

CAPÍTULO 9

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE CALENTAMIENTO DESDE ARRIBA Y DESDE ABAJO

9.1 Experimentos con Calentamiento desde Abajo

En su estudio, López [1], analiza los trabajos de diversos autores que estudian la transferencia de calor por convección natural en placas horizontales calentadas desde abajo. En su estudio desarrollo ecuaciones en función de los números adimensionales de Nusselt y Rayleigh en relación al uso del espesor de capa limite térmica como longitud característica. En sus resultados fue capaz de obtener una ecuación, que para los datos que el analizo, obtuvo un factor de correlación de 0.9886 el cual rebasaba el 0.9488 que obtuvo de las longitudes características respectivas de cada autor.

9.2 Experimentos con calentamiento desde Arriba

Para el presente estudio, el análisis de los datos se llevo a cabo de manera similar que la de López. Gracias a las ecuaciones propuestas por López obtenidas a partir de los trabajos de Restrepo y Glicksman [15] y de Kozanoglu [10] fue posible utilizar las mismas ecuaciones para obtener los valores del espesor de capa limite térmica en función de el numero de Rayleigh.

Restrepo y Glicksman [15] utilizaron una placa calentada desde arriba. Kozanoglu [10] desarrollo experimentos en agua calentada desde abajo con números de Rayleigh antes de llegar a un régimen de convección, por eso es justificable utilizar sus datos.

A continuación se presenta los resultados para las ecuaciones y los datos de este estudio, que ya se habían presentado anteriormente pero vale la pena ver como se obtuvieron:

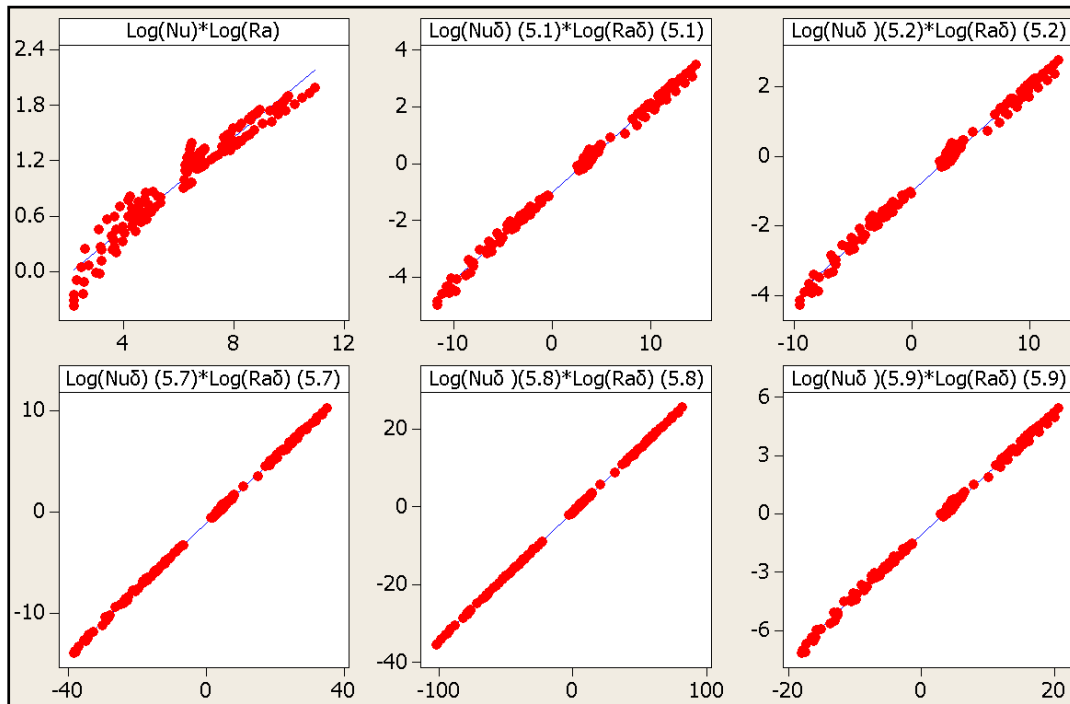


Figura 9.1 Regresiones Lineales para los Datos con las Ecuaciones propuestas por Este Estudio (5.1, 5.2, 5.7, 5.8, 5.9) y los Resultados de los Autores de acuerdo a su Propia Longitud Característica.

Regression Analysis: Log(Nu) versus Log(Ra)

The regression equation is
 $\text{Log}(\text{Nu}) = -0.524 + 0.246 \text{Log}(\text{Ra})$

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|-----------|----------|----------|--------|-------|
| Constant | -0.52426 | 0.03278 | -15.99 | 0.000 |
| Log(Ra) | 0.246266 | 0.004874 | 50.53 | 0.000 |

S = 0.129483 R-Sq = 94.4% R-Sq(adj) = 94.3%

Figura 9.2 Resultados de la Correlación de los Datos de todos los Autores ([6], [11], [7], [15]) de acuerdo a su Longitud Característica.

Regression Analysis: Log(Nuδ) (5.1) versus Log(Raδ) (5.1)

The regression equation is
 $\text{Log}(\text{Nu}\delta) (5.1) = -1.02 + 0.308 \text{Log}(\text{Ra}\delta) (5.1)$

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|----------------|----------|----------|--------|-------|
| Constant | -1.01747 | 0.01271 | -80.07 | 0.000 |
| Log(Raδ) (5.1) | 0.308111 | 0.001746 | 176.49 | 0.000 |

S = 0.148135 R-Sq = 99.5% R-Sq(adj) = 99.5%

Figura 9.3 Resultados de la Correlación de los Datos de todos los Autores ([6], [11], [7], [15]) de acuerdo a la Longitud Característica Evaluada con la Ecuación 5.1.

Regression Analysis: Log(Nuδ)(5.2) versus Log(Raδ) (5.2)

The regression equation is
 $\text{Log}(\text{Nu}\delta) (5.2) = -1.01 + 0.303 \text{Log}(\text{Ra}\delta) (5.2)$

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|----------------|----------|----------|--------|-------|
| Constant | -1.01016 | 0.01289 | -78.37 | 0.000 |
| Log(Raδ) (5.2) | 0.303246 | 0.002082 | 145.62 | 0.000 |

S = 0.148135 R-Sq = 99.3% R-Sq(adj) = 99.3%

Figura 9.4 Resultados de la Correlación de los Datos de todos los Autores ([6], [11], [7], [15]) de acuerdo a la Longitud Característica Evaluada con la Ecuación 5.2.

Regression Analysis: Log(Nuδ) (5.7) versus Log(Raδ) (5.7)

The regression equation is
 $\text{Log(Nu}\delta) (5.7) = -1.07 + 0.324 \text{ Log(Ra}\delta) (5.7)$

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|----------------|----------|----------|--------|-------|
| Constant | -1.06777 | 0.01204 | -88.68 | 0.000 |
| Log(Raδ) (5.7) | 0.324392 | 0.000625 | 518.82 | 0.000 |

S = 0.149012 R-Sq = 99.9% R-Sq(adj) = 99.9%

Figura 9.5 Resultados de la Correlación de los Datos de todos los Autores ([6], [11], [7], [15]) de acuerdo a la Longitud Característica Evaluada con la Ecuación 5.7.

Regression Analysis: Log(Nuδ)(5.8) versus Log(Raδ) (5.8)

The regression equation is
 $\text{Log(Nu}\delta) (5.8) = -1.09 + 0.330 \text{ Log(Ra}\delta) (5.8)$

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|----------------|----------|----------|---------|-------|
| Constant | -1.09129 | 0.01204 | -90.66 | 0.000 |
| Log(Raδ) (5.8) | 0.329759 | 0.000250 | 1318.26 | 0.000 |

S = 0.149072 R-Sq = 100.0% R-Sq(adj) = 100.0%

Figura 9.6 Resultados de la Correlación de los Datos de todos los Autores ([6], [11], [7], [15]) de acuerdo a la Longitud Característica Evaluada con la Ecuación 5.8.

| Regression Analysis: Log(Nu _δ)(5.9) versus Log(Ra _δ) (5.9) | | | | |
|--|----------|----------|--------|-------|
| The regression equation is | | | | |
| Log(Nu _δ)(5.9) = - 1.03 + 0.316 Log(Ra _δ) (5.9) | | | | |
| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
| Constant | -1.03245 | 0.01246 | -82.86 | 0.000 |
| Log(Ra _δ) (5.9) | 0.316331 | 0.001188 | 266.35 | 0.000 |
| S = 0.148921 R-Sq = 99.8% R-Sq(adj) = 99.8% | | | | |

Figura 9.7 Resultados de la Correlación de los Datos de todos los Autores ([6], [11], [7], [15]) de acuerdo a la Longitud Característica Evaluada con la Ecuación 5.9.

Como se puede apreciar en los resultados anteriores los coeficientes de correlación varían desde un 94.4% a un 100%. 94.4% siendo el valor de la correlación de todos los autores al utilizar su propia longitud característica y el más elevado el que produce la ecuación 5.8.

Se puede apreciar también que en todas las ecuaciones (5.1, 5.2, 5.7, 5.8 y 5.9) el coeficiente de correlación es mayor a 99%, lo cual nos dice que las ecuaciones explican o predicen de manera muy precisa los datos.

Es difícil comparar los resultados numéricos de los estudios con calentamiento desde arriba con los de calentamiento desde abajo puesto que los experimentos que se analizaron para ambos estudios fueron distintos, el único que surge del mismo trabajo es el presentado por Fuji e Imura [6] pero López [1] en su estudio no menciona los factores de correlación para sus últimos análisis por ello es que esta comparación se limita a los resultados de correlación de las ecuaciones resultantes con los resultados utilizando las longitudes características propuestas por cada autor como se menciono arriba.

Es importante mencionar que las condiciones para los experimentos con calentamiento desde arriba no son iguales a las que tienen calentamiento desde abajo y por ello era difícil saber desde un inicio si se podían esperar buenos resultados. Pero comparando los resultados de López [1] se puede ver que en ambos casos se producen resultados similares.

Sin embargo con los datos obtenidos por López [1] y los que se presentaron en este estudio es posible hacer una comparación. La comparación que se puede reproducir es válida y representativa pues puede basarse en una ecuación que forma parte de ambos trabajos, la ecuación 5.1.

La ecuación 5.1 del presente estudio (7.3 del trabajo de López [1]) es la ecuación que López [1] utilizó para todo su análisis. Gracias a esto y a haber desarrollado un análisis de datos del presente estudio con esa misma ecuación es posible comparar los datos de López [1] con los de este estudio directamente.

Esta ecuación 5.1 es el resultado de una combinación de los datos del espesor de la capa límite térmica en función del número de Rayleigh de Restrepo y Glicksman [15] con los de Kozanoglu [10].

A continuación, en la figura 9.8, se presenta dicha comparación entre los datos de López [1] y los datos de éste estudio.

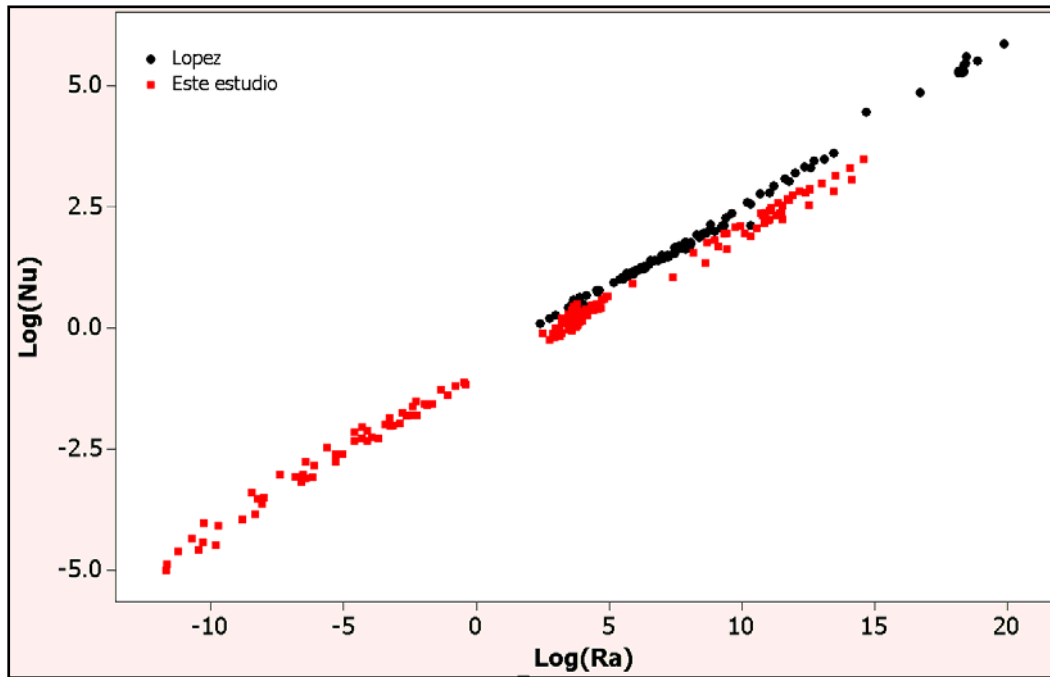


Figura 9.8 Comparación de los Datos obtenidos por López [1] con los obtenidos por Éste Estudio, ambos de acuerdo con la Ecuación 5.1.

Como se puede apreciar en la figura 9.8 la tendencia de los resultados de López [1] es similar a la de este estudio en un rango más reducido pero con pendientes similares.

A partir de esta comparación es posible generar una ecuación que pueda tratar de explicar ambos casos, calentamiento en placas horizontales calentadas desde arriba y desde abajo. La línea para la ecuación resultante es la que se presenta en la figura 9.9.

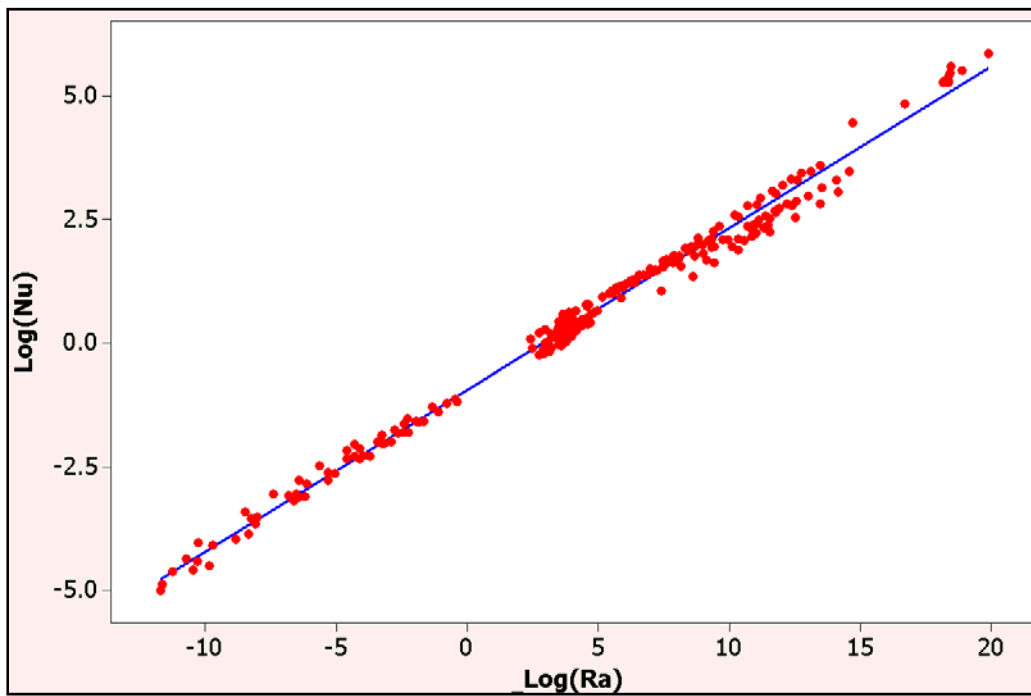


Figura 9.9 regresión lineal para la combinación de Datos del estudio de López [1] con los de Éste estudio ambos de acuerdo a la ecuación 5.1.

Con esta regresión lineal se obtiene un factor de correlación del 99.0% y la ecuación para esta regresión es la siguiente:

$$\text{Log}(Nu) = -0.941 + 0.328\text{Log}(Ra) \quad (9.1)$$

Despejando esta ecuación obtenemos que:

$$Nu = 0.11455Ra^{0.328} \quad (9.2)$$