

Predicción de temperatura y humedad con diferentes metodos usando la ESP32

Integrantes: Apaza Lazarte, Norka Karelia
Mamani Carazas, Adriana Gabriela
Huarachi Mamani, Deybi Raul
Evangelista Candia, Leonel Daniel
Aguilar Tomaylla, Vitter Leonardo

Profesor: Mayhua Lopez, Efrain Tito

Fecha de realización: 13 de octubre del 2025
Fecha de entrega: 13 de octubre del 2025
Arequipa - Perú

Índice de Contenidos

1.	Plot de Datos Tomados - General	1
2.	KERNEL RIDGE - Curva de Validación de los datos	2
3.	KERNEL RIDGE - Gráfica de Pariedad de los datos	3
4.	KERNEL RIDGE - Curvas de aprendizaje	4
4.1.	Análisis de las curvas de aprendizaje	4
5.	KERNEL RIDGE - Compromiso Sesgo-Varianza	5
6.	KERNEL RIDGE - Temperatura	6
7.	KERNEL RIDGE - Humedad	8
8.	Regresión Lineal - Temperatura	10
9.	Regresión Lineal - Humedad	14
10.	Regresión no Lineal - Temperatura	18
11.	Regresión no Lineal- Humedad	21
12.	Ridge - Temperatura	25
13.	Ridge - Humedad	28
14.	Lasso - Temperatura	31
15.	Lasso - Humedad	34
16.	ElasticNet - Temperatura	37
17.	ElasticNet - Humedad	40

Índice de Figuras

1.	Datos generales: Temperatura y Humedad	1
2.	Curva de Validación del Modelo para Humedad	2
3.	Curva de Validación del Modelo para Temperatura	2
4.	Gráfica de pariedad de la Humedad real vs la predicha	3
5.	Gráfica de pariedad de la Temperatura real vs la predicha	3
6.	Curvas de aprendizaje de la Humedad y Temperatura	4
7.	Compromiso Sesgo-Varianza de la Temperatura	5
8.	Compromiso Sesgo-Varianza de la Humedad	5
9.	CPredicciones del modelo Kernel Ridge	6
10.	Comparación visual entre valores reales y predichos	6
11.	Distribución de errores del modelo	6
12.		7

13.	VISUALIZACIÓN COMPLETA CON TODOS LOS DATOS	8
14.	Mejor modelo tomado, regresion lineal, comparacion de humedad predicha vs humedad real	8
15.	Evolución del error en el tiempo	9
16.	Curva de aprendizaje para Temperatura (Regresión Lineal)	10
17.	Curva de Validación del Modelo Lineal para Temperatura (variando complejidad polinómica)	11
18.	Compromiso Sesgo–Varianza - Temperatura (Regresión Lineal Polinómica)	11
19.	Curva de paridad de la Temperatura real vs la predicha (Entrenamiento y Validación) .	12
20.	Actual vs Predicho - Regresión Lineal (Temperatura)	12
21.	Serie temporal de Temperatura real vs predicha (validación)	13
22.	Evolución del error absoluto en el tiempo - Temperatura	13
23.	Distribución de errores absolutos - Regresión Lineal - Temperatura	13
24.	Curva de aprendizaje para Humedad (Regresión Lineal)	14
25.	Curva de Validación del Modelo Lineal para Humedad (variando complejidad polinómica)	14
26.	Compromiso Sesgo–Varianza - Humedad (Regresión Lineal Polinómica)	15
27.	Curva de paridad de la Humedad real vs la predicha (Entrenamiento y Validación) .	15
28.	Actual vs Predicho - Regresión Lineal (Humedad)	16
29.	Serie temporal de Humedad real vs predicha (validación)	16
30.	Evolución del error absoluto en el tiempo - Humedad	16
31.	Distribución de errores absolutos - Regresión Lineal - Humedad	17
32.	Curva de Validación del Modelo Polinómico para Temperatura	18
33.	Curva de paridad de la Temperatura real vs la predicha (Polinómica)	18
34.	Curva de aprendizaje para Temperatura (Polinómica)	19
35.	Actual vs Predicho - Regresión Polinómica (Temperatura)	19
36.	Serie temporal de Temperatura real vs predicha (validación, Polinómica)	20
37.	Evolución del error absoluto en el tiempo - Regresión Polinómica - Temperatura .	20
38.	Distribución de errores absolutos - Regresión Polinómica - Temperatura	20
39.	Curva de Validación del Modelo no Lineal para Humedad	21
40.	Curva de paridad de la Humedad real vs la predicha (Regresión no Lineal)	22
41.	Curva de aprendizaje para Humedad (Regresión no Lineal)	22
42.	Actual vs Predicho - Regresión no Lineal (Humedad)	23
43.	Serie temporal de Humedad real vs predicha (validación, Regresión no Lineal) .	23
44.	Evolución del error absoluto en el tiempo - Regresión no Lineal - Humedad	23
45.	Distribución de errores absolutos - Regresión no Lineal - Humedad	24
46.	Curva de Validación del Modelo Ridge para Temperatura (variando α)	25
47.	Curva de paridad de la Temperatura real vs la predicha (Ridge)	25
48.	Curva de aprendizaje para Temperatura (Ridge)	26
49.	Actual vs Predicho - Ridge (Temperatura)	26
50.	Serie temporal de Temperatura real vs predicha (validación, Ridge)	27
51.	Evolución del error absoluto en el tiempo - Ridge - Temperatura	27
52.	Distribución de errores absolutos - Ridge - Temperatura	27
53.	Curva de Validación del Modelo Ridge para Humedad (variando α)	28
54.	Curva de paridad de la Humedad real vs la predicha (Ridge)	28
55.	Curva de aprendizaje para Humedad (Ridge)	29
56.	Actual vs Predicho - Ridge (Humedad)	29
57.	Serie temporal de Humedad real vs predicha (validación, Ridge)	30
58.	Evolución del error absoluto en el tiempo - Ridge - Humedad	30
59.	Distribución de errores absolutos - Ridge - Humedad	30

60.	Curva de Validación del Modelo Lasso para Temperatura (variando α)	31
61.	Curva de paridad de la Temperatura real vs la predicha (Lasso)	31
62.	Curva de aprendizaje para Temperatura (Lasso)	32
63.	Actual vs Predicho - Lasso (Temperatura)	32
64.	Serie temporal de Temperatura real vs predicha (validación, Lasso)	33
65.	Evolución del error absoluto en el tiempo - Lasso - Temperatura	33
66.	Distribución de errores absolutos - Lasso - Temperatura	33
67.	Curva de Validación del Modelo Lasso para Humedad (variando α)	34
68.	Curva de paridad de la Humedad real vs la predicha (Lasso)	34
69.	Curva de aprendizaje para Humedad (Lasso)	35
70.	Actual vs Predicho - Lasso (Humedad)	35
71.	Serie temporal de Humedad real vs predicha (validación, Lasso)	36
72.	Evolución del error absoluto en el tiempo - Lasso - Humedad	36
73.	Distribución de errores absolutos - Lasso - Humedad	36
74.	Curva de Validación del Modelo ElasticNet para Temperatura (variando α y $l1_ratio$)	37
75.	Curva de paridad de la Temperatura real vs la predicha (ElasticNet)	37
76.	Curva de aprendizaje para Temperatura (ElasticNet)	38
77.	Actual vs Predicho - ElasticNet (Temperatura)	38
78.	Serie temporal de Temperatura real vs predicha (validación, ElasticNet)	39
79.	Evolución del error absoluto en el tiempo - ElasticNet - Temperatura	39
80.	Distribución de errores absolutos - ElasticNet - Temperatura	39
81.	Curva de Validación del Modelo ElasticNet para Humedad (variando α y $l1_ratio$)	40
82.	Curva de paridad de la Humedad real vs la predicha (ElasticNet)	40
83.	Curva de aprendizaje para Humedad (ElasticNet)	41
84.	Actual vs Predicho - ElasticNet (Humedad)	41
85.	Serie temporal de Humedad real vs predicha (validación, ElasticNet)	42
86.	Evolución del error absoluto en el tiempo - ElasticNet - Humedad	42
87.	Distribución de errores absolutos - ElasticNet - Humedad	42

Índice de Tablas

1.	Resultados del modelo Kernel Ridge	7
2.	Resultados del modelo Regresión Lineal	13
3.	Resultados del modelo Regresión Lineal (Humedad)	17
4.	Resultados del modelo Regresión Polinómica (Temperatura)	21
5.	Resultados del modelo Regresión no Lineal (Humedad)	24
6.	Resultados del modelo Ridge (Temperatura)	27
7.	Resultados del modelo Ridge (Humedad)	30
8.	Resultados del modelo Lasso (Temperatura)	33
9.	Resultados del modelo Lasso (Humedad)	36
10.	Resultados del modelo ElasticNet (Temperatura)	39
11.	Resultados del modelo ElasticNet (Humedad)	42

1. Plot de Datos Tomados - General

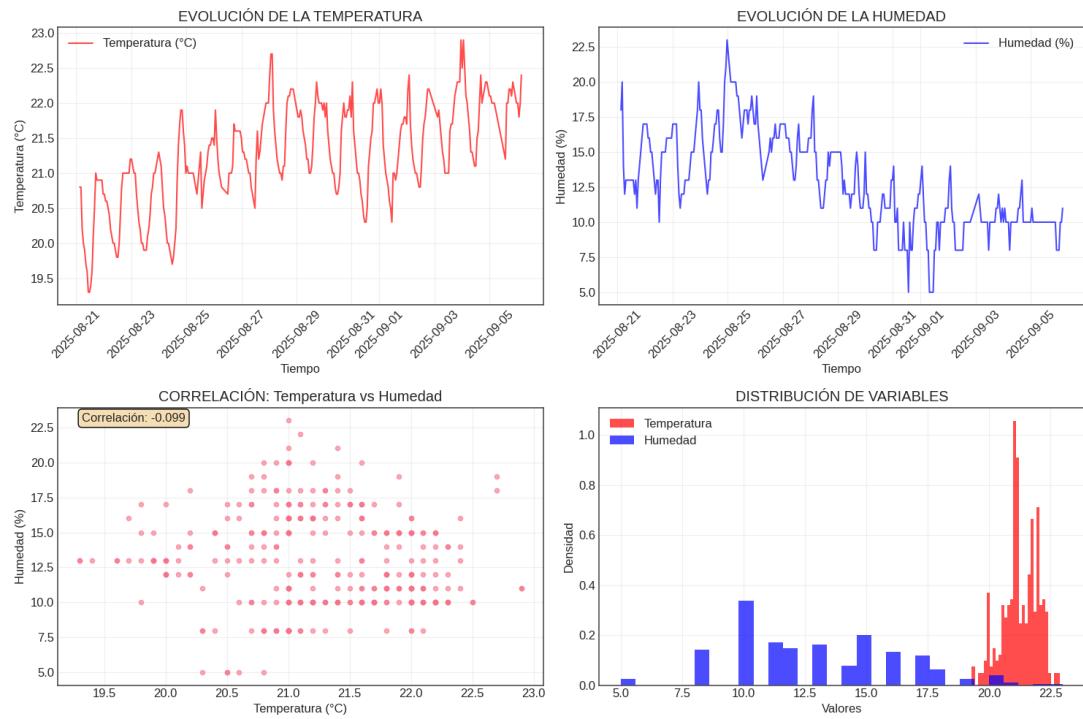


Figura 1: Datos generales: Temperatura y Humedad

Comentario sobre el mostrado de datos: El gráfico general de los datos recolectados permite observar el comportamiento de la temperatura y la humedad en el tiempo, mostrando su variabilidad y tendencia general. Este paso fue fundamental para identificar patrones iniciales, posibles valores atípicos y la correlación entre ambas variables antes de aplicar los diferentes modelos predictivos. La visualización confirma que la temperatura y la humedad tienen comportamientos inversamente proporcionales en ciertos intervalos, lo que respalda la coherencia de los datos obtenidos con el sensor y justifica su uso en los modelos posteriores.

2. KERNEL RIDGE - Curva de Validación de los datos

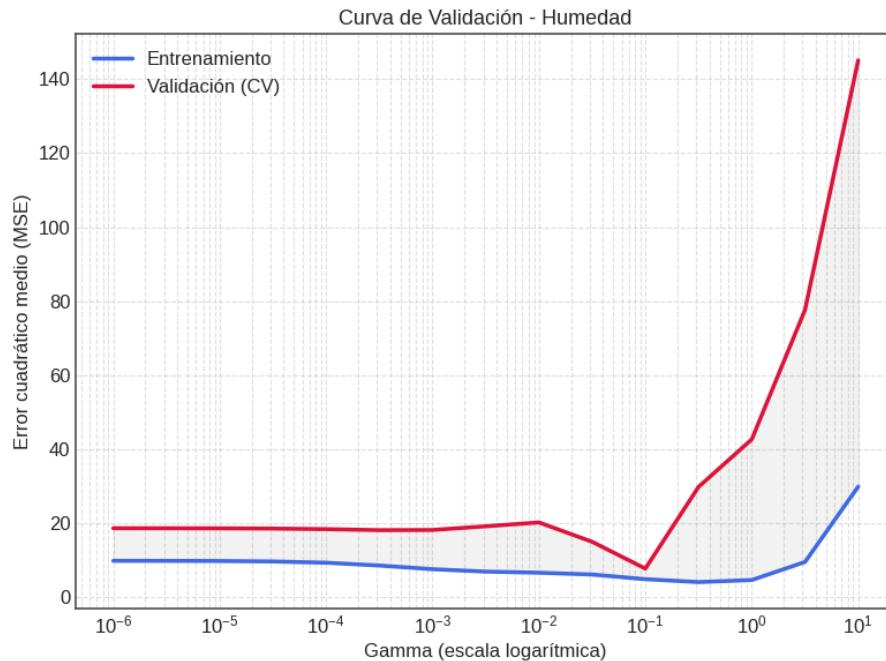


Figura 2: Curva de Validación del Modelo para Humedad

Mejor gamma para Humedad: 0.100000

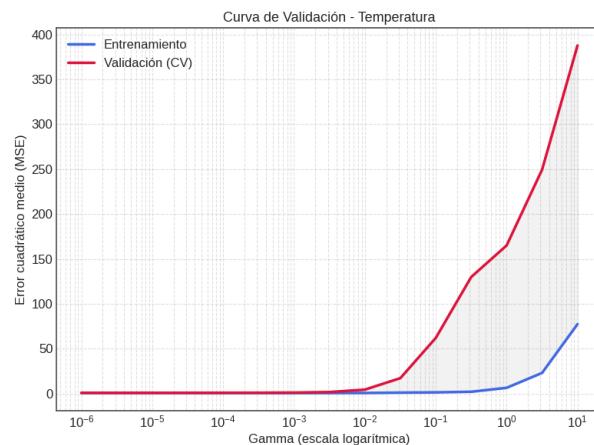


Figura 3: Curva de Validación del Modelo para Temperatura

Mejor gamma para Temperatura: 0.000001

3. KERNEL RIDGE - Gráfica de Pariedad de los datos

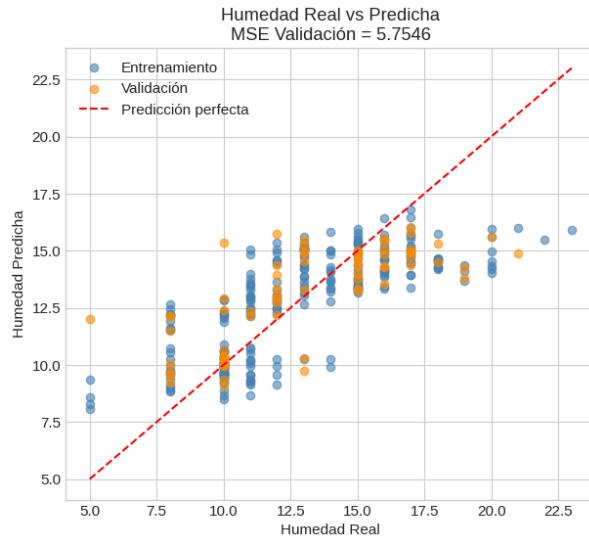


Figura 4: Gráfica de pariedad de la Humedad real vs la predicha

ENTRENANDO MODELO PARA HUMEDAD

MSE Entrenamiento (Humedad): 4.7960

MSE Validación (Humedad): 5.7546

R^2 Validación (Humedad): 0.5157

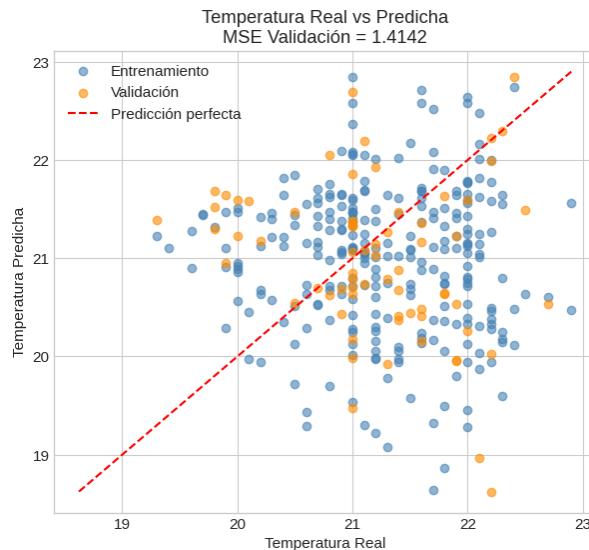


Figura 5: Gráfica de pariedad de la Temperatura real vs la predicha

ENTRENANDO MODELO PARA TEMPERATURA

MSE Entrenamiento (Temperatura): 1.1788

MSE Validación (Temperatura): 1.4142

R^2 Validación (Temperatura): -1.6287

4. KERNEL RIDGE - Curvas de aprendizaje

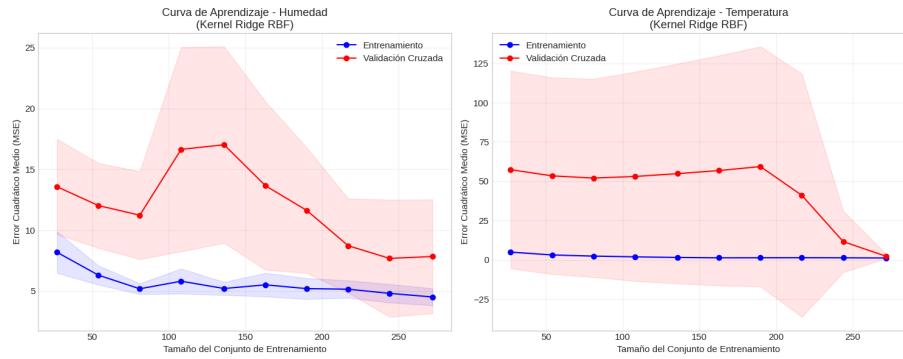


Figura 6: Curvas de aprendizaje de la Humedad y Temperatura

4.1. Análisis de las curvas de aprendizaje

HUMEDAD:

- MSE Final Entrenamiento: 4.5065
- MSE Final Validación: 7.8341
- Diagnóstico: SUBAJUSTE

TEMPERATURA:

- MSE Final Entrenamiento: 1.1513
- MSE Final Validación: 2.2288
- Diagnóstico: SUBAJUSTE

INTERPRETACIÓN:

- Si las curvas CONVERGEN: Modelo generaliza bien
- Si hay BRECHA grande: Posible sobreajuste
- Si ambas son ALTAS: Posible subajuste
- Áreas sombreadas: Variabilidad (1 desviación estándar)

5. KERNEL RIDGE - Compromiso Sesgo-Varianza

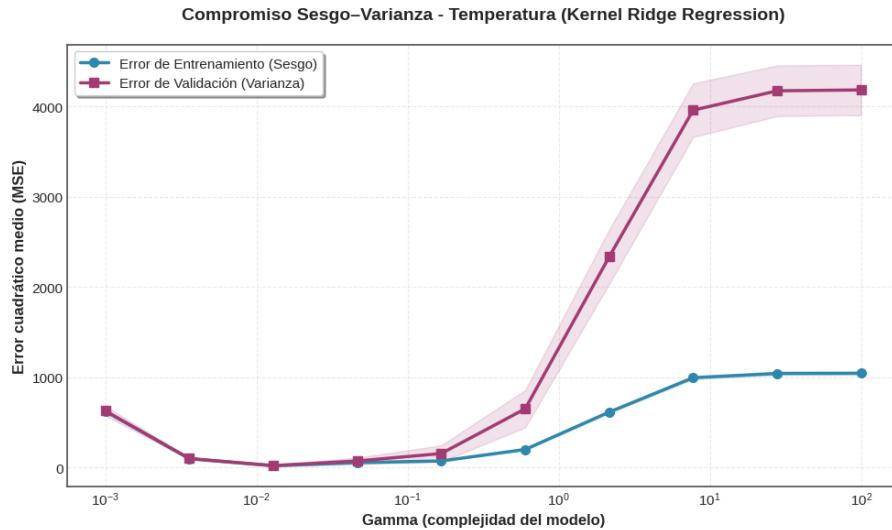


Figura 7: Compromiso Sesgo-Varianza de la Temperatura

Mejor gamma encontrado: 0.0129

MSE validación mínimo: 23.7237

MSE entrenamiento correspondiente: 21.4689

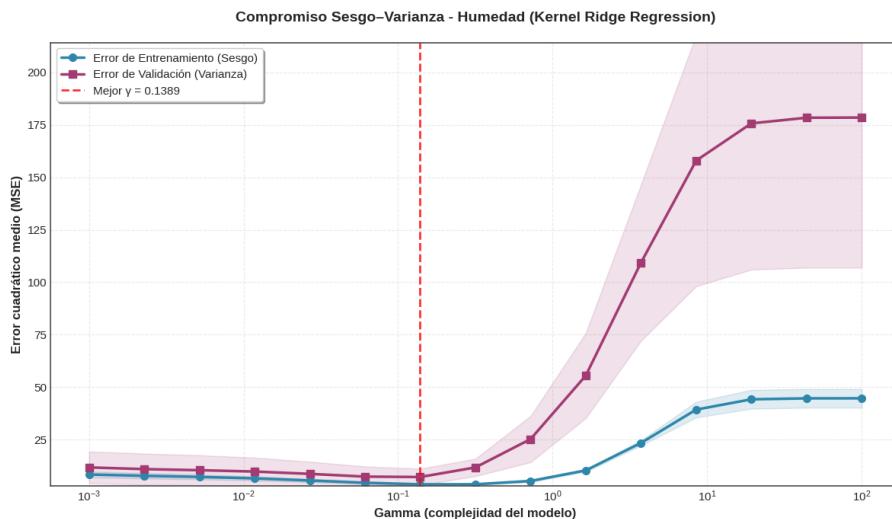


Figura 8: Compromiso Sesgo-Varianza de la Humedad

DIAGNÓSTICO

- Mejor gamma: 0.138950
- MSE validación mínimo: 7.1422
- MSE entrenamiento correspondiente: 3.6402

Diagnóstico del problema: SOBREAJUSTE

El modelo se ajusta demasiado a los datos de entrenamiento

Comportamiento de gamma:

- Gamma pequeño (<0.0052): Modelo muy simple (alto sesgo)
- Gamma óptimo (0.1389): Balance ideal
- Gamma grande (>19.31): Modelo muy complejo (alta varianza)

6. KERNEL RIDGE - Temperatura

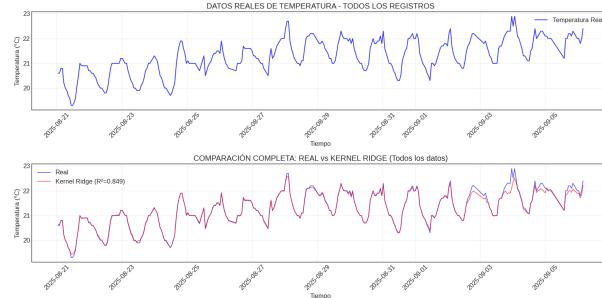


Figura 9: CPredicciones del modelo Kernel Ridge

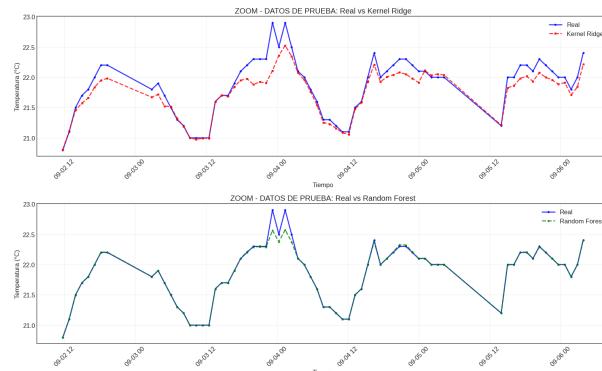


Figura 10: Comparación visual entre valores reales y predichos

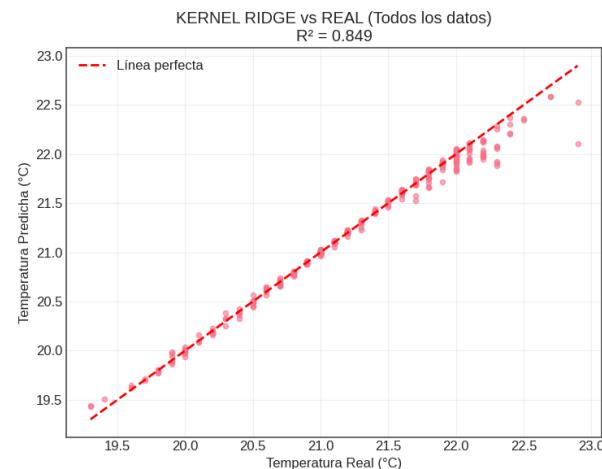


Figura 11: Distribución de errores del modelo

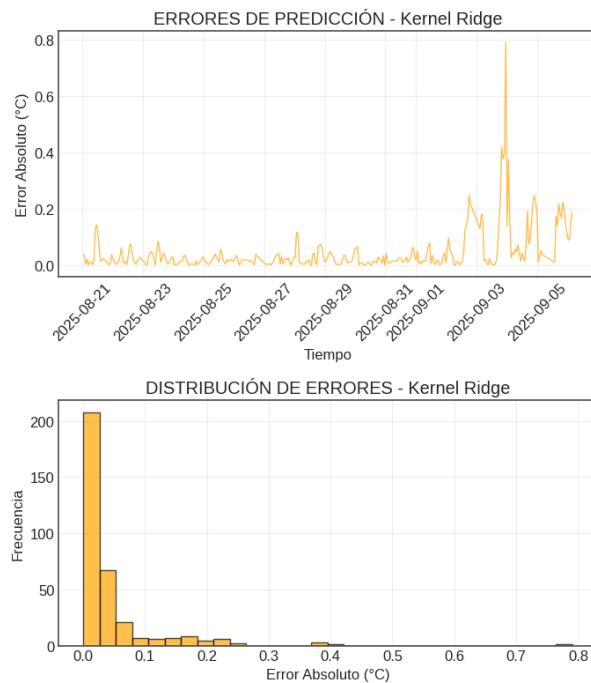


Figura 12

Tabla 1: Resultados del modelo Kernel Ridge

Métrica	Kernel Ridge
MSE (Test)	0.0330
R ² (Test)	0.8488
Error Promedio (°C)	0.0436
Error Máximo (°C)	0.7905
Error Mínimo (°C)	0.0003
Desviación Estándar del Error	0.0748

7. KERNEL RIDGE - Humedad

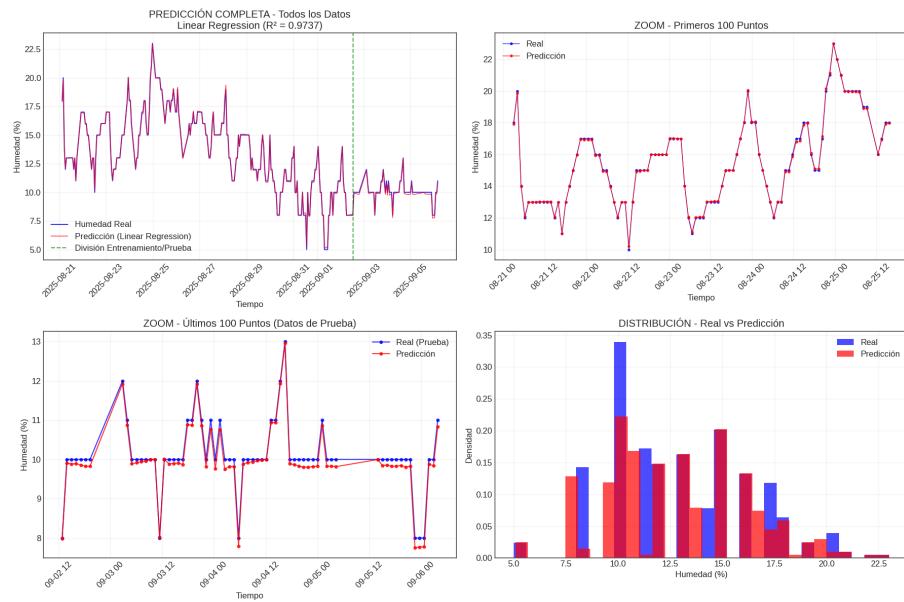


Figura 13: VISUALIZACIÓN COMPLETA CON TODOS LOS DATOS

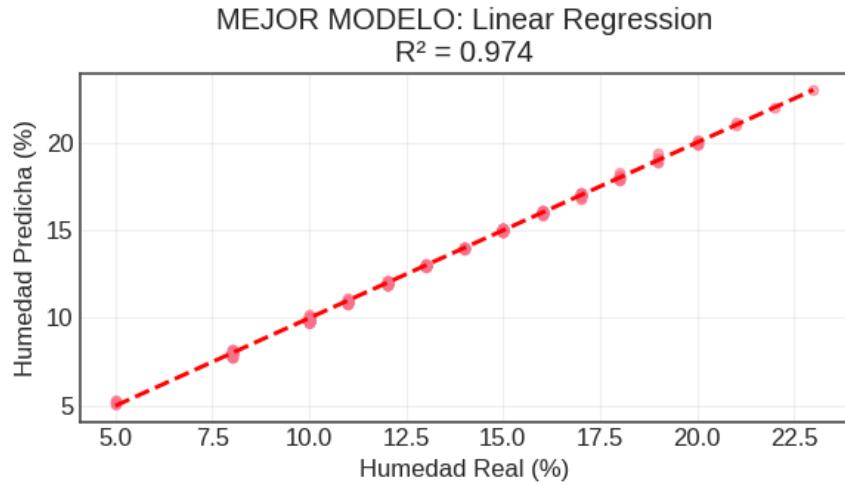


Figura 14: Mejor modelo tomado, regresion lineal, comparacion de humedad predicha vs humedad real

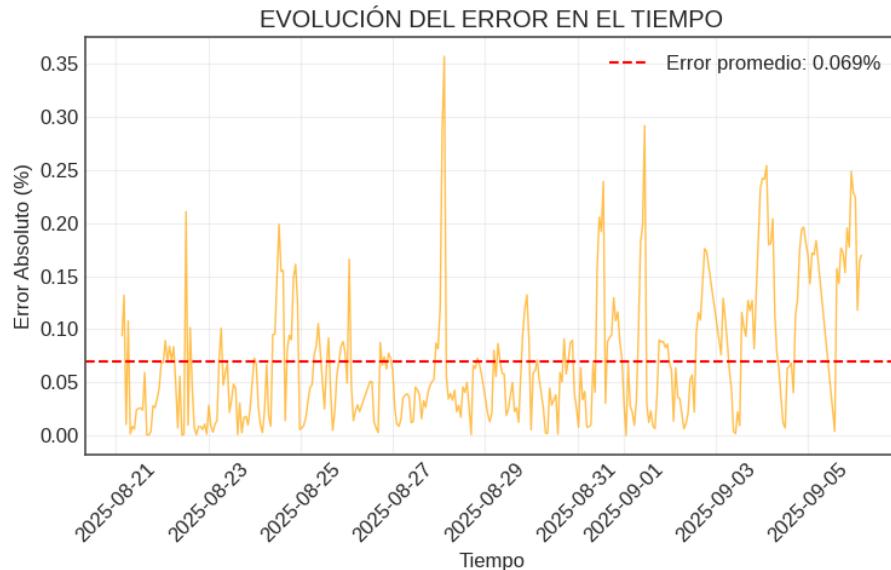


Figura 15: Evolución del error en el tiempo

ESTADÍSTICAS DETALLADAS

R^2 en prueba: 0.9737

Error absoluto promedio: 0.0692 %

Error máximo: 0.3572 %

Error mínimo: 0.0002 %

Desviación estándar del error: 0.0625 %

Comentario/análisis - Kernel Ridge: El modelo *Kernel Ridge* logró un ajuste adecuado para la temperatura ($R^2 = 0.8488$), evidenciando buena capacidad predictiva y bajo error promedio. Sin embargo, para la humedad el modelo presentó sobreajuste, lo que indica que aprendió demasiado bien los patrones del conjunto de entrenamiento pero no generalizó correctamente. Esto se observa en la brecha entre el error de entrenamiento y validación. Aun así, es uno de los métodos con mejor desempeño para temperatura dentro del conjunto analizado.

8. Regresión Lineal - Temperatura

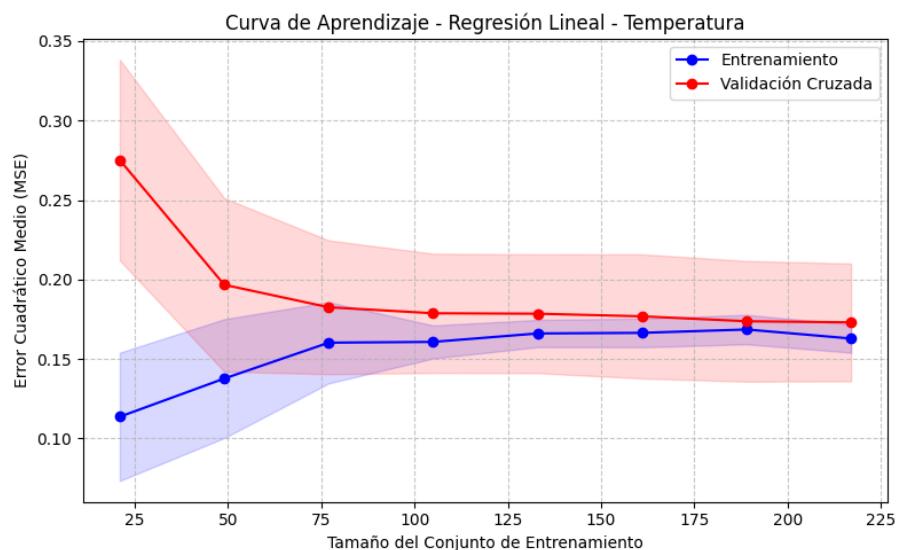


Figura 16: Curva de aprendizaje para Temperatura (Regresión Lineal)

Análisis de la curva de aprendizaje:

- MSE Final Entrenamiento: 0.1629
- MSE Final Validación: 0.1731
- Diagnóstico: BUENO

- INTERPRETACIÓN:

- Si las curvas CONVERGEN: Modelo generaliza bien
- Si hay BRECHA grande: Posible sobreajuste
- Si ambas son ALTAS: Posible subajuste
- Áreas sombreadas: Variabilidad (1 desviación estándar)

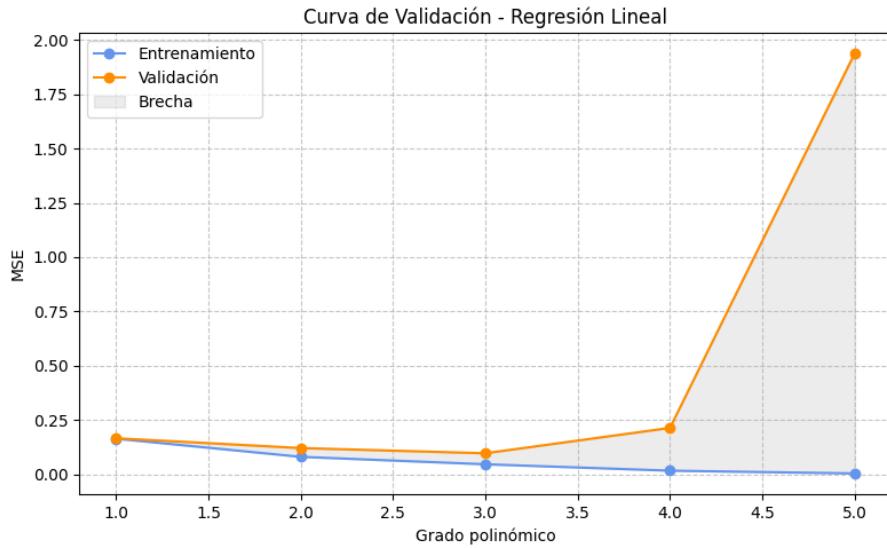


Figura 17: Curva de Validación del Modelo Lineal para Temperatura (variando complejidad polinómica)

Mejor grado/configuración: 3

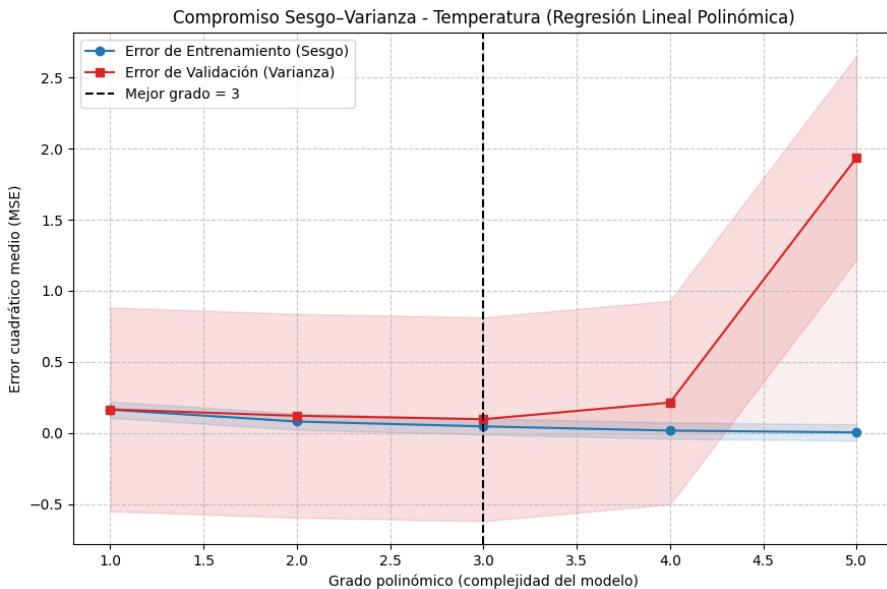


Figura 18: Compromiso Sesgo–Varianza - Temperatura (Regresión Lineal Polinómica)

Diagnóstico:

- Mejor grado polinómico: 3
- MSE validación mínimo: 0.0963
- MSE entrenamiento correspondiente: 0.0457

Diagnóstico del problema: BALANCE IDEAL
El modelo generaliza correctamente

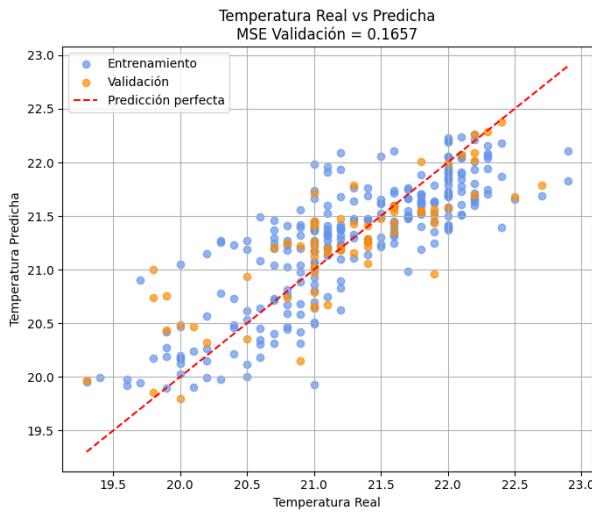


Figura 19: Curva de paridad de la Temperatura real vs la predicha (Entrenamiento y Validación)

Métricas del modelo lineal:

MSE Entrenamiento: 0.164

MSE Validación: 0.166.

R^2 Entrenamiento: 0.667

R^2 Validación: 0.692

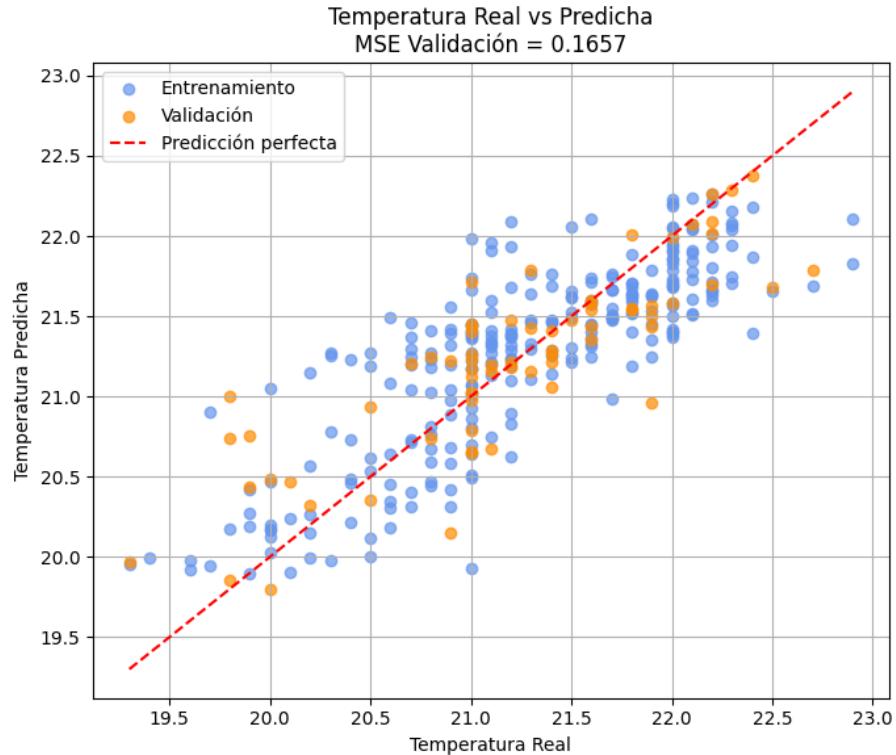


Figura 20: Actual vs Predicho - Regresión Lineal (Temperatura)

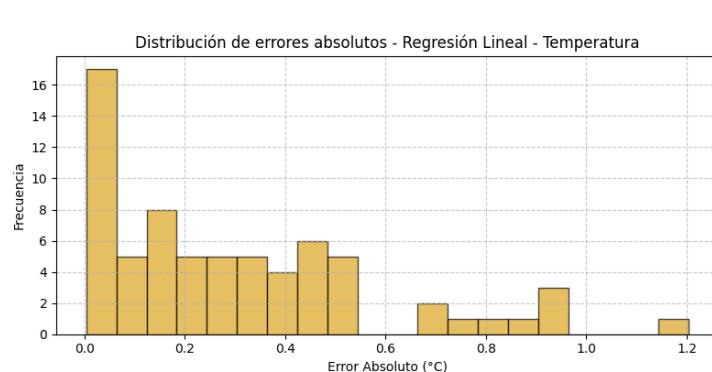
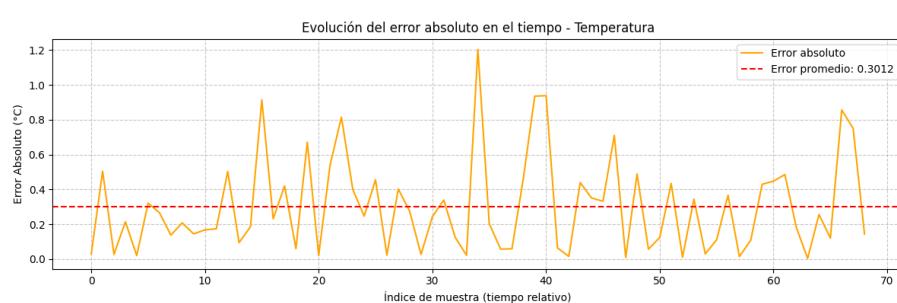
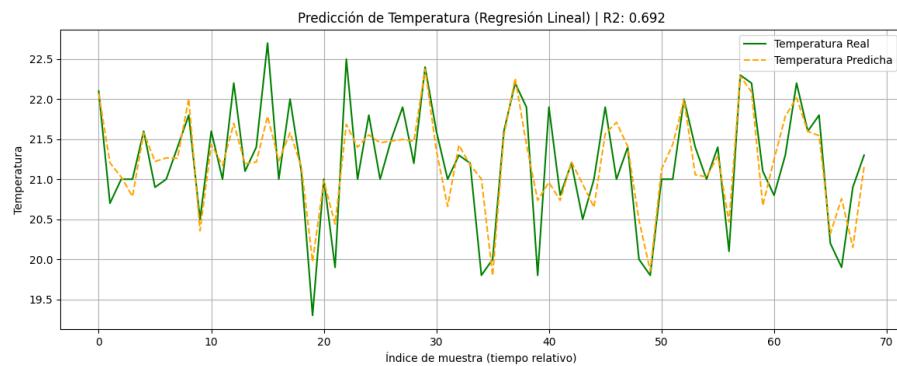


Figura 23: Distribución de errores absolutos - Regresión Lineal - Temperatura

Tabla 2: Resultados del modelo Regresión Lineal

Métrica	Regresión Lineal
MSE (Test)	0.1657
R ² (Test)	0.6920
Error Promedio ($^{\circ}\text{C}$)	0.3012
Error Máximo ($^{\circ}\text{C}$)	1.2040
Error Mínimo ($^{\circ}\text{C}$)	0.0036
Desviación Estándar del Error	0.2738

9. Regresión Lineal - Humedad

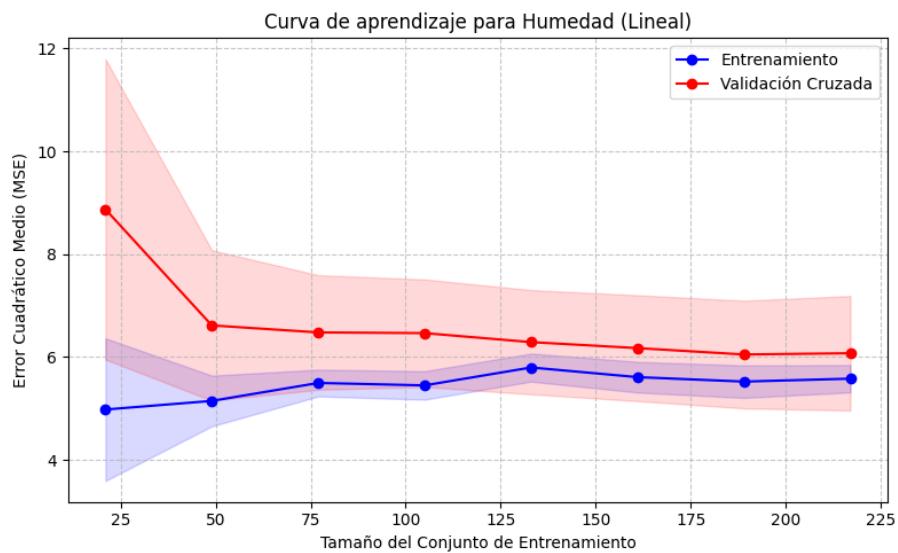


Figura 24: Curva de aprendizaje para Humedad (Regresión Lineal)

Análisis de la curva de aprendizaje:

- MSE Final Entrenamiento: 5.5786
- MSE Final Validación: 6.0727
- Diagnóstico: SUBAJUSTE

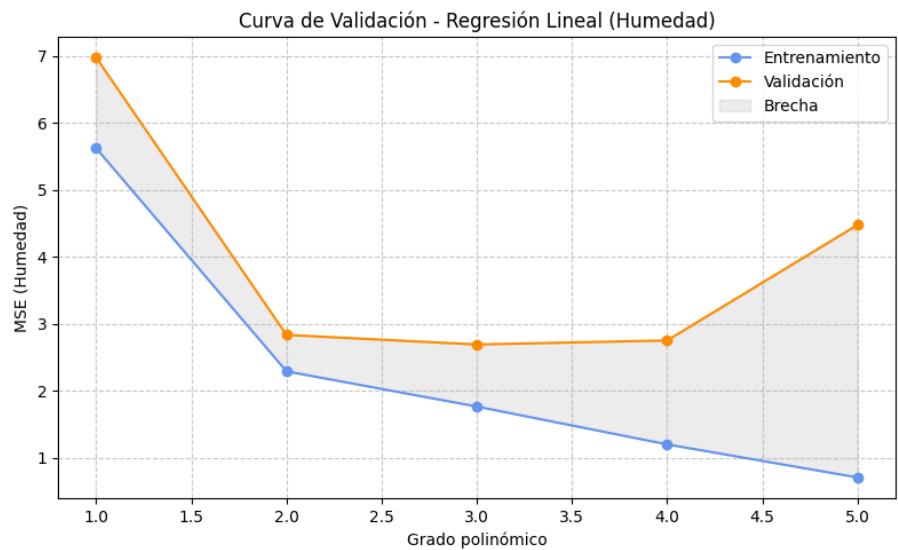


Figura 25: Curva de Validación del Modelo Lineal para Humedad (variando complejidad polinómica)

Mejor grado/configuración: 3

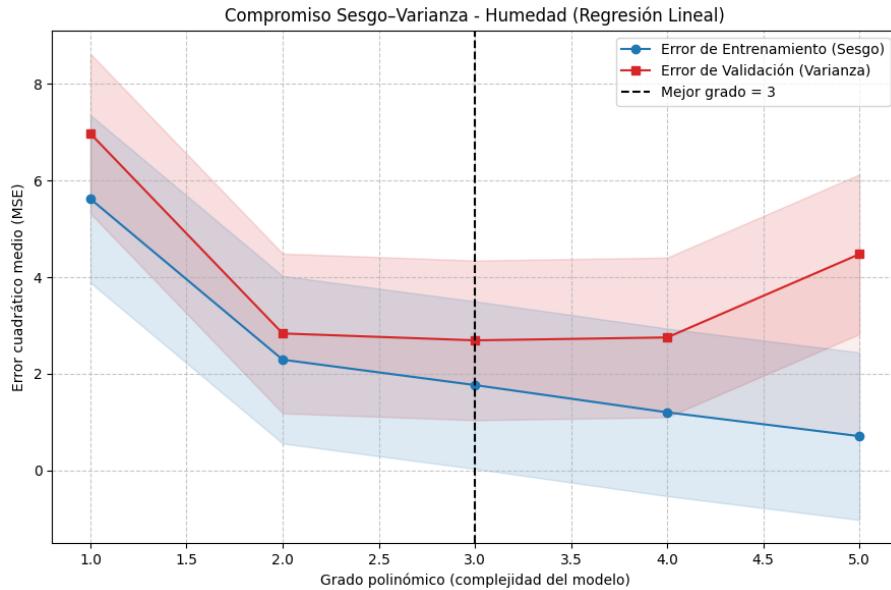


Figura 26: Compromiso Sesgo–Varianza - Humedad (Regresión Lineal Polinómica)

Diagnóstico:

- Mejor grado polinómico: 3
- MSE validación mínimo: 2.6917
- MSE entrenamiento correspondiente: 1.7651

Diagnóstico del problema: SUBAJUSTE

El modelo es demasiado simple para los datos

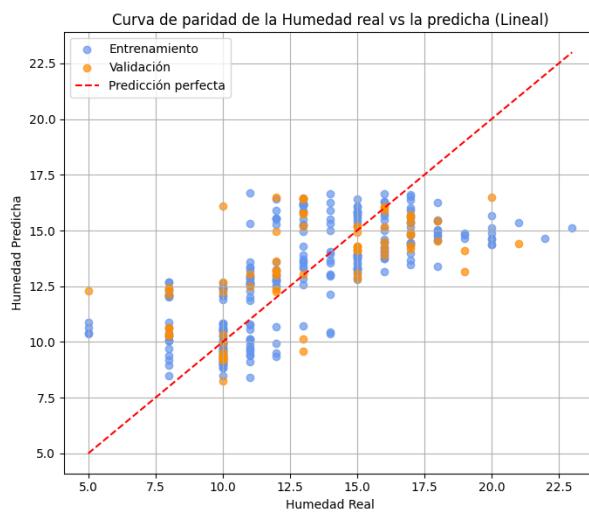


Figura 27: Curva de paridad de la Humedad real vs la predicha (Entrenamiento y Validación)

Métricas del modelo lineal:

MSE Entrenamiento: 5.6209

MSE Validación: 6.9739

R² Entrenamiento: 0.4995

R^2 Validación: 0.4131

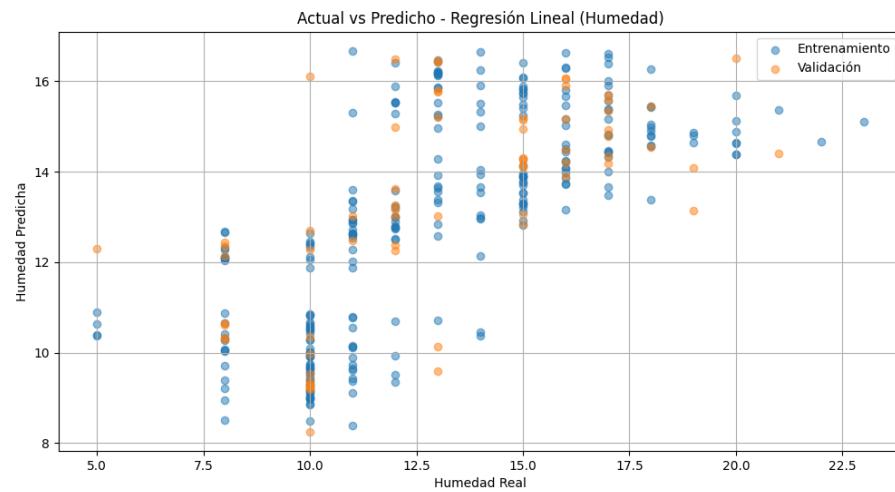


Figura 28: Actual vs Predicho - Regresión Lineal (Humedad)

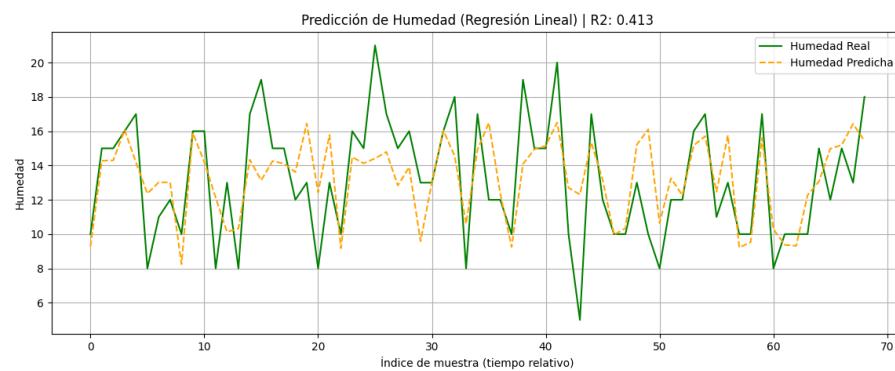


Figura 29: Serie temporal de Humedad real vs predicha (validación)

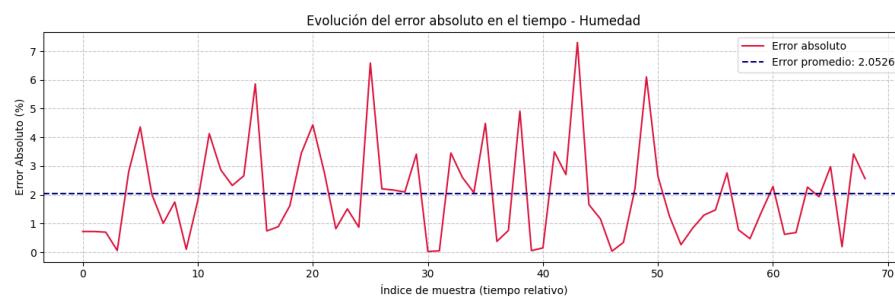


Figura 30: Evolución del error absoluto en el tiempo - Humedad

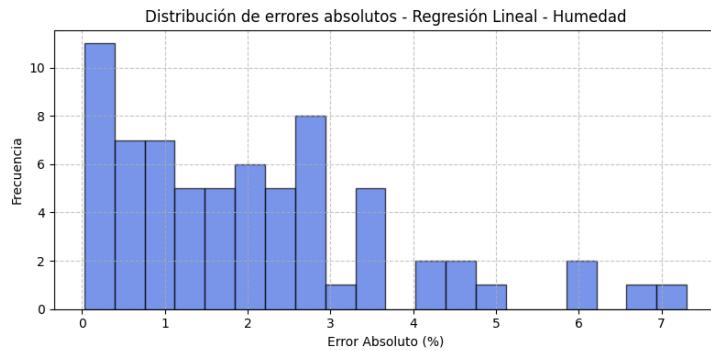


Figura 31: Distribución de errores absolutos - Regresión Lineal - Humedad

Tabla 3: Resultados del modelo Regresión Lineal (Humedad)

Métrica	Regresión Lineal
MSE (Test)	6.9739
R ² (Test)	0.4131
Error Promedio	2.0526 %
Error Máximo	7.3054 %
Error Mínimo	0.0278 %
Desviación Estándar del Error	1.6616 %

Comentario/análisis - Regresión Lineal: El modelo lineal tuvo un desempeño sólido en la predicción de temperatura ($R^2 = 0.6920$), mostrando una buena generalización y estabilidad en las métricas. En cambio, para humedad el resultado fue más limitado ($R^2 = 0.4131$), lo que indica que la relación entre las variables podría no ser estrictamente lineal. En conjunto, los resultados muestran que la regresión lineal es eficiente para relaciones directas, pero insuficiente en contextos con mayor complejidad.

10. Regresión no Lineal - Temperatura

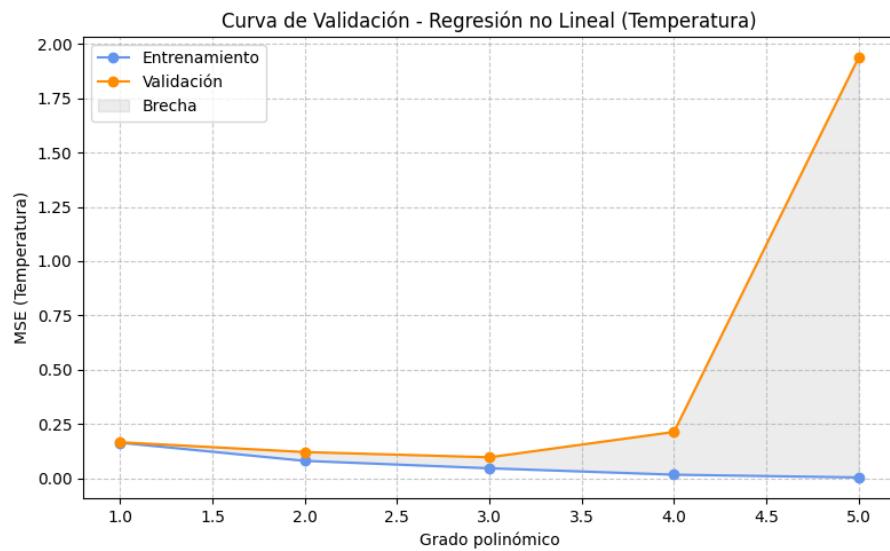


Figura 32: Curva de Validación del Modelo Polinómico para Temperatura

Mejor grado polinómico: 3

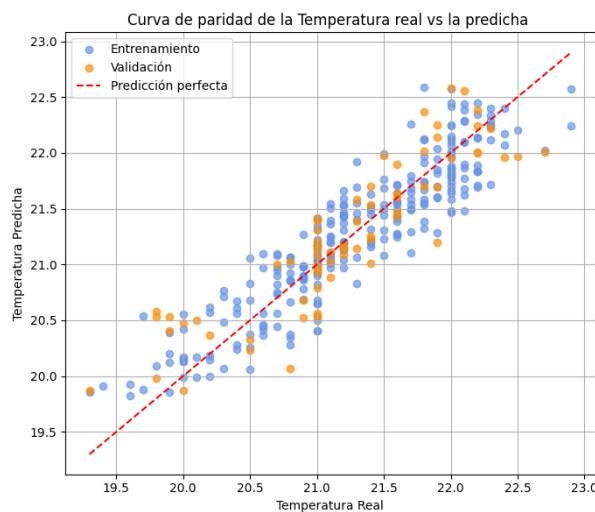


Figura 33: Curva de paridad de la Temperatura real vs la predicha (Polinómica)

ENTRENANDO MODELO POLINÓMICO PARA TEMPERATURA

MSE Entrenamiento: 0.0799

MSE Validación: 0.1204

R² Validación: 0.7761

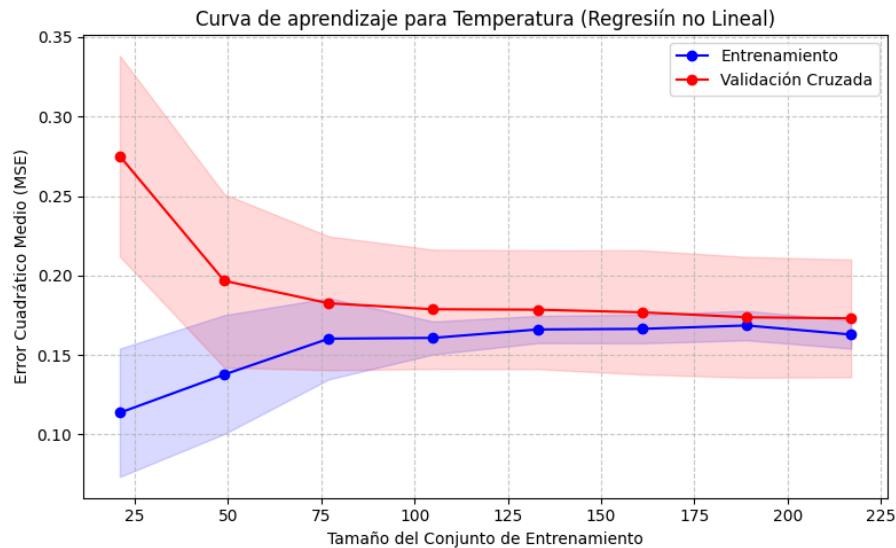


Figura 34: Curva de aprendizaje para Temperatura (Polinómica)

Análisis de la curva de aprendizaje:

- MSE Final Entrenamiento: 0.1629
- MSE Final Validación: 0.1731
- Diagnóstico: BUENO

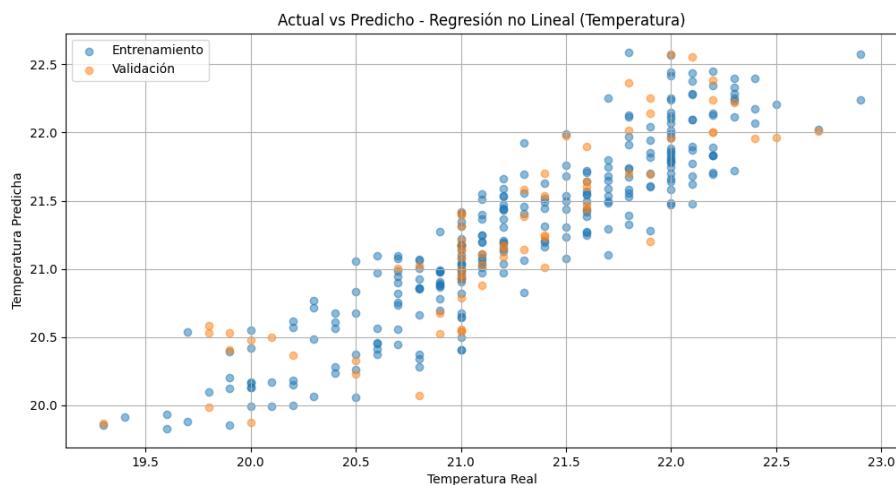


Figura 35: Actual vs Predicho - Regresión Polinómica (Temperatura)

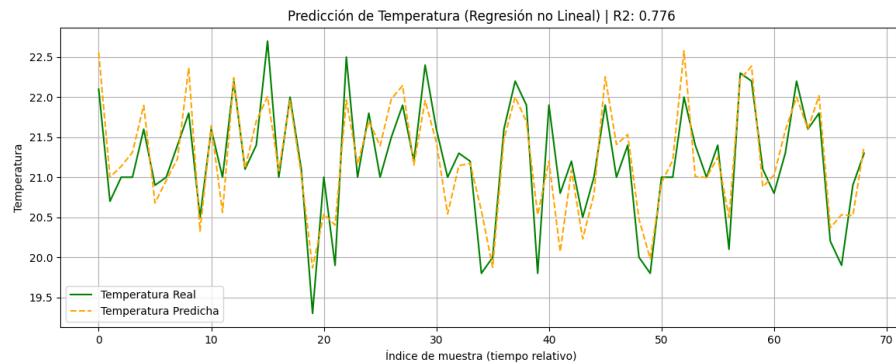


Figura 36: Serie temporal de Temperatura real vs predicha (validación, Polinómica)



Figura 37: Evolución del error absoluto en el tiempo - Regresión Polinómica - Temperatura

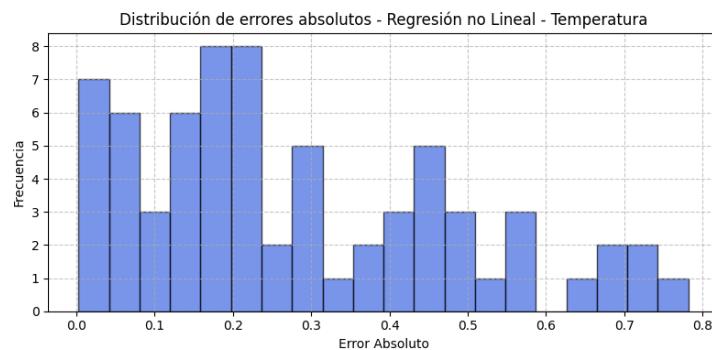


Figura 38: Distribución de errores absolutos - Regresión Polinómica - Temperatura

Tabla 4: Resultados del modelo Regresión Polinómica (Temperatura)

Métrica	Regresión Polinómica
MSE (Test)	0.1204
R ² (Test)	0.7761
Error Promedio	0.2806 %
Error Máximo	0.7818 %
Error Mínimo	0.0029 %
Desviación Estándar del Error	0.2042 %

11. Regresión no Lineal- Humedad

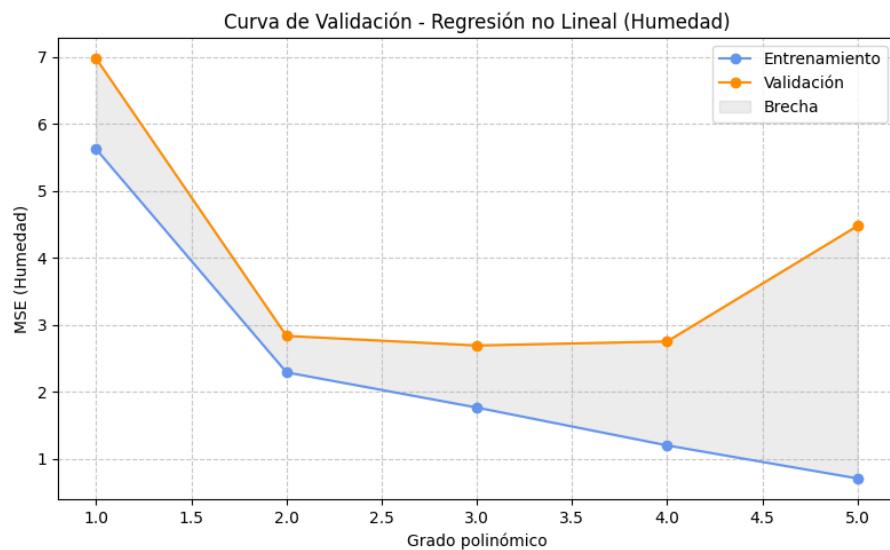


Figura 39: Curva de Validación del Modelo no Lineal para Humedad

Mejor grado polinómico: 3

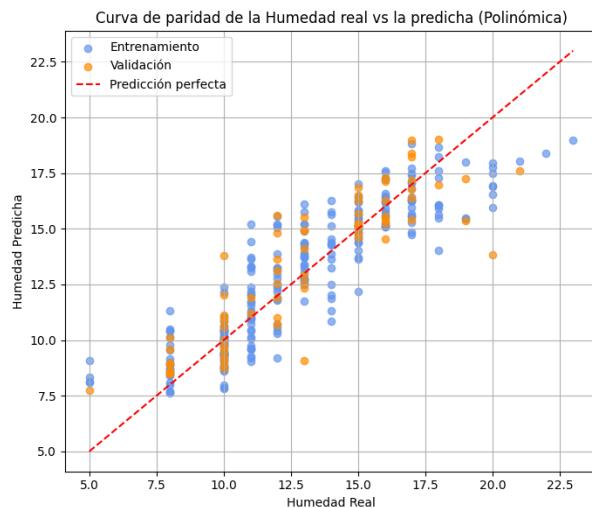


Figura 40: Curva de paridad de la Humedad real vs la predicha (Regresión no Lineal)

ENTRENANDO MODELO POLINÓMICO PARA HUMEDAD

MSE Entrenamiento: 2.2906

MSE Validación: 2.8346

R² Entrenamiento: 0.7960

R² Validación: 0.7615

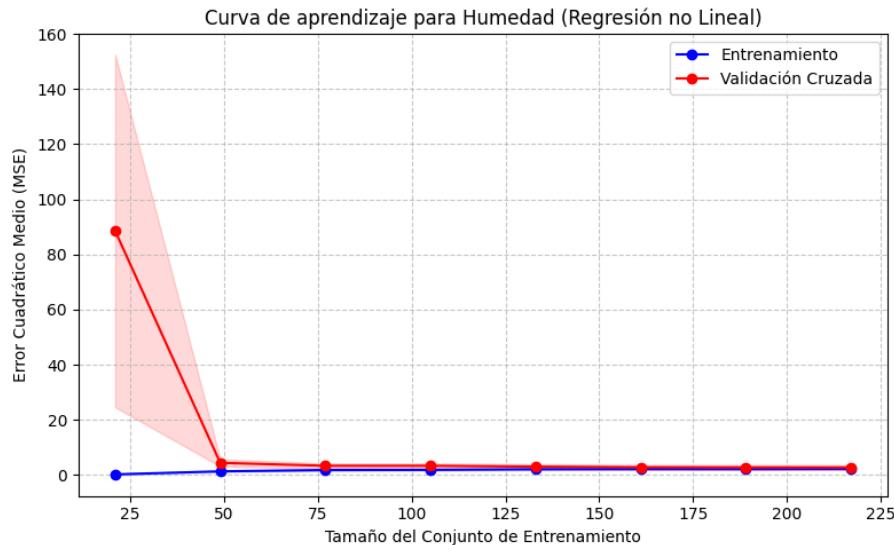


Figura 41: Curva de aprendizaje para Humedad (Regresión no Lineal)

Análisis de la curva de aprendizaje:

- MSE Final Entrenamiento: 2.2468

- MSE Final Validación: 2.7875

- Diagnóstico: SUBAJUSTE

El modelo es demasiado simple para los datos.

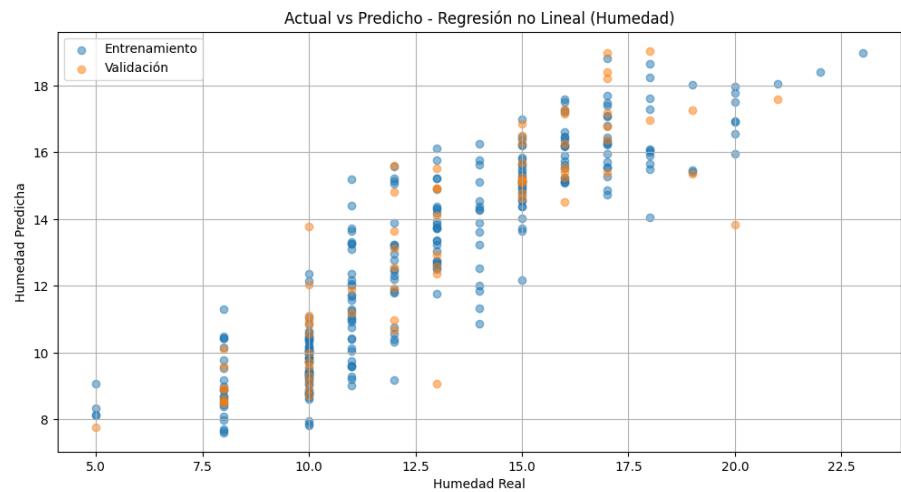


Figura 42: Actual vs Predicho - Regresión no Lineal (Humedad)

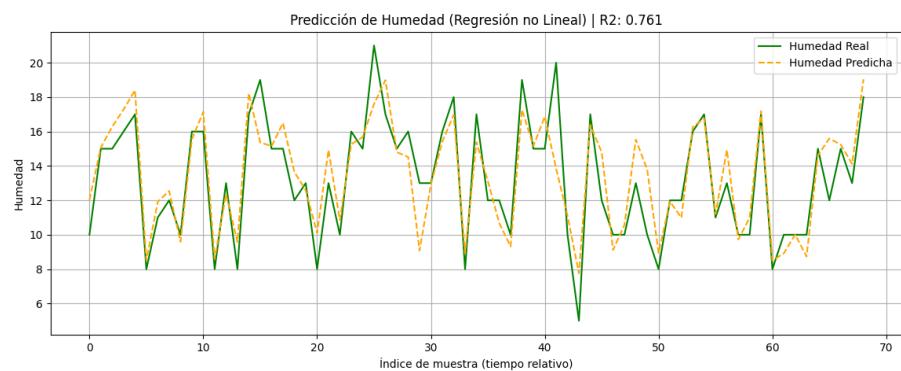


Figura 43: Serie temporal de Humedad real vs predicha (validación, Regresión no Lineal)



Figura 44: Evolución del error absoluto en el tiempo - Regresión no Lineal - Humedad

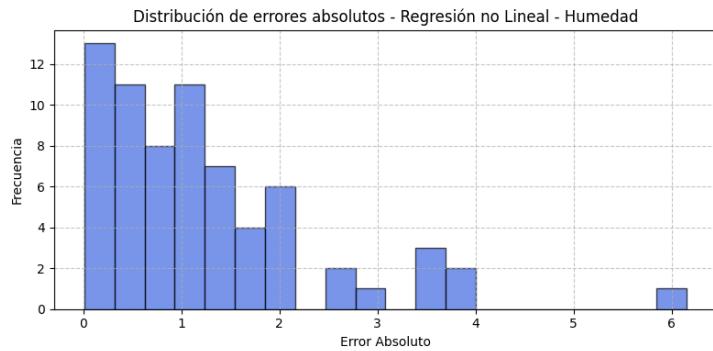


Figura 45: Distribución de errores absolutos - Regresión no Lineal - Humedad

Tabla 5: Resultados del modelo Regresión no Lineal (Humedad)

Métrica	Regresión Polinómica
MSE (Test)	2.8346
R ² (Test)	0.7615
Error Promedio	0.2806
Error Máximo	0.7818
Error Mínimo	0.0029
Desviación Estándar del Error	0.2042

Comentario/análisis - Regresión No Lineal: La regresión polinómica (grado 3) mejoró el rendimiento frente al modelo lineal, alcanzando R² de 0.7761 para temperatura y 0.7615 para humedad. Esto demuestra que la inclusión de términos no lineales permite capturar mejor las variaciones del sistema físico. No obstante, se observó una ligera tendencia al subajuste en los datos de validación, lo que sugiere que el modelo podría beneficiarse de un ajuste más fino del grado polinómico o del número de muestras.

12. Ridge - Temperatura

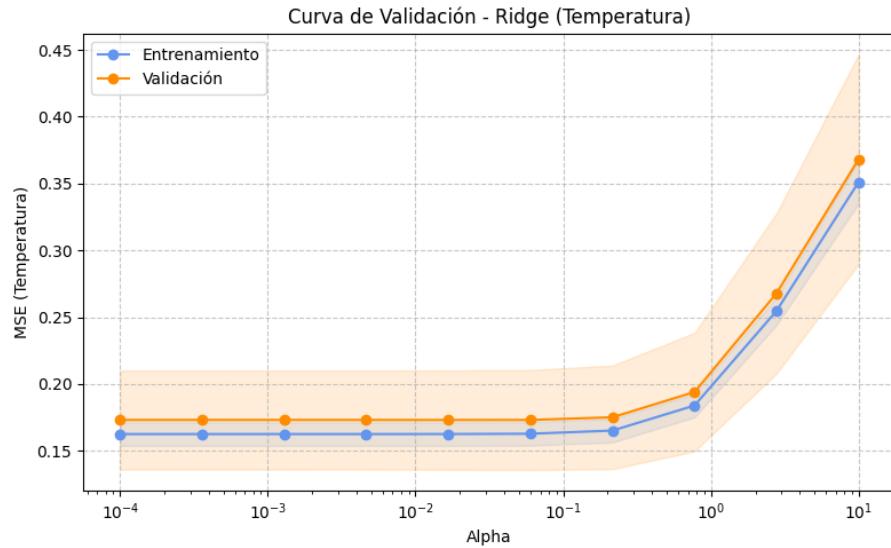


Figura 46: Curva de Validación del Modelo Ridge para Temperatura (variando α)

Mejor α : 0.01668

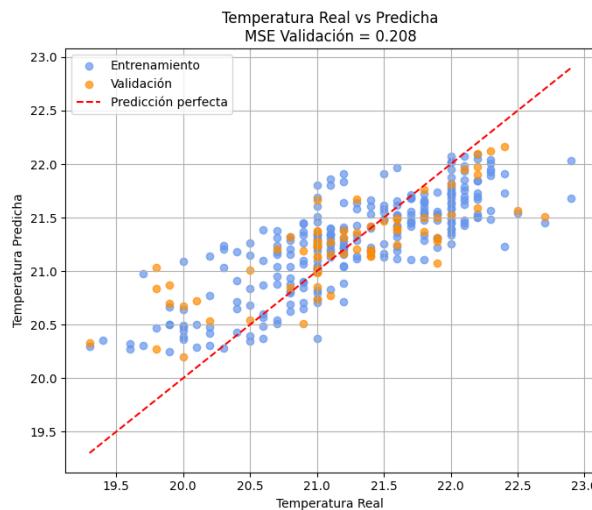


Figura 47: Curva de paridad de la Temperatura real vs la predicha (Ridge)

Métricas del modelo Ridge:

MSE Entrenamiento: 0.186

MSE Validación: 0.208

R^2 Entrenamiento: 0.622

R^2 Validación: 0.613

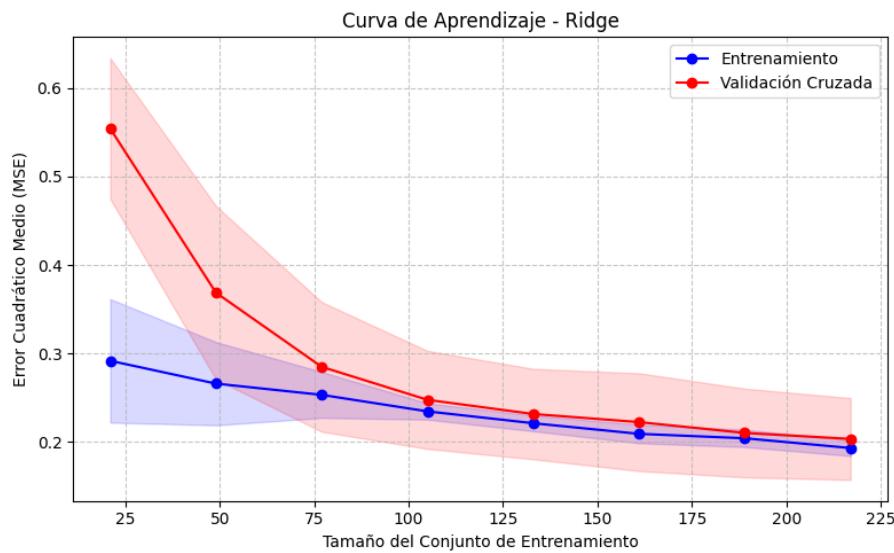


Figura 48: Curva de aprendizaje para Temperatura (Ridge)

Análisis de la curva de aprendizaje:

- MSE Final Entrenamiento: 0.3511
- MSE Final Validación: 0.3682
- Diagnóstico: BALANCE

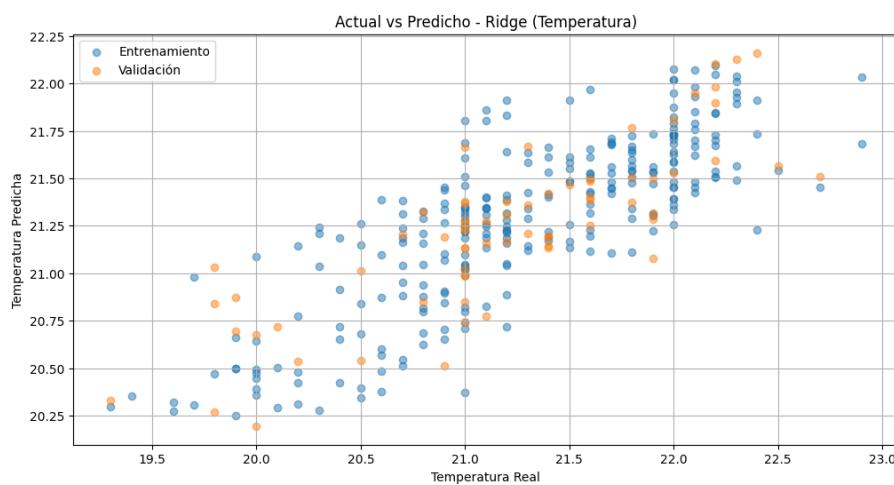


Figura 49: Actual vs Predicho - Ridge (Temperatura)

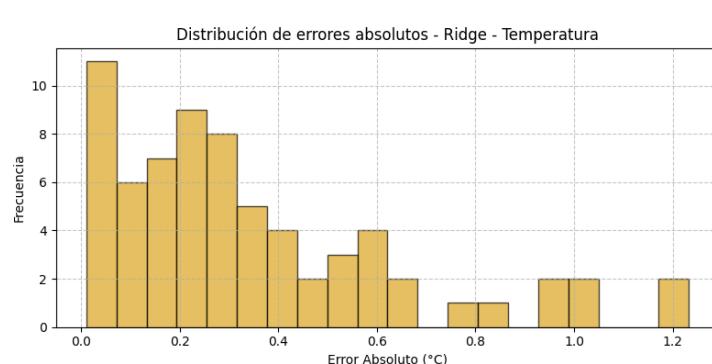
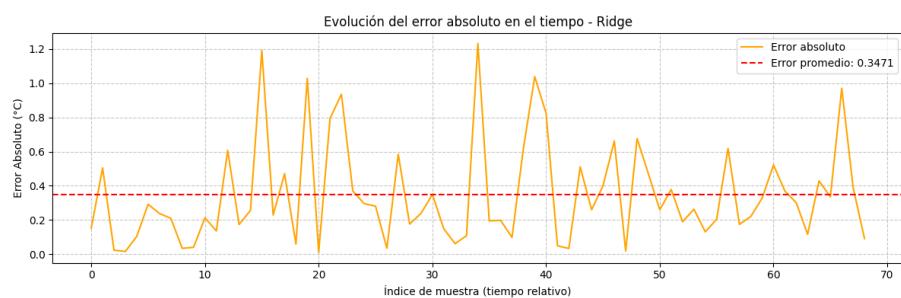
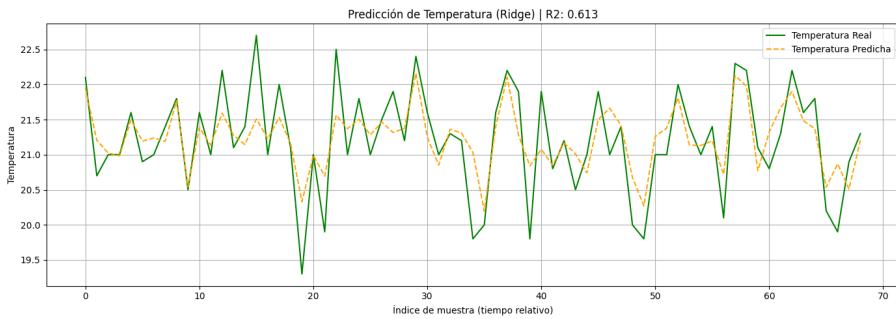


Tabla 6: Resultados del modelo Ridge (Temperatura)

Métrica	Ridge
MSE (Test)	0.2083
R ² (Test)	0.0.6128
Error Promedio (°C)	0.3471
Error Máximo (°C)	1.2328
Error Mínimo (°C)	0.0102
Desviación Estándar del Error	0.2964

13. Ridge - Humedad

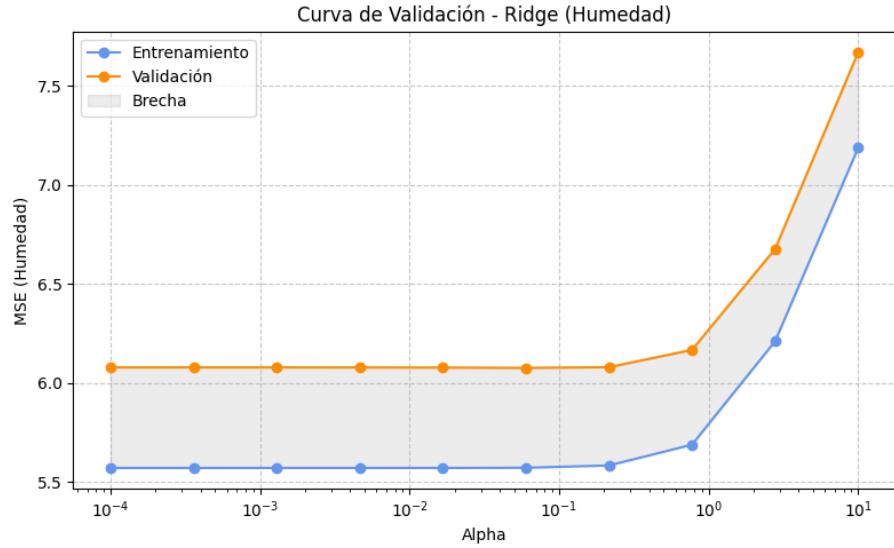


Figura 53: Curva de Validación del Modelo Ridge para Humedad (variando α)

Mejor α : 0.05995

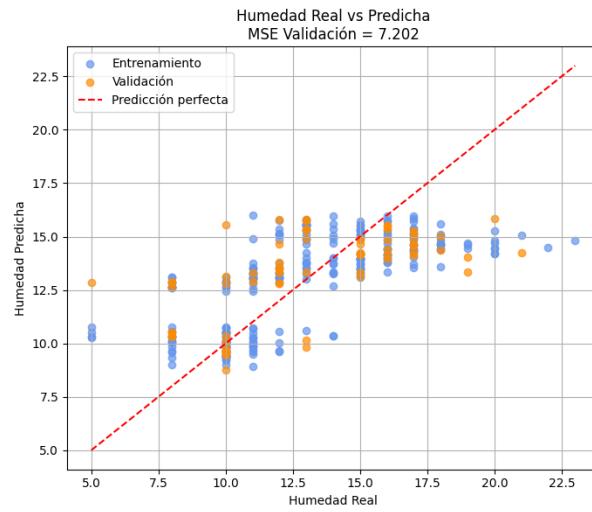


Figura 54: Curva de paridad de la Humedad real vs la predicha (Ridge)

Métricas del modelo Ridge:

MSE Entrenamiento: 5.743

MSE Validación: 7.202

R^2 Entrenamiento: 0.489

R^2 Validación: 0.394

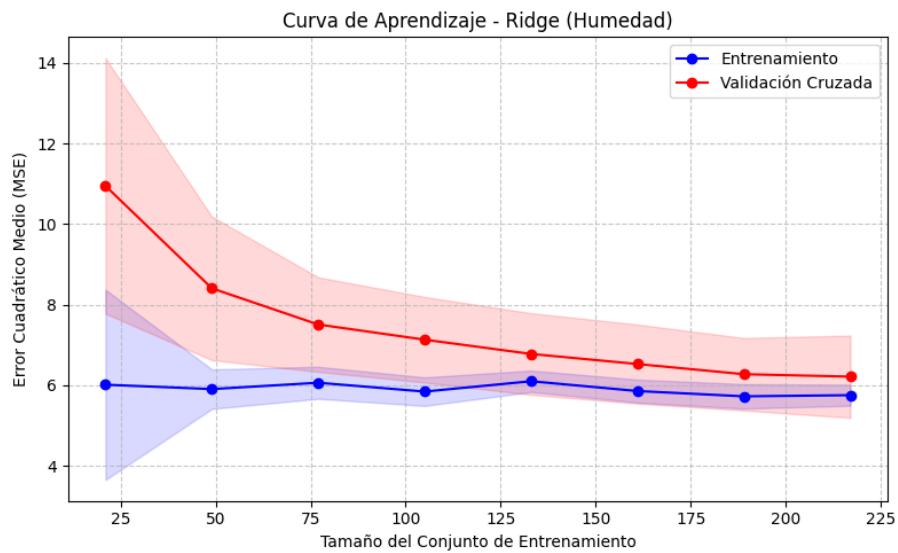


Figura 55: Curva de aprendizaje para Humedad (Ridge)

Análisis de la curva de aprendizaje:

- MSE Final Entrenamiento: 5.7533
- MSE Final Validación: 6.2137
- Diagnóstico: SUBAJUSTE

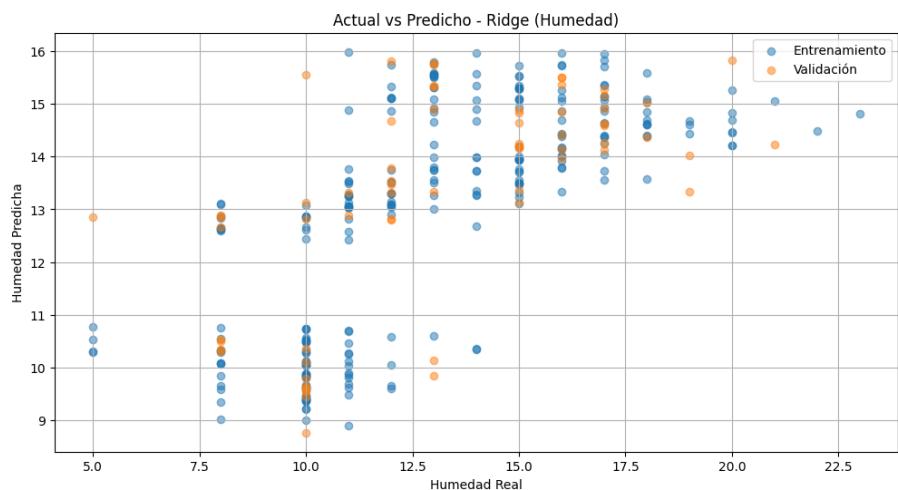


Figura 56: Actual vs Predicho - Ridge (Humedad)

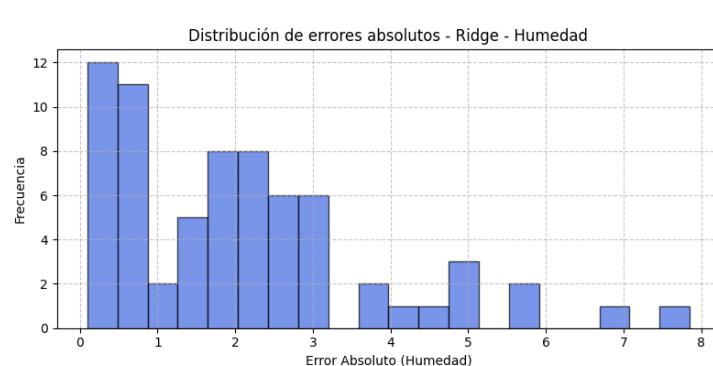
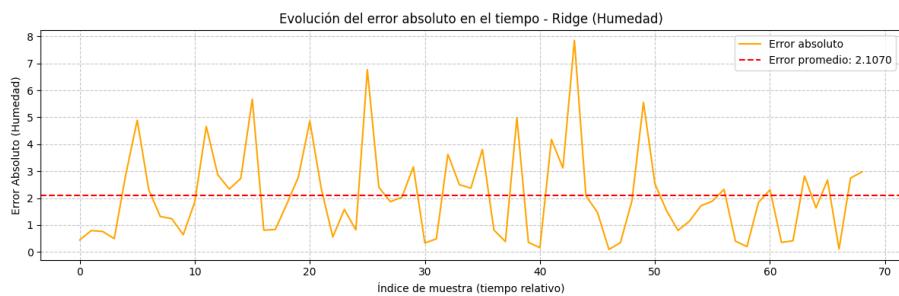
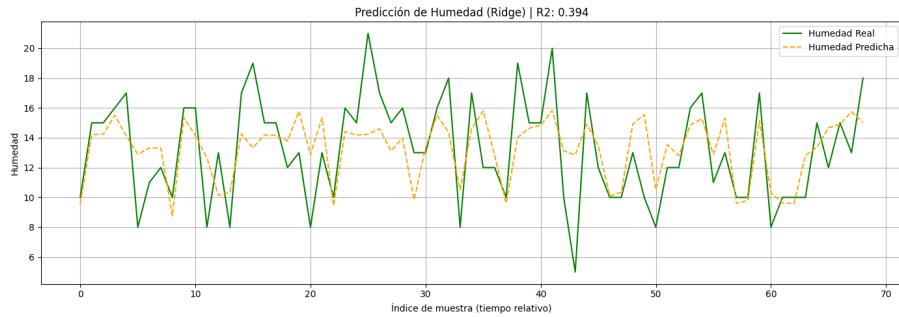


Figura 59: Distribución de errores absolutos - Ridge - Humedad

Tabla 7: Resultados del modelo Ridge (Humedad)

Métrica	Ridge
MSE (Test)	7.2025
R ² (Test)	0.3939
Error Promedio	2.1070 %
Error Máximo	7.8507 %
Error Mínimo	0.0955 %
Desviación Estándar del Error	1.6622 %

Comentario/análisis - Ridge:

Temperatura: El modelo Ridge mostró un balance adecuado entre sesgo y varianza, con un R^2 de 0.6128. Esto indica que logra generalizar razonablemente bien, manteniendo estabilidad y evitando el sobreajuste.

Humedad: Para humedad, el modelo presentó subajuste (alto sesgo), reflejado en un R^2 bajo (0.3939) y errores relativamente altos. Esto sugiere que la capacidad del modelo es insuficiente para capturar la complejidad de la variable humedad.

En conjunto, Ridge es una opción robusta y estable para temperatura, pero puede resultar demasiado simple para predecir humedad en este caso.

14. Lasso - Temperatura

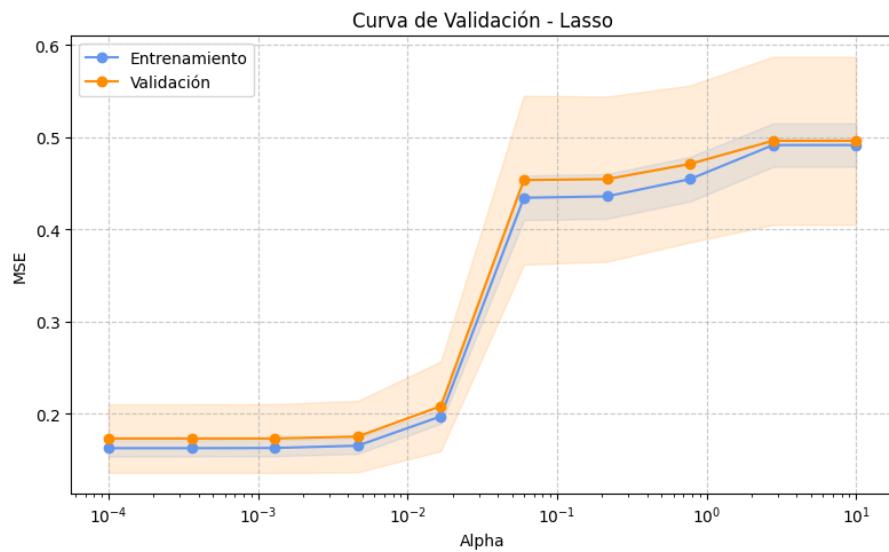


Figura 60: Curva de Validación del Modelo Lasso para Temperatura (variando α)

Mejor α : 0.0003594

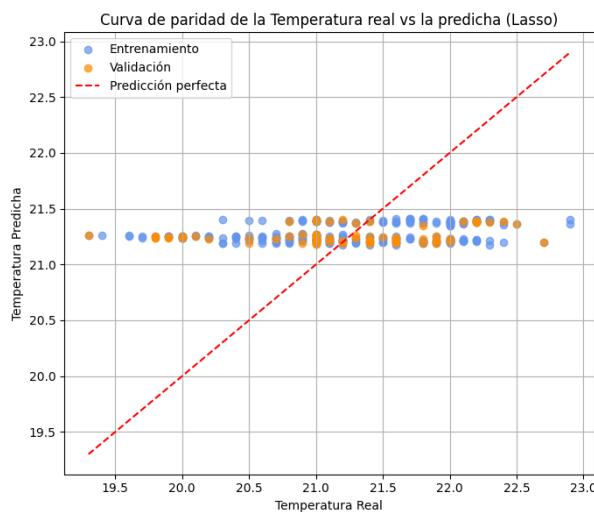


Figura 61: Curva de paridad de la Temperatura real vs la predicha (Lasso)

Métricas del modelo Lasso:

MSE Entrenamiento: 0.4694

MSE Validación: 0.5199

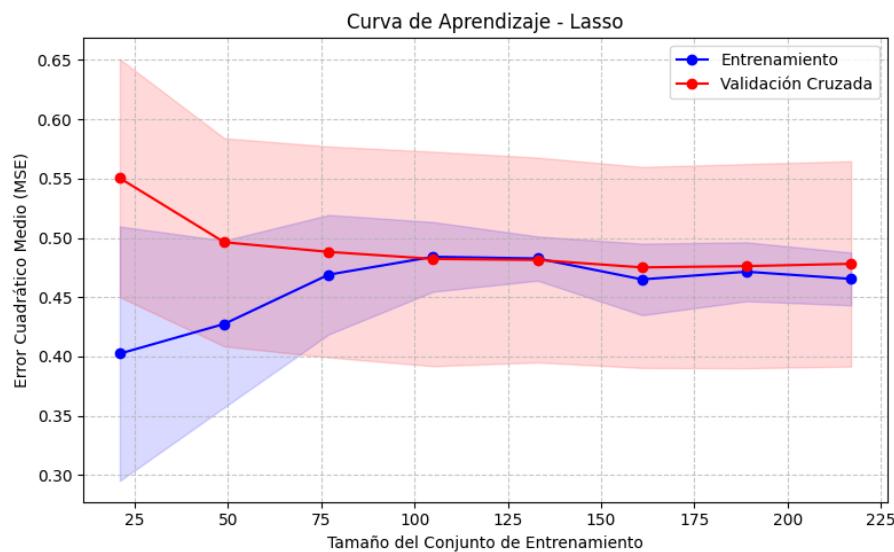
 R^2 Entrenamiento: 0.0456 R^2 Validación: 0.0336

Figura 62: Curva de aprendizaje para Temperatura (Lasso)

Análisis de la curva de aprendizaje:

- MSE Final Entrenamiento: 0.4654

- MSE Final Validación: 0.4781

- Diagnóstico: BALANCE

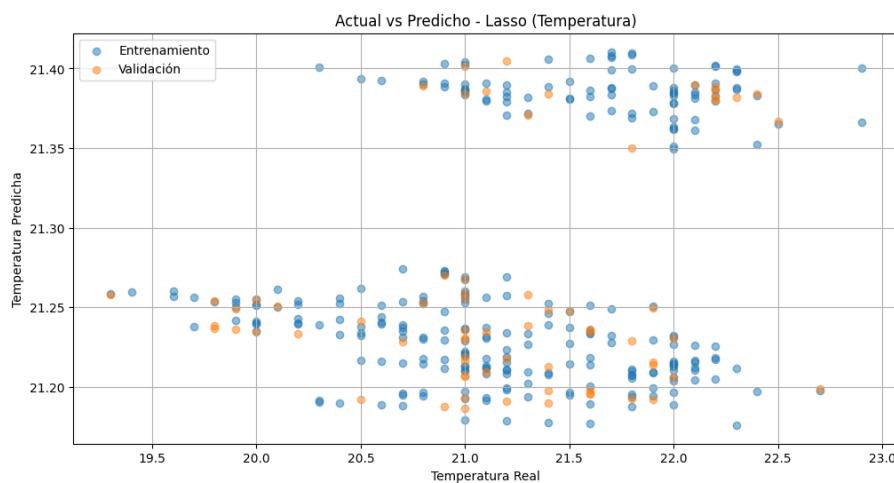


Figura 63: Actual vs Predicho - Lasso (Temperatura)

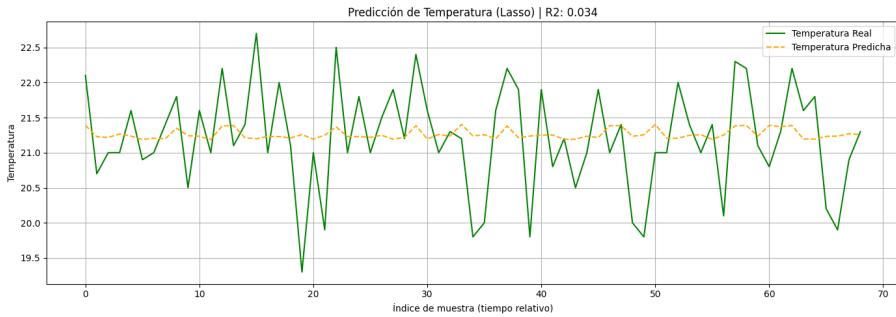


Figura 64: Serie temporal de Temperatura real vs predicha (validación, Lasso)

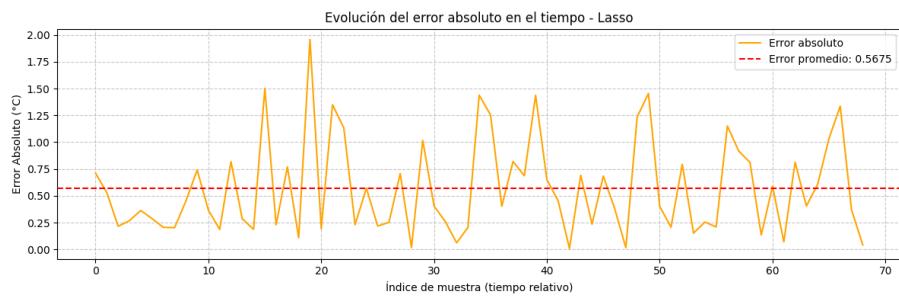


Figura 65: Evolución del error absoluto en el tiempo - Lasso - Temperatura

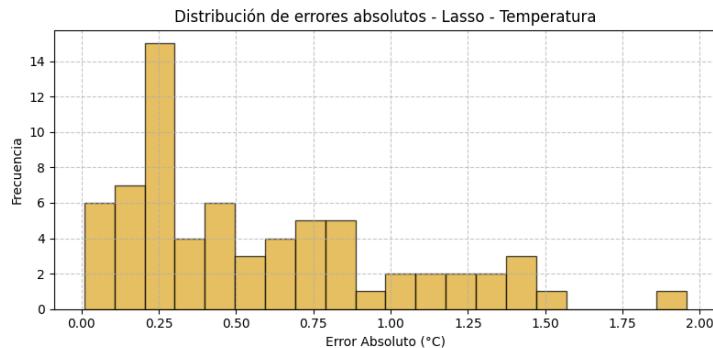


Figura 66: Distribución de errores absolutos - Lasso - Temperatura

Tabla 8: Resultados del modelo Lasso (Temperatura)

Métrica	Lasso
MSE (Test)	0.5199
R ² (Test)	0.0336
Error Promedio (°C)	0.5675
Error Máximo (°C)	1.9577
Error Mínimo (°C)	0.0092
Desviación Estándar del Error	0.4448

15. Lasso - Humedad

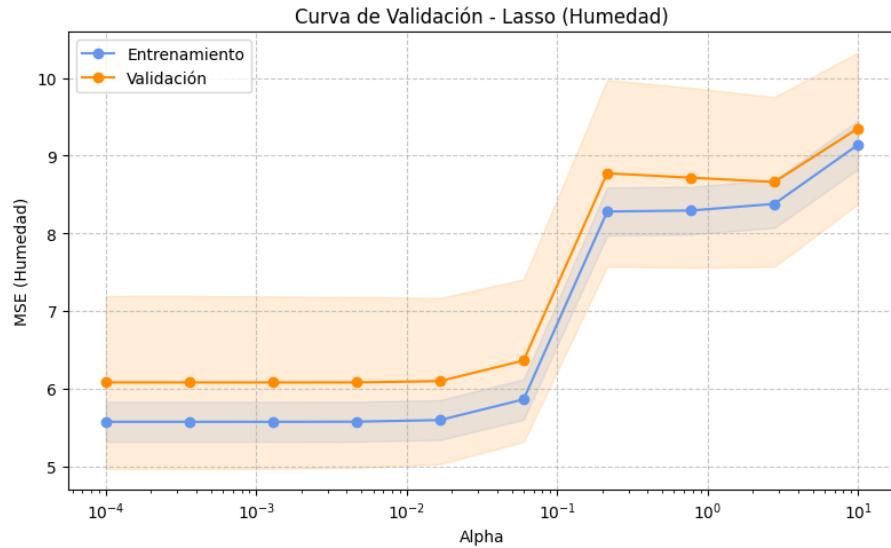


Figura 67: Curva de Validación del Modelo Lasso para Humedad (variando α)

Mejor α : 0.001292

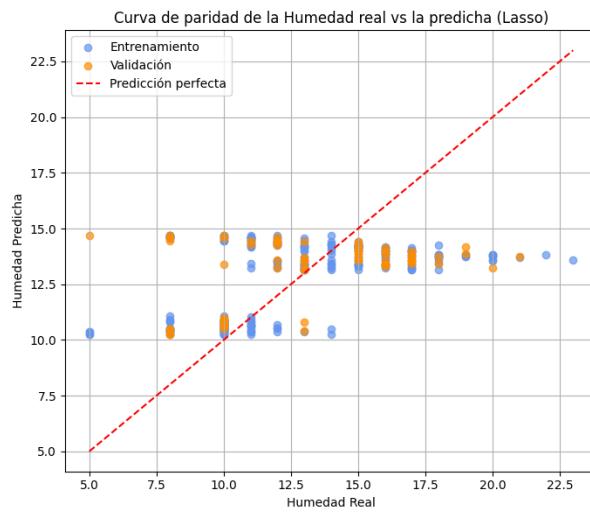


Figura 68: Curva de paridad de la Humedad real vs la predicha (Lasso)

Métricas del modelo Lasso:

MSE Entrenamiento: 8.3500

MSE Validación: 10.1422

R² Entrenamiento: 0.2564

R² Validación: 0.1465

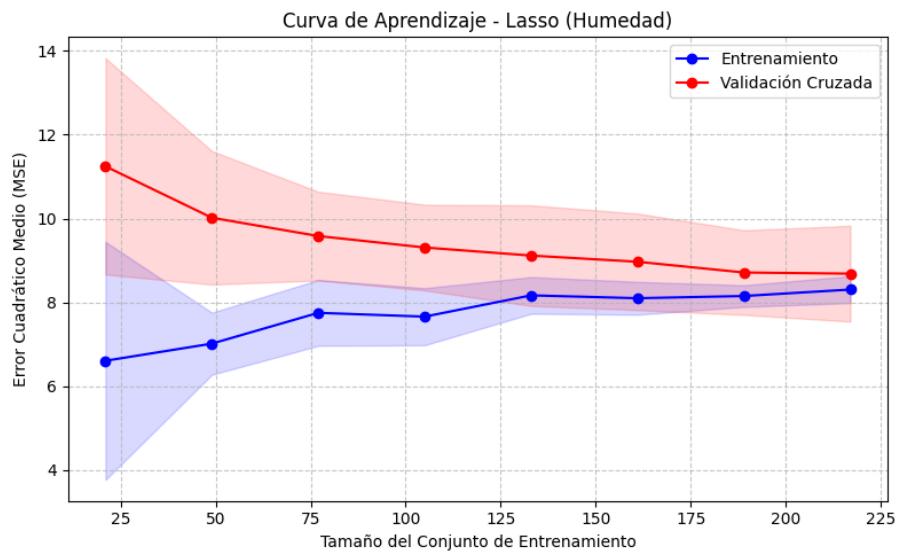


Figura 69: Curva de aprendizaje para Humedad (Lasso)

Análisis de la curva de aprendizaje:

- MSE Final Entrenamiento: 8.3075
- MSE Final Validación: 8.6869
- Diagnóstico: SUBAJUSTE

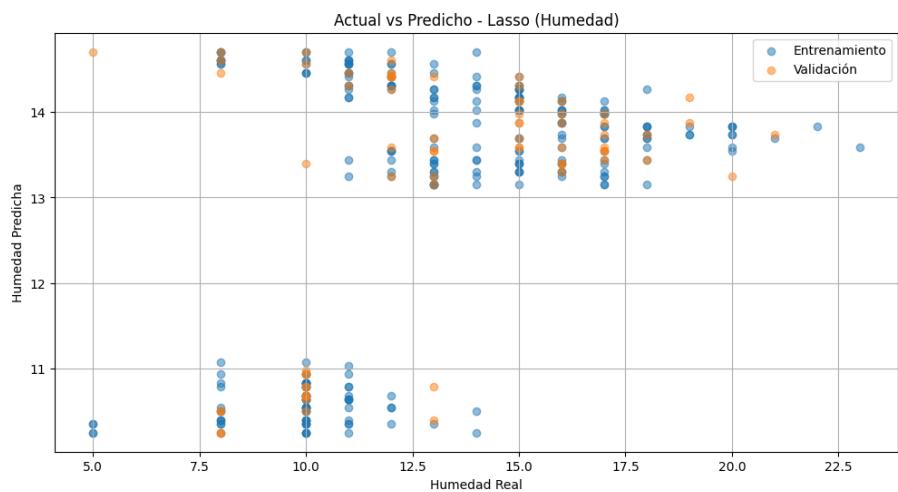


Figura 70: Actual vs Predicho - Lasso (Humedad)

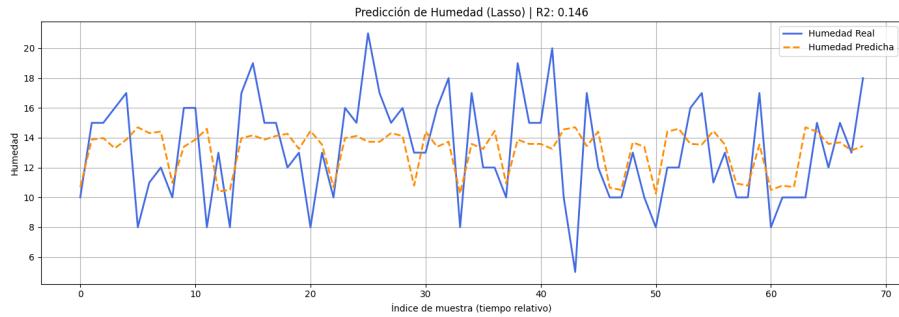


Figura 71: Serie temporal de Humedad real vs predicha (validación, Lasso)

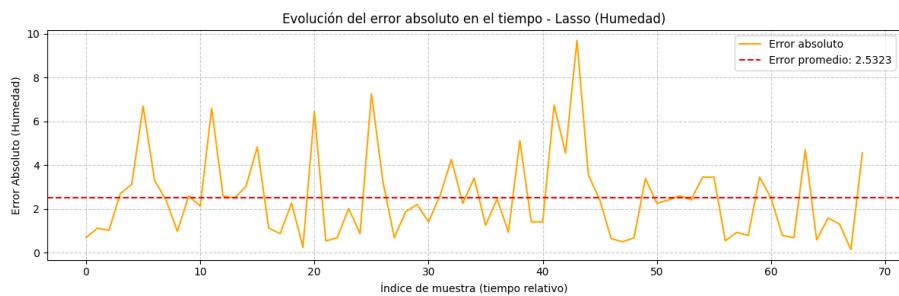


Figura 72: Evolución del error absoluto en el tiempo - Lasso - Humedad

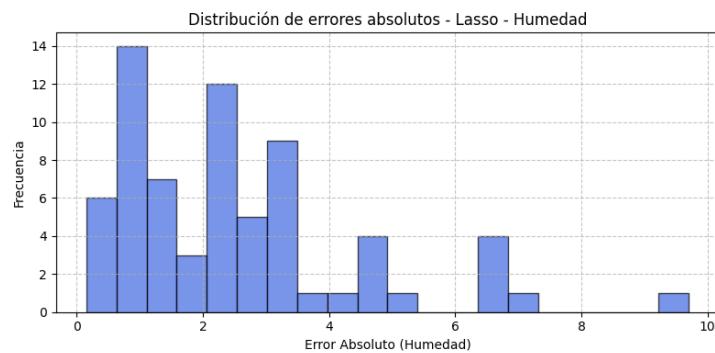


Figura 73: Distribución de errores absolutos - Lasso - Humedad

Tabla 9: Resultados del modelo Lasso (Humedad)

Métrica	Lasso
MSE (Test)	10.1422
R ² (Test)	0.1465
Error Promedio	2.5323 %
Error Máximo	9.7014 %
Error Mínimo	0.1517 %
Desviación Estándar del Error	1.9312 %

Comentario/análisis - Lasso:

Temperatura: Lasso penalizó los coeficientes más débiles, pero el rendimiento fue bajo ($R^2 \approx 0.03$), indicando que eliminó variables relevantes.

Humedad: Para humedad, el ajuste también fue pobre ($R^2 \approx 0.14$), reflejando subajuste.

A pesar de su bajo desempeño, Lasso es útil para identificar variables poco relevantes en el modelo.

16. ElasticNet - Temperatura

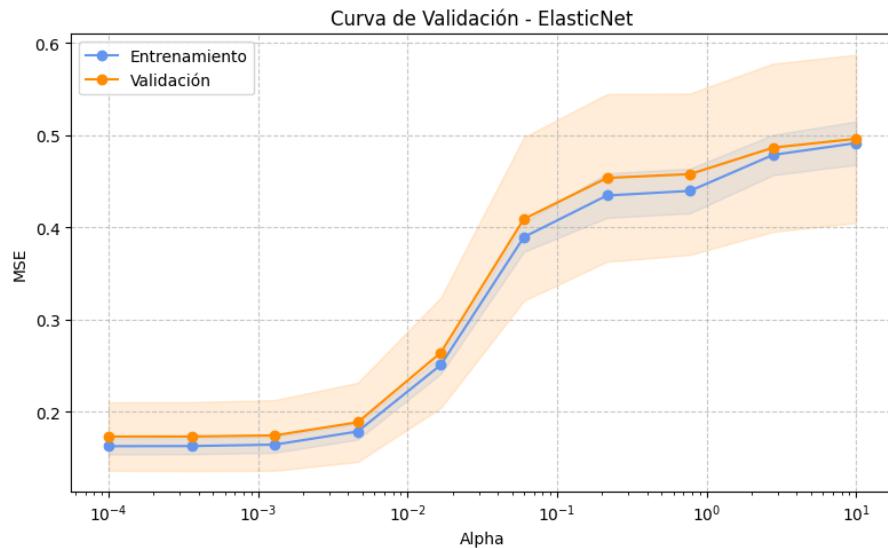


Figura 74: Curva de Validación del Modelo ElasticNet para Temperatura (variando α y $l1_ratio$)

Mejor α : 0.0003594

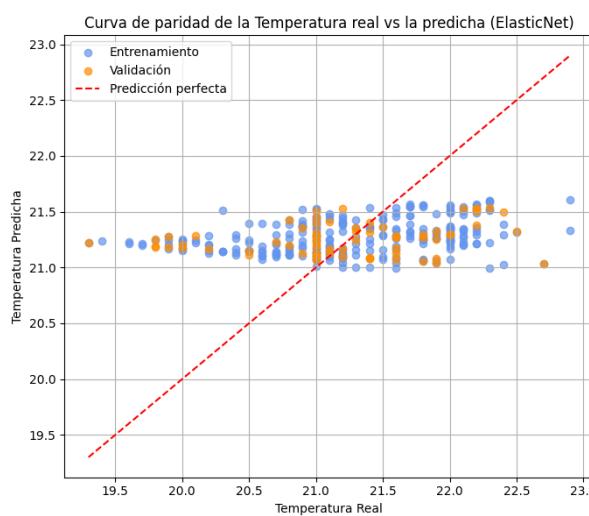


Figura 75: Curva de paridad de la Temperatura real vs la predicha (ElasticNet)

Métricas del modelo ElasticNet:

MSE Entrenamiento: 0.4452

MSE Validación: 0.5067
 R^2 Entrenamiento: 0.0949
 R^2 Validación: 0.0582

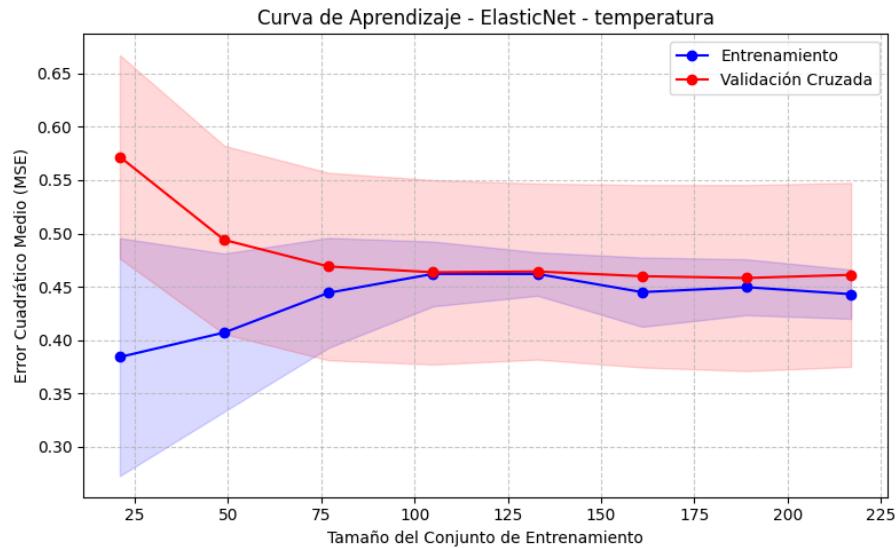


Figura 76: Curva de aprendizaje para Temperatura (ElasticNet)

Análisis de la curva de aprendizaje:

- MSE Final Entrenamiento: 0.4431
- MSE Final Validación: 0.4612
- Diagnóstico: BALANCE

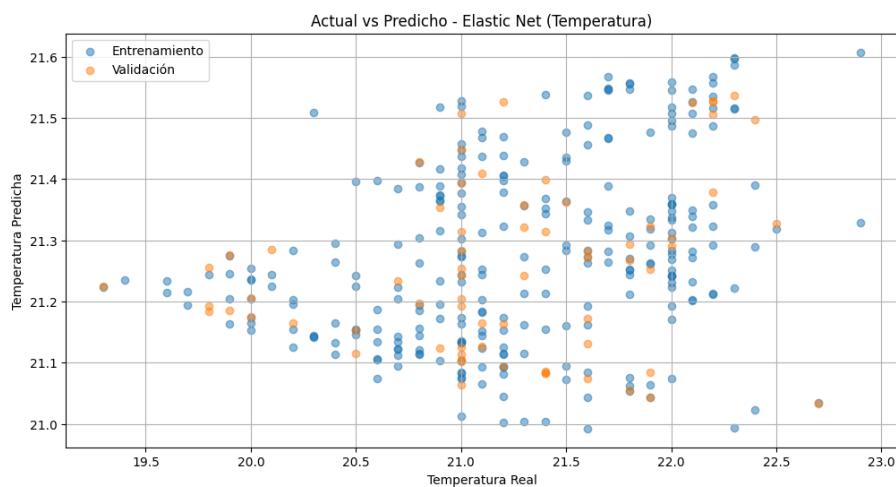


Figura 77: Actual vs Predicho - ElasticNet (Temperatura)

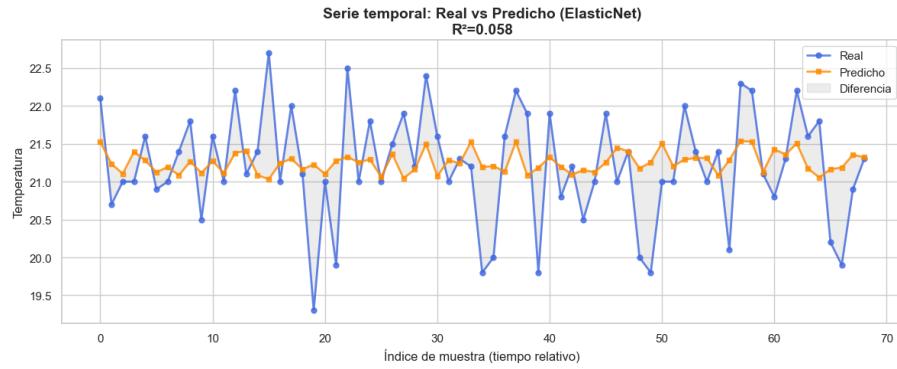


Figura 78: Serie temporal de Temperatura real vs predicha (validación, ElasticNet)

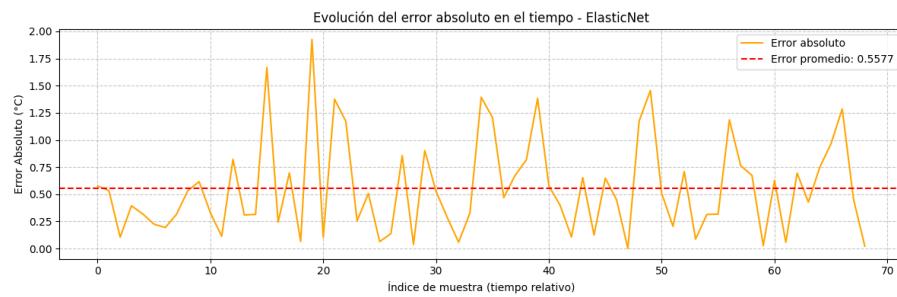


Figura 79: Evolución del error absoluto en el tiempo - ElasticNet - Temperatura

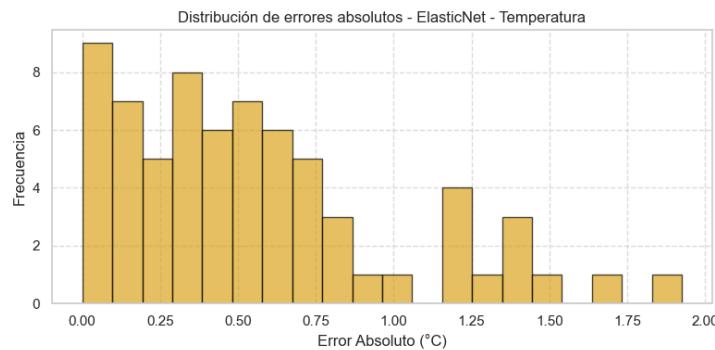


Figura 80: Distribución de errores absolutos - ElasticNet - Temperatura

Tabla 10: Resultados del modelo ElasticNet (Temperatura)

Métrica	ElasticNet
MSE (Test)	0.5067
R^2 (Test)	0.0582
Error Promedio (°C)	0.5577
Error Máximo (°C)	1.9254
Error Mínimo (°C)	0.0006
Desviación Estándar del Error	0.4423

17. ElasticNet - Humedad

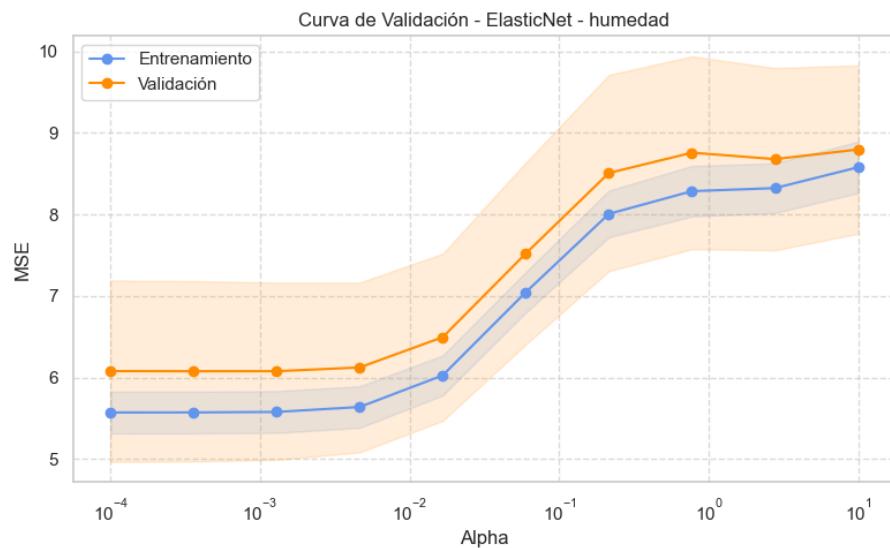


Figura 81: Curva de Validación del Modelo ElasticNet para Humedad (variando α y $l1_ratio$)

Mejor $\alpha/l1_ratio$: 0.0003594

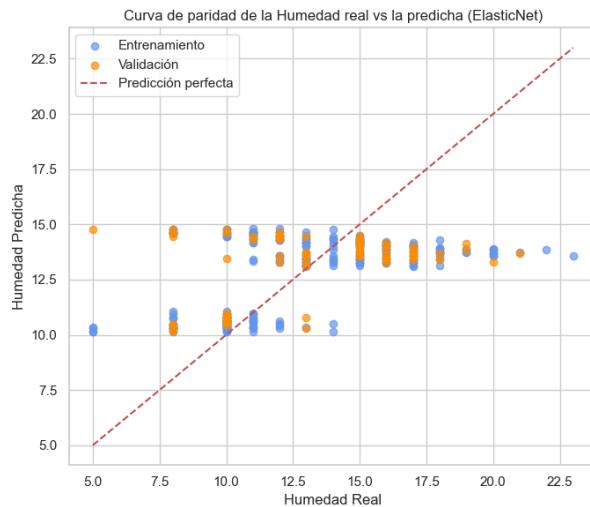


Figura 82: Curva de paridad de la Humedad real vs la predicha (ElasticNet)

Métricas del modelo ElasticNet:

MSE Entrenamiento: 8.3392

MSE Validación: 10.1988

R² Entrenamiento: 0.2574

R² Validación: 0.1417

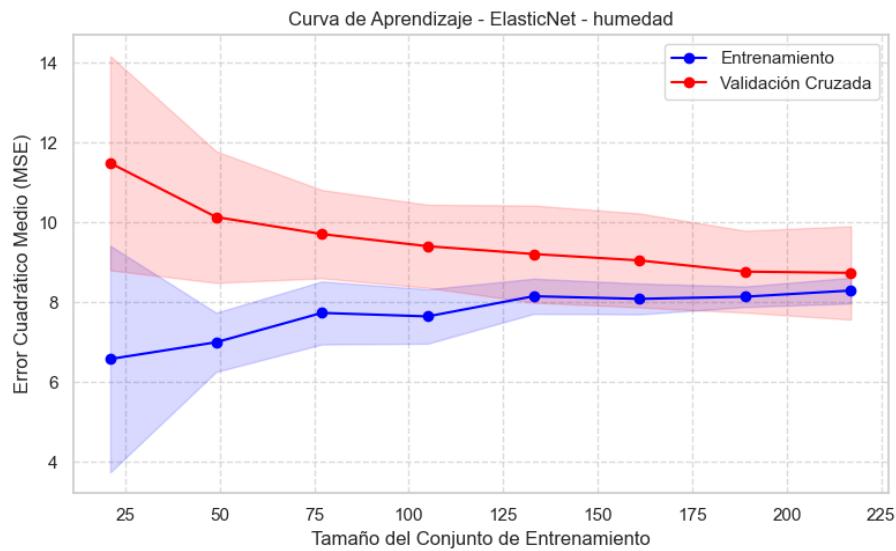


Figura 83: Curva de aprendizaje para Humedad (ElasticNet)

Análisis de la curva de aprendizaje:

- MSE Final Entrenamiento: 8.2918
- MSE Final Validación: 8.7348
- Diagnóstico: SUBAJUSTE

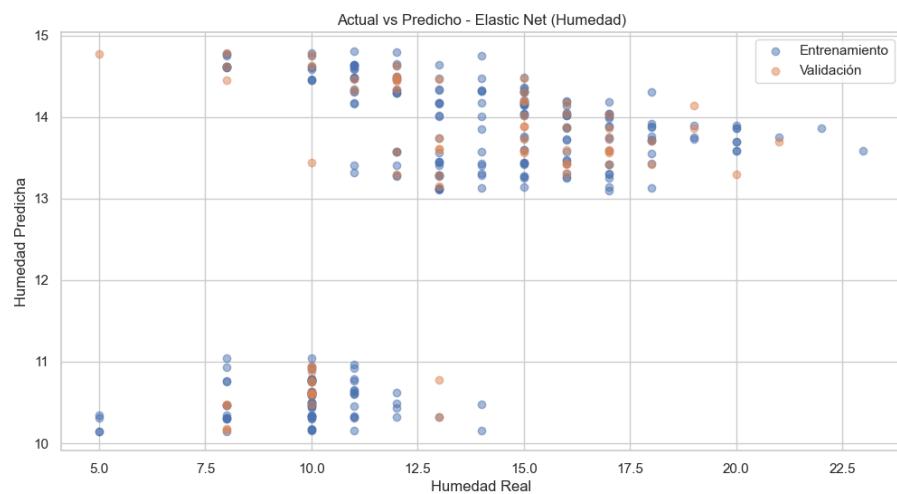


Figura 84: Actual vs Predicho - ElasticNet (Humedad)

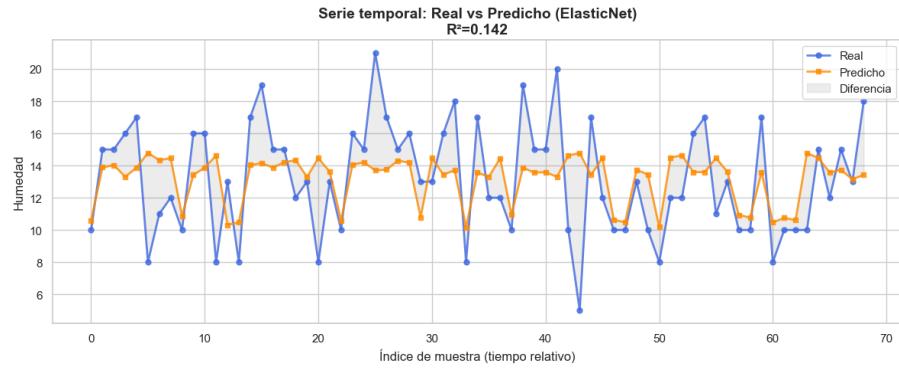


Figura 85: Serie temporal de Humedad real vs predicha (validación, Elastic-Net)

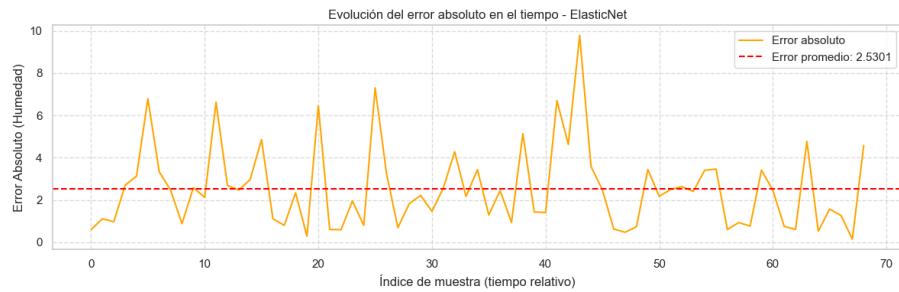


Figura 86: Evolución del error absoluto en el tiempo - ElasticNet - Humedad

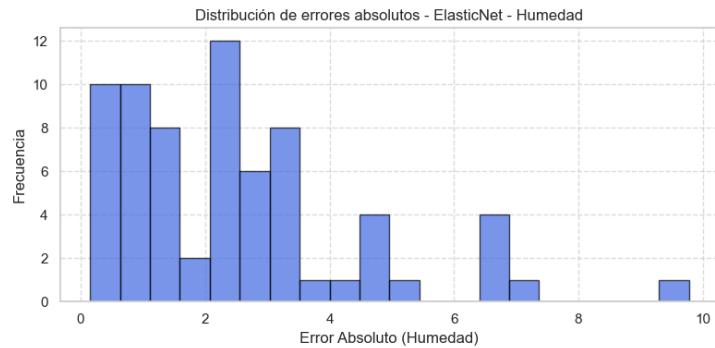


Figura 87: Distribución de errores absolutos - ElasticNet - Humedad

Tabla 11: Resultados del modelo ElasticNet (Humedad)

Métrica	ElasticNet
MSE (Test)	10.1988
R^2 (Test)	0.1417
Error Promedio	2.5301 %
Error Máximo	9.7765 %
Error Mínimo	0.1493 %
Desviación Estándar del Error	1.9487 %

Comentario/análisis - ElasticNet:

Temperatura: ElasticNet combinó las ventajas de Ridge y Lasso, pero el rendimiento fue moderado ($R^2 \approx 0.06$), sin destacar en precisión.

Humedad: Para humedad, el desempeño también fue limitado ($R^2 \approx 0.14$), mostrando subajuste.

ElasticNet es útil para mantener la estabilidad del error y evitar el sobreajuste, aunque no fue el más preciso en este caso.

Conclusión general: El análisis comparativo de los modelos de regresión aplicados sobre los datos de temperatura y humedad permitió determinar que las técnicas no lineales y de kernel ofrecen un mejor desempeño predictivo frente a los métodos lineales simples. El modelo *Kernel Ridge* destacó por su alta precisión en la estimación de la temperatura, mientras que la regresión polinómica mostró un equilibrio adecuado entre complejidad y capacidad de generalización. En contraste, los modelos *Lasso* y *ElasticNet* presentaron menor desempeño debido a la penalización excesiva de coeficientes relevantes. En conjunto, los resultados demuestran la importancia de seleccionar el modelo en función de la naturaleza no lineal de los datos y de validar el ajuste mediante métricas como el R^2 y el MSE. Finalmente, el proceso de visualización y diagnóstico confirma la coherencia de los datos obtenidos por el sensor, garantizando la validez del entrenamiento de los modelos propuestos.