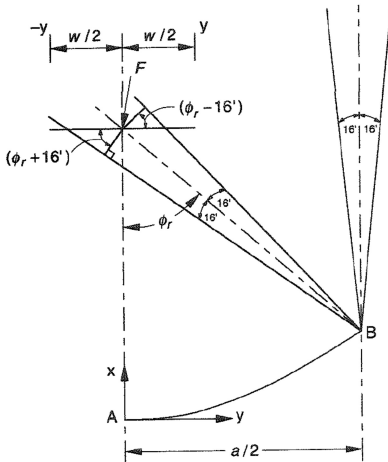
Concentradores lineales



Diámetro receptor cilíndrico

$$D = 2r_r \text{sen}(16') = \frac{a \text{sen}(16')}{\text{sen}(\Phi_r)}$$

Concentradores lineales



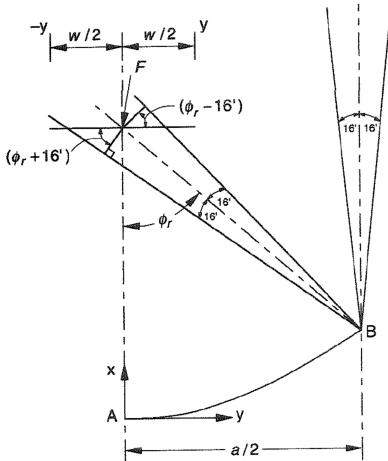
Diámetro receptor cilíndrico

$$D = 2r_r \text{sen}(16') = \frac{a \text{sen}(16')}{\text{sen}(\Phi_r)}$$

Ancho receptor plano

$$W = \frac{2r_r \text{sen}(16')}{\cos(\Phi_r + 16')} = \frac{a \text{sen}(16')}{\text{sen}(\Phi_r) \cos(\Phi_r + 16')}$$

Concentradores lineales



Diámetro receptor cilíndrico

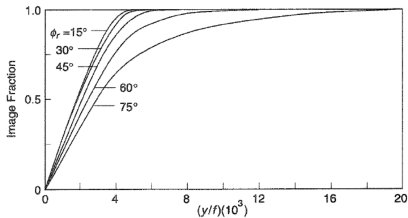
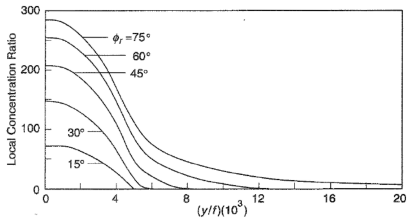
$$D = 2r_r \text{sen}(16') = \frac{a \text{sen}(16')}{\text{sen}(\Phi_r)}$$

Ancho receptor plano

$$W = \frac{2r_r \text{sen}(16')}{\cos(\Phi_r + 16')} = \frac{a \text{sen}(16')}{\text{sen}(\Phi_r) \cos(\Phi_r + 16')}$$

(Diámetro de receptor semi-circular)

Imágenes

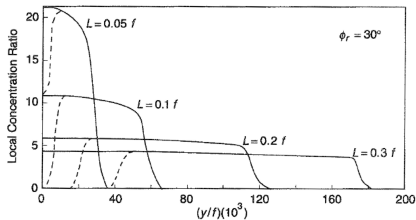
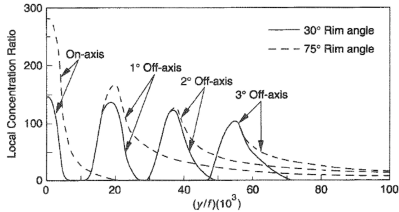


Reflector perfecto

Factor de concentración local

$$C_l = I(y)/I_{ap}$$

Imágenes



Imágenes

