



DESARROLLO DE CORRELACIONES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE COMPRESORES DE PISTÓN DENTRO DEL CAMPO DE LA REFRIGERACIÓN COMERCIAL

Autor

Adrián Calomarde Herrero

Tutor

Emilio Navarro Peris

Segundo tutor

Javier Marchante Avellaneda

Universidad Politécnica de Valencia

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Valencia, Noviembre de 2019

DESARROLLO DE CORRELACIONES PARA LA
CARACTERIZACIÓN DE COMPRESORES DE PISTÓN
DENTRO DEL CAMPO DE LA REFRIGERACIÓN
COMERCIAL

Adrián Calomarde Herrero

Universidad Politécnica de Valencia

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Julio de 2019

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría dar las gracias a mis tutores del TFG, Emilio Navarro Peris y Javier Marchante Avellaneda, por ayudarme a comprender y a realizar este trabajo, así como resolverme todas las dudas surgidas en este proceso. En segundo lugar, dar las gracias a mi familia por darme la posibilidad de comenzar y completar los estudios de este grado, y apoyarme en todo momento. Por último, dar las gracias a mis amigos por el apoyo y los ánimos que me han brindado en todo momento.

Resumen

El uso de compresores a día de hoy está muy extendido tanto en nuestro día a día como en el campo de la industria. De hecho, cualquier instalación que necesite cambiar la temperatura o presión de un fluido se va a ver obligado a instalar uno de estos.

En la actualidad existen numerosos tipos de compresores que se dividen en dos grupos, compresores de desplazamiento positivo y compresores dinámicos. En el grupo de compresores de desplazamiento positivo se encuentran los compresores de pistón, tornillo, paletas, lóbulos o émbolos rotativos, scroll y las bombas de vacío; y dentro de los compresores dinámicos encontramos los compresores centrífugos radiales y los compresores centrífugos axiales. Además, para cada uno de estos tipos existen multitud de compresores.

La gran oferta de compresores que existen en el mercado va a ser el punto de partida por el cual vamos a realizar este estudio, en el cual vamos a caracterizar un compresor de pistón.

El objetivo de este proyecto será la obtención de una selección de puntos óptima y lo más pequeña posible que nos permita generar un modelo matemático que nos indique como se va a comportar nuestro compresor a partir de sus temperaturas de trabajo.

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS Y REQUERIMIENTOS.....	2
2.1. Objetivos	2
2.2. Requerimientos.....	3
3. CARACTERÍSTICAS DE LOS ENSAYOS.....	4
3.1. Análisis del compresor	4
3.1.1. Tipos de compresores.....	4
3.1.2. Compresor ensayado.....	5
3.2. Análisis del refrigerante.....	6
3.2.1. Requerimientos y clasificación de los refrigerantes	6
3.2.2. Refrigerantes ensayados	8
3.3. Datos empleados	9
3.3.1. Datos originales	9
3.3.2. Datos generados para la caracterización.....	14
4. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN	18
4.1. Carga de datos	18
4.2. Generación del kriging con sus errores.....	20
4.3. Columna identificatoria y selección de los puntos.....	23
4.4. Polinomio AHRI y cálculo de los errores	24
4.5. Polinomio AHRI reducido y cálculo de errores.....	27
4.6. Diseños tomados del repositorio.....	29
5. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS EMPLEADA PARA LA SELECCIÓN DE PUNTOS.....	31
5.1. Introducción a la metodología de diseño de experimentos	31
5.2. Metodología escogida y problemas de nuestros datos.....	31
5.3. Modelos empleados para el ajuste	33
5.3.1. Polinomio AHRI	33
5.3.2. Polinomio AHRI reducido	33
5.4. Diseños de experimentos	34
5.4.1. Diseño de tres niveles	36
5.4.2. Diseño de 4 niveles.....	48
5.4.3. Diseño de 5 niveles.....	54
5.4.4. Diseño CCD, diseño central compuesto.....	59
5.4.5. Diseño SCD, diseño compuesto reducido y diseño hexagonal	65
5.4.6. Diseño OptFederov.....	69

6. CONCLUSIONES Y DISEÑO SELECCIONADO	81
6.1. Solución adoptada para cuando el compresor trabaja con el refrigerante DR7 y un SH11.11K	82
6.2. Solución adoptada para cuando el compresor trabaja con el refrigerante DR7 y un SH22.22K	84
6.3. Solución adoptada para cuando el compresor trabaja con el refrigerante L40 y un SH11.11K	86
6.4. Solución adoptada para cuando el compresor trabaja con el refrigerante L40 y un SH22.22K	88
7. BIBLIOGRAFÍA	90
8. PRESUPUESTOS	91
8.1. Coste personal	91
8.2. Coste de material inventariable	91
8.3. Costes totales	92
ANEXO 1	93

Índice de figuras

Figura 1. Compresor de pistón	5
Figura 2. Colección de puntos 11.11K y DR7.....	9
Figura 3. Representación de puntos del ensayo 11.11K y DR7	10
Figura 4. Colección de puntos DR7 y SH22.22K	10
Figura 5. Representación de puntos del ensayo 22.22K y DR7	11
Figura 6. Colección de puntos L40 y SH11.11K.....	11
Figura 7. Representación de puntos del ensayo L40 y SH11.11K	12
Figura 8. Colección de puntos L40 y SH22.22K.....	12
Figura 9. Representación de puntos L40 y SH22.22K	13
Figura 10. Código 1	18
Figura 11. Código 2	19
Figura 12. Código 3	19
Figura 13. Código 4	19
Figura 14. Representación DR7 y SH11.11 en función de temperaturas	19
Figura 15. Código 5	20
Figura 16. Código 6	20
Figura 17. Código 7	21
Figura 18. Comparación Wcomp	21
Figura 19. Comparación mref.....	21
Figura 20. Código 8	22
Figura 21. Representación del mallado sobre los datos originales para SH11.11K.....	22
Figura 22. Representación del mallado sobre los datos originales para SH22.22K.....	22
Figura 23. Código 9	23
Figura 24. Código 10	23
Figura 25. Selección de puntos.....	23
Figura 26. Código 11	24
Figura 27. Valores constantes polinomio AHRI	24
Figura 28. Código 12	25
Figura 29. Comparación con la selección.....	25
Figura 30. Código 14	26
Figura 31. Código 15	26
Figura 32. Código 13	26
Figura 33. Representación del kriging y original	26
Figura 34. Código 16	27
Figura 35. Polinomio AHRI reducido	27
Figura 36. Errores AHRI reducido	28
Figura 37. Código 17	29
Figura 38. Matriz diseño hexagonal	29
Figura 39. Código 18	29
Figura 40. Matriz Small Composite Design	29
Figura 41. Código 19	30
Figura 42. Selección de puntos generada por OptFederov	30
Figura 43. Disposición diseño central compuesto	59
Figura 44. Ajuste del modelo del trabajo del compresor.....	72

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla del kriging para el ensayo de DR7 y SH11.11K	14
Tabla 2. Tabla del kriging para el ensayo de DR7 y SH22.22K	15
Tabla 3. Tabla del kriging para el ensayo de L40 y SH11.11K	16
Tabla 4. Tabla del kriging para el ensayo de L40 y SH22.22K	16
Tabla 5. Diseño tres niveles más 2 puntos extra con polinomio AHRI	36
Tabla 6. Diseño de 3 niveles más 2 puntos extra con polinomio AHRI reducido.....	38
Tabla 7. Diseño de 3 niveles con polinomio AHRI reducido.....	40
Tabla 8. Diseño tres niveles ortogonal más 2 puntos extra con polinomio AHRI	42
Tabla 9. Diseño tres niveles ortogonal más 2 puntos extra con polinomio AHRI reducido	44
Tabla 10. Diseño tres niveles ortogonal con polinomio AHRI reducido	46
Tabla 11. Diseño cuatro niveles con polinomio AHRI	49
Tabla 12. Diseño cuatro niveles con polinomio AHRI reducido	50
Tabla 13. Diseño cuatro niveles ortogonal con polinomio AHRI	51
Tabla 14. Diseño cuatro niveles ortogonal con polinomio AHRI reducido	52
Tabla 15. Diseño cinco niveles con polinomio AHRI.....	54
Tabla 16. Diseño cinco niveles con polinomio AHHRI reducido.....	55
Tabla 17. Diseño cinco niveles ortogonal con polinomio AHRI	56
Tabla 18. Diseño cinco niveles ortogonal con polinomio AHRI reducido	57
Tabla 19. Diseño central compuesto más dos puntos extra con polinomio AHRI.....	60
Tabla 20. Diseño central compuesto más dos puntos extra con polinomio AHRI reducido	61
Tabla 21. Diseño central compuesto con polinomio AHRI reducido.....	62
Tabla 22. Diseño central compuesto ortogonal con polinomio AHRI reducido	63
Tabla 23. Diseño compuesto reducido con polinomio AHRI reducido	66
Tabla 24. Diseño hexagonal con polinomio AHRI reducido	67
Tabla 25. Diseño OptFederov criterio D con 7 puntos con polinomio AHRI reducido. 70	
Tabla 26. Diseño OptFederov criterio A con 7 puntos con polinomio AHRI reducido. 71	
Tabla 27. Diseño OptFederov con criterio I con 7 puntos con polinomio AHRI reducido	73
Tabla 28. Diseño OptFederov criterio D con 11 puntos con polinomio AHRI.....	74
Tabla 29. Diseño OptFederov criterio D con 11 puntos con polinomio AHRI reducido 75	
Tabla 30. Diseño OptFederov criterio A con 11 puntos con polinomio AHRI.....	76
Tabla 31. Diseño OptFederov criterio A con 11 puntos con polinomio AHRI reducido 77	
Tabla 32. Diseño OptFederov criterio I con 11 puntos con polinomio AHRI	78
Tabla 33. Diseño OptFederov criterio I con 11 puntos con polinomio AHRI reducido 79	
Tabla 34. Errores generados por los distintos modelos cuando el compresor trabaja con el refrigerante DR7 y un SH= 11.11K.....	82
Tabla 35. Errores generados por los distintos modelos cuando el compresor trabaja con el refrigerante DR7 y un SH= 22.22K.....	84
Tabla 36. Errores generados por los distintos modelos cuando el compresor trabaja con el refrigerante L40 y un SH= 11.11K.....	86
Tabla 37. Errores generados por los distintos modelos cuando el compresor trabaja con el refrigerante L40 y un SH= 22.22K.....	88
Tabla 38. Coste personal	91

Tabla 39. Coste de material inventariable	92
Tabla 40. Coste total	92

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto surgió puesto que el Instituto de Ingeniería Energética de la Universidad Politécnica de Valencia contaba con una serie de ensayos de distintos compresores. Estos ensayos presentaban una colección de puntos bastante amplia, aunque finalmente se decidió generar un número mayor de puntos por medio de una interpolación para que el estudio fuese más completo.

El trabajo se llevó a cabo gracias a la propuesta de Emilio Peris Navarro y Javier Marchante Avellaneda, los cuales pensaron que un estudio de este tipo sería un buen Trabajo de Fin de Grado y mediante el cual el alumnado iba a comprender de una forma más amplia el funcionamiento de los compresores de pistones, así como a observar las modificaciones que puede originar en este el cambiar las temperaturas de trabajo o los refrigerantes con los que trabaje.

Para la realización de este proyecto se utilizó el lenguaje de programación R como herramienta principal para la comparación de los diferentes diseños experimentales y la obtención de los resultados que se originaban al emplear cada uno de estos, estos resultados serán los coeficientes de un polinomio AHRI o un polinomio AHRI reducido dependiendo del caso.

2. OBJETIVOS Y REQUERIMIENTOS

2.1. Objetivos

El objetivo de este proyecto es la obtención de los coeficientes de un modelo matemático, en nuestro caso el polinomio AHRI o el polinomio AHRI reducido, que nos permita caracterizar el comportamiento de nuestro compresor a partir de una selección de puntos la cual realizaremos teniendo en cuenta una serie de diseños de experimentos que se han seleccionado previamente.

El polinomio AHRI es un polinomio que calcula el trabajo del compresor o su gasto de refrigerante a partir de las temperaturas de evaporación y de condensación en que se encuentra trabajando.

Esta selección de puntos se tomará de un mallado de puntos realizado con una interpolación tipo kriging, que se generará a partir del ensayo de este compresor que se encuentra en el Instituto de Ingeniería Energética de la Universidad Politécnica de Valencia.

Para este Trabajo de Fin de Grado analizaremos cuatro ensayos de un compresor de pistón hermético alternativo del fabricante Copeland, estos ensayos corresponderán a situaciones en las que el compresor esté trabajando con dos tipos de refrigerantes, DR7 y L40, a dos superheats, 11.11K y 22.22K en cada caso, por lo que finalmente tendremos cuatro ensayos.

Una vez que se hayan realizado las diferentes selecciones de puntos se generarán los modelos obtenidos con cada una de las selecciones de puntos. Con estos modelos se recalcularán todos los puntos del ensayo y los generados por el kriging, ya que los puntos que generan el modelo pertenecen al mallado obtenido del kriging, sustituyendo en el modelo las temperaturas de trabajo. Después, se compararán los puntos obtenidos con todos los puntos del ensayo y del kriging y se obtendrá la RMSE, raíz del error cuadrático medio, la cual nos ayudará a saber que selección es la más adecuada para conocer el comportamiento de nuestro compresor.

Una vez realizadas todas las selecciones de puntos y obtenidos los coeficientes para cada uno de sus modelos procederemos a elegir una teniendo en cuenta sus valores de RMSE y el número de puntos de la selección.

2.2. Requerimientos

Los requerimientos pertinentes para la realización de la caracterización del compresor de pistón serán los siguientes:

- El modelo a utilizar debe ser el polinomio AHRI puesto que este es el que se encuentra definido en la normativa. También se va a utilizar el polinomio AHRI reducido que es una modificación más simple del modelo anterior y que posee menos coeficientes.
- En el caso de la utilización del polinomio AHRI como modelo la selección deberá constar de al menos 11 puntos puesto que este modelo es un polinomio de 10 coeficientes.
- En el caso de la utilización del polinomio AHRI reducido como modelo la selección deberá constar de al menos 7 puntos puesto que este modelo es un polinomio de 6 coeficientes.
- La selección de puntos debe realizarse de un conjunto de puntos amplio en el cual se muestre todas las zonas de trabajo de nuestro compresor. En el caso de que no exista un ensayo muy completo se generará un mallado más preciso a partir del ensayo original y la herramienta kriging.
- Los diseños de experimentos que se vayan a realizar deberán ser los adecuados para nuestras condiciones, es decir, que tengan dos variables independientes o factores que en nuestro caso son la temperatura de condensación y la de evaporación.
- El proyecto se va a realizar en un entorno de programación tipo R por lo que serán necesarios unos conocimientos mínimos de programación en este lenguaje.
- Las selecciones de puntos que se realizarán para cada diseño no deberán superar los 30 puntos en ninguno de los casos puesto que serían demasiados para la caracterización del comportamiento del compresor de pistón que se va a realizar con el polinomio AHRI o AHRI reducido y una selección de puntos de más de 30 puntos no generaría diferencias con una de 20 o 25.
- El ensayo se va a realizar a dos niveles de superheats, sobrecalentamiento, y con dos refrigerantes diferentes para así poder observar si existen diferencias significativas en el comportamiento del compresor al cambiar alguno de estos parámetros de funcionamiento.
- En el caso de no existir puntos de trabajo en la posición que el diseño de experimentos pertinente solicite se sustituirá dicho punto por el más próximo posible, para mantener los parámetros lo más reales posibles. Al realizar esta traslación de puntos se deberá tener en cuenta que posiblemente haya desaparecido la ortogonalidad de dicho diseño por lo que se repetirá el diseño utilizando una zona del mapa de comportamiento del compresor en la que se pueda realizar el diseño sin perder esta propiedad.

3. CARACTERÍSTICAS DE LOS ENSAYOS

La caracterización de este compresor se ha realizado a partir de 4 ensayos que se realizaron a un compresor de pistón con diferentes refrigerantes y a diferentes niveles de superheat. En este punto vamos a describir el compresor ensayado, así como los refrigerantes que se han usado en este. Además, se adjuntarán los datos de los ensayos que fueron tomados del Instituto de Ingeniería Energética para la posterior realización del proyecto.

3.1. Análisis del compresor

3.1.1. Tipos de compresores

El compresor es una máquina que se creó para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles. Este proceso se realiza a través de un intercambio de energía entre el compresor y el fluido, en el que el compresor transmite su trabajo al fluido aumentando su presión y energía cinética. El trabajo transmitido al fluido hace que este sufra modificaciones en su densidad y en su temperatura.

Existen diferentes tipos de compresores, generalmente estos compresores se suelen dividir en dos grupos a partir de su principio de funcionamiento. Estos grupos son:

- Compresores de desplazamiento positivo. El funcionamiento de estos compresores se basa en que el volumen del fluido disminuye en la cámara de compresión hasta llegar a alcanzar la presión deseada, una vez que se alcanza esta presión se libera el fluido al sistema.
- Compresores dinámicos. En estos compresores el fluido es aspirado por un rodete a través de una campana de entrada y acelerado a gran velocidad, después, el fluido se descarga a unos difusores situados junto al rodete donde toda la energía cinética que lleva el fluido se transforma en presión estática, posteriormente se libera el fluido al sistema.

Dentro de los compresores con desplazamiento positivo encontramos varios subgrupos, el compresor de pistón, compresor de tornillo, compresor de paletas, compresor de lóbulos o émbolos rotativos, compresor scroll y las bombas de vacío. Por otro lado, dentro de los compresores dinámicos se encuentran los compresores centrífugos radiales y los compresores centrífugos axiales.

3.1.2. Compresor ensayado

El compresor que se ha caracterizado en este proyecto es un compresor de pistón, subgrupo que encontramos dentro del grupo de compresores de desplazamiento positivo. Este tipo de compresores aspiran el fluido al interior de un cilindro por la acción de un pistón accionado por una biela y un cigüeñal. Después, se cierran las válvulas y al realizar el movimiento contrario al de aspiración, el pistón comprime el fluido en el interior del cilindro. Luego, una vez se ha alcanzado la presión requerida se vuelven a abrir las válvulas y se libera el fluido a la red.

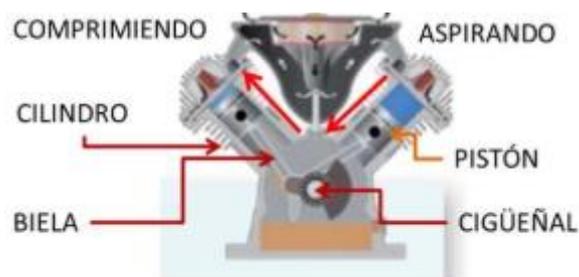


Figura 1. Compresor de pistón

En la *Figura 1* observamos un compresor de pistón con dos cilindros. El cilindro de la derecha se encuentra en la fase de aspiración por ello observamos que la cámara de compresión se encuentra en su volumen máximo, en esta fase, las válvulas se encuentran abiertas permitiendo que el fluido ocupe todo el volumen de la cámara de compresión. El cilindro de la izquierda por otro lado se encuentra en la fase de compresión, esta fase es justo posterior a la de aspiración, en esta fase se cierran las válvulas y se disminuye el volumen de la cámara de compresión con lo que se aumenta la presión del fluido.

El compresor al que pertenecen los ensayos utilizados es un compresor de pistón que se encuentra en el catálogo del fabricante Emerson Climate Technologies, Inc. Tipo Copeland Brand que pertenece al modelo CS14K6E-TF5-273 cuyas especificaciones son las siguientes:

- Placa del motor: 208/230V~3Ø-60Hz, 2 hp, 9.1A RLA (Amperaje de carga en funcionamiento), (MCC/1.4), 3500RPM (nominal)
- Desplazamiento: 47.15cm³/rev
- Cantidad: 38.5m³/min
- Flujo de aire: Si
- Velocidad y temperatura del aire: 35°C Ambiente
- Orientación del flujo de aire en relación al compresor: perpendicular al eje vertical del compresor.

3.2. Análisis del refrigerante

El refrigerante es el fluido compresible encargado de realizar el ciclo de refrigeración o calefacción. Este fluido en un sistema de refrigeración absorbe calor a bajas temperaturas y presión y lo cede a temperaturas y presiones más elevadas. El refrigerante usado en un ciclo de compresión de vapor determinará su COP, el tamaño del compresor, los materiales a emplear y las protecciones de seguridad exigibles.

3.2.1. Requerimientos y clasificación de los refrigerantes

Existe una serie de requerimientos que debe cumplir un refrigerante. Estos requerimientos pueden ser termodinámicos, técnicos, de seguridad, medioambientales y económicos, cabe destacar que a día de hoy ningún refrigerante es capaz de cumplir todos los requisitos exigibles.

Los requerimientos termodinámicos son los siguientes:

- Calor latente elevado (menor caudal másico requerido).
- Presión de evaporación mayor a 1 atm (evitar la entrada de aire en el circuito).
- Temperatura crítica mucho mayor que la de condensación (menor consumo).
- Temperatura de fusión mucho menor que la de evaporación (refrigerante en fase fluida).
- Tasa de compresión baja (menores consumo de compresor y temperatura de descarga).
- Presión de condensación lo más baja posible.
- Alta producción frigorífica volumétrica específica (compresor de menor tamaño)
- Bajo calor específico del líquido (mayor subenfriamiento para mismo salto entálpico).
- Elevado calor específico del vapor (menor recalentamiento del vapor para mismo salto entálpico).
- Baja viscosidad (menor pérdida de carga).
- Altos coeficientes de transmisión térmica.

Los requerimientos técnicos existentes:

- Tanto en fluido puro como en mezclas con agua o impurezas debe ser compatible con metales y aleaciones.
- Compatibilidad con materiales plásticos y elastómeros.
- Compatibilidad con aceites y lubricantes.
- Compatibilidad con el producto refrigerado.
- Baja tendencia a fugas, que se adapte a la instalación en la que se encuentra y que esta se mantenga estanca.
- Fácil detección de fugas.

Requerimientos de seguridad y económicos:

- No debe ser tóxico.
- No debe ser inflamable.
- No debe formar mezclas explosivas con el aire.
- No sea perjudicial para la capa de ozono.
- Baja capacidad productiva de efecto invernadero.
- Precio asequible y fácil disponibilidad en el mercado.

Requerimientos medioambientales y de seguridad. Para evaluar un refrigerante en este ámbito debemos tener en cuenta tres valores. Estos factores son:

- ODP, potencial de destrucción de la capa de ozono (relativo al que provoca el R11).
- GWP, potencial de calentamiento global (relativo al que provoca el CO₂).
- TEWI, efecto invernadero total equivalente.
- ACV, análisis del ciclo de vida (evalúa el impacto ambiental del equipo que usa el refrigerante, incluyendo su fabricación, su uso y destrucción o reciclado).

Estos factores evalúan el impacto medioambiental que tiene el refrigerante. Además, también se tiene en cuenta el grado de inflamabilidad y toxicidad del refrigerante.

En cuanto a los tipos de refrigerantes se realiza una clasificación en función de sus componentes y su impacto medioambiental. En esta clasificación podemos encontrar los siguientes grupos:

- CFCs (CloroFluoroCarbonos), son compuestos orgánicos que contienen átomos de cloro y de carbono y unos valores de GWP (potencial de calentamiento global) y ODP (potencial de destrucción de la capa de ozono) altos.
- HCFCs (HidroCloroFluoroCarbonos), compuestos orgánicos con átomos de hidrógeno, cloro y flúor.

- HFCs (HidroFluoroCarbonos), compuestos orgánicos con átomos de flúor y de hidrógeno, poseen un alto valor de GWP y un valor nulo de ODP.
- Naturales, fluidos presentes en el ambiente de forma natural, Nulo ODP y bajo GWP.
- HFOs (olefinas), hidrocarburos insaturados con nulo ODP y bajo GWP.
- Mezclas, existen dos tipos de mezclas, las zeotrópicas y las azeotrópicas, las primeras muestran el fenómeno conocido como glide, en el cambio de fase la temperatura cambia con el título de vapor, y las segundas se comportan como si de una sustancia pura se tratase y la temperatura permanece constante en el cambio de fase.

3.2.2. Refrigerantes ensayados

Los ensayos de nuestro compresor los hemos realizado con dos refrigerantes diferentes. Estos refrigerantes son el DR7 y el L40.

Para el ensayo con refrigerante DR7 se introdujo en el circuito 0.9 Kg de refrigerante junto con el lubricante 32-3MAFPOE de un grado de viscosidad de 32 cSt (centistokes). Este refrigerante es una mezcla compuesta en un 36% por el refrigerante R-32 (hidrofluorocarbono) y en un 64% por el 1234yf (olefina).

Para el segundo ensayo, se ha ensayado el compresor de pistón con el refrigerante L40. Este refrigerante es una mezcla de los refrigerantes puros R32 (hidrofluorocarbono), R152a (hidrofluorocarbono), R1234yf (olefina) y R1234ze (olefina) con un valor de GWP de 285. Este refrigerante pertenece a la serie L de los refrigerantes que se caracterizan por tener un GWP bajo.

3.3. Datos empleados

3.3.1. Datos originales

Los datos originales con los que se ha procedido a realizar la caracterización del compresor de pistones son una colección de puntos ensayados en nuestros compresores a dos niveles de superheats diferentes y con dos refrigerantes diferentes, DR7 y L40.

Para un superheat de 11.11K y el refrigerante DR7 utilizamos los siguientes puntos previamente ensayado en nuestro compresor:

Tevap_r	Tevap_b	Tcond_r	Tcond_b	Pcond	Pevap	rp	SH	SC	Wcomp	mref	Qevap	Qcond	Ref
°C	°C	°C	°C	bar	bar	-	K	K	kW	kg/h	kW	kW	-
-31,666667	-37,203398	40,5555556	35,6956296	17,7311908	1,66407604	10,6552768	11,1111111	0	0,897	22,6796185	0,91665458	1,51138002	DR7
-28,888889	-34,43058	26,6666667	21,4640345	12,32675	1,87537456	6,57295359	11,1111111	0	1,039	34,4730201	1,63381321	2,4581715	DR7
-23,333333	-28,88134	21,1111111	15,8142315	10,5609472	2,36030477	4,4743998	11,1111111	0	1,217	55,3382691	2,81215854	3,88852997	DR7
-23,333333	-28,88134	32,2222222	27,136248	14,3092449	2,36030477	6,06245647	11,1111111	0	1,263	48,5343836	2,22308637	3,28857851	DR7
-23,333333	-28,88134	48,8888889	44,3331	21,7565375	2,36030477	9,21768146	11,1111111	0	1,196	33,5658354	1,26430989	2,14359145	DR7
-20,555556	-26,104716	26,6666667	21,4640345	12,32675	2,63657151	4,67529514	11,1111111	0	1,348	62,1421547	3,03328792	4,22377679	DR7
-20,555556	-26,104716	48,8888889	44,3331	21,7565375	2,63657151	8,2518291	11,1111111	0	1,351	42,6376828	1,62598254	2,68418866	DR7
-20,555556	-26,104716	60	56,0247044	28,2206568	2,63657151	10,7035431	11,1111111	0	1,24	31,2978735	1,00273988	1,8025052	DR7
-17,777778	-23,326605	21,1111111	15,8142315	10,5609472	2,93719027	3,59559518	11,1111111	0	1,368	75,2963334	3,89653898	5,15556267	DR7
-17,777778	-23,326605	32,2222222	27,136248	14,3092449	2,93719027	4,87174599	11,1111111	0	1,484	68,0388555	3,1798732	4,49413943	DR7
-17,777778	-23,326605	40,5555556	35,6956296	17,7311908	2,93719027	6,03678657	11,1111111	0	1,516	59,8741928	2,56142075	3,85306939	DR7
-17,777778	-23,326605	54,4444444	50,1484185	24,8183919	2,93719027	8,44970518	11,1111111	0	1,486	47,1736065	1,68138186	2,85364844	DR7
-12,222222	-17,765412	21,1111111	15,8142315	10,5609472	3,61715458	2,91968368	11,1111111	0	1,513	101,604691	5,35055466	6,77407058	DR7
-12,222222	-17,765412	26,6666667	21,4640345	12,32675	3,61715458	3,40785823	11,1111111	0	1,597	96,6151748	4,84879482	6,34082702	DR7
-12,222222	-17,765412	32,2222222	27,136248	14,3092449	3,61715458	3,95593957	11,1111111	0	1,693	92,5328435	4,40893633	5,96967909	DR7
-12,222222	-17,765412	32,2222222	27,136248	14,3092449	3,61715458	3,95593957	11,1111111	0	1,685	92,0792511	4,3873239	5,92464877	DR7
-12,222222	-17,765412	43,3333333	38,5649725	19,001947	3,61715458	5,25328585	11,1111111	0	1,8	80,7394419	3,41736341	4,99200601	DR7
-12,222222	-17,765412	54,4444444	50,1484185	24,8183919	3,61715458	6,86130254	11,1111111	0	1,831	68,4924479	2,50364215	4,02786407	DR7
-6,666667	-12,196633	48,8888889	44,3331	21,7565375	4,4119045	4,93132558	11,1111111	0	2,117	100,697506	4,06788469	5,95200492	DR7
-6,666667	-12,196633	48,8888889	44,3331	21,7565375	4,4119045	4,93132558	11,1111111	0	2,125	102,058283	4,1228561	5,9947333	DR7
-6,666667	-12,196633	60	56,0247044	28,2206568	4,4119045	6,39647951	11,1111111	0	2,197	87,5433274	3,00280602	4,88991563	DR7
-3,888889	-9,4089979	26,6666667	21,4640345	12,32675	4,85614461	2,53838198	11,1111111	0	1,779	144,242374	7,42967901	9,12759886	DR7
-3,888889	-9,4089979	43,3333333	38,5649725	19,001947	4,85614461	3,91296975	11,1111111	0	2,175	124,284309	5,42469211	7,41580696	DR7
-3,888889	-9,4089979	60	56,0247044	28,2206568	4,85614461	5,81132957	11,1111111	0	2,336	100,243914	3,4819533	5,52149104	DR7
-1,111111	-6,618961	43,3333333	38,5649725	19,001947	5,33374218	3,56259195	11,1111111	0	2,268	141,067227	6,21744881	8,289315	DR7
-1,111111	-6,618961	54,4444444	50,1484185	24,8183919	5,33374218	4,65309177	11,1111111	0	2,487	126,552271	4,84721698	7,05874771	DR7

Figura 2. Colección de puntos 11.11K y DR7

En la Figura 2 se puede observar una tabla en la que aparecen 26 puntos de trabajo diferentes (diferentes combinaciones de temperaturas de condensación y evaporación) de los cuales conocemos una serie de variables de las cuales el refrigerante y el SH permanecen constantes las cuales solo se tendrán en cuenta para saber en qué selección de puntos nos encontramos. En cambio, las variables Tevap_r, Tcond_r, Wcomp y mref serán las que se tendrán en cuenta a la hora de realizar las caracterizaciones.

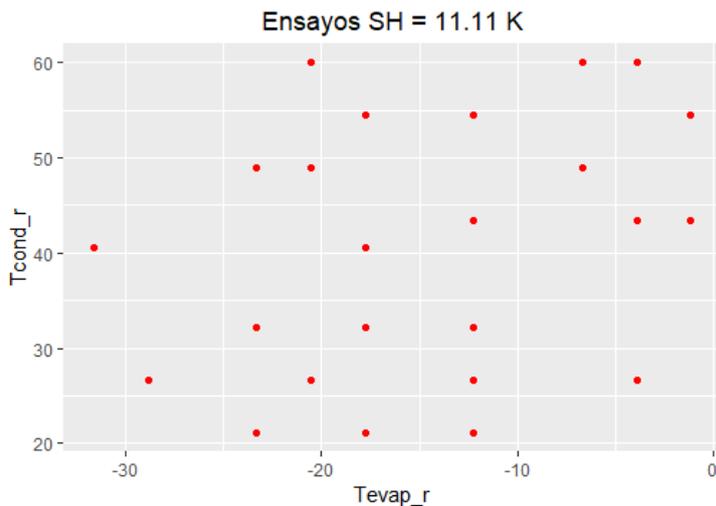


Figura 3. Representación de puntos del ensayo 11.11K y DR7

En la *Figura 3* vemos representados en un diagrama que relaciona las temperaturas de evaporación y las de condensación los puntos de trabajo del compresor para el ensayo del refrigerante DR7 a un SH11.11K. Esta representación de puntos se ha realizado mediante la herramienta de programación R. Esta herramienta de programación es la utilizada

para la realización de toda la caracterización del compresor de pistón.

Para caracterizar el compresor con el refrigerante DR7 y un SH22.22K utilizamos el ensayo de 26 puntos que vemos en la *Figura 4* y también lo generamos una representación en la herramienta de programación R en función de sus temperaturas de evaporación y condensación como se puede observar en la *Figura 5*.

-31,666667	-37,203398	40,555556	35,6956296	17,7311908	1,66407604	10,6552768	22,2222222	0	0,887	21,3188414	0,91800527	1,45437765	DR7
-28,888889	-34,43058	26,6666667	21,4640345	12,32675	1,87537456	6,57295359	22,2222222	0	1,022	34,4730201	1,72597961	2,50422991	DR7
-28,888889	-34,43058	43,3333333	38,5649725	19,001947	1,87537456	10,1323476	22,2222222	0	0,978	24,493988	1,03381023	1,6279083	DR7
-23,333333	-28,88134	21,1111111	15,8142315	10,5609472	2,36030477	4,4743998	22,2222222	0	1,198	54,8846768	2,93929313	3,95540007	DR7
-23,333333	-28,88134	32,2222222	27,136248	14,3092449	2,36030477	6,06245647	22,2222222	0	1,255	47,6271989	2,31185923	3,32443277	DR7
-23,333333	-28,88134	48,8888889	44,3331	21,7565375	2,36030477	9,21768146	22,2222222	0	1,188	34,4730201	1,39281155	2,22654585	DR7
-20,555556	-26,104716	26,6666667	21,4640345	12,32675	2,63657151	4,67529514	22,2222222	0	1,328	60,7813776	3,13515989	4,26313883	DR7
-20,555556	-26,104716	48,8888889	44,3331	21,7565375	2,63657151	8,2518291	22,2222222	0	1,343	42,6376828	1,74403976	2,7384188	DR7
-20,555556	-26,104716	60	56,0247044	28,2206568	2,63657151	10,7035431	22,2222222	0	1,23	30,8442812	1,07361052	1,82945566	DR7
-17,777778	-23,326605	21,1111111	15,8142315	10,5609472	2,93719027	3,59595958	22,2222222	0	1,337	71,6675945	3,90957246	5,09455466	DR7
-17,777778	-23,326605	32,2222222	27,136248	14,3092449	2,93719027	4,87174599	22,2222222	0	1,476	64,8637089	3,21323256	4,46130083	DR7
-17,777778	-23,326605	40,5555556	35,6956296	17,7311908	2,93719027	6,03678657	22,2222222	0	1,507	57,1526386	2,60513892	3,81871691	DR7
-17,777778	-23,326605	54,4444444	50,1484185	24,8183919	2,93719027	8,44970518	22,2222222	0	1,481	44,4520523	1,70893737	2,7964468	DR7
-12,222222	-17,765412	21,1111111	15,8142315	10,5609472	3,61715458	2,91968368	22,2222222	0	1,49	99,7903214	5,54150911	6,8979228	DR7
-12,222222	-17,765412	26,6666667	21,4640345	12,32675	3,61715458	3,40785823	22,2222222	0	1,576	92,0792511	4,8855133	6,28932819	DR7
-12,222222	-17,765412	32,2222222	27,136248	14,3092449	3,61715458	3,95593957	22,2222222	0	1,675	88,4505122	4,46836768	5,93290853	DR7
-12,222222	-17,765412	43,3333333	38,5649725	19,001947	3,61715458	5,25328585	22,2222222	0	1,825	78,9250724	3,56716424	5,10527701	DR7
-12,222222	-17,765412	54,4444444	50,1484185	24,8183919	3,61715458	6,86130254	22,2222222	0	1,841	65,7708937	2,59298927	4,0643765	DR7
-6,666667	-12,196633	48,8888889	44,3331	21,7565375	4,4119045	4,93132558	22,2222222	0	2,101	101,604691	4,4036175	6,19237641	DR7
-6,666667	-12,196633	48,8888889	44,3331	21,7565375	4,4119045	4,93132558	22,2222222	0	2,109	98,8831367	4,28566346	6,04461065	DR7
-6,666667	-12,196633	60	56,0247044	28,2206568	4,4119045	6,39647951	22,2222222	0	2,156	87,089735	3,24360619	4,99894536	DR7
-3,888889	-9,4089979	26,6666667	21,4640345	12,32675	4,85614461	2,53838198	22,2222222	0	1,756	141,520819	7,71143378	9,28797197	DR7
-3,888889	-9,4089979	43,3333333	38,5649725	19,001947	4,85614461	3,91296975	22,2222222	0	2,153	120,65557	5,62603561	7,50320027	DR7
-3,888889	-9,4089979	60	56,0247044	28,2206568	4,85614461	5,81132957	22,2222222	0	2,314	99,7903214	3,76371781	5,68958468	DR7
-1,111111	-6,618961	43,3333333	38,5649725	19,001947	5,33374218	3,56259195	22,2222222	0	2,247	137,438488	6,47263569	8,44831671	DR7
-1,111111	-6,618961	54,4444444	50,1484185	24,8183919	5,33374218	4,65309177	22,2222222	0	2,466	125,645087	5,1919702	7,29426522	DR7

Figura 4. Colección de puntos DR7 y SH22.22K

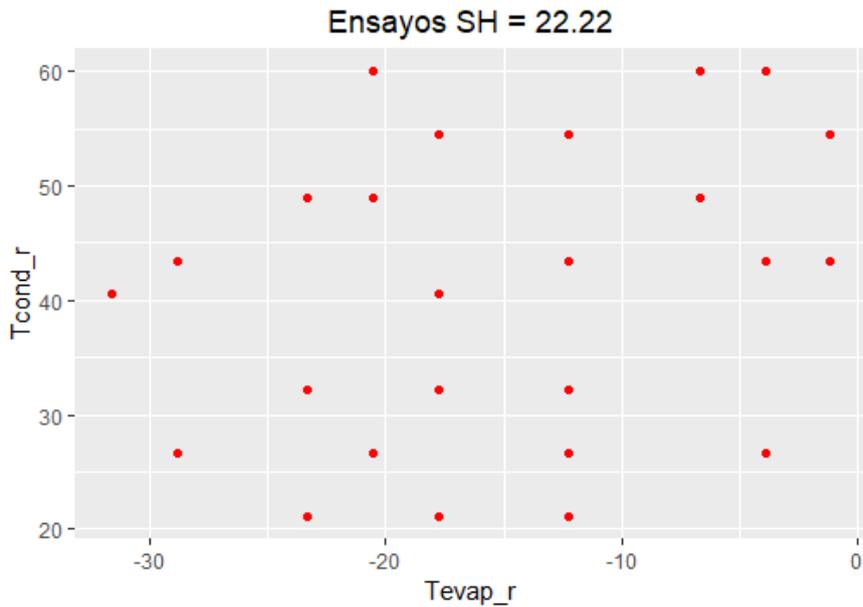


Figura 5. Representación de puntos del ensayo 22.22K y DR7

Para la caracterización del compresor con el refrigerante L40 y un SH11.11K teníamos un ensayo de 24 puntos como se puede observar en las Figuras 6 y Figura 7 (representación en función de sus temperaturas). Por último, para caracterizar el ensayo con el refrigerante L40 y un SH22.22 contábamos con 27 puntos, Figuras 8 y Figura 9 (representación en función de sus temperaturas).

id	Tevap_r	Tevap_b	Tcond_r	Tcond_b	Pcond	Pevap	rp	SH	SC	Wcomp	mref	Qevap	Qcond	Ref
-	°C	°C	°C	°C	bar	bar	-	K	K	kW	kg/h	kW	kW	-
SH = 11.11K	-28,8889	-37,1989	26,6667	19,23584	10,75615	1,512746	7,110348	11,11111	0	0,865	22,67962	1,274554	1,844575	L40
SH = 11.11K	-23,3333	-31,5905	21,11111	13,53887	9,165968	1,924715	4,762247	11,11111	0	1,036	37,64817	2,247915	3,078991	L40
SH = 11.11K	-23,3333	-31,5905	32,22222	24,95226	12,54748	1,924715	6,519135	11,11111	0	1,069	32,20506	1,758337	2,537798	L40
SH = 11.11K	-23,3333	-31,5905	48,88889	42,25343	19,30606	1,924715	10,03061	11,11111	0	1,011	22,22603	1,03161	1,623903	L40
SH = 11.11K	-20,5556	-28,7848	26,66667	19,23584	10,75615	2,161032	4,977321	11,11111	0	1,16	42,63768	2,458776	3,396848	L40
SH = 11.11K	-20,5556	-28,7848	48,88889	42,25343	19,30606	2,161032	8,333719	11,11111	0	1,154	28,57632	1,340211	2,098182	L40
SH = 11.11K	-20,5556	-28,7848	51,66667	45,16542	20,66055	2,161032	9,560501	11,11111	0	1,136	25,40117	1,154621	1,84026	L40
SH = 11.11K	-17,7778	-25,9778	21,11111	13,53887	9,165968	2,419312	3,788667	11,11111	0	1,151	52,61671	3,192427	4,191601	L40
SH = 11.11K	-17,7778	-25,9778	32,22222	24,95226	12,54748	2,419312	5,186382	11,11111	0	1,286	47,6272	2,646307	3,688476	L40
SH = 11.11K	-17,7778	-25,9778	40,55556	33,5704	15,64934	2,419312	6,46851	11,11111	0	1,322	42,18409	2,175122	3,190342	L40
SH = 11.11K	-17,7778	-25,9778	54,44444	48,08776	22,08774	2,419312	9,129763	11,11111	0	1,275	31,29787	1,391575	2,229963	L40
SH = 11.11K	-12,2222	-20,3596	21,11111	13,53887	9,165968	3,007204	3,048004	11,11111	0	1,339	76,20352	4,695411	5,909275	L40
SH = 11.11K	-12,2222	-20,3596	26,66667	19,23584	10,75615	3,007204	3,576795	11,11111	0	1,388	69,85322	4,127633	5,344472	L40
SH = 11.11K	-12,2222	-20,3596	32,22222	24,95226	12,54748	3,007204	4,172473	11,11111	0	1,482	66,22449	3,742108	5,01643	L40
SH = 11.11K	-12,2222	-20,3596	43,33333	36,4567	16,80322	3,007204	5,587657	11,11111	0	1,579	58,05982	2,968844	4,257546	L40
SH = 11.11K	-12,2222	-20,3596	54,44444	48,08776	22,08774	3,007204	7,344945	11,11111	0	1,608	48,53438	2,203741	3,431205	L40
SH = 11.11K	-6,66667	-14,7347	48,88889	42,25343	19,30606	3,69965	5,216347	11,11111	0	1,905	78,01789	3,841788	5,431951	L40
SH = 11.11K	-6,66667	-14,7347	48,88889	42,25343	19,30606	3,69965	5,216347	11,11111	0	1,92	75,74993	3,730108	5,329061	L40
SH = 11.11K	-6,66667	-14,7347	60	53,96833	25,17351	3,69965	6,804296	11,11111	0	1,955	63,50293	2,748306	4,291294	L40
SH = 11.11K	-3,88889	-11,9194	26,66667	19,23584	10,75615	4,08876	2,630664	11,11111	0	1,589	110,6765	6,691484	8,173226	L40
SH = 11.11K	-3,88889	-11,9194	43,33333	36,4567	16,80322	4,08876	4,109614	11,11111	0	1,917	91,62566	4,81071	6,475174	L40
SH = 11.11K	-3,88889	-11,9194	60	53,96833	25,17351	4,08876	6,15676	11,11111	0	2,161	78,01789	3,411604	5,183306	L40
SH = 11.11K	-1,11111	-9,10195	43,33333	36,4567	16,80322	4,508496	3,727012	11,11111	0	2,021	104,7798	5,547781	7,330133	L40
SH = 11.11K	-1,11111	-9,10195	54,44444	48,08776	22,08774	4,508496	4,899138	11,11111	0	2,212	93,44003	4,412106	6,294043	L40

Figura 6. Colección de puntos L40 y SH11.11K

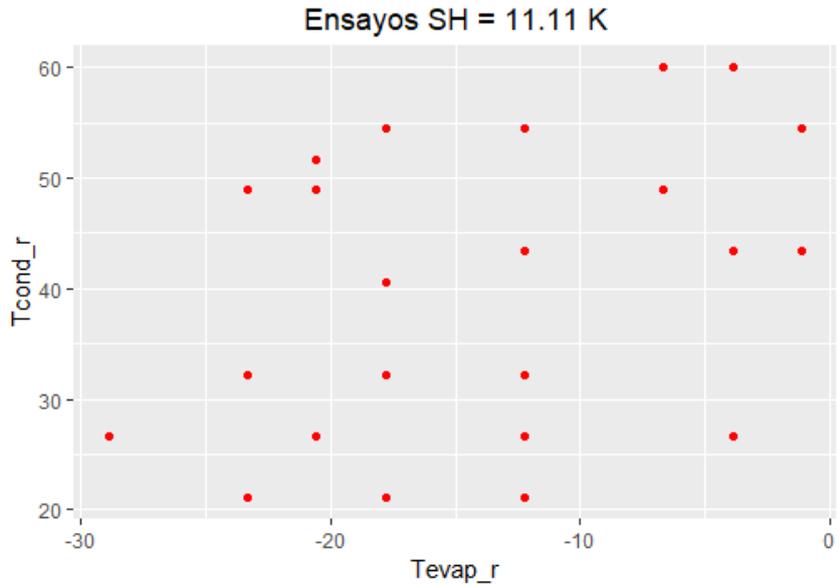


Figura 7. Representación de puntos del ensayo L40 y SH11.11K

SH = 22.221	-31,6667	-40,0018	40,55556	33,5704	15,64934	1,334579	11,72605	22,22222	0	0,766	14,06136	0,727993	1,073275	L40
SH = 22.221	-28,8889	-37,1989	26,66667	19,23584	10,75615	1,512746	7,110348	22,22222	0	0,856	21,77243	1,282025	1,803459	L40
SH = 22.221	-28,8889	-37,1989	37,77778	30,69126	14,55704	1,512746	9,622922	22,22222	0	0,822	16,78292	0,900414	1,309781	L40
SH = 22.221	-28,8889	-37,1989	43,33333	36,4567	16,80322	1,512746	11,10776	22,22222	0	0,841	16,32933	0,831605	1,243582	L40
SH = 22.221	-23,3333	-31,5905	21,11111	13,53887	9,165968	1,924715	4,762247	22,22222	0	1,014	36,28739	2,266207	3,02704	L40
SH = 22.221	-23,3333	-31,5905	32,22222	24,95226	12,54748	1,924715	6,519135	22,22222	0	1,056	30,84428	1,768652	2,493373	L40
SH = 22.221	-23,3333	-31,5905	43,33333	36,4567	16,80322	1,924715	8,730239	22,22222	0	1,032	24,0404	1,249358	1,860511	L40
SH = 22.221	-23,3333	-31,5905	48,88889	42,25343	19,30606	1,924715	10,03061	22,22222	0	1,006	21,31884	1,047984	1,588355	L40
SH = 22.221	-20,5556	-28,7848	26,66667	19,23584	10,75615	2,161032	4,977321	22,22222	0	1,133	40,36972	2,439953	3,296793	L40
SH = 22.221	-20,5556	-28,7848	48,88889	42,25343	19,30606	2,161032	8,933719	22,22222	0	1,141	27,21554	1,351873	2,047282	L40
SH = 22.221	-17,7778	-25,9778	21,11111	13,53887	9,165968	2,419312	3,788667	22,22222	0	1,14	49,44157	3,13844	4,05157	L40
SH = 22.221	-17,7778	-25,9778	32,22222	24,95226	12,54748	2,419312	5,186382	22,22222	0	1,266	45,35924	2,647503	3,605137	L40
SH = 22.221	-17,7778	-25,9778	40,55556	33,5704	15,64934	2,419312	6,46851	22,22222	0	1,309	40,82331	2,219446	3,165876	L40
SH = 22.221	-17,7778	-25,9778	54,44444	48,08776	22,08774	2,419312	9,129763	22,22222	0	1,264	30,84428	1,457911	2,243065	L40
SH = 22.221	-12,2222	-20,3596	21,11111	13,53887	9,165968	3,007204	3,048004	22,22222	0	1,321	73,02837	4,709293	5,841454	L40
SH = 22.221	-12,2222	-20,3596	26,66667	19,23584	10,75615	3,007204	3,576795	22,22222	0	1,386	67,13167	4,159422	5,303585	L40
SH = 22.221	-12,2222	-20,3596	32,22222	24,95226	12,54748	3,007204	4,172473	22,22222	0	1,472	64,41012	3,824382	5,020987	L40
SH = 22.221	-12,2222	-20,3596	43,33333	36,4567	16,80322	3,007204	5,587657	22,22222	0	1,561	56,24545	3,037439	4,243748	L40
SH = 22.221	-12,2222	-20,3596	54,44444	48,08776	22,08774	3,007204	7,344945	22,22222	0	1,61	47,6272	2,293195	3,454798	L40
SH = 22.221	-6,66667	-14,7347	48,88889	42,25343	19,30606	3,69965	5,216347	22,22222	0	1,902	74,38915	3,881589	5,394835	L40
SH = 22.221	-6,66667	-14,7347	48,88889	42,25343	19,30606	3,69965	5,216347	22,22222	0	1,906	74,38915	3,881589	5,394835	L40
SH = 22.221	-6,66667	-14,7347	60	53,96833	25,17351	3,69965	6,804296	22,22222	0	1,935	62,59575	2,892895	4,348219	L40
SH = 22.221	-3,88889	-11,9194	26,66667	19,23584	10,75615	4,08876	2,630664	22,22222	0	1,571	107,5014	6,819067	8,189198	L40
SH = 22.221	-3,88889	-11,9194	43,33333	36,4567	16,80322	4,08876	4,109614	22,22222	0	1,9	89,3577	4,957252	6,521004	L40
SH = 22.221	-3,88889	-11,9194	60	53,96833	25,17351	4,08876	6,15676	22,22222	0	2,151	75,29633	3,516415	5,187882	L40
SH = 22.221	-1,11111	-9,10195	43,33333	36,4567	16,80322	4,508496	3,727012	22,22222	0	1,998	102,9655	5,761537	7,4411	L40
SH = 22.221	-1,11111	-9,10195	54,44444	48,08776	22,08774	4,508496	4,899138	22,22222	0	2,198	92,07925	4,624917	6,390532	L40

Figura 8. Colección de puntos L40 y SH22.22K

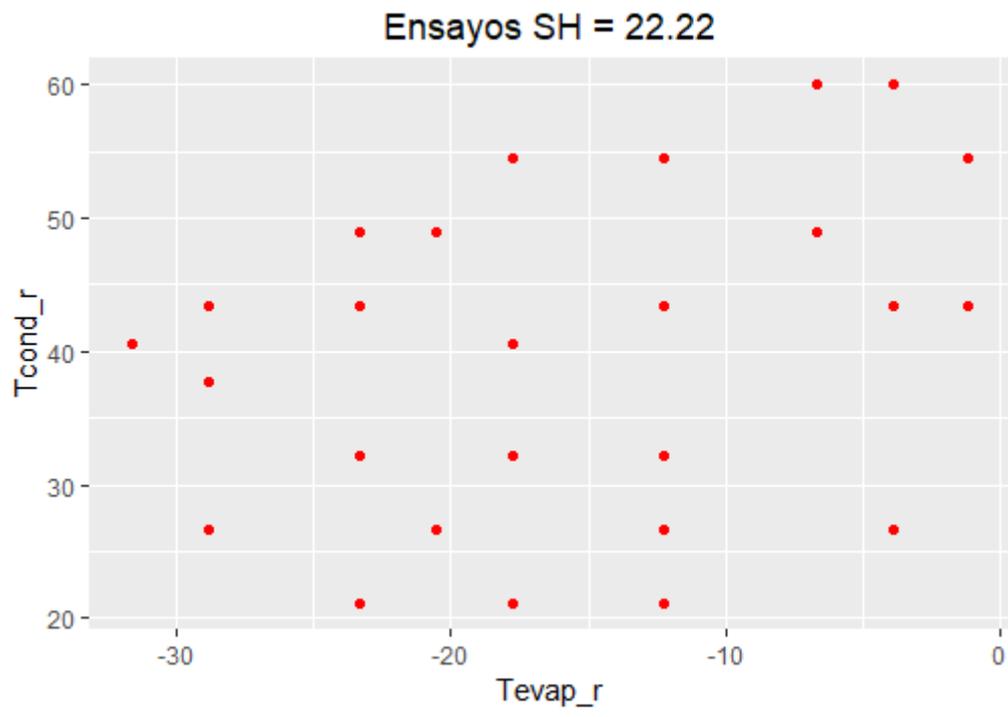


Figura 9. Representación de puntos L40 y SH22.22K

3.3.2. Datos generados para la caracterización

Para la caracterización del compresor de pistón se generó un mallado más fino de puntos para cada ensayo para así tener una selección de puntos más precisa y más adecuada a la hora de aplicar los diseños de experimentos.

Este nuevo mallado o nueva selección de puntos más amplia se generó a partir de una interpolación no lineal tipo kriging. La interpolación kriging es un método de interpolación geoestadístico que está basado en modelos estadísticos que incluyen la autocorrelación, es decir, las relaciones estadísticas entre los puntos medios. Kriging presupone que la distancia o la dirección entre los puntos de muestra reflejan una correlación espacial que puede utilizarse para explicar la variación de la superficie. La herramienta matemática kriging ajusta una función matemática a una cantidad especificada de puntos o a todos los puntos dentro de un radio específico para determinar el valor de la salida para cada ubicación. A continuación, se van a mostrar unas tablas en las que aparecerán la selección de puntos del ensayo, la generada, y los errores generados por el kriging tanto en el trabajo del compresor como en el gasto másico.

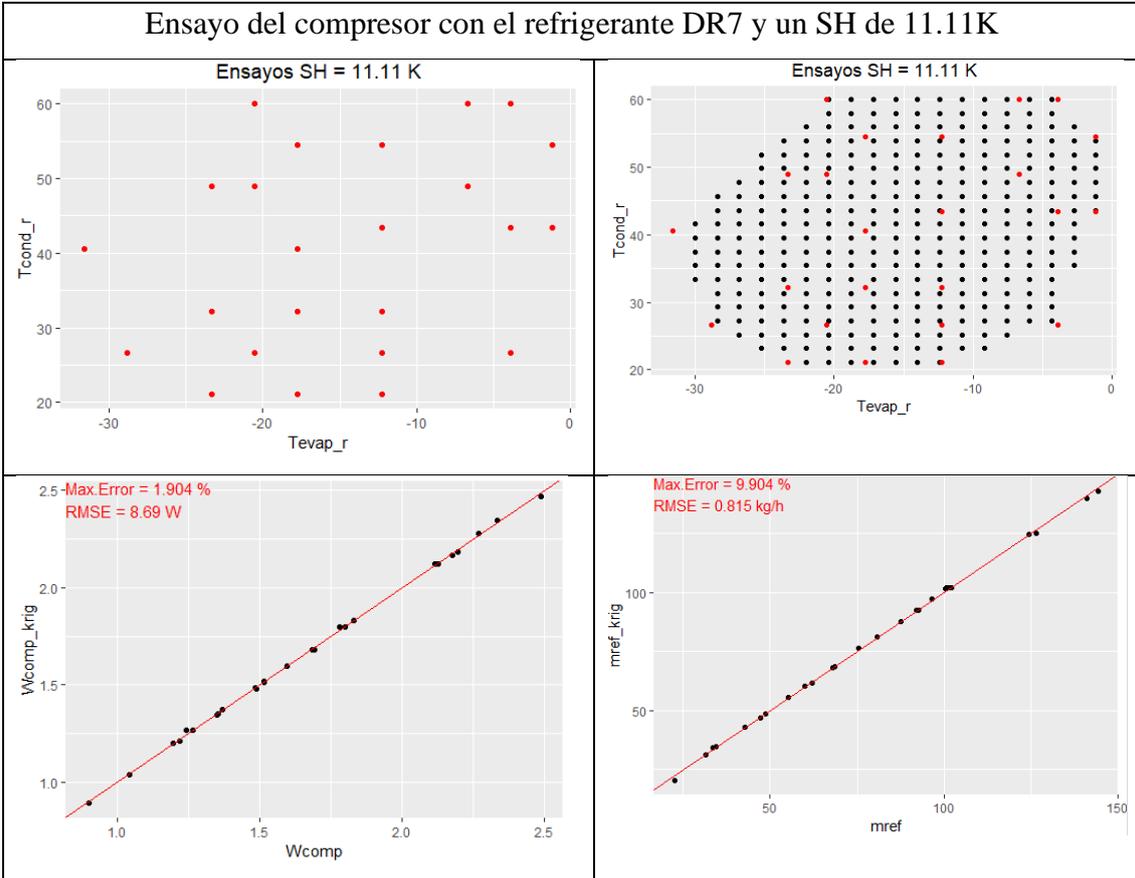


Tabla 1. Tabla del kriging para el ensayo de DR7 y SH11.11K

En la Tabla 1 se puede observar en la primera casilla de la izquierda los puntos que contenía el ensayo representados en función de las temperaturas de evaporación y condensación. En la primera casilla de la derecha se encuentra el mallado generado por la interpolación kriging representado con puntos negros y los puntos del ensayo original representados con puntos rojos. En la segunda casilla de la izquierda se encuentra una comparación de los valores del trabajo de compresor del ensayo original comparados con los valores generados por el kriging. Además, también aparecen los valores de errores máximos y el valor de RMSE (raíz del error cuadrático medio). Por último, en la segunda casilla de la derecha se encuentran los mismos valores que en la de la izquierda, pero en función del gasto de refrigerante.

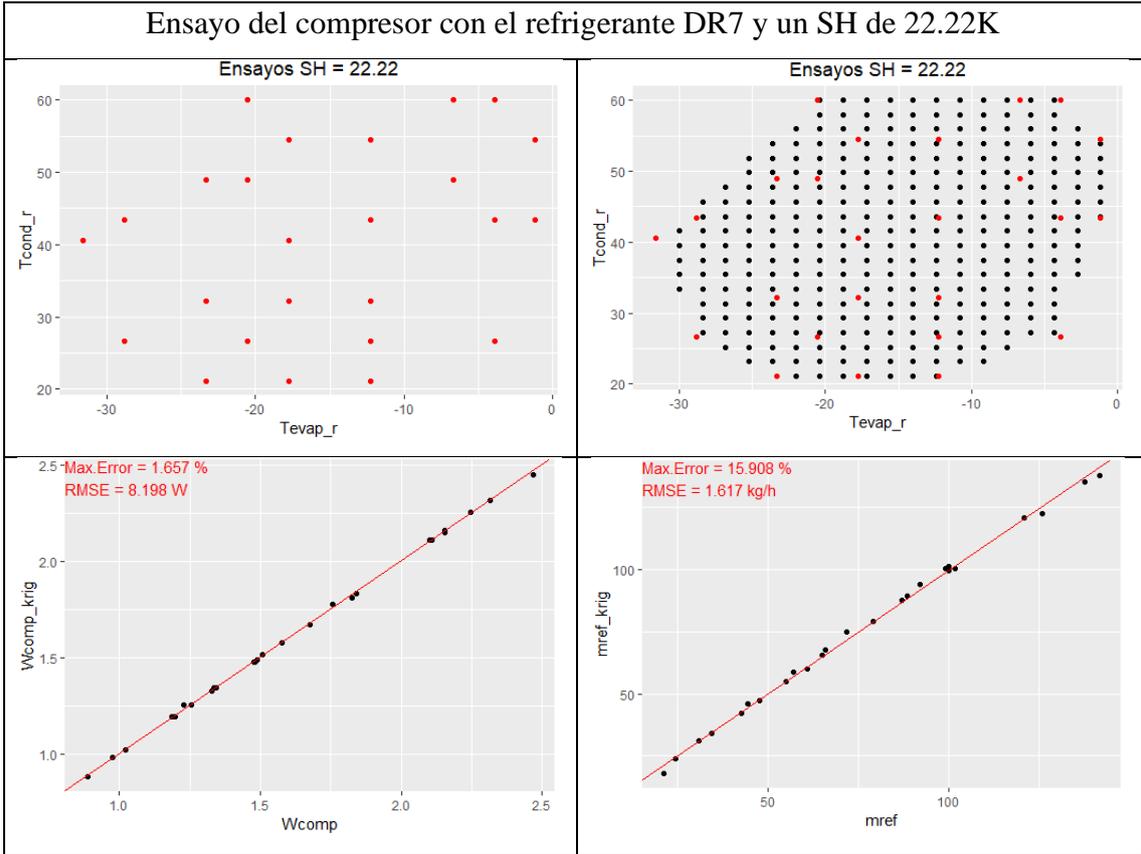


Tabla 2. Tabla del kriging para el ensayo de DR7 y SH22.22K

En las Tablas 2,3 y 4 aparecen las mismas comparaciones y cálculos de errores que en la Tabla 1 lo único que en el caso de la Tabla 2 hace referencia al refrigerante DR7 a un superheat de 22.22K. La Tabla 3 hace referencia a la situación en la que el compresor trabaja con el refrigerante L40 a un superheat de 11.11K y, por último, en la Tabla 4 se observan dichos valores para cuando el compresor trabaja con el refrigerante L40 y un superheat de 22.22K.

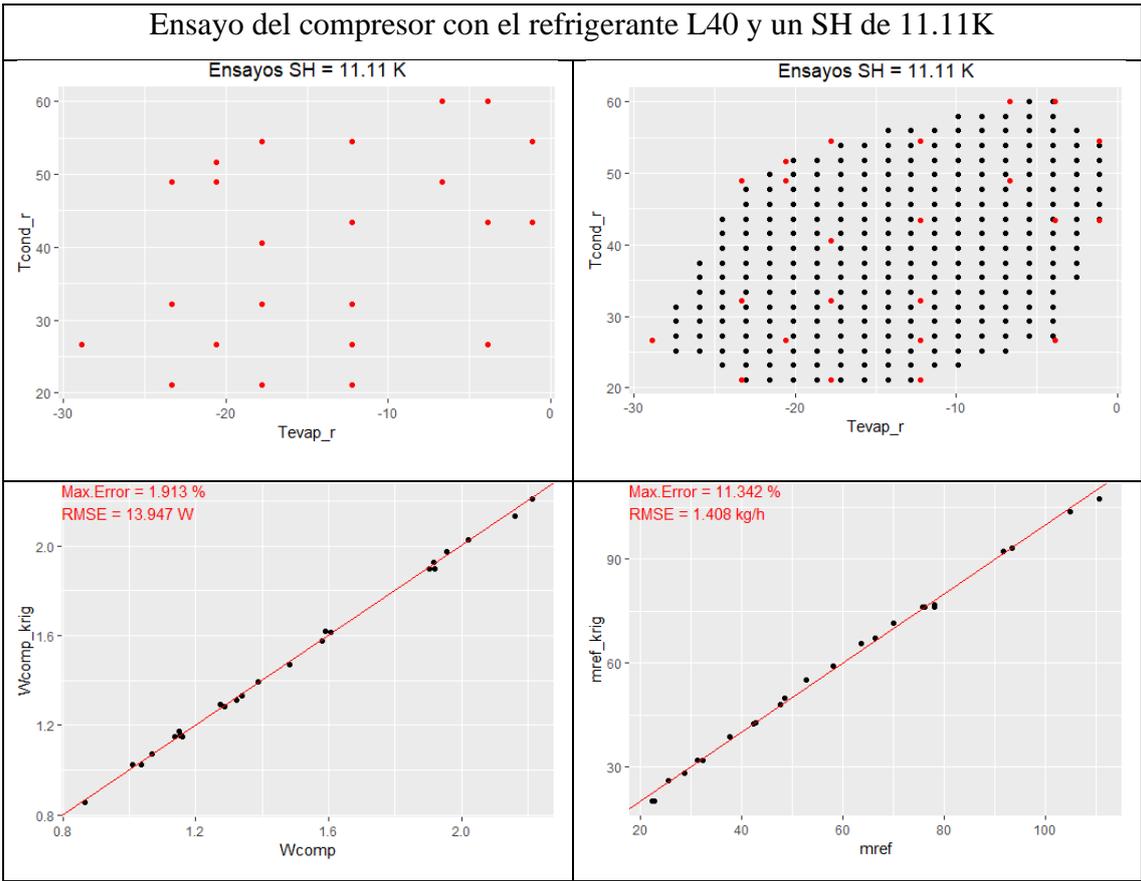


Tabla 3. Tabla del kriging para el ensayo de L40 y SH11.11K

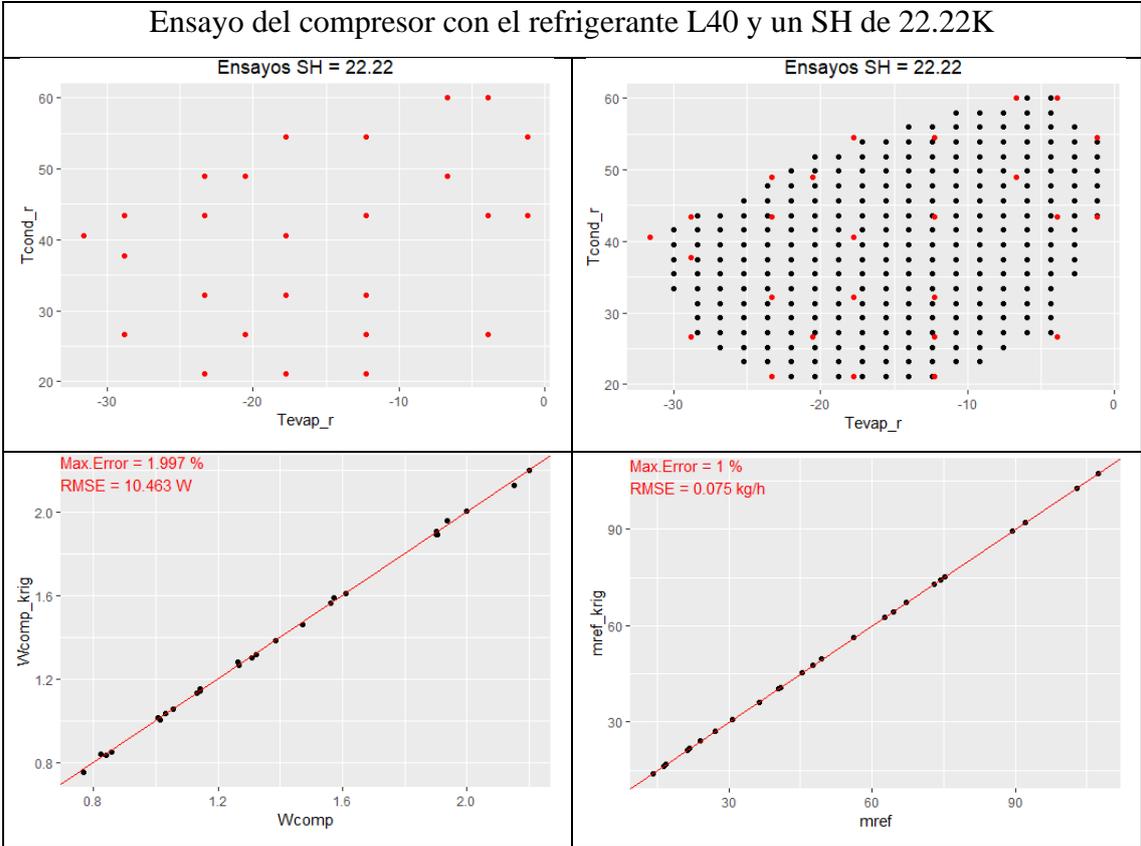


Tabla 4. Tabla del kriging para el ensayo de L40 y SH22.22K

Tal y como se puede observar en las tablas, podemos decir que la generación de estos nuevos puntos a partir del kriging es representativa de los datos originales de ensayo puesto que para el trabajo del compresor tenemos unos valores del RMSE del orden de 8-14 W y nos estamos moviendo en valores del orden de 0.8 a 2.5kW para estas situaciones de trabajo entre las cuales puede trabajar nuestro compresor. En cuanto a los valores del RMSE para el gasto de refrigerante obtenemos unas cifras de 1,5Kg/h a lo sumo, para un abanico de valores del ensayo que oscila de 28 a 140 Kg/h.

Una vez conocidos los valores de la raíz del error cuadrático medio originados, visto que son unos valores muy bajos en comparación con los valores de trabajo de compresor y gasto de refrigerante que manejamos, vamos a proceder a realizar la caracterización del compresor a partir de los datos originados del kriging, para así poder aplicar de una forma más correcta y con una mayor precisión los diferentes diseños experimentales.

4. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN

En este punto del proyecto se va a mostrar el código de programación empleado para generar los modelos que caracterizan el compresor de pistón mediante capturas de pantalla del propio código. También se explicará paso por paso lo que va realizando el código en cada una de sus líneas de programación.

Este código está escrito en el lenguaje de programación R. Este lenguaje de programación está dirigido especialmente hacia el análisis estadístico. Este lenguaje surgió a partir del lenguaje de programación S, el cuál fue implementado por los neozelandeses Ross Ihaka y Robert Gentleman para dar lugar al lenguaje de programación R. Años más tarde consiguieron la licenciarlo bajo GLP (Licencia Pública General) lo cual lo ayudó a que hoy en día R tenga cada vez más repercusión y sea fácil encontrar recursos y tutoriales de este lenguaje de programación. Este lenguaje puede ejecutarse desde cualquier sistema operativo. Además, posee un amplio abanico de herramientas estadísticas tanto lineales como no lineales, test estadísticos, graficas. Análisis de series temporales y algoritmos tanto de clasificación como de agrupamiento. Otro punto a favor de R es que cuenta con un repositorio oficial de paquetes en el cual todos los usuarios que utilicen este lenguaje de programación pueden publicar los paquetes que ellos hayan creado, así como bajar uno que necesiten en el caso de que se encuentre en dicho repositorio, este fue el principal motivo por el que se decidió realizar este proyecto en este lenguaje de programación y no en Excel.

4.1. Carga de datos

En este apartado se va a comentar como el programa lee los datos de los ensayos que se realizaron al compresor de pistones elegido. Estos ensayos se encontraban en el Instituto de Ingeniería Energética por lo que no fue necesario que nosotros ensayásemos el compresor.

```

2 #install.packages("AlgDesign")
3 #install.packages('vdgraph')
4 #install.packages('tidyverse')
5 library(tidyverse)
6 library(vdgraph)
7 library(AlgDesign)
8
9 pacman::p_load(excel.link, Metrics)
10 |
11 source('source/Thin_plate_regression.R')
12 source('source/new_data_krig.R')
13
14
15
16 #----Carga de datos
17
18 df_original<-xl.read.file('data/Datos_originales.xlsx')
```

Figura 10. Código 1

último, en la línea 18 se genera un data frame con la carga de datos del Excel *Datos_originales* gracias a la función *xl.read.file*.

En este fragmento de código aparece la instalación y la carga de los paquetes *tidyverse*, *Vdgraph* y *AlgDesign* procedentes del repositorio. También se cargan las funciones *excel.link*, *Thin_plate_regression* y *new_data_krig*, la primera de ellas también procedente del repositorio y las otras dos son funciones que creadas por nosotros mismos. Por

```

22 head(df_original)
23
24 str(df_original)
25
26 df_original<-df_original[,-1,]
27
28 for (id in c(2:14)) {
29   df_original[, id]<-as.numeric(df_original[, id])
30 }
31
32
33
34
35 head(df_original)
36
37 str(df_original)

```

Figura 11. Código 2

En las líneas de código de la *Figura 11* el programa se encarga de cambiar el tipo de variable con el que se han guardado los datos de las columnas 2 hasta la 14, cambia de tipo carácter a numérico puesto que si no realizáramos esta cambio posteriormente obtendríamos errores a la hora de operar con estos valores, guardados en un tipo de variable que no fuera numérica.

```

41 df_original_11<-df_original %>% filter(id == 'SH = 11.11K')
42
43 df_original_11$SH
44
45 df_original_22<-df_original %>% filter(id == 'SH = 22.22K')
46
47 df_original_22$SH

```

Figura 12. Código 3

En la *Figura 12* se separa el data frame generado anteriormente en dos data frame puesto que en el Excel del que se han cargado los datos aparecen dos ensayos del compresor, uno a SH11.11K y otro a 22.22K. Al

separar el data frame anterior generaremos *df_original_11* y *df_original_22*.

```

51 ggplot() +
52   geom_point(data = df_original_11, aes(x = Tevap_r, y = Tcond_r), color = 'red') +
53   ggtitle(label = 'Ensayos SH = 11.11 K') +
54   theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5))

```

Figura 13. Código 4

En la *Figura 13* el programa representa los puntos guardados en *df_original_11* en función de sus temperaturas de evaporación y condensación, *Figura 14*. El programa realiza posteriormente el mismo proceso para *df_original_22*.

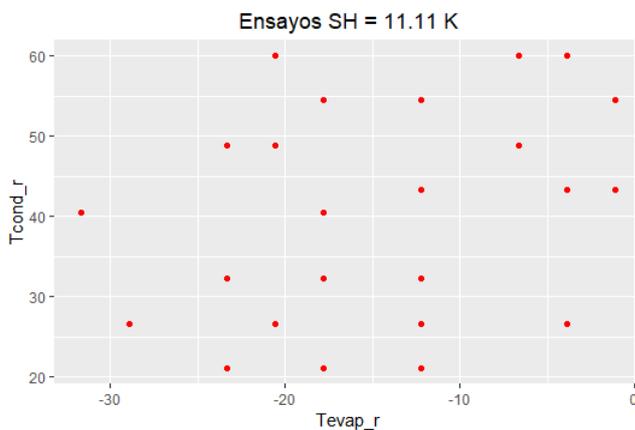


Figura 14. Representación DR7 y SH11.11 en función de temperaturas

4.2. Generación del kriging con sus errores

En este punto de la explicación del código se va a ver como a partir de los ensayos el programa genera una serie de puntos mucho más amplia que la encontrada en los ensayos que tiene un pequeño error respecto al ensayo, pero que no nos va a preocupar. Esta nueva colección de puntos va a ser la que se utilizará posteriormente para la realización de la caracterización ya que nos ayudará a aplicar con una mayor exactitud los diseños de experimentos elegidos para generar los polinomios AHRI y AHRI reducido.

```

66 Model_wcomp_11<-Thin_plate_regression(df_model = df_original_11[, c('Tevap_r', 'Tcond_r', 'wcomp')], npoints_side = 20)
67
68 Model_mref_11<-Thin_plate_regression(df_model = df_original_11[, c('Tevap_r', 'Tcond_r', 'mref')], npoints_side = 20)
69
70 df_krig_11<-data.frame(Tevap_r = Model_wcomp_11[[2]]$Tevap_r,
71                      Tcond_r = Model_wcomp_11[[2]]$Tcond_r,
72                      wcomp = Model_wcomp_11[[2]]$wcomp,
73                      mref = Model_mref_11[[2]]$mref
74                      )
75 head(df_krig_11)
76
77 nrow(df_krig_11)

```

Figura 15. Código 5

En la *Figura 15* aparecen las líneas de código que generaran el mallado a partir de los puntos de los ensayos. La función *Thin_plate_regression* generará a partir de los valores de las temperaturas de condensación y evaporación junto con el trabajo del compresor (línea 66) o el gasto de refrigerante (línea 68) un mallado de 20 niveles sin extrapolar puesto que si se extrapolara tal vez estaríamos generando puntos en zonas en las que nuestro compresor no puede trabajar lo cual haría que la caracterización fuera completamente errónea. Una vez que se aplica la función a *df_original_11* se obtienen una serie de valores nuevos para las variables *Tevap_r*, *Tcond_r*, *Wcomp* y *mref* para cada uno de los puntos de la malla seleccionada, estos nuevos valores se generan teniendo en cuenta los valores de cada una de estas variables de los puntos más cercanos de los datos originales al punto de la malla que se está generando. Una vez generados todos los puntos de la malla se crea un nuevo data frame (*df_krig_11*) en el cual se recogen las variables *Tevap_r*, *Tcond_r*, *Wcomp* y *mref* de todos los nuevos puntos generados. Estos datos serán ya los utilizados para la realización de la caracterización.

```

81 df_original_11$wcomp_krig<-new_data_krig(model = Model_wcomp_11[[1]], new_data_xy = df_original_11[, c('Tevap_r', 'Tcond_r')])
82
83 df_original_11$mref_krig<-new_data_krig(model = Model_mref_11[[1]], new_data_xy = df_original_11[, c('Tevap_r', 'Tcond_r')])
84
85 df_original_11$krig_vs_exp_wc<-100*(abs(df_original_11$wcomp_krig-df_original_11$wcomp)/df_original_11$wcomp)
86
87 df_original_11$krig_vs_exp_mref<-100*(abs(df_original_11$mref_krig-df_original_11$mref)/df_original_11$mref)
88
89 krig_vs_exp_wc_11_rsm<-rmse(actual = df_original_11$wcomp, predicted = df_original_11$wcomp_krig)
90 krig_vs_exp_mref_11_rsm<-rmse(actual = df_original_11$mref, predicted = df_original_11$mref_krig)

```

Figura 16. Código 6

En esta parte del código se generan unos valores de trabajo de compresor y gasto de refrigerante a partir de los valores de estas variables en el mallado pero estos valores tienen como variable en sus temperaturas las temperaturas originales, es decir, recalcula

los valores del gasto de refrigerante y trabajo del compresor originales a partir de los valores de estas variables generados por el kriging.

En las líneas 85 y 87 el programa calcula el error máximo absoluto para las variables *mref* y *Wcomp* existente entre los valores originales y los recalculados. Y en las líneas 89 y 90 calcula la raíz del error cuadrático medio para las variables anteriores.

```
93 ggplot(data = df_original_11, aes(x = wcomp, y = wcomp_krig)) +
94   geom_point() +
95   geom_abline(intercept = 0, slope = 1, colour = 'red') +
96   annotate(geom = 'text', x = -Inf, y = Inf, hjust = 0, vjust = 1, color = 'red',
97     label = paste0('Max. Error = ', round(max(df_original_11$krig_vs_exp_wc), 3), ' %\n',
98     'RMSE = ', round(krig_vs_exp_wc_11_rsm*1000, 3), ' W'))
99
100
101 ggplot(data = df_original_11, aes(x = mref, y = mref_krig)) +
102   geom_point() +
103   geom_abline(intercept = 0, slope = 1, colour = 'red') +
104   annotate(geom = 'text', x = -Inf, y = Inf, hjust = 0, vjust = 1, color = 'red',
105     label = paste0('Max. Error = ', round(max(df_original_11$krig_vs_exp_mref), 3), ' %\n',
106     'RMSE = ', round(krig_vs_exp_mref_11_rsm, 3), ' kg/h'))
```

Figura 17. Código 7

En la *Figura 17* el programa representa la comparación de los valores de trabajo de compresor y gasto de refrigerante de los data frame original y kriging, así como, rotula los errores previamente calculados.

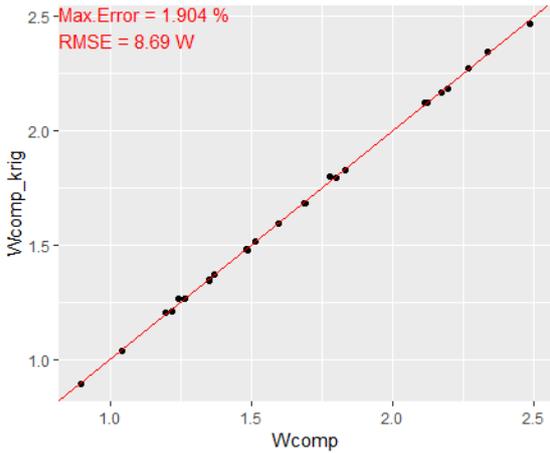


Figura 18. Comparación Wcomp

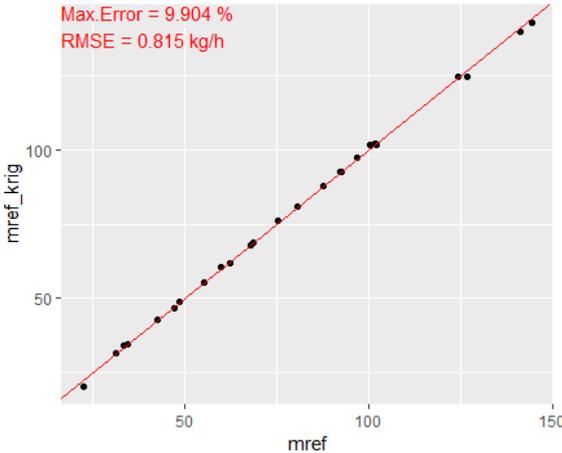


Figura 19. Comparación mref

Los valores obtenidos en los errores son prácticamente despreciables puesto que nos movemos en unos valores de *Wcomp* entre 1 y 2.5 kW y unos valores de *mref* entre 22 y 140 kg/h.

Una vez representados los errores el programa se representa el mayado de puntos generado (puntos negros) encima de los puntos originales (puntos rojos) para ello escribimos las líneas de código de la *Figura 20* y queda representado en la *Figura 21*.

```
158 ggplot() +  
159   geom_point(data = df_krig_11, aes(x = Tevap_r, y = Tcond_r)) +  
160   geom_point(data = df_original_11, aes(x = Tevap_r, y = Tcond_r), color = 'red') +  
161   ggtitle(label = 'Ensayos SH = 11.11 K') +  
162   theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5))
```

Figura 20. Código 8

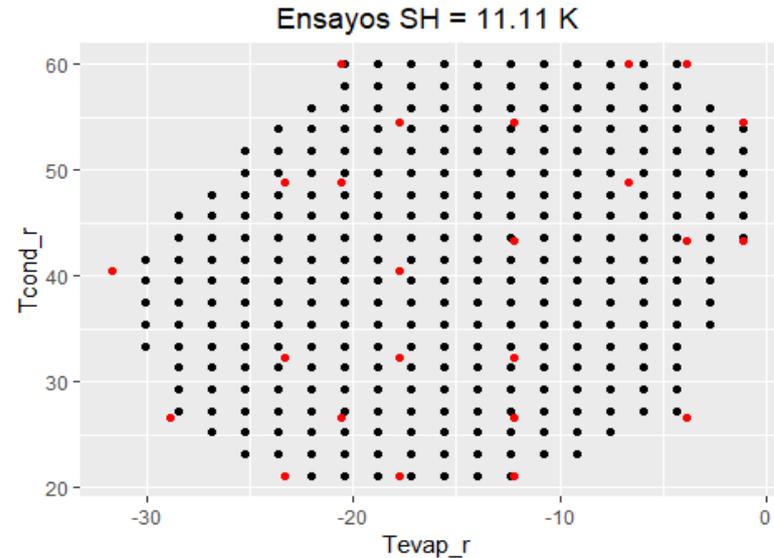


Figura 21. Representación del mallado sobre los datos originales para SH11.11K

Una vez realizado este proceso para generar el mallado de puntos de trabajo del compresor para el refrigerante DR7 a un SH11.11K se realiza la misma operación para generar otro mallado a partir de los puntos originales para cuando el compresor trabaja con el refrigerante DR7 pero con un SH 22.22K. Este mallado es el que aparece representado en la *Figura 22*.

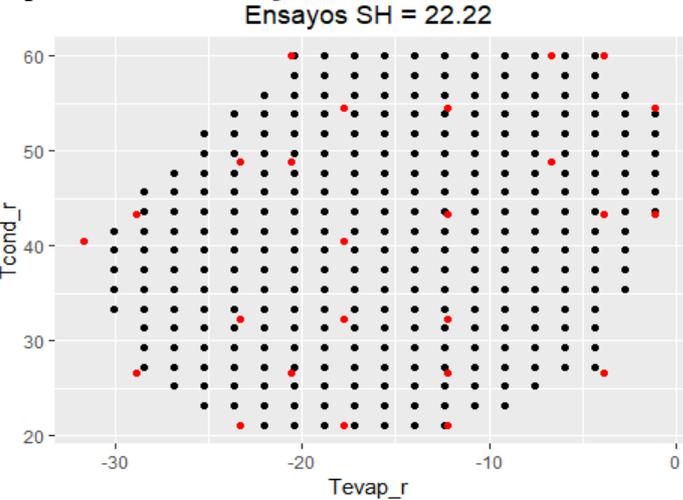


Figura 22. Representación del mallado sobre los datos originales para SH22.22K

4.3. Columna identificatoria y selección de los puntos

Estas líneas de código surgen de la necesidad de seleccionar puntos concretos del mallado para la aplicación de los diferentes diseños de experimentos que hemos seleccionado. Para agilizar la tarea de seleccionar los puntos se ha decidido asignar a cada uno de los niveles de las temperaturas de evaporación y de condensación un valor del 1 al 20 y así seleccionar cada uno de los puntos sobre el mallado.

```
174 df_krig_11$Te_level<-as.numeric(as.factor(df_krig_11$Tevap_r))
175
176 df_krig_11$Tc_level<-as.numeric(as.factor(df_krig_11$Tcond_r))
177
178
179 df_krig_11$Te_Tc<-NA
180
181 for (id in 1:nrow(df_krig_11)) {
182
183   df_krig_11[id, c('Te_Tc')]<-paste0(df_krig_11$Te_level[id], '_', df_krig_11$Tc_level[id])
184
185
186 }
```

Figura 23. Código 9

En las líneas de código de la *Figura 23* aparece como el programa genera un valor numérico para cada uno de los niveles de temperatura de evaporación (línea 174) y temperatura de condensación (línea 176). Después, en la línea 179 el programa crea una nueva columna en donde aparecerán estos valores generados. Para finalizar con la columna identificatoria, el programa mediante el bucle *for* pega en la columna previamente creada los valores de estos niveles del modo: nivel Tevap_nivel Tcond.

```
df_ejemplo<-df_krig_11[df_krig_11$Te_Tc %in% c('5_5',
'5_10',
'5_15',
'8_5',
'8_10',
'8_15',
'10_5',
'10_10',
'10_15',
'12_5',
'12_10',
'12_15',
'15_5',
'15_10',
'15_15') , ]
```

Figura 24. Código 10

Una vez generada la columna identificatoria realizar la selección de puntos es tan sencillo como escribir los niveles de temperatura de evaporación y condensación separados por una barra baja tal y como aparece en la *Figura 24* esta selección se corresponde con los puntos marcados con un triángulo rojo sobre el mallado de puntos como se puede observar en la *Figura 25*.

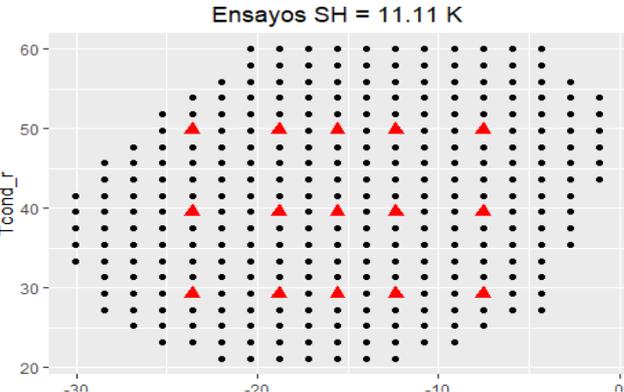


Figura 25. Selección de puntos

4.4. Polinomio AHRI y cálculo de los errores

En esta parte del código el programa recalculará los valores del trabajo del compresor y el gasto de refrigerante con el polinomio AHRI como modelo cuyos coeficientes han sido calculados previamente con una selección de puntos del mallado correspondiente al diseño de experimentos seleccionado en cada caso. Se ha utilizado el polinomio AHRI como modelo puesto que este polinomio es el que la norma determina para conocer el comportamiento del compresor en cada una de sus situaciones de trabajo. Luego calculará el error máximo y la raíz del error cuadrático medio que estos valores tendrán respecto a los valores de estas variables del mallado de puntos y de los puntos originales.

```

288 df_design<-df_ejemplo[,c("Tevap_r","Tcond_r","wcomp")]
289
290 wc_corr <- lm(data = df_ejemplo, wcomp ~ Tevap_r + Tcond_r + Tevap_r:Tcond_r + I(Tevap_r^2)
291           + I(Tcond_r^2) + I(Tevap_r^3) + (I(Tevap_r^2):Tcond_r) + (Tevap_r:I(Tcond_r^2))
292           + I(Tcond_r^3))
293
294 summary(wc_corr)

```

Figura 26. Código 11

En la *Figura 26* el programa crea a partir del polinomio AHRI el modelo *wc_corr* para posteriormente recalculer los valores del trabajo del compresor. Este modelo se crea a partir de una selección aleatoria de puntos, la cual debe constar de un mínimo de 11 puntos puesto que el polinomio AHRI es un polinomio formado por 10 coeficientes y para obtener un valor para cada uno de estos puntos será necesario contar con al menos 11 puntos distintos.

```

Coefficients: (1 not defined because of singularities)
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   5.098e-01  3.337e-02  15.280 4.96e-06 ***
Tevap_r      -5.883e-02  3.269e-03 -17.999 1.89e-06 ***
Tcond_r       5.412e-02  1.594e-03  33.951 4.35e-08 ***
I(Tevap_r^2) -2.427e-03  1.574e-04 -15.423 4.70e-06 ***
I(Tcond_r^2) -3.061e-04  1.977e-05 -15.482 4.59e-06 ***
I(Tevap_r^3) -2.485e-05  3.155e-06  -7.874 0.000222 ***
I(Tcond_r^3)          NA           NA         NA         NA
Tevap_r:Tcond_r  1.951e-03  1.039e-04  18.783 1.47e-06 ***
Tcond_r:I(Tevap_r^2) 2.581e-05  1.357e-06  19.021 1.36e-06 ***
Tevap_r:I(Tcond_r^2) 8.910e-07  1.197e-06   0.744 0.484741

```

Figura 27. Valores constantes polinomio AHRI

Como ya hemos comentado antes, el programa genera los coeficientes del polinomio que calcula a partir de la selección de puntos. Para esta selección aleatoria y sin seguir ningún diseño de experimentos el programa ha calculado los valores que aparecen en la columna estimate de la *Figura 27* para las diferentes constantes del polinomio generado. Para saber si estos valores son adecuados debemos mirar el pr value que aparece en la última columna de la *Figura 27* y si este valor es inferior a 0.05 se podrá dar por bueno el valor de esta constante.

Este proceso se realiza del mismo modo para generar el polinomio para el gasto de refrigerante puesto que para cada una de estas dos variables se genera un polinomio distinto a partir del modelo polinomio AHRI.

```

309 df_ejemplo$wcomp_corr<-predict(wc_corr)
310
311 error_11_wc_0<-max(100*(abs(df_ejemplo$wcomp-df_ejemplo$wcomp_corr)/df_ejemplo$wcomp))
312
313 ggplot(data = df_ejemplo, aes(x = wcomp, y = wcomp_corr)) +
314   geom_point() +
315   geom_abline(intercept = 0, slope = 1, colour = 'red') +
316
317   annotate(geom = 'text', x = -Inf, y = Inf, hjust = 0, vjust = 1, label = paste0('Error = ',
318     round(error_11_wc_0, 3), '%'), colour = 'red')
320

```

Figura 28. Código 12

Una vez creado el polinomio, el programa recalcula los valores del trabajo del compresor con el polinomio y calcula el error máximo de estos nuevos valores con respecto a los valores de la selección de puntos, como se puede observar en la *Figura 28*, este error junto con los valores generados a partir del polinomio y los valores de los puntos de la selección aparecen representados en la *Figura 29*. Este error se calcula para ver si el programa ha generado de una forma correcta el polinomio a partir de la selección y si la representación de la recta tiene una pendiente de alrededor de 45° nos indicaría que es un modelo adecuado.

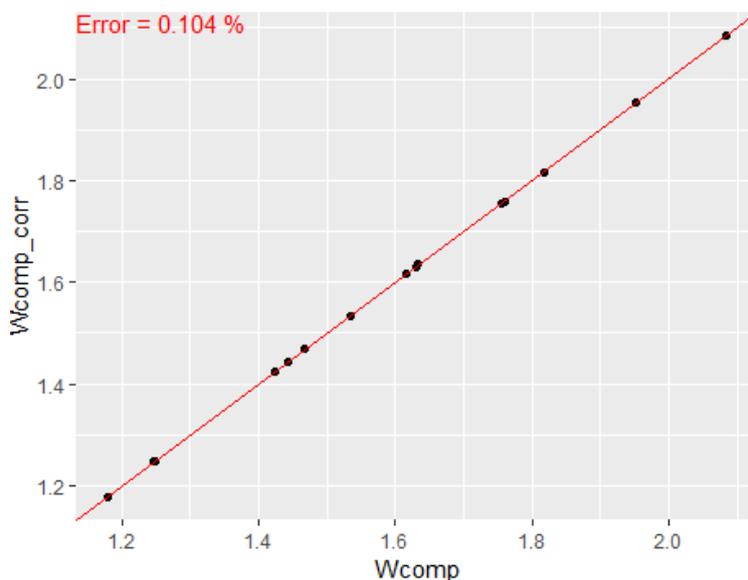


Figura 29. Comparación con la selección

Una vez generado que se ha verificado que el programa ha generado un polinomio correcto se recalculan con los valores del trabajo del compresor para cada uno de los puntos del mallado (*Figura 32*) y para los puntos originales (*Figura 30*). Una vez calculados todos estos puntos se procede a calcular el error máximo y el RMSE tanto para el mallado como para los puntos originales. Posteriormente, el código representa estos errores por pantalla junto con los puntos del kriging (de color negro) y los puntos originales (de color verde) en las *Figuras 31* y *33*.

```

328 df_krig_11$wcomp_corr<-predict(wc_corr, newdata = df_krig_11)
329
330 error_wc_11_1<-max(100*(abs(df_krig_11$wcomp-df_krig_11$wcomp_corr)/df_krig_11$wcomp))
331
332 design_vs_krigin_wc_11_rsm<-rmse(actual = df_krig_11$wcomp, predicted = df_krig_11$wcomp_corr)

```

Figura 32. Código 13

```

351 df_original_11$wcomp_corr<-predict(wc_corr, newdata = df_original_11)
352
353 error_wc_11_2<-max(100*(abs(df_original_11$wcomp-df_original_11$wcomp_corr)/df_original_11$wcomp))
354
355 design_vs_original_wc_11_rsm<-rmse(actual = df_original_11$wcomp, predicted = df_original_11$wcomp_corr)

```

Figura 30. Código 14

```

369 geom_point() +
370 geom_point(data = df_original_11, aes(x = wcomp, y =wcomp_corr), color = 'green') +
371 geom_abline(intercept = 0, slope = 1, colour = 'red') +
372
373 annotate(geom = 'text', x = -Inf, y = Inf, hjust = 0, vjust = 1, color = 'red',
374 label = paste0('Error krig = ', round(error_wc_11_1, 3), '%\n',
375 'RMSE krig = ', round(design_vs_krigin_wc_11_rsm*1000, 3), 'w\n',
376 'Error orig = ', round(error_wc_11_2, 3), '%\n',
377 'RMSE orig = ', round(design_vs_original_wc_11_rsm*1000, 3), 'w')) +
378
379 ggtitle(label = 'Ensayos SH = 11.11 K') +
380 theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5))

```

Figura 31. Código 15

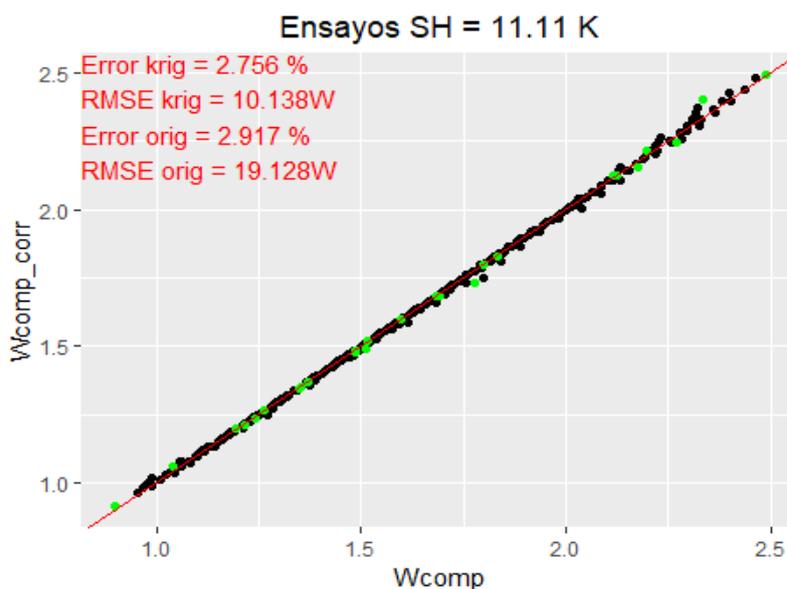


Figura 33. Representación del kriging y original

Como se puede observar en la *Figura 33* los valores del RMSE son del orden de 10 o 20W y los valores en los que estamos trabajando son de 1 a 2.5kW por lo que hemos obtenido unos resultados dentro de unas tolerancias aceptables. Se podría decir que esta selección aleatoria de puntos es representativa del mapa de trabajo del compresor. Este proceso posteriormente se realizará para el gasto de refrigerante y para el trabajo del compresor y el gasto de refrigerante cuando el compresor trabaje con un superheat de 22.22K y para cada una de las selecciones de puntos realizadas.

4.5. Polinomio AHRI reducido y cálculo de errores

El polinomio AHRI reducido es el segundo modelo que se ha utilizado para predecir cómo se va a comportar el compresor en unas situaciones determinadas. Este modelo no aparece en la norma como si lo hace el modelo del polinomio AHRI, pero sí que en algunas ocasiones es utilizado por los fabricantes para predecir y explicar el comportamiento de sus compresores. Esto se debe a que tras experimentar con muchos compresores se dan cuenta de que un polinomio de 10 coeficientes tiene demasiados coeficientes para predecir el comportamiento del compresor y que en algunos casos en lugar de predecir de una forma más exacta el funcionamiento real del compresor lo que hace es que desvirtúa. Esto sucede porque al utilizar un polinomio de un grado mayor al necesario para calcular una variable lo que sucede es que los valores de los coeficientes de los grados menores, los cuales si son importantes se ven modificados. Este modelo, el polinomio AHRI reducido, es un modelo formado por un polinomio de 6 coeficientes y es el resultado de quitarle al polinomio AHRI los coeficientes de tercer grado.

```

473 df_design<-df_ejemplo[,c("Tevap_r","Tcond_r","wcomp")]
474
475 wc_corr_redu <- lm(data = df_ejemplo, wcomp ~ Tevap_r + Tcond_r + Tevap_r:Tcond_r + I(Tevap_r^2) + I(Tcond_r^2))
476
477 summary(wc_corr_redu)
478
479 df_design<-df_ejemplo[,c("Tevap_r","Tcond_r","mref")]
480
481 mrefri_corr_redu <- lm(data = df_ejemplo, mref ~ Tevap_r + Tcond_r + Tevap_r:Tcond_r + I(Tevap_r^2) + I(Tcond_r^2))
482
483 summary(mrefri_corr_redu)
484

```

Figura 34. Código 16

En la *Figura 34* puede observarse el modo en el que se programa el polinomio AHRI reducido es el mismo que el del polinomio AHRI pero a la hora de escribir el polinomio por el que se va a regir el modelo se inserta un polinomio de orden 2. En la *Figura 27* vemos los valores del polinomio creado para predecir el trabajo del compresor.

```

Coefficients:
(Intercept)      7.782e-01  7.698e-02  10.110  3.27e-06 ***
Tevap_r         -1.168e-02  3.143e-03  -3.715  0.0048 **
Tcond_r          4.972e-02  3.674e-03  13.533  2.75e-07 ***
I(Tevap_r^2)     -2.453e-04  7.840e-05  -3.128  0.0122 *
I(Tcond_r^2)     -3.200e-04  4.533e-05  -7.059  5.93e-05 ***
Tevap_r:Tcond_r  1.217e-03  4.890e-05  24.894  1.31e-09 ***

```

Figura 35. Polinomio AHRI reducido

Como se puede observar en la *Figura 35* todos los valores de los coeficientes de este polinomio son significativos puesto que para todos los coeficientes el pr value es inferior a 0.05.

Ya que el proceso del cálculo de los errores es el mismo que para el polinomio AHRI no voy a proceder a explicar de nuevo el código solo voy a mostrar los errores que se generan con este modelo respecto al kriging y a los datos originales. Estos valores aparecen en la *Figura 35*.

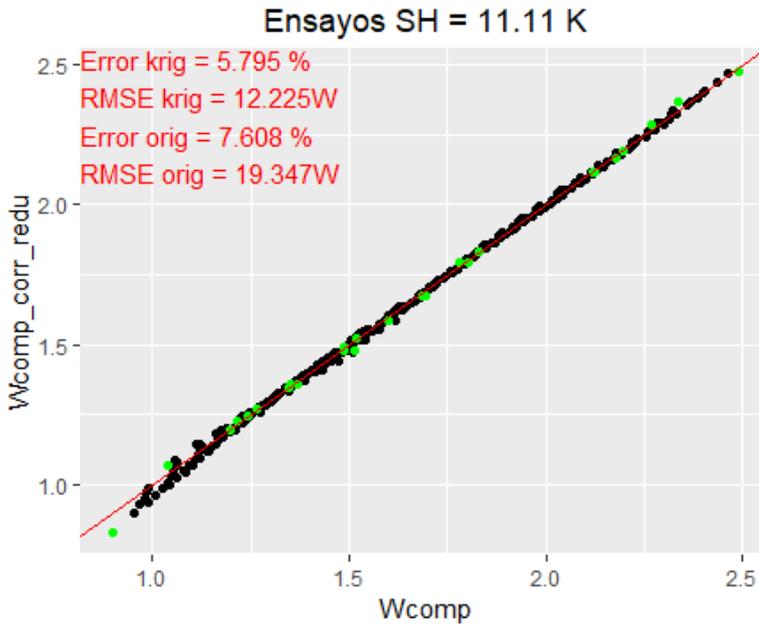


Figura 36. Errores AHRI reducido

Conforme observamos en la *Figura 36* y comparando con la *Figura 33* vemos que los errores que genera el modelo del polinomio AHRI reducido a la hora de calcular los valores del trabajo del compresor, en este caso, comparados con los que genera el polinomio AHRI son prácticamente iguales y casi insignificantes teniendo en cuenta en el orden de magnitud que nos estamos moviendo, 1 a 2.5 kW.

Puesto que los errores son prácticamente iguales, y por esto es por lo que algunos fabricantes deciden prescindir de los coeficientes de orden 3, se supone que es más adecuado utilizar el polinomio AHRI reducido ya que el modelo es un polinomio menos complejo y a la hora de generarlo necesitamos una selección de menos puntos, 7 como mínimo, frente a los 11 del polinomio AHRI.

Al igual que en el polinomio AHRI, se va a generar un polinomio AHRI reducido para cada una de las selecciones de puntos (diseños de experimentos), así como, para cada una de las situaciones de trabajo del compresor (a superheat de 11.11K y de 22.22K) y para las dos variables dependientes (trabajo del compresor y gasto de refrigerante).

4.6. Diseños tomados del repositorio

Uno de los principales motivos para la utilización del software R para la realización de la caracterización fue, como ya se ha hablado antes, la posibilidad de utilizar alguna de las funciones que nos fuera de utilidad y se encontrara en el repositorio.

Una de los diseños que se obtuvieron del repositorio fue el diseño Hexagonal. Para obtenerlo, bastó con introducir las líneas de código que aparecen en la *Figura 37* y el programa mostró la matriz que se puede observar en la *Figura 38*, esta matriz nos indica las coordenadas de los puntos que debemos seleccionar para la correcta realización del diseño.

```
191 data("Hex2")
192 Hex2
```

Figura 37. Código 17

```
> Hex2
      x1      x2
[1,]  1.4142  0.0000
[2,]  0.7071  1.2247
[3,] -0.7071  1.2247
[4,] -1.4142  0.0000
[5,] -0.7071 -1.2247
[6,]  0.7071 -1.2247
[7,]  0.0000  0.0000
[8,]  0.0000  0.0000
[9,]  0.0000  0.0000
```

Figura 38. Matriz diseño hexagonal

Del mismo modo en que se consiguió obtener el diseño Hexagonal se obtuvo también el Small Composite Design, este diseño se trata de una selección de puntos parecida a la del diseño central compuesto, pero de un número menor de puntos. Este proceso se puede observar en la *Figura 39* y *Figura 40*.

```
189 data("SCDH2")
190 SCDH2
```

Figura 39. Código 18

```
> SCDH2
      x1      x2
[1,] -1.00000 -1.00000
[2,]  1.00000  1.00000
[3,] -1.18921  0.00000
[4,]  1.18921  0.00000
[5,]  0.00000 -1.18921
[6,]  0.00000  1.18921
[7,]  0.00000  0.00000
```

Figura 40. Matriz Small Composite Design

El último diseño que se tomó directamente del repositorio fue el diseño OptFederov. Este diseño consiste en una selección de puntos que realiza la función en función de los puntos de estudio que tiene. Además, esta función tiene tres criterios diferentes para esta selección de puntos, así como, te da la posibilidad de seleccionar tantos puntos como quieras de tu conjunto de puntos a ensayar. El modo de programar en esta función aparece en la *Figura 41* y en la *Figura 42* aparece la selección de puntos que la función realiza sobre nuestros puntos de estudio. En este caso se va a mostrar la selección que realiza según el criterio D y para un valor de 11 puntos a seleccionar. Cabe decir que esta función se va a aplicar también para los criterios I y A para selecciones de 11 y 7 puntos.

```
#Criterio D
df_4 <- optFederov(data = df_krig_22[, c('Tevap_r','Tcond_r','wcomp','mref')], nTrials = 11, criterion = 'D')

df_4

ggplot() +
  geom_point(data = df_krig_22, aes(x = Tevap_r, y = Tcond_r)) +
  geom_point(data = df_4[["design"]], aes(x = Tevap_r, y = Tcond_r), colour = 'red', size = 3, shape = 17) +
  ggtitle(label = "selección puntos optFederov 7 puntos")
```

Figura 41. Código 19

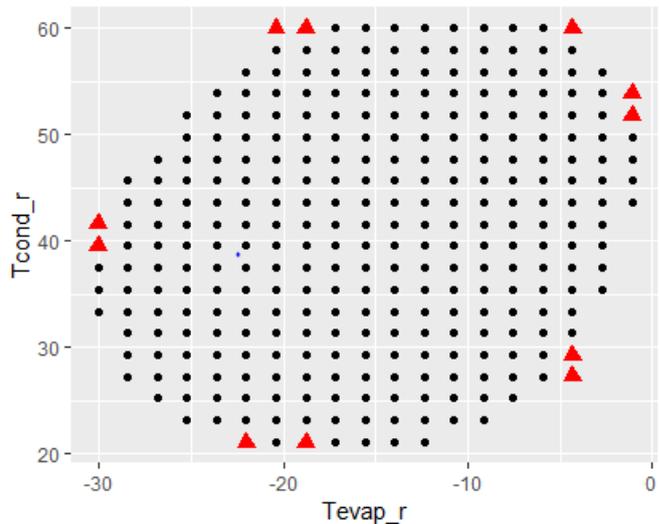


Figura 42. Selección de puntos generada por OptFederov

5. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS EMPLEADA PARA LA SELECCIÓN DE PUNTOS

5.1. Introducción a la metodología de diseño de experimentos

El diseño de experimentos es una herramienta estadística que nos permite diseñar las condiciones ideales de un producto, proceso o servicio para que se cumplan nuestras predicciones utilizando un muestreo o población lo más pequeña posible o un menor número de ensayos. Para este proyecto se han utilizado unos métodos particulares dentro del diseño experimental conocidos como métodos de superficie de respuesta. Se ha seleccionado esta tipología de diseño de experimentos puesto que la representación de nuestros datos en un diagrama temperatura de evaporación, temperatura de condensación y trabajo del compresor o gasto de refrigerante generan una superficie que no es plana si no que posee una cierta curvatura la cual se debe tener en cuenta para la predicción correcta de los valores de trabajo.

5.2. Metodología escogida y problemas de nuestros datos

Los diferentes diseños de experimentos que se han seleccionado han debido de adecuarse a una serie de especificaciones con las que contaban nuestros datos:

- Todo aquel diseño de experimento que se vaya a emplear para nuestro proyecto deberá contar con tan solo dos factores, un factor es una variable independiente, en nuestro caso solo tenemos dos variables independientes, temperatura de evaporación y temperatura de condensación.
- Al existir una curvatura en la superficie y esta ser importante para el correcto modelado del compresor, todos los diseños de experimentos que se van a utilizar van a tener un mínimo de tres niveles para que esta curvatura no pase desapercibida.
- Ya que la superficie a estudiar no es ortogonal se van a tener que hacer ciertas traslaciones o pequeñas modificaciones a la hora de seleccionar los puntos del muestreo en los diferentes diseños de experimentos. Para intentar paliar con la no ortogonalidad de la superficie se va a emplear cada diseño de experimentos dos veces, una ajustando el diseño con puntos lo más cercanos posibles al punto que debiere seleccionarse o existir, y otra, aplicando el diseño de experimentos en una región de la muestra más pequeña y centrada, en la que si se pueda aplicar el diseño de experimentos en cuestión.
- Para el la caracterización del modelo polinomio AHRI se deberán hacer selecciones de un mínimo de 11 puntos puesto que este modelo matemático se trata de un polinomio de 10 coeficientes los cuales se deberán obtener a partir de la selección de puntos.
- Al igual que para el polinomio AHRI, para el polinomio AHRI reducido también se deberá realizar una selección de puntos, pero en este caso será una selección de 7 puntos como mínimo puesto que este modelo es un polinomio de 6 coeficientes.

Algunos problemas que han surgido a la hora de aplicar los diseños de experimentos son los siguientes:

- Que existan solo dos factores hace que muchos de los de los diseños que se aplican normalmente para la realizar selecciones dentro de amplias muestras no sean de útil aplicación para nuestro caso. Algunos de estos diseños son Box and Behnken, tablas de Taguchi, Cuadrado Grecolatino o Hipergrecolatino, ...
- A la hora de aplicar algunos diseños se va a tener que trasladar algunos puntos de dicho diseño, por lo que se puede perder en este la ortogonalidad. Este suceso haría que el diseño ya no tenga una correcta aplicación.
- Como segunda medida a la hora de aplicar los diseños y para no afectar a la ortogonalidad del diseño también se van a aplicar los diseños en regiones más pequeñas y centradas de la muestra. Esta medida puede hacer que los las selecciones de puntos realizadas no sean representativas de toda la muestra. Tal vez, los valores exteriores de nuestra muestra no estén representados en el diseño y a la hora de realizar la caracterización esta no se haga de una forma correcta.
- Para la caracterización de un compresor en algunos casos el polinomio AHRI es un polinomio demasiado complejo y poco útil, este es el motivo por el que algunos fabricantes deciden dar el valor de 0 a algunos coeficientes de este polinomio. Nosotros hemos decidido utilizar a parte del polinomio AHRI, es el que exige la norma, hemos utilizado el polinomio AHRI reducido para la caracterización del compresor de pistón. Con el empleo de este segundo modelo obtenemos unos valores de los coeficientes mucho más significativos.

Por todos los motivos citados anteriormente se han elegido los siguientes diseños de experimentos (en este apartado solo se van a nombrar, los diseños se explicarán detenidamente en el siguiente):

- Diseño 3 niveles.
- Diseño 4 niveles.
- Diseño 5 niveles.
- Diseño central compuesto.
- Diseño central compuesto reducido.
- Diseño hexagonal.
- Diseño OptFederov criterio D, A y I.

5.3. Modelos empleados para el ajuste

5.3.1. Polinomio AHRI

El polinomio AHRI es el modelo que se debe utilizar para caracterizar el un compresor (predecir su comportamiento) según la norma AHRI 540. Este polinomio debe ser aportado por los fabricantes para que los clientes sepan de antemano, antes de comprar, como se va a comportar el compresor en las condiciones de trabajo a las que lo van a someter. Este polinomio es un polinomio de 10 coeficientes y de grado 3:

$$X = C_1 + C_2 * T_{evap} + C_3 * T_{cond} + C_4 * T_{evap}^2 + C_5 * T_{cond}^2 + C_6 * T_{evap} * T_{cond} + C_7 * T_{evap}^3 + C_8 * T_{evap}^2 * T_{cond} + C_9 * T_{evap} * T_{cond}^2 + C_{10} * T_{cond}^3$$

- X es la variable dependiente de las temperaturas que queremos calcular, en nuestro caso sería el trabajo del compresor W_{comp} y el gasto de refrigerante m_{ref} .
- T_{evap} es la temperatura de evaporación.
- T_{cond} es la temperatura de condensación.
- C_1 a C_{10} son los coeficientes que se van a encargar de caracterizar el compresor, estos coeficientes deben ser aportados por el fabricante.

Para poder aplicar este modelo para la caracterización del compresor (obtener los 10 coeficientes) será necesaria una colección de al menos 11 puntos de trabajo.

5.3.2. Polinomio AHRI reducido

Este modelo aparece en el documento *“Performance representation of variable-speed compressor for invert air conditioner base don experiment data”* este documento lo crearon Shuangquan Shao, Wenxing Shi, Xianting Li y Huajun Chen. El modelo polinomio AHRI reducido se basa en una simplificación del polinomio AHRI, se compone de un polinomio de 6 coeficientes y de grado 2. Este modelo surge de que en ocasiones el polinomio AHRI es un modelo demasiado complejo para la caracterización de según qué compresor y que alguno de los coeficientes que se generaban no eran significativos o incluso desvirtuaban el resto, por lo que se optó por igualar los coeficientes de orden 3 a 0.

$$X = C_1 + C_2 * T_{evap} + C_3 * T_{cond} + C_4 * T_{evap}^2 + C_5 * T_{cond}^2 + C_6 * T_{evap} * T_{cond}$$

Las variables que se utilizan en este modelo son las mismas que en el polinomio AHRI. Para la aplicación de este modelo es necesaria una colección de al menos 7 puntos.

5.4. Diseños de experimentos

En este apartado del proyecto se va a proceder a explicar la aplicación de los diferentes diseños de experimentos. Posteriormente se comentarán los resultados obtenidos para cada uno de los casos.

Para la explicación de cada uno de los diseños se mostrará una tabla de tres filas y dos columnas en la que se podrán observar una serie de figuras o valores que ayudarán a entender la aplicación del diseño en cuestión y los resultados obtenidos.

La tabla se compondrá de:

- Fila 1 Columna 1, aparecerá una imagen de la el mallado de puntos generados por el kriging, colección de puntos de la cual se deberán seleccionar los pertinentes para cada modelo. Sobre este mallado aparecerá representado el diseño seleccionado con triángulos del color rojo en las posiciones que deberíamos tomar los puntos para la correcta aplicación del diseño.
- Fila 1 Columna 2, aparecerá el mismo mallado de puntos, pero en este caso se representarán con un triángulo rojo los puntos que se van a tomar para realizar los cálculos.
- Fila 2 Columna 1, aparecerán los valores del modelo calculado para cada caso, polinomio AHRI o polinomio AHRI reducido, para la variable dependiente trabajo del compresor.
- Fila 2 Columna 2, aparecerán los valores del modelo calculado para cada caso, polinomio AHRI o polinomio AHRI reducido, para la variable dependiente gasto de refrigerante.
- Fila 3 Columna 1, aparecerá representada una gráfica que comparará los valores del trabajo del compresor generados por el kriging con los valores del trabajo del compresor calculados por el modelo que se ha generado con la selección de puntos del modelo en cuestión. En esta gráfica aparecerá el modelo representado con una fina línea de color rojo, los valores del trabajo del compresor de los puntos que se han utilizado para generarlo comparados con los valores de los puntos recalculados para estas mismas temperaturas que aparecerán representados en color verde, la comparación de los valores del trabajo del compresor del resto de puntos del kriging y los del ensayo con respecto a sus homónimos recalculados se verán de color negro y en la parte superior izquierda de la gráfica aparecerán los errores relativos y la raíz del error cuadrático medio existente entre los valores del trabajo del compresor recalculados y los valores del trabajo del compresor iniciales tanto del kriging como de los datos originales.
- Fila 3 Columna 2, aparecerá representada una gráfica que comparará los valores del trabajo del compresor generados por el kriging con los valores del trabajo del compresor calculados por el modelo que se ha generado con la selección de puntos del modelo en cuestión. En esta gráfica aparecerá el modelo representado con una fina línea de color rojo, los valores del trabajo del compresor de los puntos que se han utilizado para generarlo comparados con los valores de los puntos

recalculados para estas mismas temperaturas que aparecerán representados en color verde, la comparación de los valores del trabajo del compresor del resto de puntos del kriging y los del ensayo con respecto a sus homónimos recalculados se verán de color negro y en la parte superior izquierda de la gráfica aparecerán los errores relativos y la raíz del error cuadrático medio existente entre los valores del trabajo del compresor recalculados y los valores del trabajo del compresor iniciales tanto del kriging como de los datos originales.

En el siguiente subapartado se van a explicar todas las variantes de los diferentes diseños de experimentos empleadas para cuando el compresor de pistones ensayado trabaja con el refrigerante DR7 a un superheat de 22.22K. El mismo proceso que se ha seguido para estas condiciones de trabajo se ha realizado también para cuando el compresor trabaja con el refrigerante DR7 a un superheat de 22.22K, para cuando trabaja con el refrigerante L40 a un superheat de 11.11K y para cuando lo hace con el refrigerante L40 a un superheat de 22.22K. Las tablas de estos tres últimos procesos no se van a mostrar en el siguiente subapartado ya que sería repetir el mismo proceso otras tres veces y no es la intención. Estas tablas se adjuntarán en el apartado del proyecto *Anexo 1* por si en algún caso fuera de interés.

5.4.1. Diseño de tres niveles

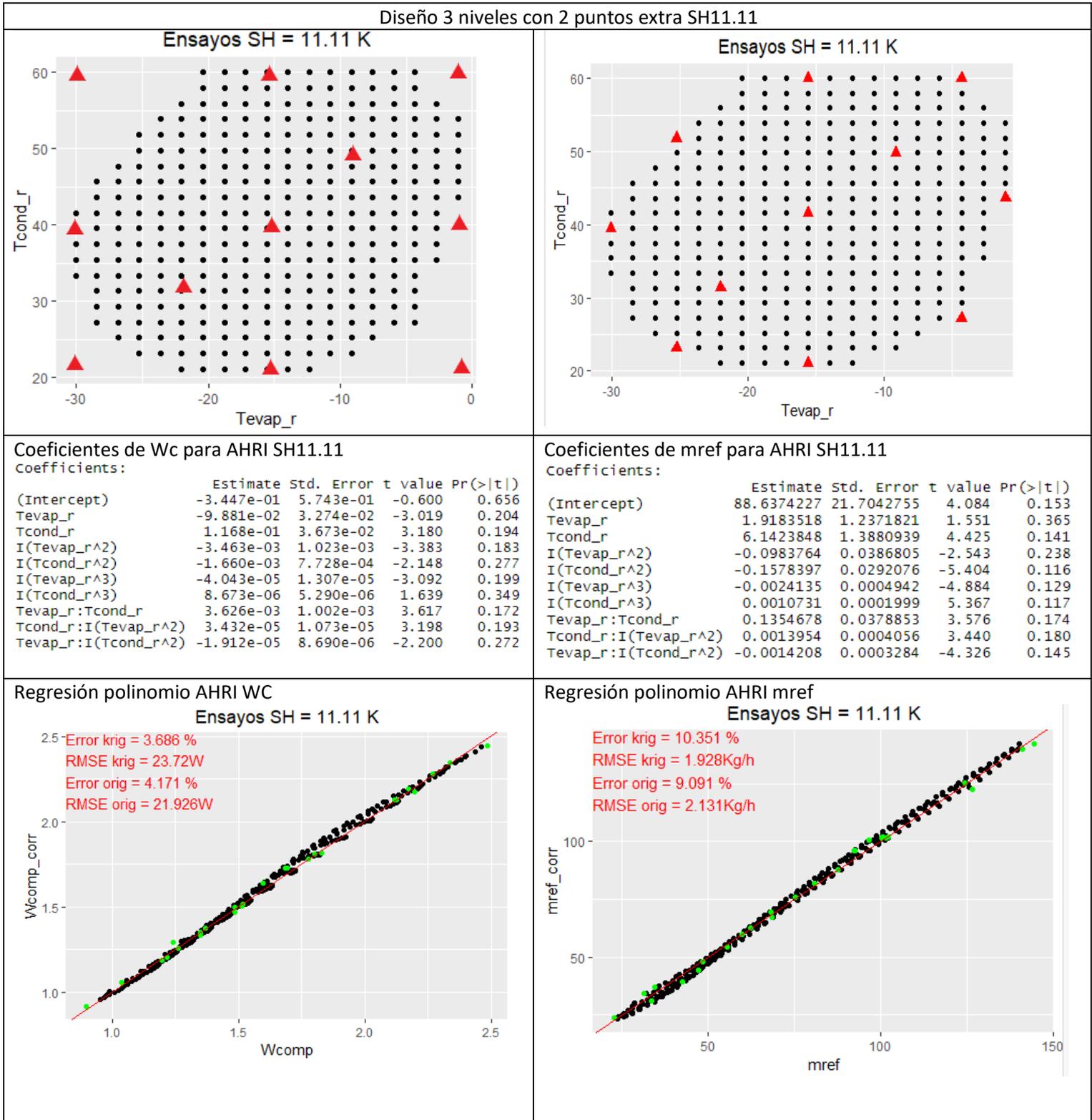


Tabla 5. Diseño tres niveles más 2 puntos extra con polinomio AHRI

En la *Tabla 5* se puede observar cómo se ha aplicado una variante del diseño de tres niveles, diseño tres niveles trasladado más dos puntos extra. Este diseño se basa en dividir todo el mapa de trabajo en tres niveles para cada una de las variables independientes (tomar 9 puntos). En este caso como se puede observar en las dos imágenes de la primera fila se ha optado por aplicar el diseño tomando puntos cercanos a los valores teóricos que se deberían tomar, siempre que fuese necesario, para aplicar correctamente el diseño, esta medida se ha tomado puesto que el mapa de trabajo del compresor no representa una superficie perfectamente ortogonal. Por otro lado, se ha decidido tomar 2 puntos más a parte de los obtenidos mediante el diseño para así poder aplicar el modelo polinomio AHRI, con esta medida, se toman los datos de 11 puntos diferentes por lo que ya se puede aplicar correctamente el modelo.

En cuanto al cálculo del modelo, fila 2, se puede observar cómo el programa nos ha calculado los coeficientes del polinomio tanto para el trabajo del compresor como para el gasto de refrigerante. Los valores de estos coeficientes aparecen en la columna *estimated* de las imágenes de la fila 2. Una vez que se han calculado estos valores debemos mirar si los valores obtenidos son representativos o son valores que se han desvirtuado bien por la selección de puntos que no es correcta o bien porque el modelo tiene demasiados coeficientes y no es adecuado aplicarlo en este caso. Para realizar esta comprobación se debe mirar la columna *pr value* de sendas imágenes, siempre que este valor sea inferior a 0.05 el coeficiente en cuestión será representativo. Para este caso se han obtenido unos valores de *pr value* del orden de 0.1 a 0.6 para el trabajo del compresor y de 0.1 a 0.4 para el gasto de refrigerante, por lo que se puede decir que los coeficientes obtenidos a partir del modelo generado con esta selección de puntos no son representativos, es decir, hemos obtenido unos coeficientes del polinomio AHRI incorrectos o que no van a caracterizar correctamente nuestro compresor.

Para acabar con la *Tabla5*, en la fila 3 aparecen las representaciones del trabajo de compresor y gasto de refrigerante recalculados con el modelo y comparados con los originales. Para el trabajo del compresor se han obtenido unos valores de RMSE con respecto al kriging de 23.72W y con respecto al original de 21.92W. Del mismo modo, para el gasto de refrigerante se han obtenido valores de 1.9 Kg/h respecto al kriging y 2.1 Kg/h respecto al original.

Con todo esto se puede comentar acerca de la aplicación de este modelo que se han obtenido unos errores aceptables pero que los polinomios obtenidos no son los adecuados para la caracterización de este compresor.

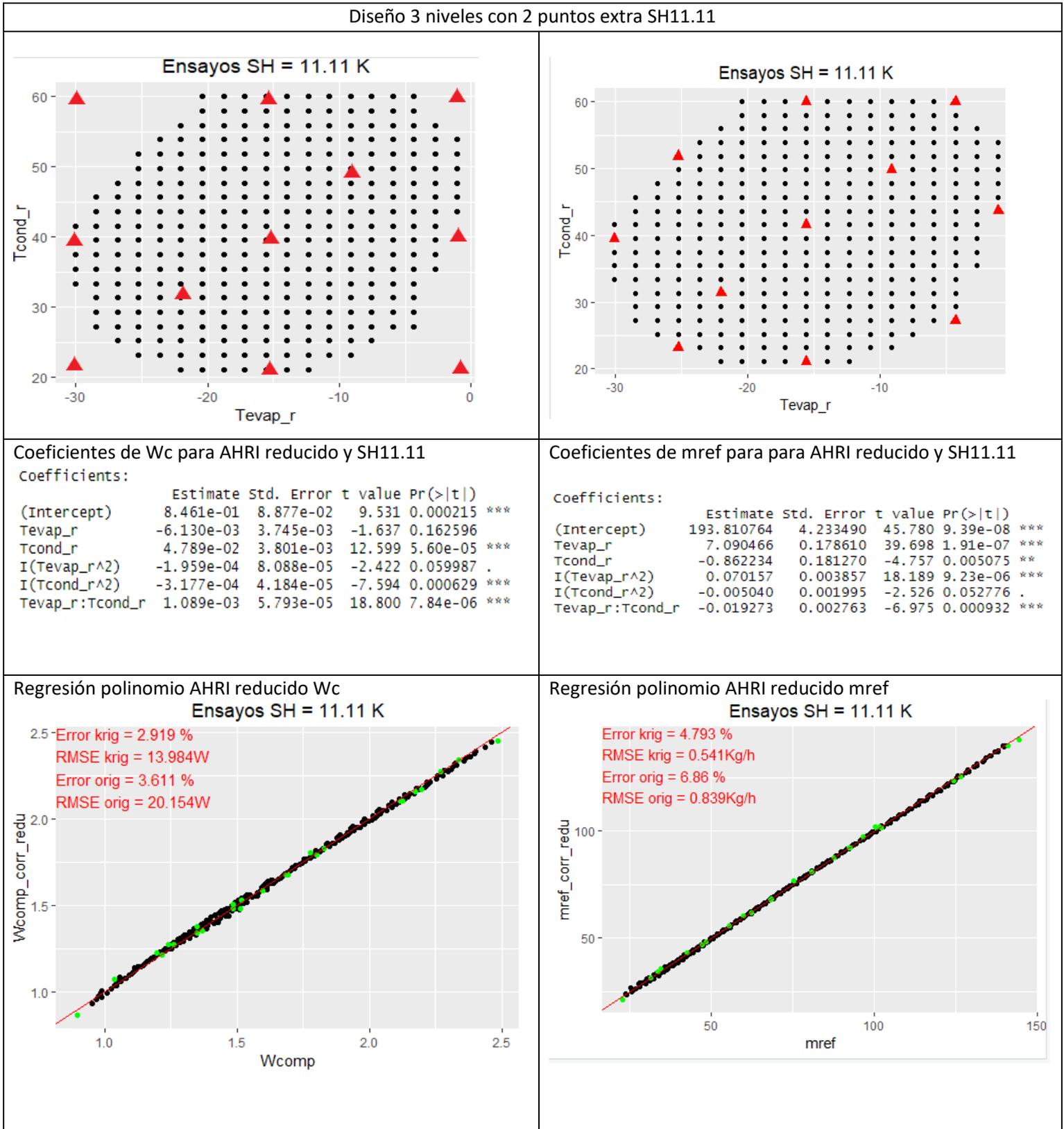


Tabla 6. Diseño de 3 niveles más 2 puntos extra con polinomio AHRI reducido

En la *Tabla 6* se ha aplicado la misma colección de puntos que en la *Tabla 5* pero en este caso el modelo utilizado ha sido el polinomio AHRI reducido.

Como se puede observar mirando los pr value de los modelos obtenidos tanto para el cálculo del trabajo del compresor como para el gasto de refrigerante, en este caso sí se han obtenido unos coeficientes de los modelos significativos. Por lo que estos modelos sí que se podrían utilizar para caracterizar correctamente el compresor.

Para acabar con la *Tabla 6* hay que comentar que se han obtenido unos RMSE para el trabajo del compresor respecto a los valores del kriging de 13.98W y respecto a los valores originales de 20.15W y para el gasto de refrigerante de 0.54Kg/h respecto al kriging y 0.84 respecto a los valores originales.

Si esta selección de puntos fuese finalmente la seleccionada para realizar la caracterización del compresor, procedimiento en el que se tendrán en cuenta los errores, modelos utilizados, y número de puntos de la selección, quedarían dos polinomios AHRI reducidos tal cual los siguientes:

- Para el trabajo del compresor:

$$W_c = 0.846 + (-0.00613) * T_{evap} + 0.04789 * T_{cond} + (-0.0001959) * T_{evap}^2 + (-0.0003177) * T_{cond}^2 + 0.001089 * T_{evap} * T_{cond}$$
- Para el gasto de refrigerante:

$$m_{ref} = 193.81 + 7.090 * T_{evap} + (-0.862) * T_{cond} + (0.070) * T_{evap}^2 + (-0.0050) * T_{cond}^2 + (-0.0192) * T_{evap} * T_{cond}$$

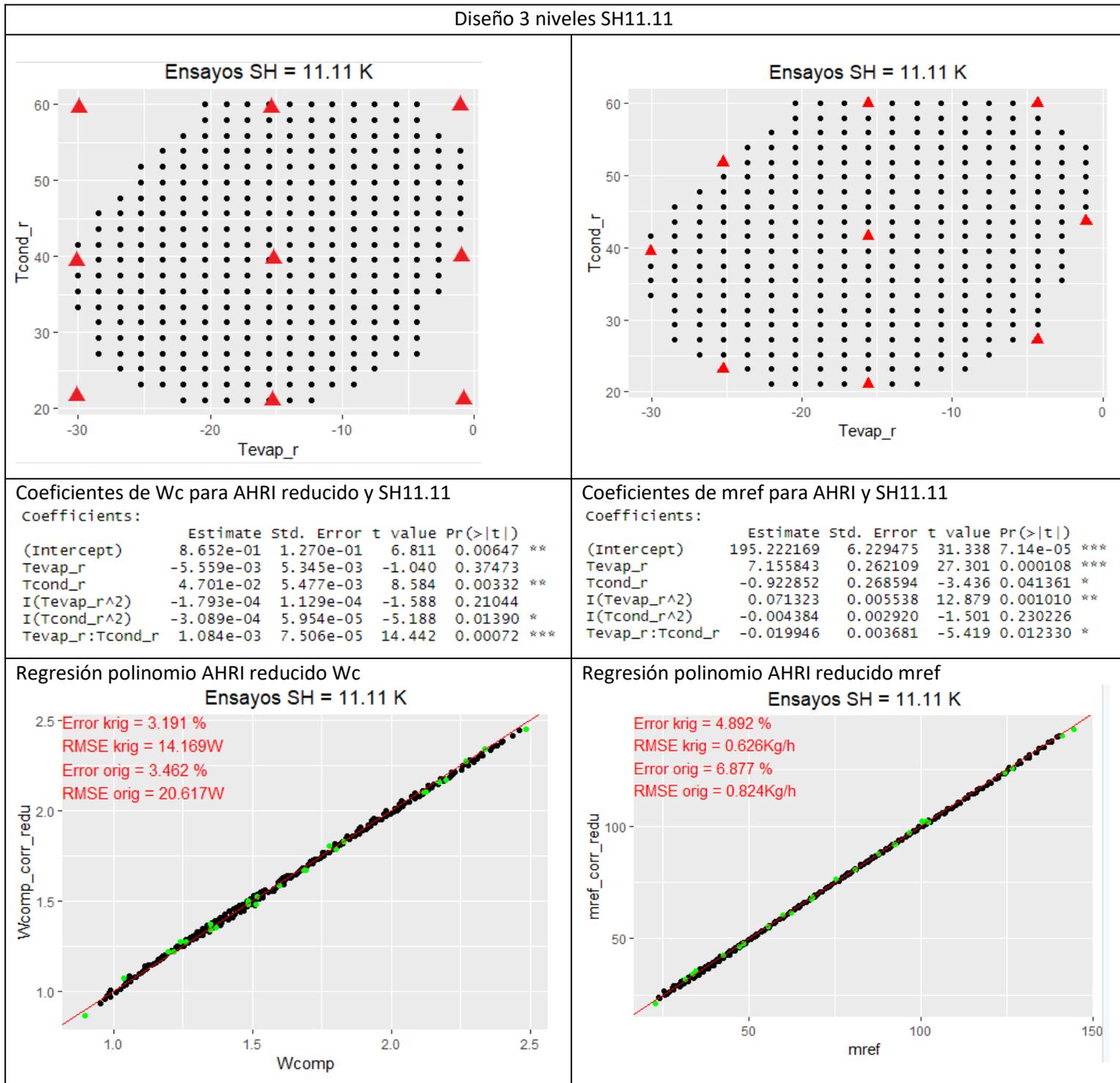


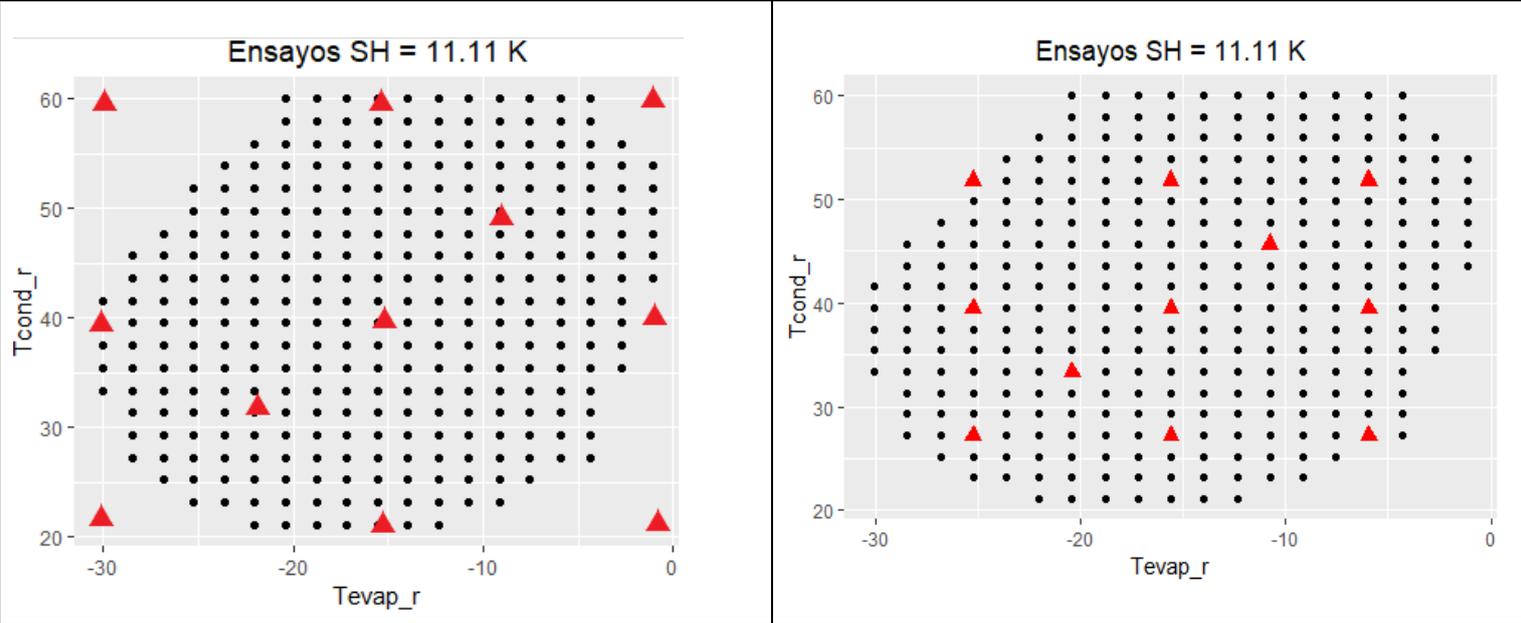
Tabla 7. Diseño de 3 niveles con polinomio AHRI reducido

La *Tabla 7* hace referencia al mismo diseño y modelo que la *Tabla 6* lo único que aquí se ha aplicado el diseño sin aplicar dos puntos extra. Esto se ha podido llevar a cabo puesto que el modelo polinomio AHRI reducido se puede aplicar a selecciones de a partir de 7 puntos y el diseño de tres niveles consta de 9.

En cuanto al cálculo de los coeficientes de los modelos para el trabajo del compresor y el gasto de refrigerante que se han obtenido se puede observar que no han sido tan representativos como para el caso anterior. Suceso que puede haber sido causado porque tal vez para el trabajo del compresor sea innecesario el coeficiente que depende de la temperatura de evaporación al cuadrado y en el modelo que corresponde al gasto de refrigerante tal vez fuese conveniente eliminar el término de la temperatura de condensación al cuadrado.

En cuanto al RMSE se han obtenido unos valores muy parecidos a cuando se aplica el mismo modelo, pero para el diseño de tres niveles más dos puntos extra.

Diseño 3 niveles ortogonal con 2 puntos extra SH11.11



Coefficientes de Wc para AHRI y SH11.11
 coefficients: (1 not defined because of singularities)

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	6.594e-01	7.375e-02	8.942	0.01228 *
Tevap_r	-4.648e-02	9.050e-03	-5.136	0.03588 *
Tcond_r	4.971e-02	3.697e-03	13.445	0.00549 *
I(Tevap_r^2)	-2.103e-03	5.471e-04	-3.843	0.06152 .
I(Tcond_r^2)	-2.767e-04	4.601e-05	-6.013	0.02656 *
I(Tevap_r^3)	-2.171e-05	1.070e-05	-2.028	0.17968
I(Tcond_r^3)	NA	NA	NA	NA
Tevap_r:Tcond_r	1.701e-03	2.364e-04	7.194	0.01878 *
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	2.245e-05	3.391e-06	6.620	0.02206 *
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	1.652e-06	2.664e-06	0.620	0.59851

Coefficientes de mref para AHRI y SH 11.11
 coefficients: (1 not defined because of singularities)

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.050e+02	9.650e+00	21.240	0.00221 **
Tevap_r	9.172e+00	1.184e+00	7.745	0.01626 *
Tcond_r	-1.159e+00	4.838e-01	-2.395	0.13890
I(Tevap_r^2)	1.312e-01	7.159e-02	1.832	0.20836
I(Tcond_r^2)	-2.688e-03	6.020e-03	-0.447	0.69890
I(Tevap_r^3)	6.596e-04	1.400e-03	0.471	0.68397
I(Tcond_r^3)	NA	NA	NA	NA
Tevap_r:Tcond_r	-7.683e-02	3.093e-02	-2.483	0.13102
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-6.040e-04	4.437e-04	-1.361	0.30652
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	5.050e-04	3.486e-04	1.449	0.28447

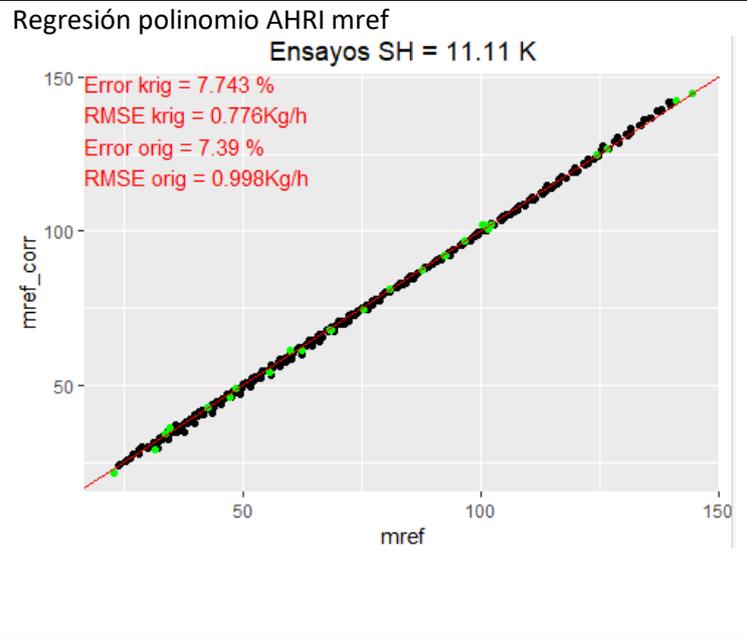
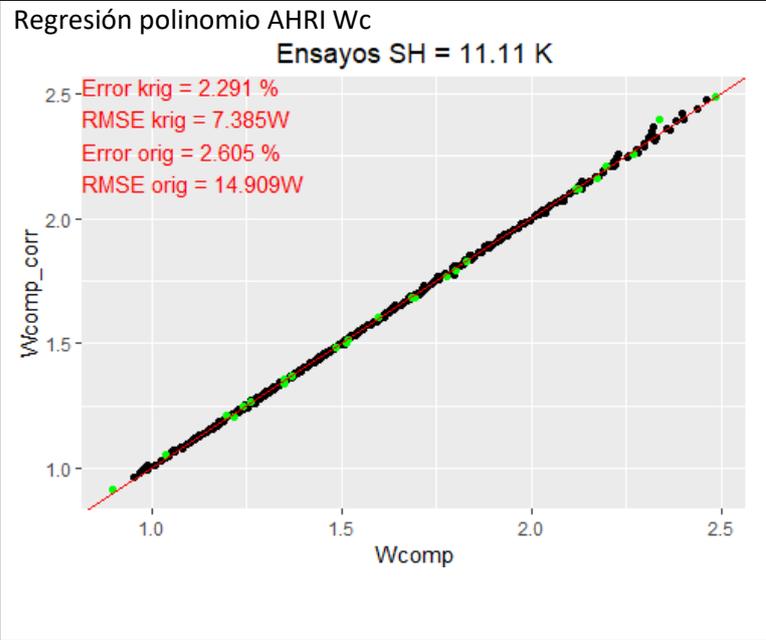


Tabla 8. Diseño tres niveles ortogonal más 2 puntos extra con polinomio AHRI

En la *Tabla 8* se aplica el diseño de tres niveles más dos puntos extra, pero se ha optado por aplicarlo en una zona del mapa de trabajo ortogonal. La ventaja de aplicar el modelo de esta forma es que se respetará la ortogonalidad en el diseño, propiedad muy importante para llevar a cabo el diseño de una forma correcta. La desventaja de tomar esta medida es que no se van a tener en cuenta los puntos más alejado del centro por lo que tal vez los diseños que se creen no sean representativos de toda la superficie de trabajo.

En la *Tabla 8* se ha aplicado como modelo el polinomio AHRI y al igual que ocurría en la *Tabla 5* los coeficientes para los modelos generados para el trabajo del compresor y para el gasto de refrigerante no son representativos. De hecho, tanto para el trabajo del compresor como para el gasto de refrigerante el coeficiente correspondiente a la temperatura de condensación al cubo no tiene valor.

En cuanto a los RMSE obtenemos unos valores bastante bajos, adecuados, tanto para el trabajo del compresor como para el gasto de refrigerante.

Diseño 3 niveles ortogonal con 2 puntos extra SH11.11

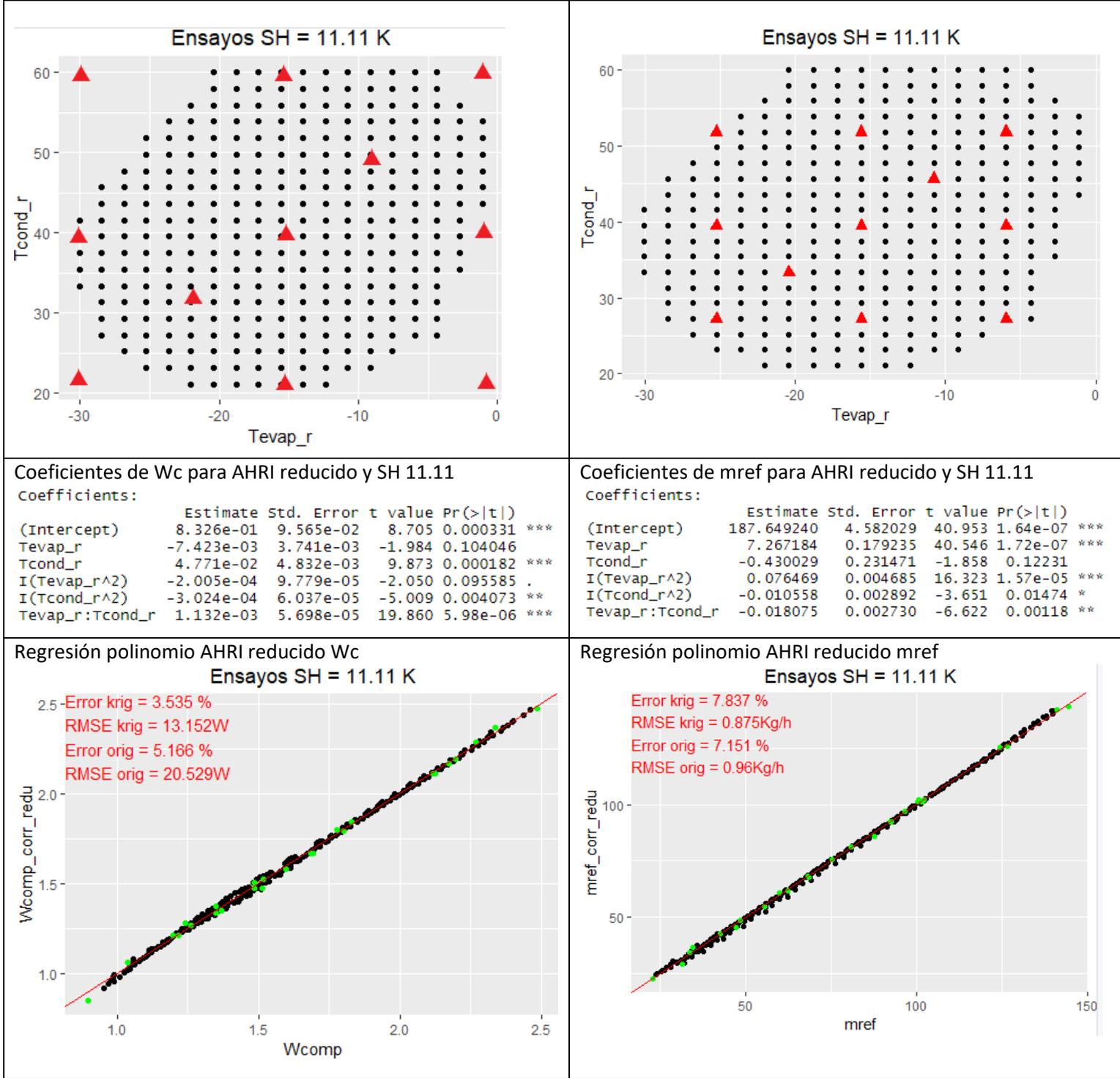


Tabla 9. Diseño tres niveles ortogonal más 2 puntos extra con polinomio AHRI reducido

En la *Tabla 9* se ha aplicado el mismo diseño que en la *Tabla 8*, la única diferencia ha sido el modelo utilizado, que en este caso ha sido el polinomio AHRI reducido.

Al haber cambiado el modelo empleado para la caracterización del compresor en este caso se han obtenido unos valores para los coeficientes del polinomio significativos puesto que el *p* value de estos coeficientes es menor de 0.05 en casi todos los casos.

En cuanto a los valores del RMSE, observamos que son muy parecidos a los obtenidos en la *Tabla 6* donde se aplicaba el mismo modelo para el diseño tres niveles más dos puntos extra, pero en aquel caso se aplicaba trasladando y no de una forma ortogonal.

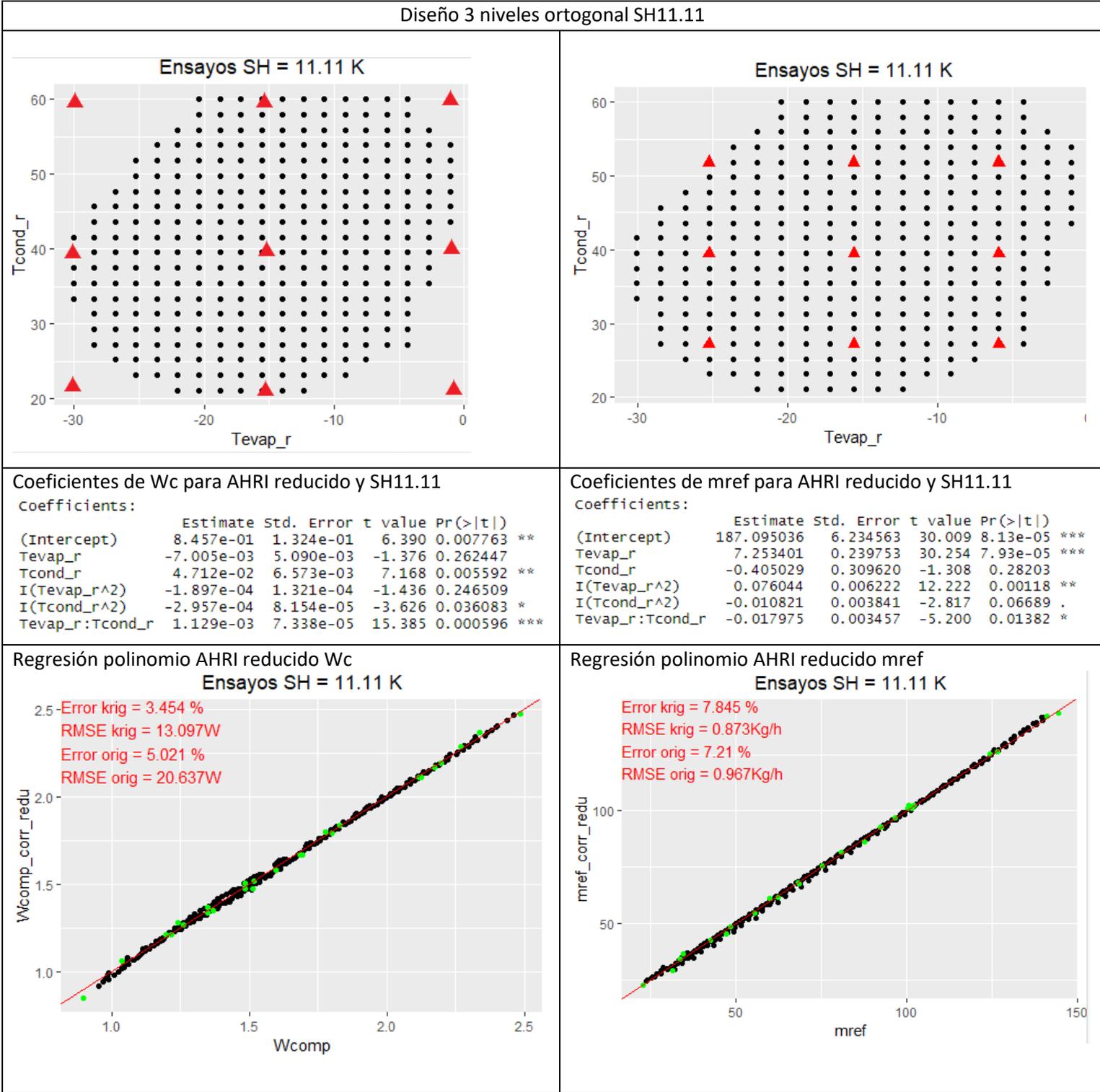


Tabla 10. Diseño tres niveles ortogonal con polinomio AHRI reducido

En la *Tabla 10* se ha aplicado el mismo diseño que en la *Tabla 9* lo único que en este caso no se han tomado los dos puntos extra tal y como ocurría en la *Tabla 7* con respecto a la *Tabla 6*.

En cuanto a los coeficientes obtenidos para los dos modelos creados, se puede decir que aunque tengan algún coeficiente desvirtuado o no correcto su mayoría sí que son significativos, resultados parecidos a los obtenidos en la *Tabla 9*.

En cuanto a los RMSE obtenidos son similares a los obtenidos en la *Tabla 9*.

5.4.2. Diseño de 4 niveles

Después de aplicar el diseño de tres niveles, se aplicó el diseño de cuatro niveles, este diseño se basa en la selección de 16 puntos que representan cuatro niveles de temperatura de evaporación y cuatro niveles de temperatura de condensación. Al igual que sucede con el diseño de tres niveles, como la colección de puntos que se va a utilizar para caracterizar el compresor no presenta una superficie completamente ortogonal se ha decidido aplicar el diseño tanto trasladado como en una superficie interior centrada y ortogonal donde si se pueda aplicar correctamente el diseño, pero sin tener en cuenta los valores más extremos de las condiciones de trabajo.

Puesto que el proceso que se ha seguido y la obtención de los polinomios es el mismo que para el caso del diseño de tres niveles, no se van a hacer comentarios acerca de los modelos resultantes ni de los errores generados por dichos modelos para cada una de las diferentes aplicaciones de este diseño. Tan solo al final de este subapartado se realizará algún comentario de la aplicación de este diseño que genere un modelo significativo y se obtengan unos errores lo más pequeños posible.

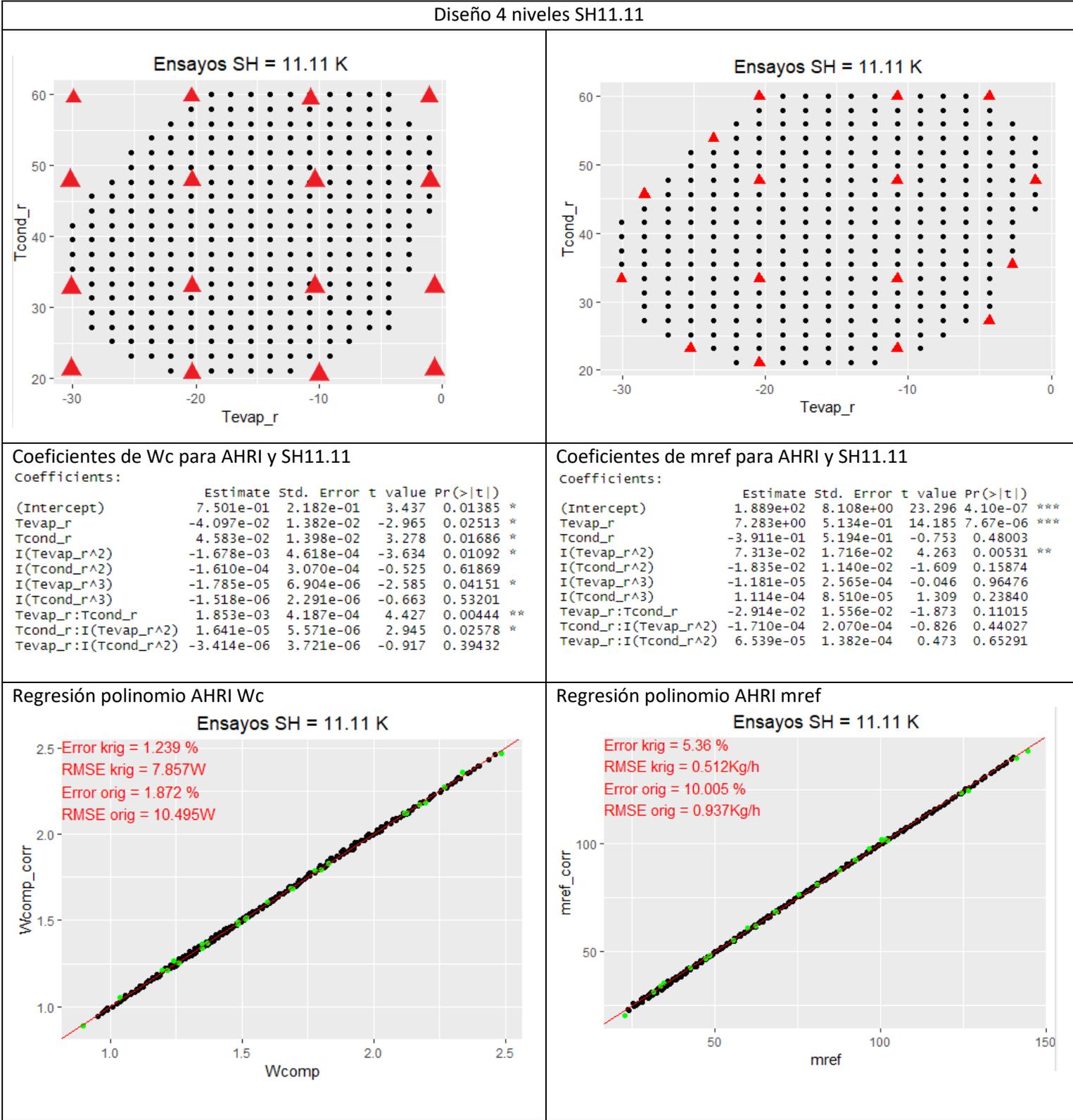


Tabla 11. Diseño cuatro niveles con polinomio AHRI

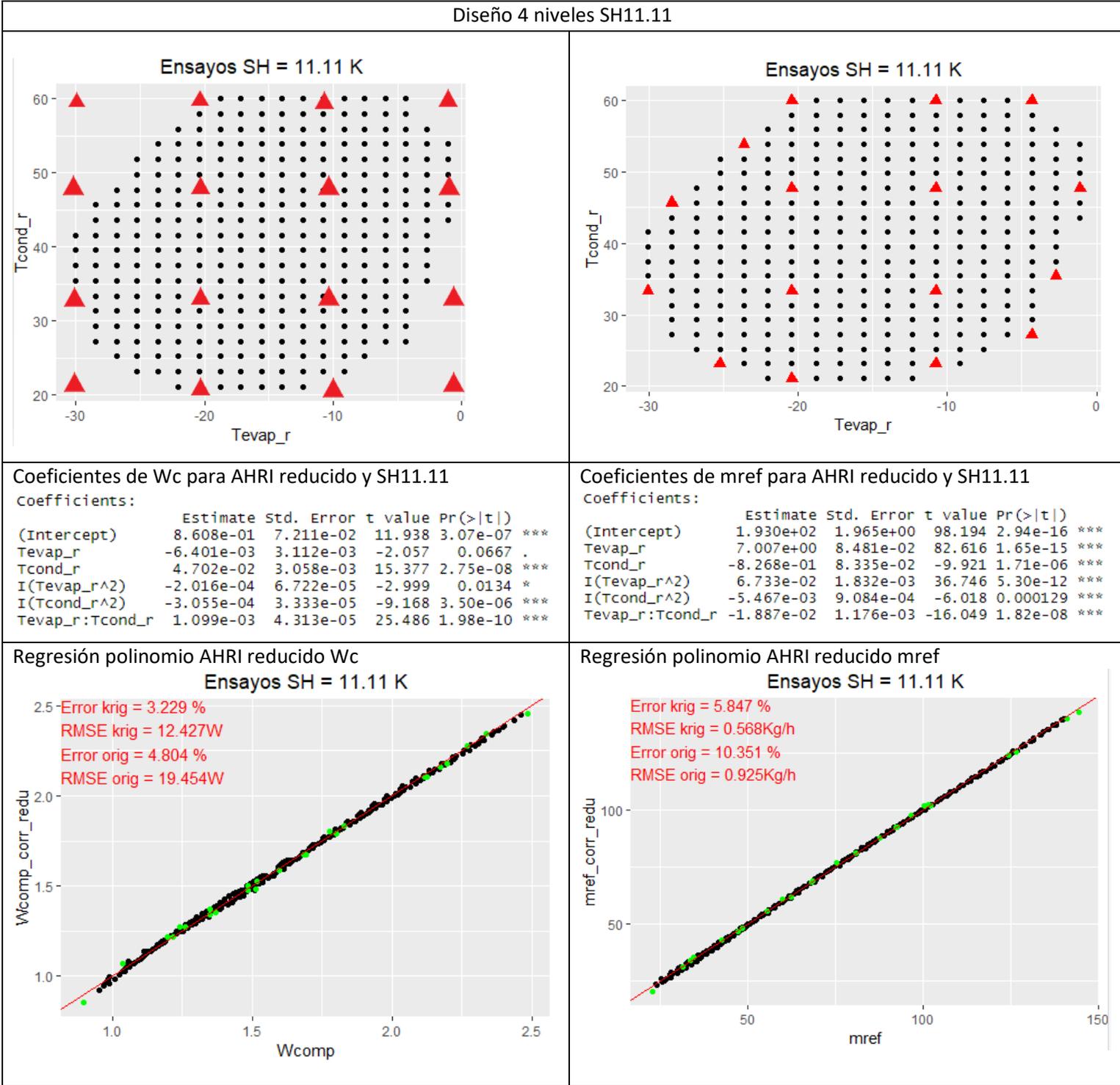


Tabla 12. Diseño cuatro niveles con polinomio AHRI reducido

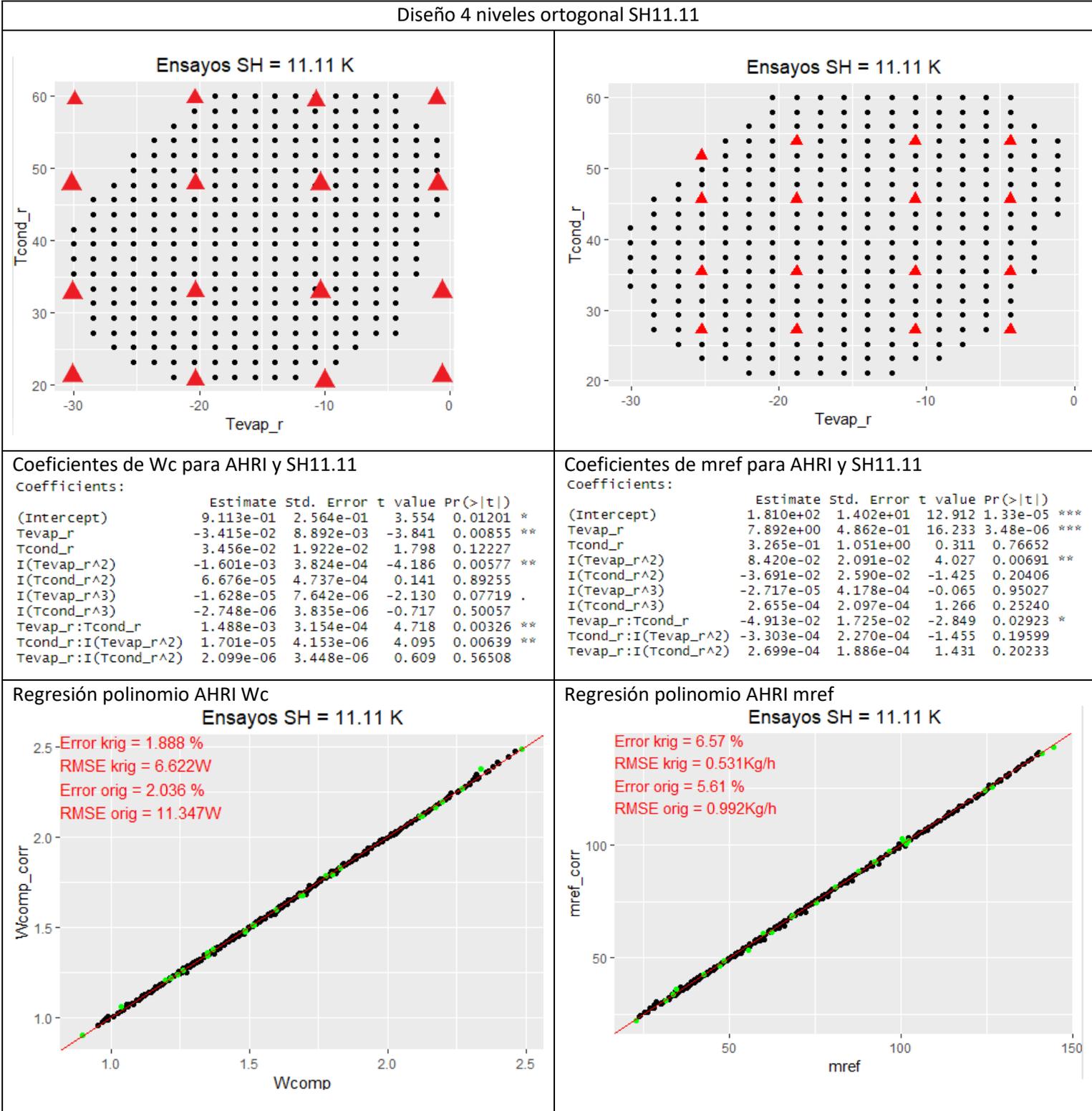


Tabla 13. Diseño cuatro niveles ortogonal con polinomio AHRI

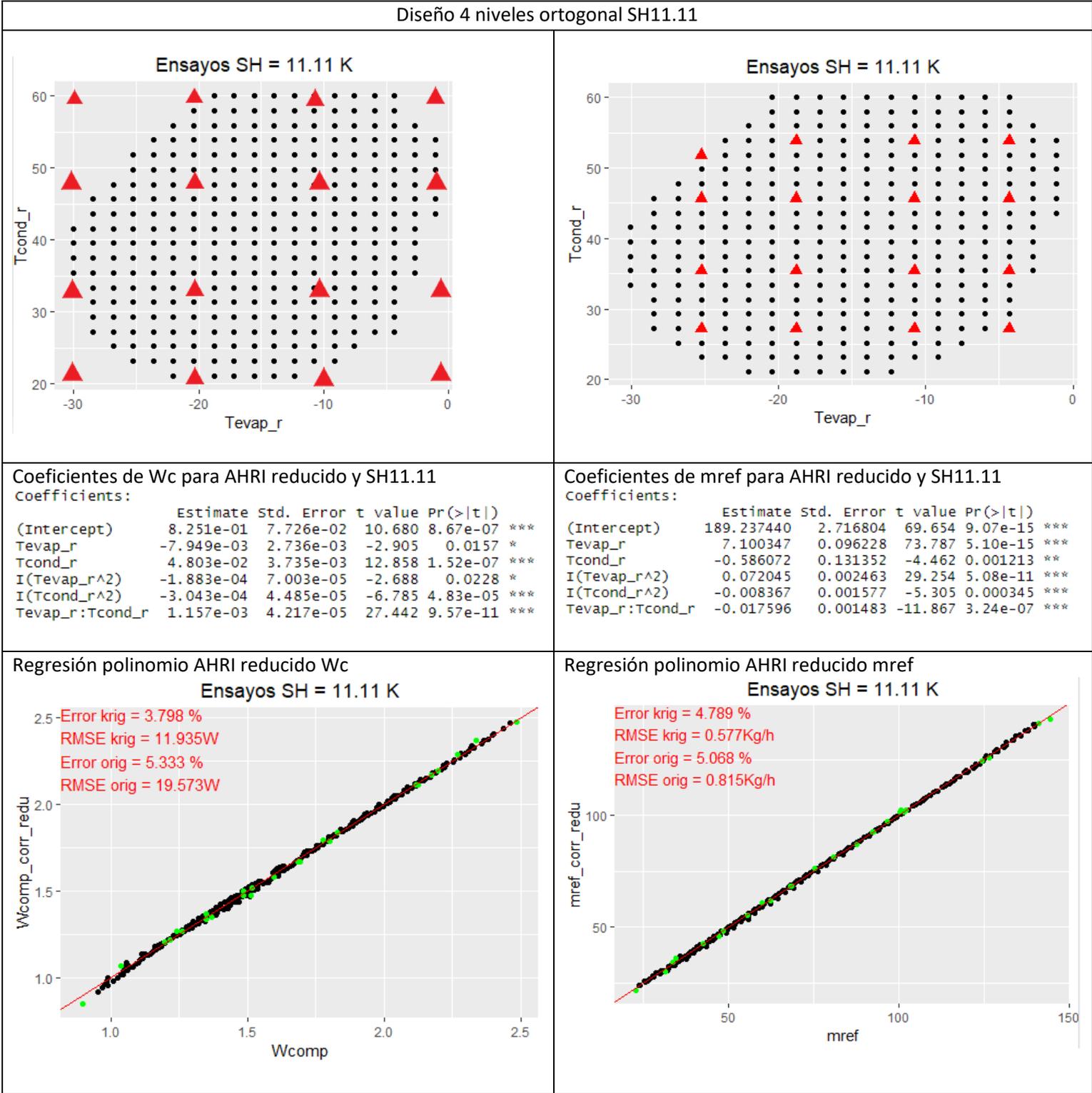


Tabla 14. Diseño cuatro niveles ortogonal con polinomio AHRI reducido

En las *Tabla 11, 12, 13 y 14* se pueden observar las diferentes aplicaciones del diseño cuatro niveles para las diferentes condiciones de trabajo en las que el compresor opera con el refrigerante DR7 a un Superheat de 11.11K.

De las tablas anteriores, la que mejor representa el funcionamiento del compresor es la *Tabla 14*, diseño cuatro niveles ortogonal con Polinomio AHRI reducido, puesto que los modelos originados para el trabajo del compresor y para el gasto de refrigerante poseen unos coeficientes muy significativos y los errores que presentan estos modelos respecto a los puntos obtenidos a partir del kriging son prácticamente despreciables.

A partir de esta aplicación del diseño de 4 niveles se obtienen los siguientes polinomios que van a caracterizar el comportamiento del compresor:

- Para el trabajo del compresor:

$$W_c = 0.825 + (-0.00795) * T_{evap} + 0.04903 * T_{cond} + (-0.0001883) * T_{evap}^2 + (-0.0003043) * T_{cond}^2 + 0.001157 * T_{evap} * T_{cond}$$

- Para el gasto de refrigerante:

$$m_{ref} = 189.237 + 7.10 * T_{evap} + (-0.586) * T_{cond} + (0.0720) * T_{evap}^2 + (-0.00837) * T_{cond}^2 + (-0.0176) * T_{evap} * T_{cond}$$

5.4.3. Diseño de 5 niveles

La aplicación de este diseño es similar a la del de 3 niveles y a la del de 4 niveles, por lo que el único comentario que se va a realizar acerca de este modelo será después de ver las diferentes aplicaciones de este.

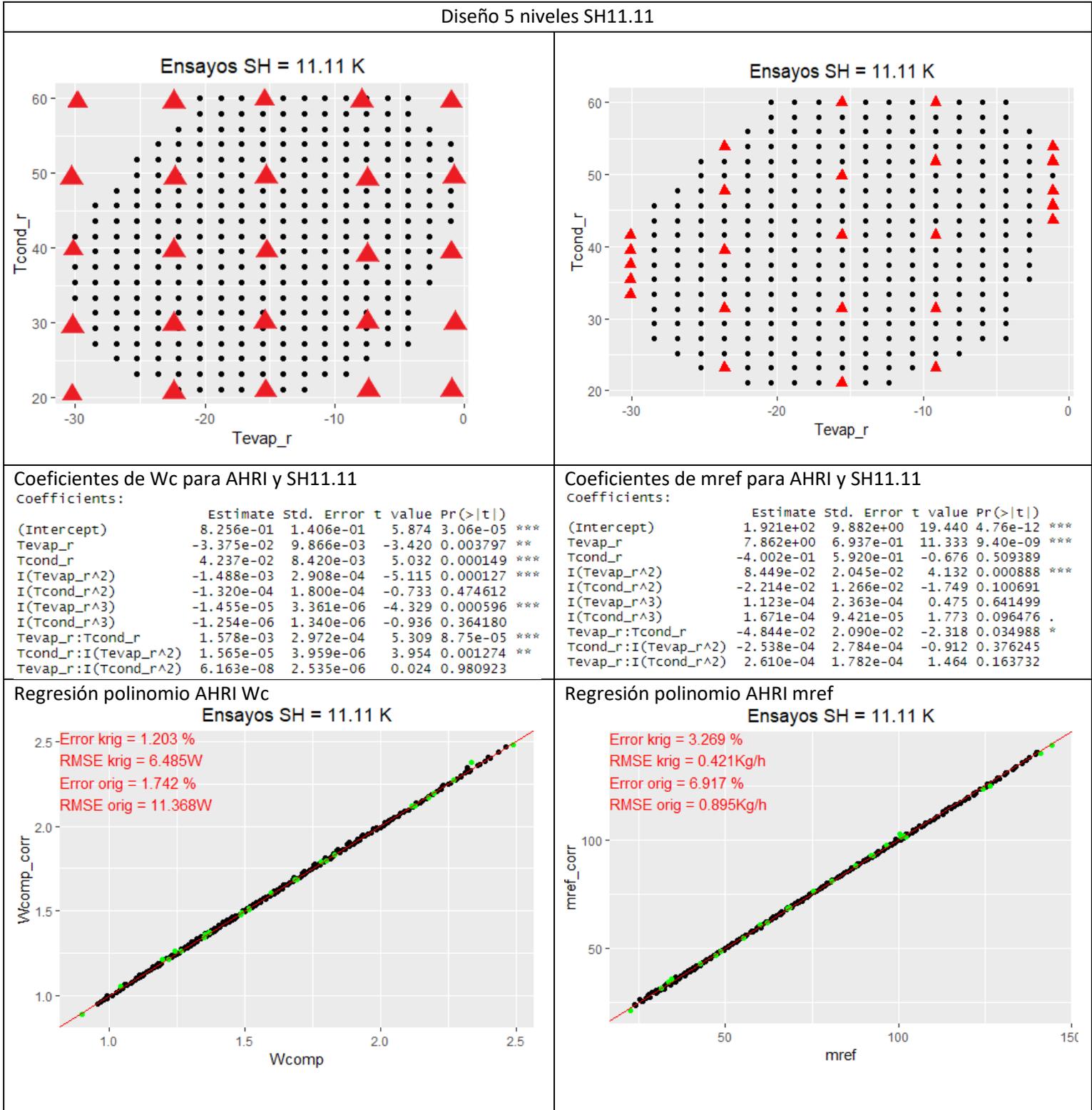


Tabla 15. Diseño cinco niveles con polinomio AHRI

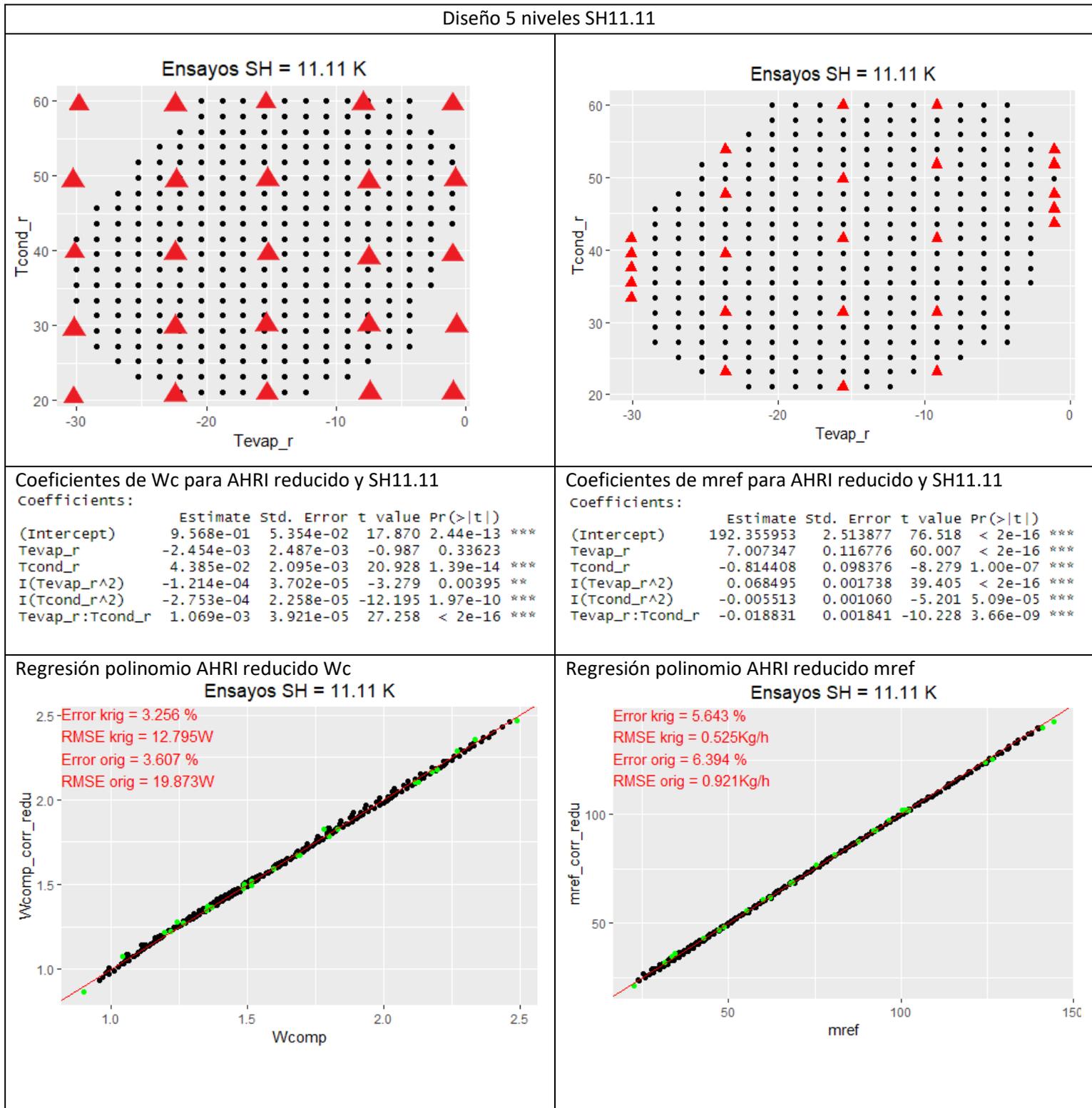


Tabla 16. Diseño cinco niveles con polinomio AHHRI reducido

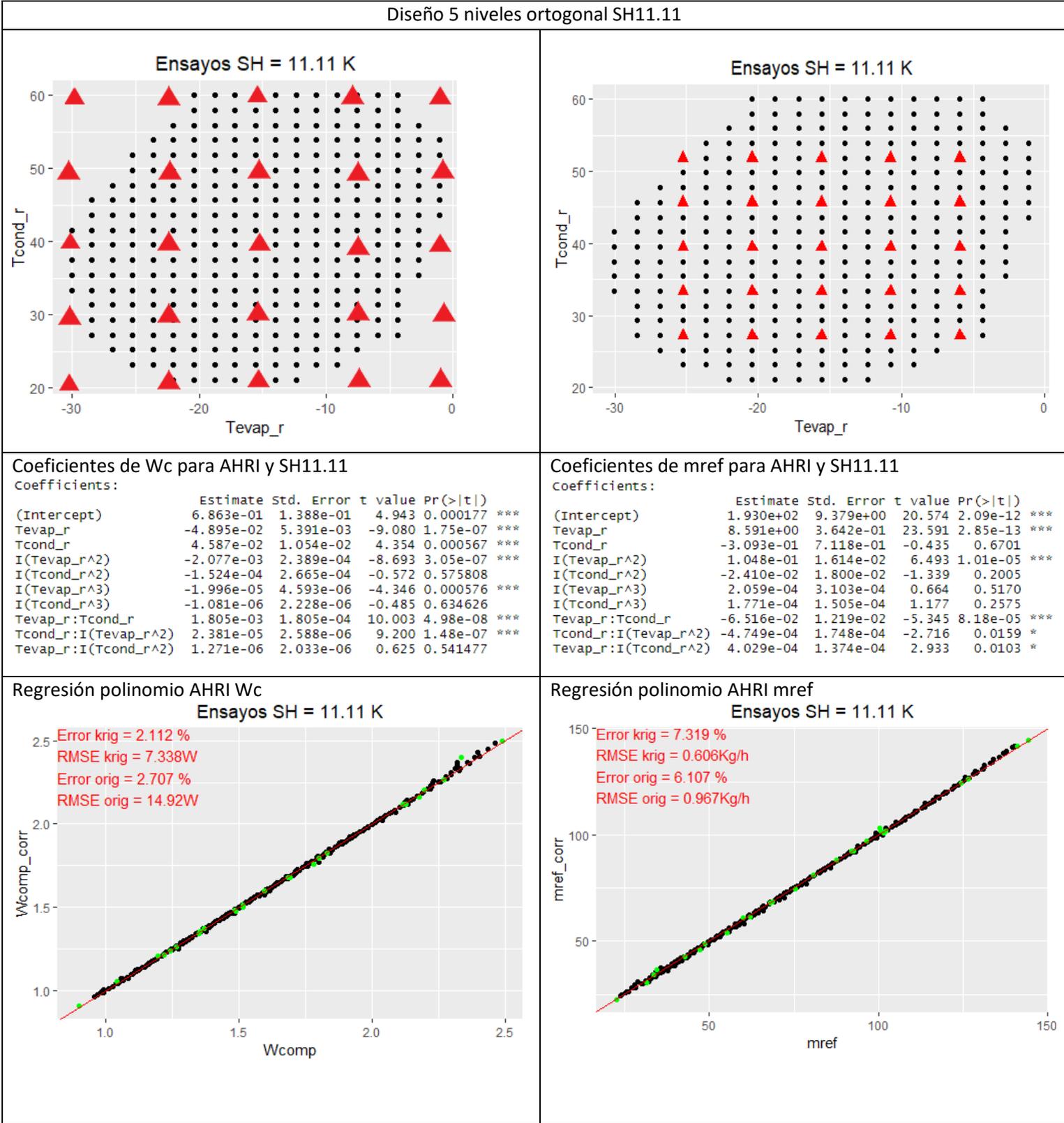


Tabla 17. Diseño cinco niveles ortogonal con polinomio AHRI

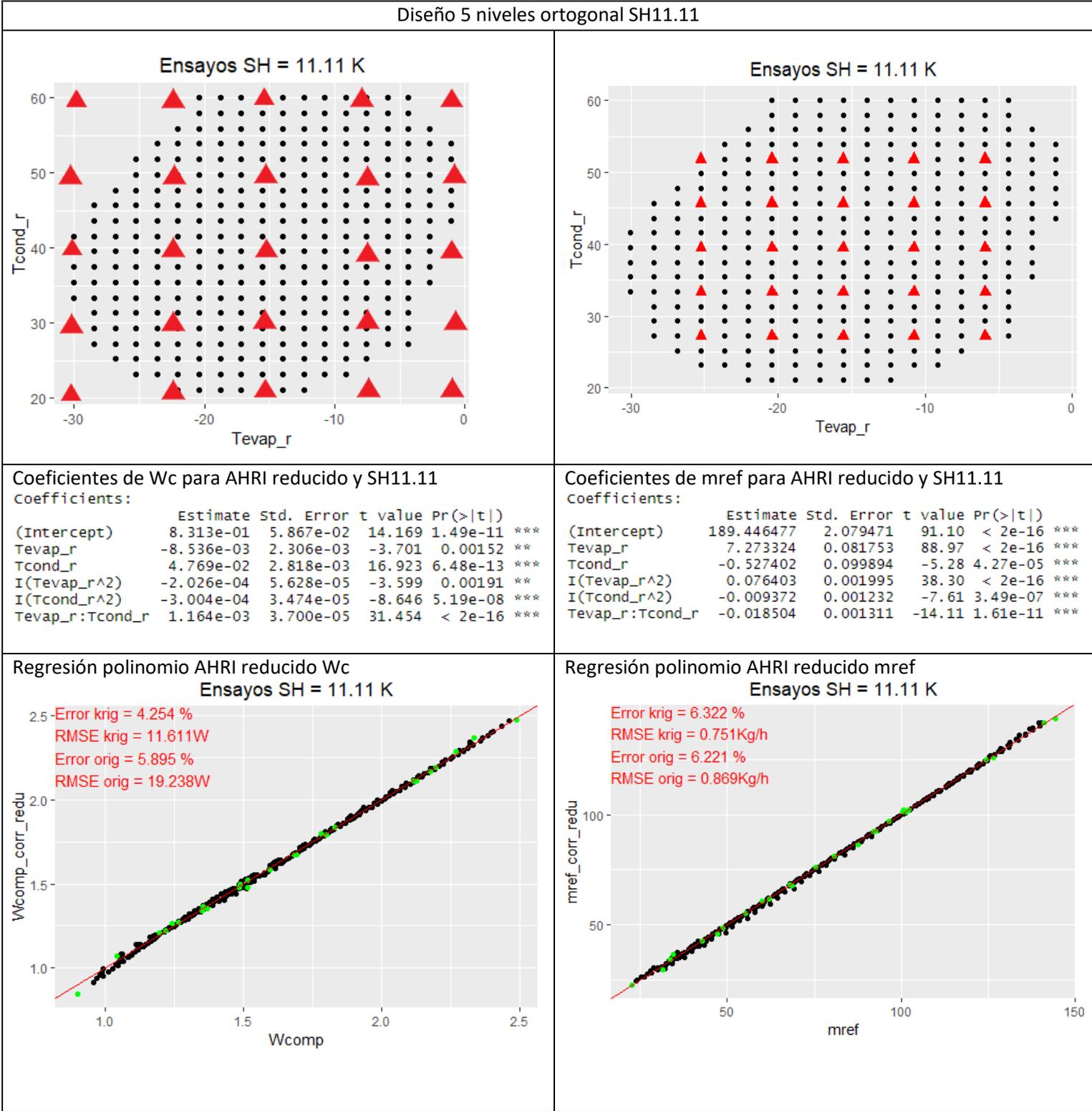


Tabla 18. Diseño cinco niveles ortogonal con polinomio AHRI reducido

Como se puede observar en las *Tablas 15, 16, 17 y 18* el diseño de 5 niveles consta de una selección de 25 puntos correspondientes a 5 niveles de temperatura de evaporación y a otros 5 de temperatura de condensación para unas condiciones de trabajo en las que el compresor opere con el refrigerante DR7 y con un superheat de 11.11K.

Para este diseño a pesar que muestre los menores errores cuando se aplica trasladando puntos y para el modelo AHRI se decide la aplicación que mejor caracteriza el comportamiento del compresor es cuando se aplica el diseño de 5 niveles ortogonal y con el modelo polinomio AHRI reducido. Esto se debe a que la diferencia de los errores que genera una aplicación del diseño con respecto a la otra es muy baja y a la hora de aplicar el diseño de cinco niveles de una forma ortogonal y utilizando el polinomio AHRI reducido como modelo se obtienen unos valores de los coeficientes de los polinomios muy significativos, por lo que se conoce perfectamente el modelo matemático que caracteriza tanto el trabajo del compresor como su gasto másico.

A continuación, se van a exponer estos dos polinomios que caracterizan el comportamiento del compresor tal y como quedarían tras aplicar este diseño:

- Para el trabajo del compresor:

$$W_c = 0.8313 + (-0.008536) * T_{evap} + 0.04769 * T_{cond} + (-0.0002026) * T_{evap}^2 + (-0.0003004) * T_{cond}^2 + 0.001164 * T_{evap} * T_{cond}$$

- Para el gasto de refrigerante:

$$m_{ref} = 189.446 + 7.273 * T_{evap} + (-0.5274) * T_{cond} + (0.0764) * T_{evap}^2 + (-0.00937) * T_{cond}^2 + (-0.0185) * T_{evap} * T_{cond}$$

5.4.4. Diseño CCD, diseño central compuesto

El diseño central compuesto es un diseño que consta de una selección de 9 puntos en la cuya disposición para cuando se aplica sobre dos factores, nuestro caso, es la siguiente, *Figura 43*:

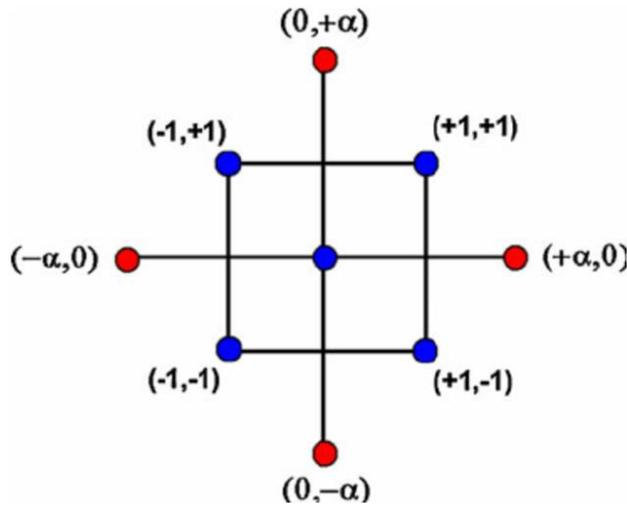


Figura 43. Disposición diseño central compuesto

Esta disposición es la que se debe tomar para la correcta aplicación del diseño sobre la muestra siendo el valor de $\alpha = 1.41$ para el caso en el diseño de aplique a una recopilación de datos que conste de dos factores.

Para que sea posible utilizar el modelo de polinomio AHRI para este diseño, se tomarán dos puntos extra en los casos en los que se quiera caracterizar el compresor con este modelo puesto que para que este modelo se pueda emplear es necesaria una recopilación de al menos 11 puntos diferentes de trabajo.

Una vez mostradas todas las tablas pertenecientes a este diseño de experimentos para estas condiciones de trabajo (refrigerante DR7 y superheat 11.11K) se realizará un pequeño comentario acerca del modo de empleo de este diseño con el que se obtienen unos mejores resultados.

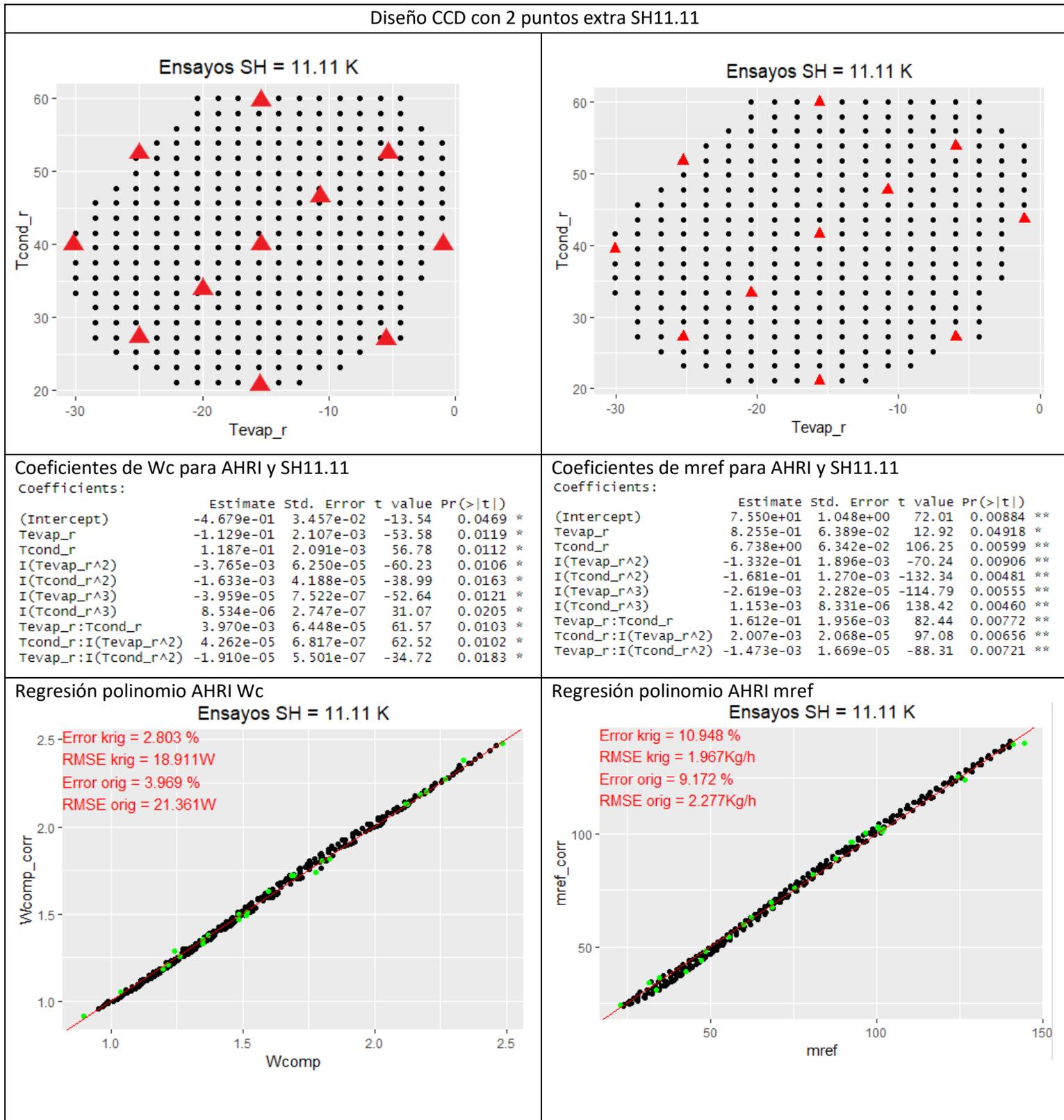


Tabla 19. Diseño central compuesto más dos puntos extra con polinomio AHRI

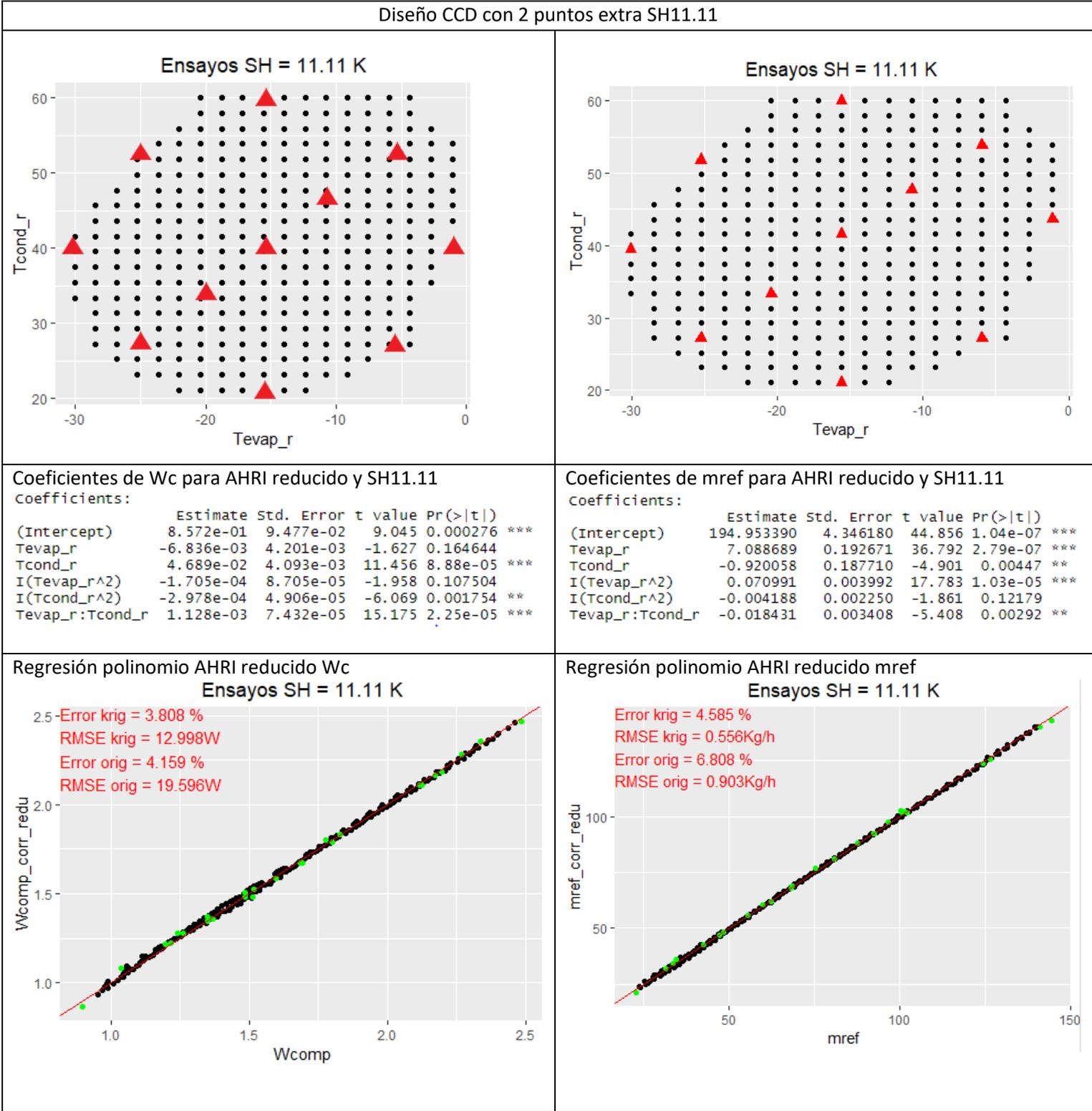


Tabla 20. Diseño central compuesto más dos puntos extra con polinomio AHRI reducido

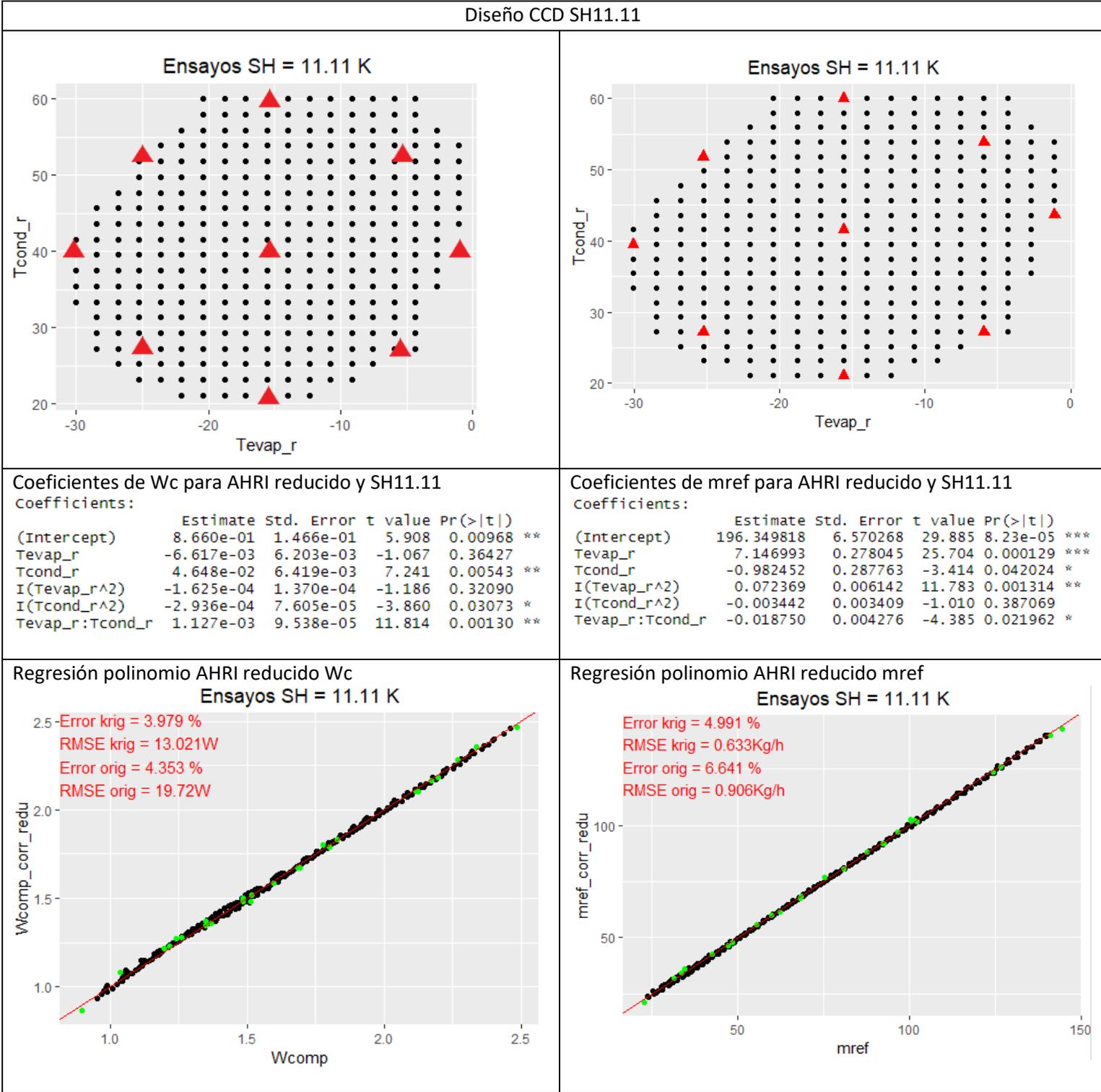


Tabla 21. Diseño central compuesto con polinomio AHRI reducido

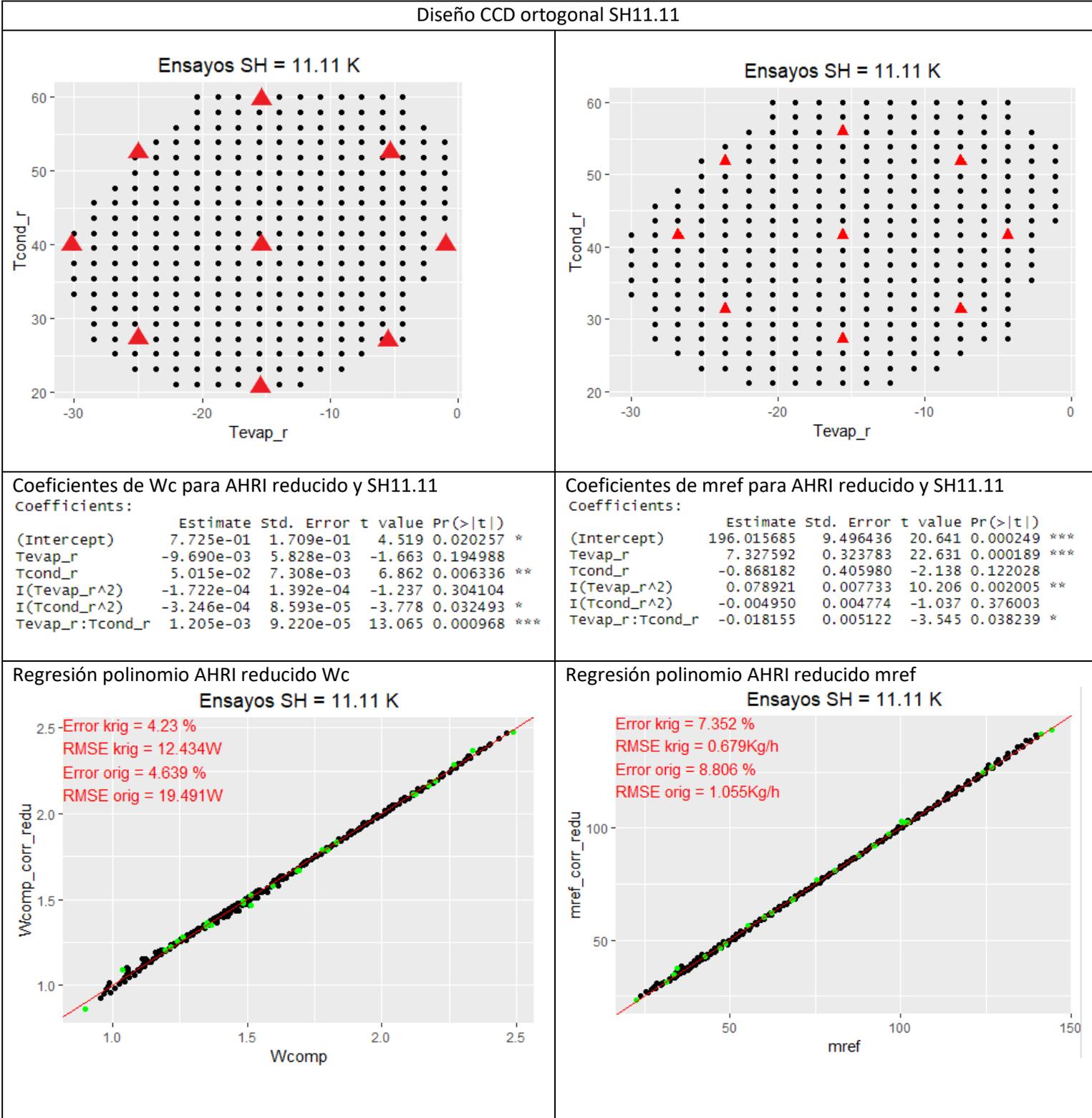


Tabla 22. Diseño central compuesto ortogonal con polinomio AHRI reducido

En cuanto a la aplicación del diseño central compuesto se obtienen unos coeficientes para el modelo bastante significativos en todos los casos. A pesar de que los coeficientes más significativos para los polinomios son los obtenidos en la *Tabla 19* no se han seleccionado estos como los mejores para la caracterización del compresor al utilizar este diseño, puesto que los valores de los errores que se han obtenido tanto en la *Tabla 21* como en la *Tabla 22* son considerablemente menores.

Para este diseño de experimentos la mejor obtención de datos ha surgido cuando se ha aplicado el diseño trasladando y junto con el modelo polinomio AHRI reducido, *Tabla 21*. Para esta situación de trabajo y con este diseño se han obtenido los dos modelos siguientes para predecir el trabajo del compresor y el gasto de refrigerante:

- Para el trabajo del compresor:

$$W_c = 0.866 + (-0.006617) * T_{evap} + 0.04648 * T_{cond} + (-0.0001625) * T_{evap}^2 + (-0.0002936) * T_{cond}^2 + 0.001127 * T_{evap} * T_{cond}$$
- Para el gasto de refrigerante:

$$m_{ref} = 196.349 + 7.147 * T_{evap} + (-0.9824) * T_{cond} + (0.07237) * T_{evap}^2 + (-0.003442) * T_{cond}^2 + (-0.01875) * T_{evap} * T_{cond}$$

5.4.5. Diseño SCD, diseño compuesto reducido y diseño hexagonal

El diseño compuesto reducido es una versión del diseño central compuesto, visto anteriormente, que consta de una selección de tan solo 7 puntos. En cambio, el diseño Hexagonal es un diseño cuya distribución son los vértices de un hexágono sobre el muestreo de los distintos puntos de trabajo y el centro de este mismo hexágono por lo que también se trata de un diseño de 7 puntos.

Estos diseños fueron tomados del repositorio que tiene el lenguaje de programación R puesto que se adecuaban perfectamente a la situación que se plantea a la hora de caracterizar el comportamiento de un compresor a diferentes temperaturas de trabajo.

Puesto que estos diseños constan de una colección de tan solo 7 puntos solamente se ha utilizado como modelo el polinomio AHRI reducido, no se ha creído conveniente tomar puntos extra para aplicar estos diseños porque para poder aplicar el polinomio AHRI serían necesarios 4 puntos extra y al tomar tantos puntos la colección que obtendríamos ya no se parecería al diseño en cuestión.

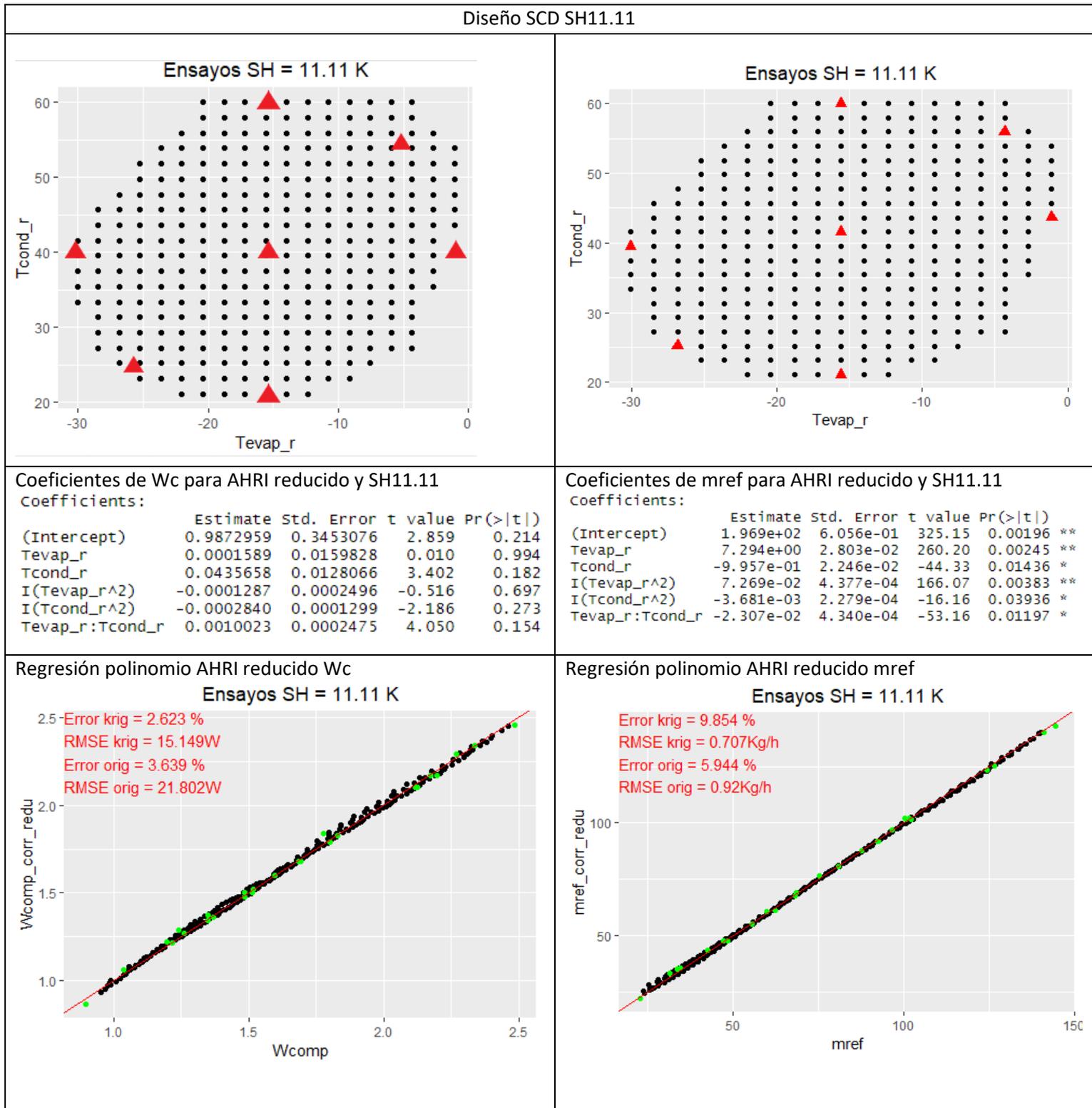


Tabla 23. Diseño compuesto reducido con polinomio AHRI reducido

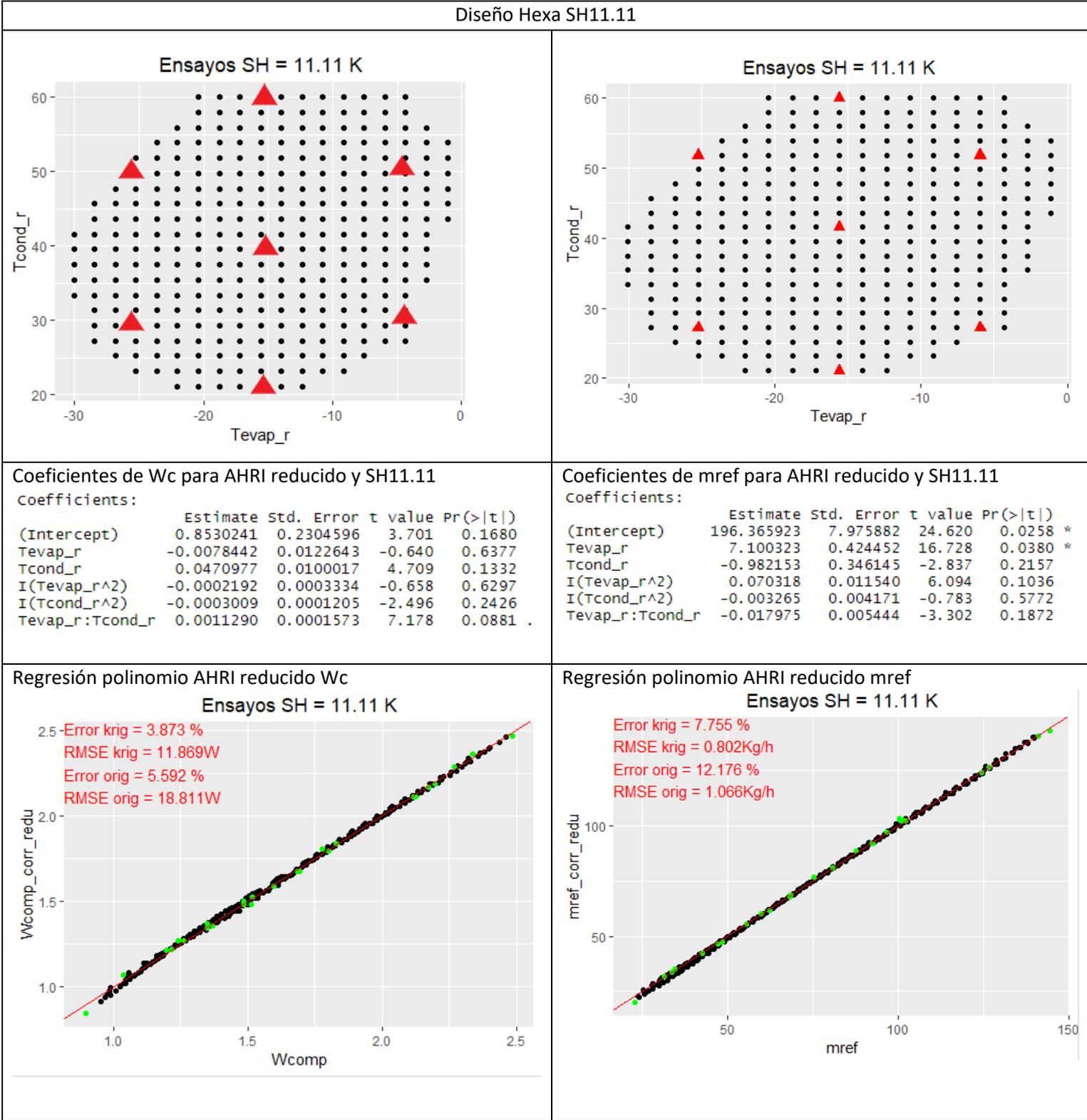


Tabla 24. Diseño hexagonal con polinomio AHRI reducido

Como observamos en las *Tablas 23 y 24* los valores de los coeficientes obtenidos de los polinomios cuando aplicamos estos dos diseños de experimentos no son significativos. Esto puede deberse a que una selección de tan solo 7 puntos es demasiado pequeña para representar todo el campo de trabajo del compresor en estas condiciones puesto que el campo de trabajo es de unos 393 puntos. De hecho, de los cuatro modelos que se han generado a partir de estos dos diseños tan solo los valores de los coeficientes del gasto de refrigerante correspondiente al diseño central compuesto son significativos.

Estos dos modelos debemos descartarlos para una posible caracterización final del compresor puesto que a pesar de que los errores obtenidos a partir de los modelos generados con estos diseños son aceptables, no es seguro que el modelo calculado sea representativo de todas las situaciones en las que puede encontrarse trabajando el compresor. Posiblemente al predecir el comportamiento del compresor utilizando estos modelos para unas condiciones de trabajo específicas difiera mucho del comportamiento real que tenga el compresor a la hora de ponerse a funcionar en dichas condiciones.

5.4.6. Diseño OptFederov

El diseño OptFederov es el último diseño que se eligió para la caracterización del compresor. Este diseño también se tomó del repositorio del lenguaje de programación R.

Este diseño se basa en que, a partir de un muestreo de puntos, diferentes temperaturas de trabajo, la función OptFederov selecciona tantos puntos como se le indique, en nuestro caso en primer lugar se le indicó que seleccionase 7 para aplicar el modelo polinomio AHRI reducido y posteriormente se indicó que la selección fuese de 11 puntos para aplicar el polinomio AHRI.

Cabe destacar que este diseño posee tres criterios distintos para la selección de los puntos de la muestra. En este caso se han utilizado los tres criterios. Estos criterios son el criterio D, A y I.

El criterio D selecciona en primer lugar los puntos más extremos del muestreo y a medida que se le va indicando que aumente el número de puntos de su selección va tomando los puntos perimetrales de la muestra.

Criterio A, este criterio al igual que el D selecciona en primer lugar los puntos más extremos del muestreo, pero en lugar de continuar seleccionando los puntos perimetrales de la muestra selecciona los puntos más cercanos a estos extremos. Tantos puntos como se le indique en la función.

Criterio I, la selección que realiza este criterio es muy similar a la del Criterio D lo único que se centra en mayor medida en los puntos más extremos, es decir toma los extremos en primer lugar y a la vez que va tomando puntos del perímetro del muestreo va seleccionando también puntos cercanos a los extremos.

A continuación, se van a mostrar las tablas obtenidas a partir de este diseño y se realizarán los comentarios pertinentes al final salvo que para alguna aplicación en concreto exista alguna peculiaridad.

En las siguientes tablas la casilla de la primera fila de la primera columna aparecerá en blanco puesto que este diseño no tiene una aplicación teórica, sino que se aplica sobre el muestreo.

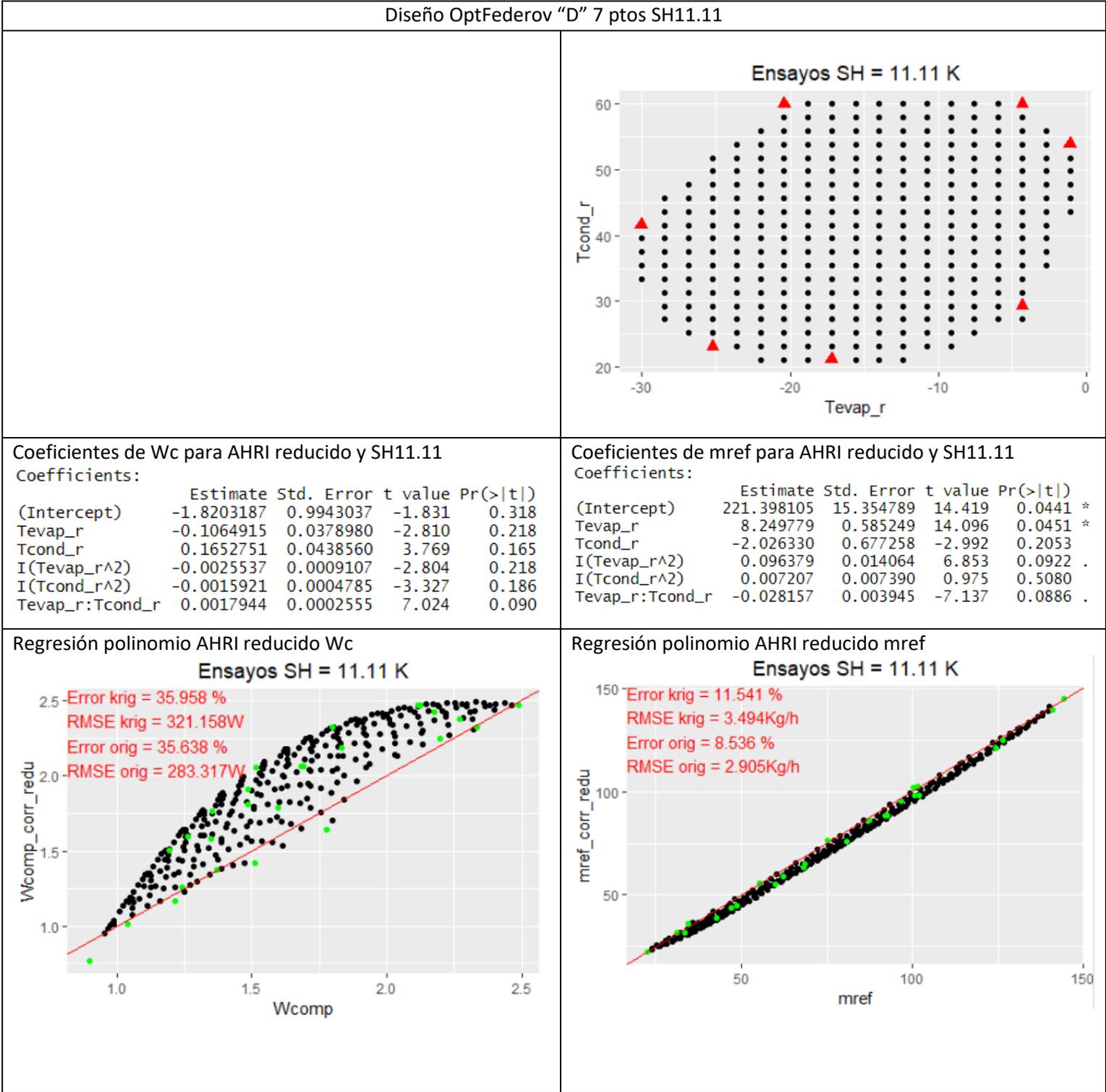


Tabla 25. Diseño OptFederov criterio D con 7 puntos con polinomio AHRI reducido

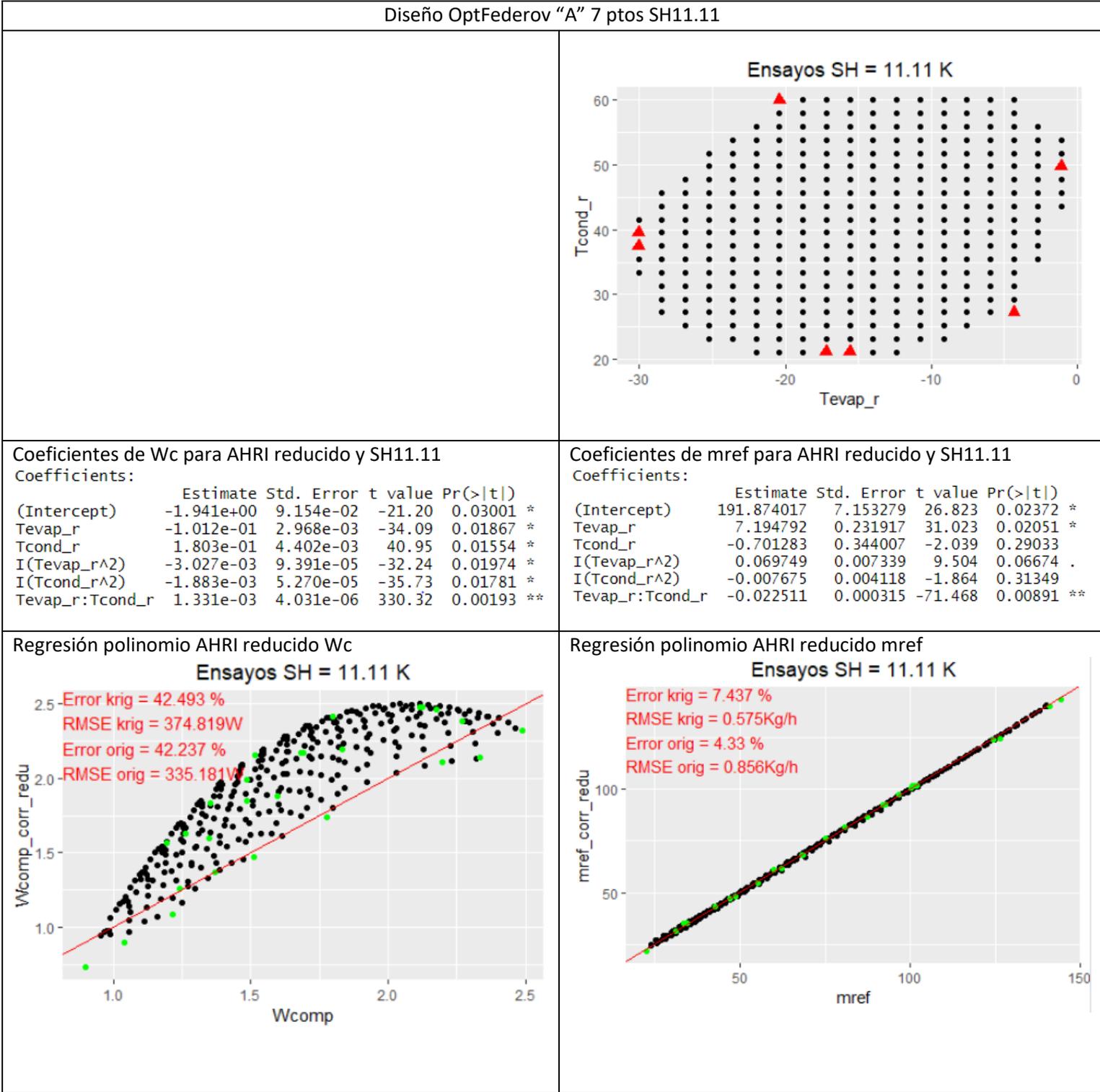


Tabla 26. Diseño OptFederov criterio A con 7 puntos con polinomio AHRI reducido

En las *Tablas 25 y 26*, aparecen unos errores muy altos a la hora de calcular el trabajo del compresor, de hecho, se puede apreciar que el modelo no se encuentra ajustado correctamente. Esto se debe a que el modelo que se genera en estos casos se ajusta con mucha precisión a la selección de 7 puntos, que como se verá después es una selección de puntos demasiado pequeña, y al ajustarse tan perfectamente a esta selección insuficiente deja de ser un modelo representativo de todo el muestreo. De hecho, en la *Figura 44* se muestra el ajuste del modelo del trabajo del compresor para el diseño OptFederov criterio A y una selección de 7 puntos. Este modelo que se ha generado como se puede observar se ajusta casi a la perfección a esta selección de puntos, pero al compararlo con le muestra completa obtenemos unos valores muy altos para decir que este modelo caracteriza correctamente el comportamiento del compresor.

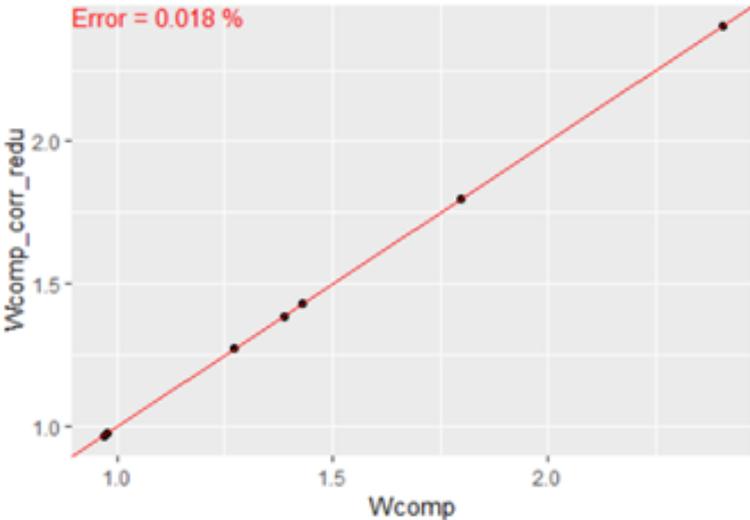


Figura 44. Ajuste del modelo del trabajo del compresor

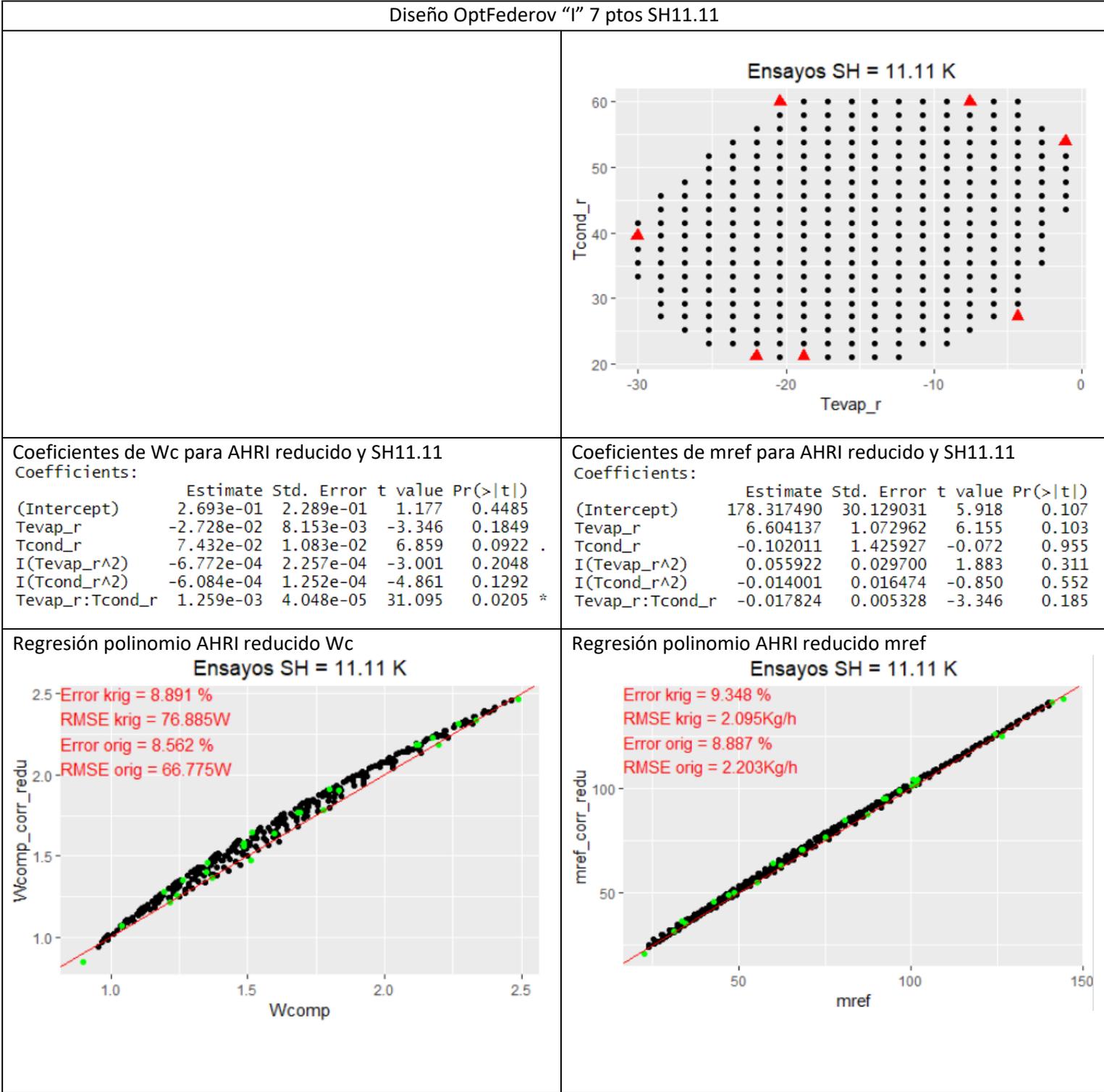
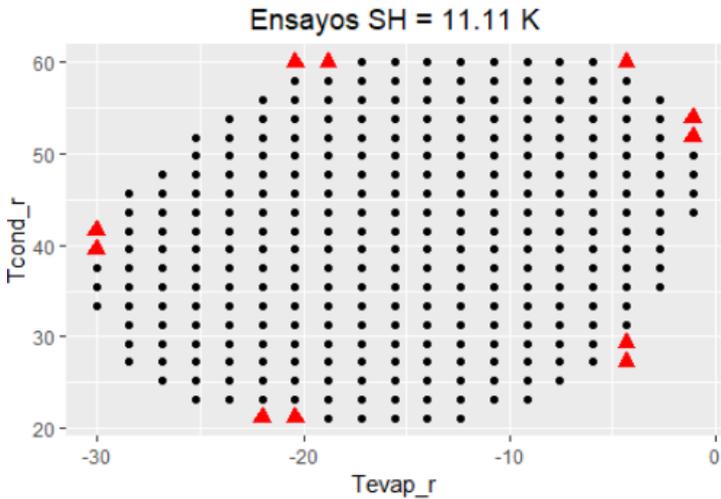


Tabla 27. Diseño OptFederov con criterio I con 7 puntos con polinomio AHRI reducido

Diseño OptFederov "D" 11 pts SH11.11



Coefficientes de Wc para AHRI y SH11.11

Coefficients:

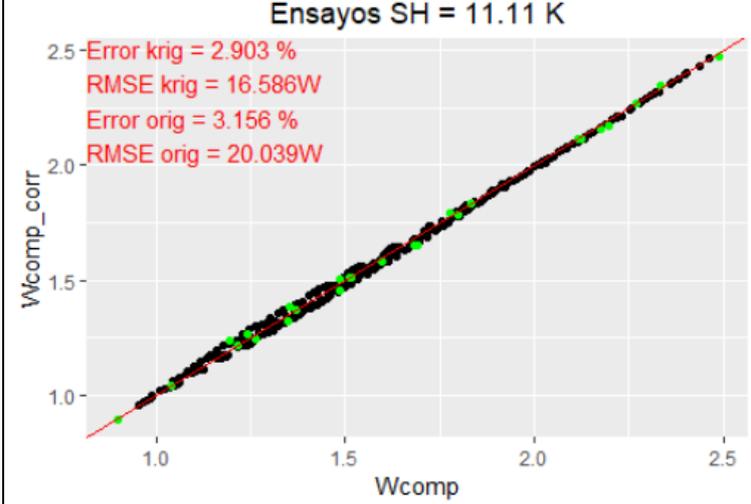
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.440e+00	2.863e-01	5.028	0.125
Tevap_r	-1.368e-02	2.052e-02	-0.667	0.626
Tcond_r	-5.643e-04	2.161e-02	-0.026	0.983
I(Tevap_r^2)	-8.905e-04	8.545e-04	-1.042	0.487
I(Tcond_r^2)	8.669e-04	5.386e-04	1.610	0.354
I(Tevap_r^3)	-8.534e-06	1.831e-05	-0.466	0.722
I(Tcond_r^3)	-8.961e-06	4.421e-06	-2.027	0.292
Tevap_r:Tcond_r	1.087e-03	6.198e-04	1.753	0.330
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	9.209e-06	6.068e-06	1.518	0.371
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	2.717e-06	6.848e-06	0.397	0.760

Coefficientes de mref para AHRI y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.913e+02	1.122e+01	17.053	0.0373 *
Tevap_r	8.362e+00	8.041e-01	10.400	0.0610 *
Tcond_r	-5.153e-01	8.471e-01	-0.608	0.6521
I(Tevap_r^2)	1.178e-01	3.349e-02	3.517	0.1764
I(Tcond_r^2)	-1.475e-02	2.111e-02	-0.699	0.6116
I(Tevap_r^3)	7.051e-04	7.177e-04	0.982	0.5056
I(Tcond_r^3)	7.267e-05	1.733e-04	0.419	0.7472
Tevap_r:Tcond_r	-6.482e-02	2.429e-02	-2.668	0.2283
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-6.215e-04	2.378e-04	-2.613	0.2327
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	3.714e-04	2.684e-04	1.384	0.3984

Regresión polinomio AHRI Wc



Regresión polinomio AHRI mref

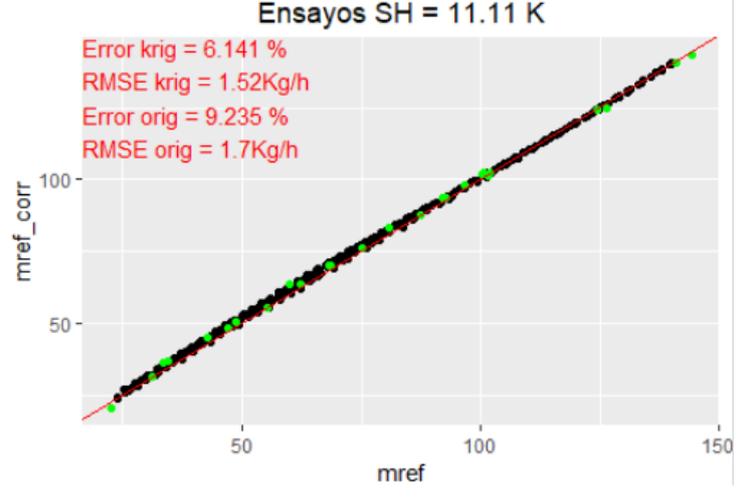


Tabla 28. Diseño OptFederov criterio D con 11 puntos con polinomio AHRI

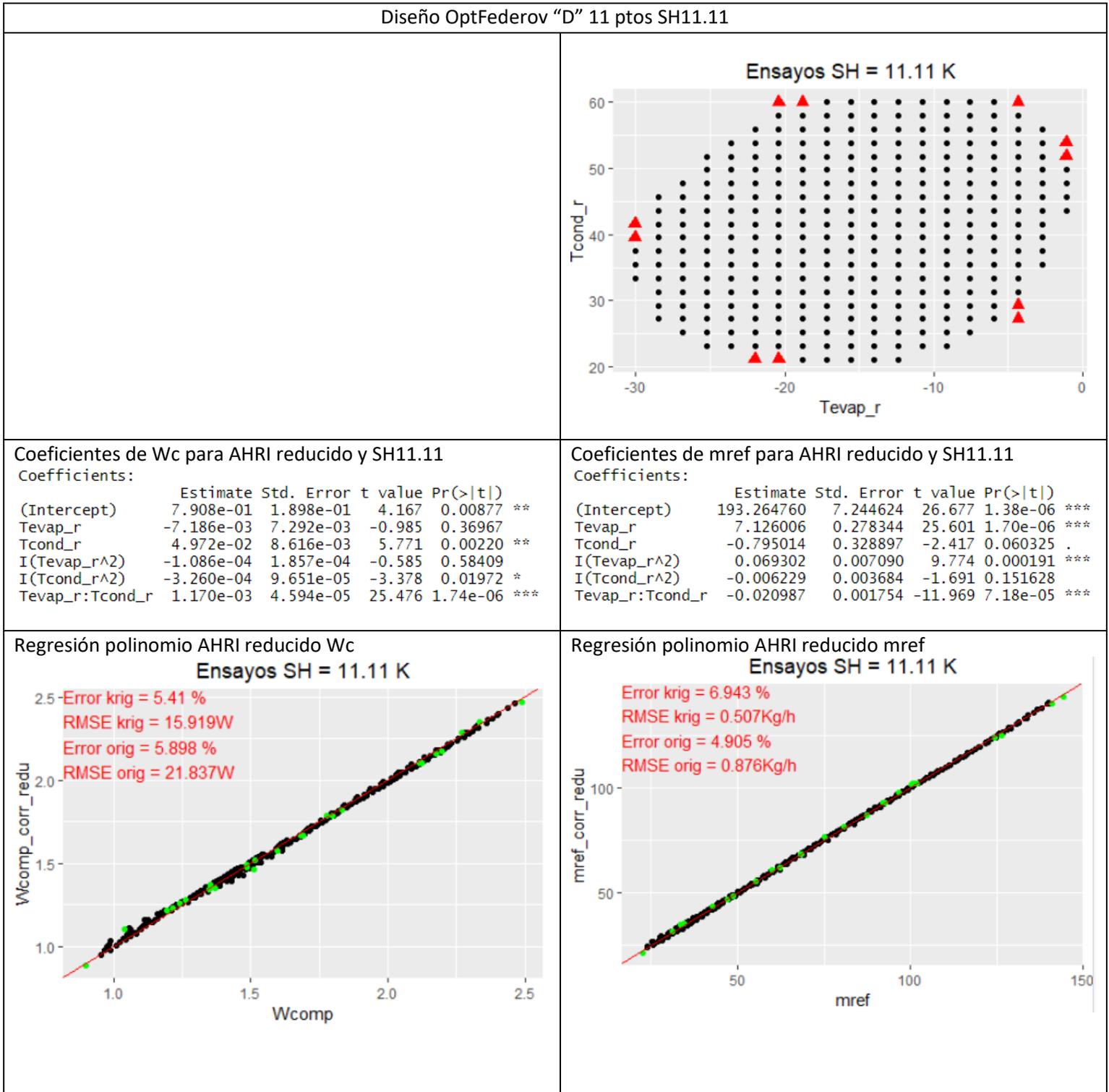


Tabla 29. Diseño OptFederov criterio D con 11 puntos con polinomio AHRI reducido

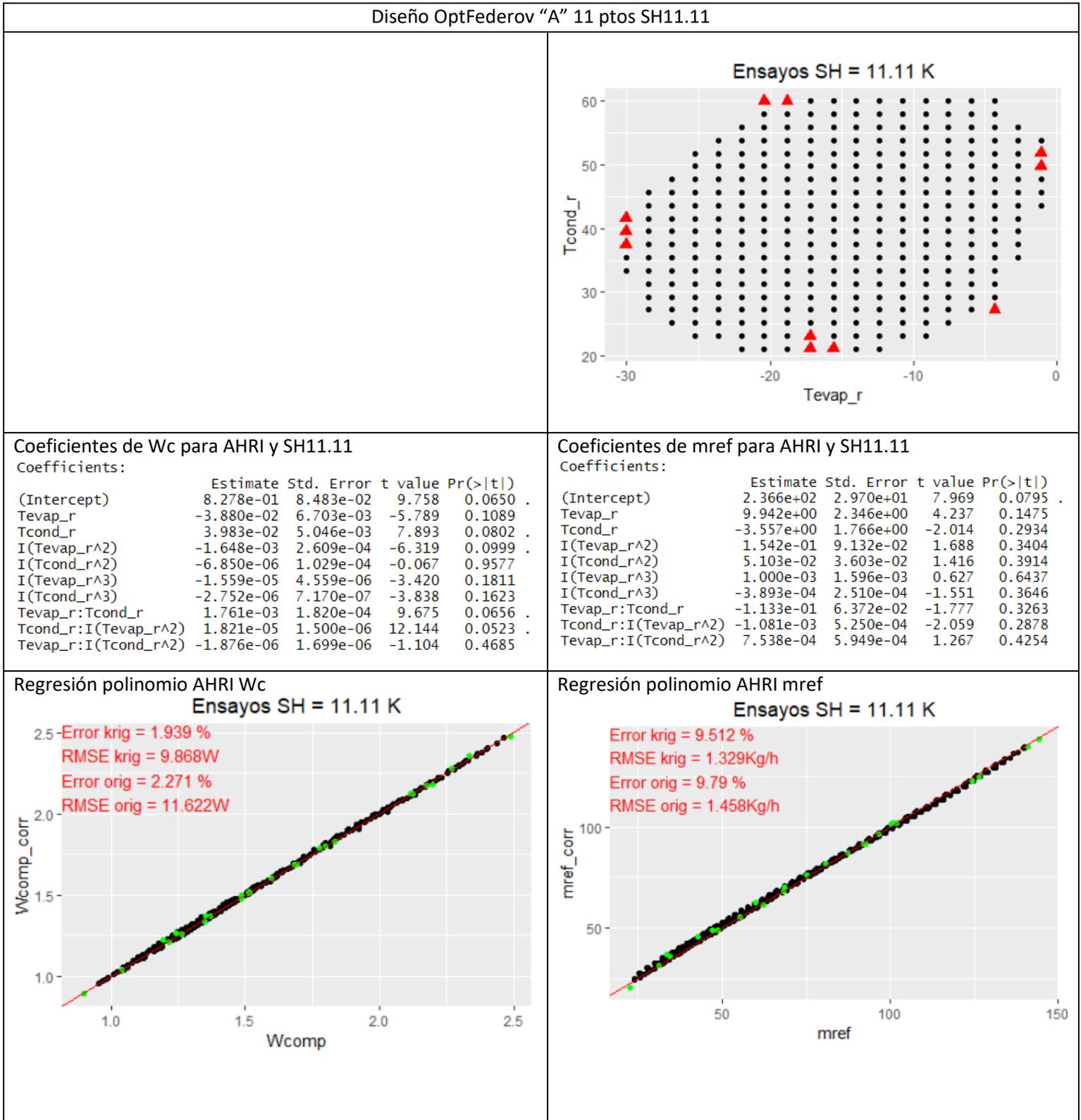


Tabla 30. Diseño OptFederov criterio A con 11 puntos con polinomio AHRI

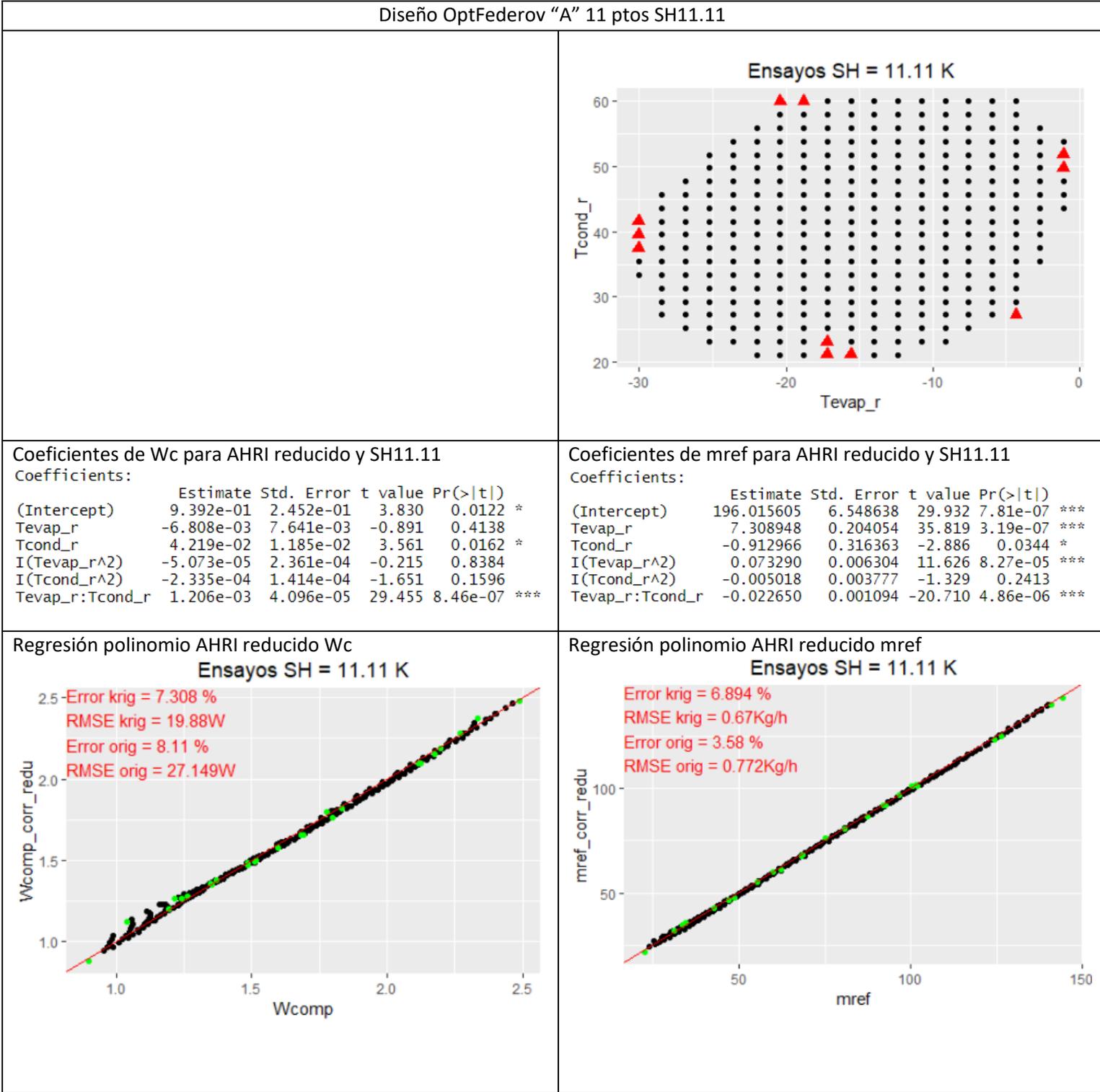


Tabla 31. Diseño OptFederov criterio A con 11 puntos con polinomio AHRI reducido

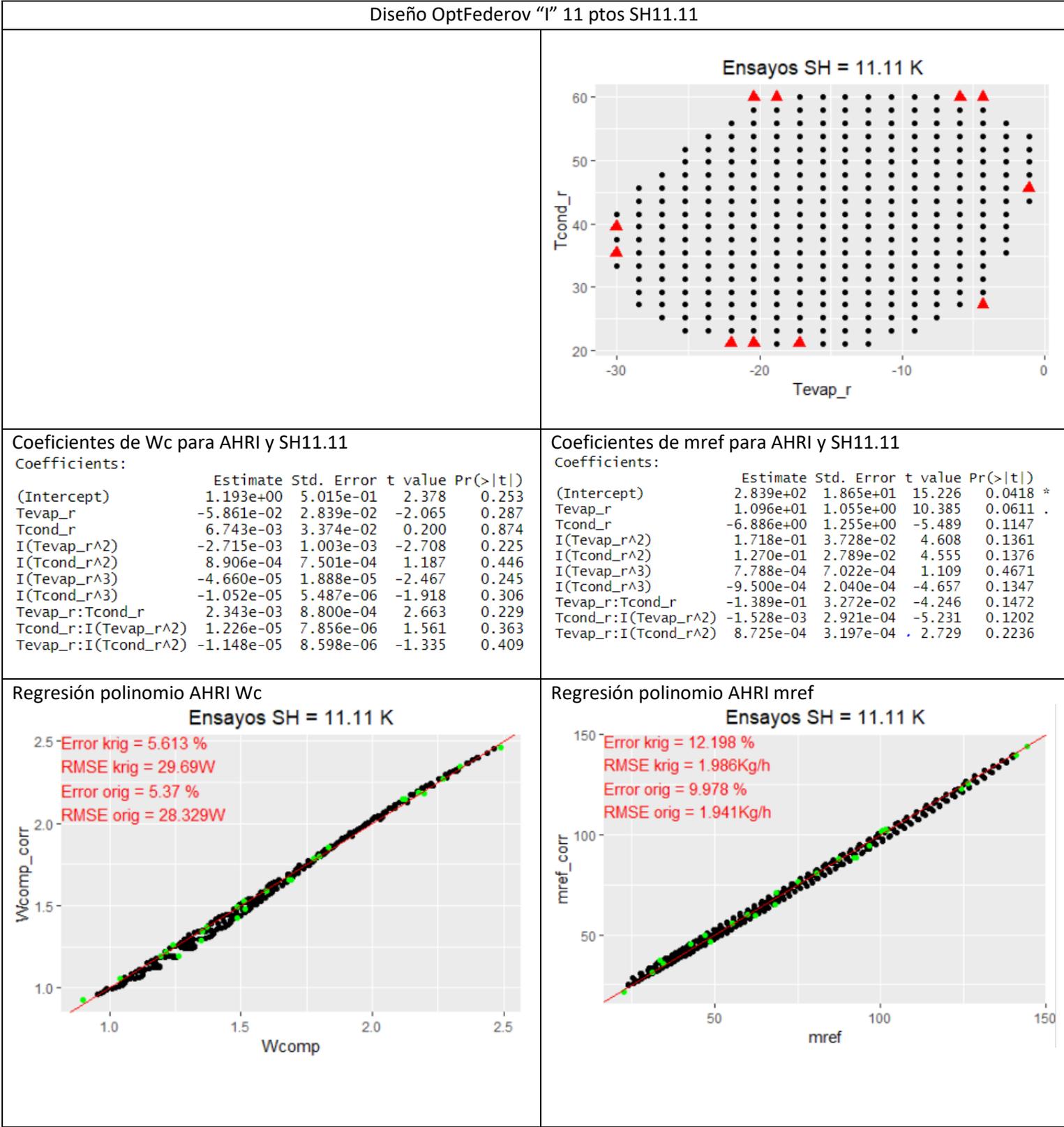


Tabla 32. Diseño OptFederov criterio I con 11 puntos con polinomio AHRI

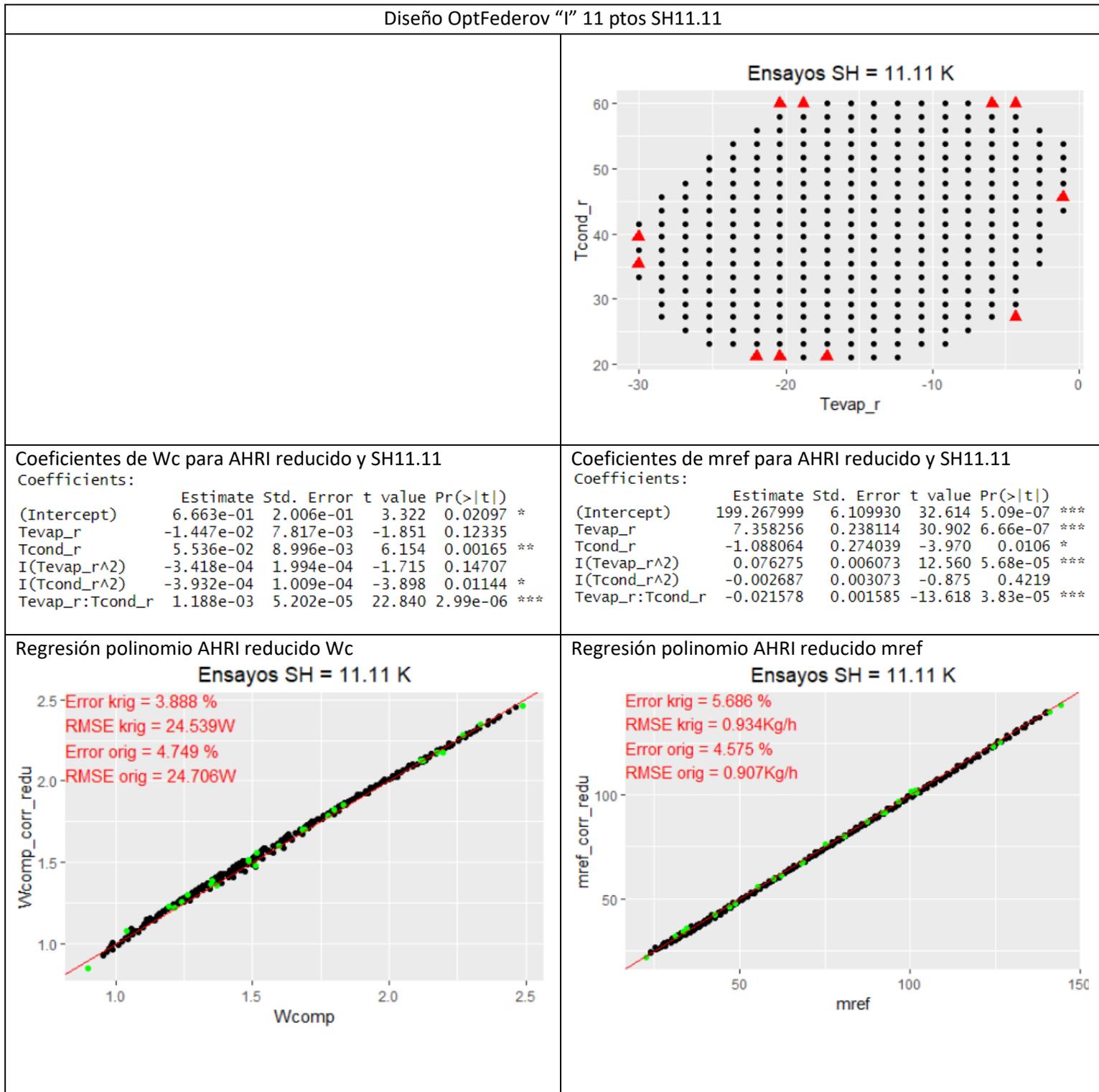


Tabla 33. Diseño OptFederov criterio I con 11 puntos con polinomio AHRI reducido

Como se puede observar en las *Tablas 25, 26 y 27* en las cuales se aplica el diseño OptFederov seleccionando tan solo 7 puntos, al igual que ocurría en los diseños hexagonal y compuesto reducido, una selección de tan solo 7 puntos de toda la muestra que poseemos de estudio se queda corta. Por lo que los valores de los coeficientes de los modelos que se generan no son correctos y significativos, así como los errores que aparecen al recalcular los valores de trabajo del compresor y gasto de refrigerante comparados con los originales son demasiado elevados. Se podría decir que una selección de tan solo 7 puntos es demasiado escueta por lo que no es representativa de todo el muestreo.

En cuanto a la aplicación del diseño OptFederov con una selección de puntos se observa que los errores que se obtienen a partir de los modelos generados son mucho menores. Además, para la selección de 11 puntos se ha empleado como modelo tanto el polinomio AHRI como el polinomio AHRI reducido. Estudiando los diferentes resultados obtenidos por cada uno de los dos modelos podemos observar que los coeficientes obtenidos para el modelo polinomio AHRI no son significativos, su *pvalue* es mayor de 0.05 por lo que no se deberá utilizar este diseño con este modelo para la caracterización del compresor.

Por otro lado, cuando el diseño se ha aplicado para una selección de 11 puntos y se ha empleado como modelo el polinomio AHRI reducido como modelo se han obtenido unos coeficientes del polinomio muy significativos, así como, unos errores aceptables. En cuanto al criterio que mejor ha funcionado es el criterio D, *Tabla 29*, por lo que para estas condiciones de trabajo del compresor si el diseño final a emplear para caracterizar el comportamiento del compresor fuese este se obtendrían los siguientes polinomios:

- Para el trabajo del compresor:

$$W_c = 0.7908 + (-0.007186) * T_{evap} + 0.04972 * T_{cond} + (-0.0001086) * T_{evap}^2 + (-0.000326) * T_{cond}^2 + 0.00117 * T_{evap} * T_{cond}$$

- Para el gasto de refrigerante:

$$m_{ref} = 193.265 + 7.126 * T_{evap} + (-0.795) * T_{cond} + (0.0693) * T_{evap}^2 + (-0.006229) * T_{cond}^2 + (-0.020987) * T_{evap} * T_{cond}$$

6. CONCLUSIONES Y DISEÑO SELECCIONADO

En este apartado del trabajo se van a comparar los errores generados por cada uno de los diseños así con los modelos obtenidos. Esta comparación se va a llevar a cabo gracias a unas tablas en las que de una forma resumida se han colocado los valores de los errores de cada diseño y el número de puntos necesario para la aplicación de cada uno de los diseños. La finalidad de esta comparación es la de obtener un modelo adecuado basado en el diseño de experimentos que nos permita conocer el comportamiento del compresor, es decir, caracterizarlo.

Para elegir un diseño u otro en primer lugar se va a buscar que mediante la aplicación del modelo se obtengan unos valores de trabajo del compresor y gasto de refrigerantes similares a los de los valores experimentales. En segundo lugar, se tendrán en cuenta los coeficientes obtenidos para cada uno de los modelos, si son o no significativos. El último aspecto que se va a tener en cuenta para la elección es la cantidad de puntos necesaria para poder aplicar el diseño, esta condición es muy importante de cara a la selección de un diseño puesto que si se elige un diseño que necesite una amplia selección de puntos, a utilizar este diseño para caracterizar cualquier compresor será necesario que se ensayen en el compresor un mayor número de puntos lo que encarecerá la caracterización de este.

En las siguientes tablas se va a poder apreciar que para cada modelo de cada diseño se han obtenido dos errores, uno respecto a los datos del kriging y otro respecto a los datos originales. El valor de los errores respecto a los datos originales no se va a tener en cuenta para la selección de un modelo u otro puesto que en este caso se han tomado en todo momento los valores del kriging como los valores sobre los que aplicar el diseño. Si no fuesen los errores respecto al kriging los que se utilizasen para la selección de los modelos estaríamos teniendo en cuenta el error existente al haber aplicado esta interpolación y no es lo que se quiere en este caso puesto que esta herramienta se ha utilizado porque la colección de puntos del ensayo original era algo reducida. Además, este trabajo va enfocado a la necesidad de que un fabricante conozca el comportamiento de su compresor para las distintas condiciones de funcionamiento y a lo largo de su rango de temperaturas.

Al ser esta la finalidad del trabajo, se supone que un fabricante posee buenos ensayos de sus compresores y no necesita generar nuevos puntos de trabajo mediante ninguna interpolación o de algún otro modo diferente. Este es el motivo por el que los errores que se van a tener en cuenta son los generados respecto al kriging del mismo modo que se han tomado los valores obtenidos del kriging como los valores reales del compresor.

6.1. Solución adoptada para cuando el compresor trabaja con el refrigerante DR7 y un SH11.1K

Refrigerante DS7 y SH11.11																		
Diseño	Modelo AHRI									Modelo AHRI reducido								
	Error max relativo				RMSE				Nº pto	Error max relativo				RMSE				Nº ptos
	Wc krig(%)	mref krig(%)	Wc orig (%)	Mref orig (%)	Wc krig (W)	mref krig (Kg/h)	Wc orig (W)	Mref orig (Kg/h)		Wc krig(%)	mref krig(%)	Wc orig (%)	Mref orig (%)	Wc krig (W)	mref krig (Kg/h)	Wc orig (W)	Mref orig (Kg/h)	
3k trasladado	3.686	10.351	4.171	9.091	23.72	1.928	21.926	2.131	11	2.919	4.793	3.611	6.86	13.984	0.541	20.154	0.839	11
										3.191	4.892	3.462	6.877	14.169	0.626	20.617	0.824	9
3k ortogonal	2.291	7.743	2.605	7.39	7.385	0.776	14.909	0.998	11	3.535	7.837	5.166	7.151	13.152	0.875	20.529	0.96	11
										3.454	7.845	5.021	7.21	13.097	0.873	20.637	0.967	9
4k trasladado	1.239	5.36	1.872	10.005	7.857	0.512	10.495	0.937	16	3.229	5.847	4.804	10.351	12.427	0.568	19.454	0.925	16
4k ortogonal	1.888	6.57	2.036	5.61	6.622	0.531	11.347	0.992	16	3.798	4.789	5.333	5.068	11.935	0.577	19.573	0.815	16
CCD	2.803	10.948	3.969	9.172	18.911	1.967	21.361	2.277	11	3.808	4.585	4.159	6.808	12.998	0.556	19.596	0.903	11
										3.979	4.991	4.353	6.641	13.021	0.633	19.72	0.906	9
CCD ortogonal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.23	7.352	4.639	8.806	12.434	0.679	19.491	1.055	9
SCD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.623	9.854	3.639	5.944	15.149	0.707	21.802	0.92	7
Hexa diseño	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.873	7.755	5.592	12.176	11.869	0.802	18.811	1.066	7
Opt Federov D	2.903	6.141	3.156	9.235	16.586	1.52	20.039	1.7	11	35.958	11.541	35.638	8.536	321.15	3.494	283.31	2.905	7
										5.41	6.943	5.898	4.905	15.919	0.507	21.837	0.876	11
Opt Federov A	1.939	9.512	2.271	9.79	9.868		11.622	1.458	11	42.493	7.437	42.237	4.33	374.81	0.575	335.18	0.856	7
						1.329				7.308	6.894	8.11	3.58	19.88	0.67	27.149	0.772	11
Opt Federov I	5.613	12.198	5.37	9.978	29.69	1.986	28.329	1.941	11	8.891	9.348	8.562	8.887	76.885	2.095	66.775	2.203	7
										3.888	5.686	4.749	4.575	24.539	0.934	24.706	0.907	11
5k trasladado	1.203	3.269	1.742	6.917	6.485	0.421	11.368	0.895	25	3.256	5.643	3.607	6.394	12.795	0.525	19.873	0.921	25
5k ortogonal	2.112	7.319	2.707	6.107	7.338	0.606	14.92	0.967	25	4.254	6.322	5.895	6.221	11.611	0.751	19.238	0.869	25

Tabla 34. Errores generados por los distintos modelos cuando el compresor trabaja con el refrigerante DR7 y un SH= 11.11K

En la *Tabla 34* aparecen los errores de todos los diseños empleados para la caracterización del cuando el compresor opera con el refrigerante DR7 y con un superheat de 11.11K. En esta tabla se puede observar que cuando el modelo utilizado para aplicar los diseños es el polinomio AHRI se obtienen unos errores más elevados que cuando se realiza el mismo proceso, pero con el modelo polinomio AHRI reducido para casi todos los diseños. En los únicos diseños en los que el polinomio AHRI muestra unos errores aceptables es en aquellos en los que la selección de puntos la componen un número elevado de estos, diseño de cuatro niveles y diseño de 5 niveles. Una vez cotejados estos datos, miramos en las tablas de cada diseño si los coeficientes generados a la hora de aplicar estos diseños con este modelo son significativos, observamos que algunos coeficientes si lo son, pero otros no, por lo que nos vemos obligados a observar estos diseños bajo la modelación del polinomio AHRI reducido y percibimos que los valores de los coeficientes para este modelo sí que resultan en su totalidad significativos. Tras estas comprobaciones se puede concretar que el modelo que va a caracterizar el comportamiento del compresor para estas condiciones va a ser el polinomio AHRI reducido.

Llegados a este punto nos fijamos para qué diseños se obtienen unos errores más pequeños a la hora de aplicar el modelo polinomio AHRI reducido. Al utilizar este modelo observamos que aparte de los diseños con grandes selecciones de puntos ahora algunos diseños con selecciones de puntos de en torno a 11 o 9 puntos generan unos errores aceptables y que no distan mucho de los errores obtenidos con los diseños que necesitan un mayor número de puntos de trabajo. Estos diseños son el CCD para selecciones de 9 y 11 puntos y el diseño OptFederov para cuando trabaja con el criterio D y para una selección de 11 puntos. Ahora vamos a comprobar si los coeficientes de los modelos de estos diseños son significativos, y en efecto lo son. Tras realizar este análisis pasamos a descartar los diseños 5k y 4k puesto que necesitan de un mayor número de puntos para predecir el comportamiento del compresor, necesitarán de ensayos más densos y por el consiguiente más caros. Por lo que finalmente tan solo nos quedan dos diseños capaces de caracterizar correctamente el compresor para estas condiciones de trabajo, el CCD y el OptFederov criterio D.

Finalmente se decide utilizar el diseño OptFederov con el criterio D para obtener el modelo matemático que nos permita conocer el comportamiento del compresor antes de comprobarlo experimentalmente, es decir, que nos lo caracterice puesto que este diseño se aplica sobre la muestra que se tenga y no hay que trasladar ningún punto ni realizar ninguna aproximación que sí se tiene que realizar para poder aplicar el diseño CCD.

Después de todo este análisis el comportamiento del compresor para estas condiciones de trabajo se puede definir tal que estos polinomios:

- Para el trabajo del compresor (W_c):

$$W_c = 0.7908 + (-0.007186) * T_{evap} + 0.04972 * T_{cond} + (-0.0001086) * T_{evap}^2 + (-0.000326) * T_{cond}^2 + 0.00117 * T_{evap} * T_{cond}$$
- Para el gasto de refrigerante (m_{ref}):

$$m_{ref} = 193.265 + 7.126 * T_{evap} + (-0.795) * T_{cond} + (0.0693) * T_{evap}^2 + (-0.006229) * T_{cond}^2 + (-0.020987) * T_{evap} * T_{cond}$$

6.2. Solución adoptada para cuando el compresor trabaja con el refrigerante DR7 y un SH22.22K

Refrigerante DS7 y SH22.22																		
Diseño	Modelo AHRI									Modelo AHRI reducido								
	Error max relativo				RMSE				Nº pto	Error max relativo				RMSE				Nº pto
	Wc krig(%)	mref krig(%)	Wc orig (%)	Mref orig (%)	Wc krig (W)	mref krig (Kg/h)	Wc orig (W)	Mref orig (Kg/h)		Wc krig(%)	mref krig(%)	Wc orig (%)	Mref orig (%)	Wc krig (W)	mref krig (Kg/h)	Wc orig (W)	Mref orig (Kg/h)	
3k trasladado	3.609	4.005	3.235	9.728	21.838	0.533	20.093	1.658	11	2.516	4.616	4.35	9.965	14.994	0.556	21.006	1.685	11
										2.959	5.076	3.915	9.583	15.457	0.654	21.277	1.641	9
3k ortogonal	4.397	14.082	4.586	8.68	13.165	0.853	22.477	1.462	11	4.609	9.944	7.17	5.01	14.193	0.87	23.845	1.363	11
										4.311	9.992	6.702	5.072	13.637	0.87	23.181	1.355	9
4k trasladado	1.446	4.188	1.544	12.755	9.034	0.564	12.692	1.742	16	3.297	5.148	5.408	12.248	12.835	0.592	20.541	1.77	16
4k ortogonal	2.887	10.715	3.339	5.719	8.356	0.64	14.15	1.427	16	4.792	7.651	7.155	3.916	12.412	0.583	22.642	1.403	16
CCD	4.409	5.311	4.74	15.405	30.05	1.242	30.416	1.792	11	3.064	4.711	4.391	10.002	14.009	0.557	20.536	1.69	11
										3.449	4.887	4.054	9.761	14.169	0.582	20.485	1.668	9
CCD ortogonal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.16	10.259	6.421	6.363	13.311	0.681	22.858	1.424	9
SCD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.609	4.562	3.93	9.3	16.336	0.655	22.049	1.714	7
Hexa diseño	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.431	4.789	6.973	7.784	12.838	0.64	21.308	1.566	7
Opt Federov D	3.694	6.084	3.981	7.326	21	0.671	23.071	1.73	11	33.914	19.7	33.958	18.08	298.76	5.73	255.08	4.606	7
										5.036	6.787	5.515	7.74	16.898	1.259	21.7	1.646	11
Opt Federov A	1.621	3.001	2	11.159	11.282	0.727	14.74	1.635	11	40.549	3.678	40.67	10.26	353.58	0.951	303.87	1.958	7
										6.968	6.125	7.925	7.714	25.912	1.127	30.727	1.58	11
Opt Federov I	4.338	9.684	4.223	9.632	23.474	2.486	24.395	2.22	11	4.904	5.582	4.554	12.777	35.658	1.876	32.568	2.594	7
										3.591	8.63	4.672	7.999	20.71	1.839	23.141	1.848	11
5k trasladado	1.288	3.231	1.672	12.121	7.535	0.541	12.867	1.687	25	2.996	4.048	4.131	10.177	13.536	0.572	20.363	1.775	25
5k ortogonal	3.304	9.778	3.578	7.499	9.631	0.812	17.676	1.299	25	5.462	10.37	8	5.049	12.877	0.756	23.79	1.355	25

Tabla 35. Errores generados por los distintos modelos cuando el compresor trabaja con el refrigerante DR7 y un SH= 22.22K

En la *Tabla 35* aparecen los errores de todos los diseños empleados para la caracterización del cuando el compresor opera con el refrigerante DR7 y con un superheat de 22.22K. Del mismo modo que ocurría en la *Tabla 34* en la *Tabla 35* también se puede observar que cuando es el modelo usado el polinomio AHRI solo se obtienen errores bajos al aplicar diseños con selecciones de puntos grandes. Además, no todos los coeficientes de estos polinomios son significativos por lo que también para estas condiciones de trabajo el modelo que se va a utilizar para caracterizar el comportamiento del compresor va a ser el polinomio AHRI reducido.

Ahora, vamos a ver qué diseños generan los errores más bajos cuando el modelo que se ha aplicado en ellos es el polinomio AHRI reducido. Los diseños que generan unos errores más bajos son el 4k y 5k, los cuales descartamos por su alto número de puntos, el 3k trasladado, el CCD, el SCD y el diseño Hexagonal. De estos diseños también se van a descartar el SCD, “small composite design”, y el diseño hexagonal puesto que los coeficientes obtenidos para sus modelos no son significativos, esto tal vez se deba a que la selección de puntos que se realiza para aplicar estos diseños es de tan solo 7 puntos, demasiado pequeño.

Sacadas estas conclusiones tan solo nos quedan el diseño 3k y el diseño CCD, “central composite design”, en ambos la selección de puntos necesaria es de 9 o de 11 puntos, y sus errores son la mar de parecidos, por lo que se podría seleccionar cualquiera de estos dos diseños sin problema.

Finalmente se decide seleccionar el diseño CCD con su selección de 11 puntos para predecir el comportamiento del compresor en estas condiciones de trabajo. Nos hemos decantado finalmente por este diseño puesto que para aplicar el diseño 3k a esta muestra de puntos de temperaturas ha sido necesario trasladar algunos puntos, en algunos casos los puntos tomados se encontraban muy alejados de los teóricos para este diseño. En cuanto a decantarnos por la selección de 11 puntos y no por la de 9 esto se debe a que los errores de la selección de 11 puntos son ligeramente menores y que los coeficientes de su modelo son más significativos. Se decide tomar el diseño CCD y no el CCD ortogonal puesto que este diseño tiene en cuenta todos los puntos del muestreo, no desprecia ninguno.

Después de todo este análisis el comportamiento del compresor para estas condiciones de trabajo se puede definir tal que estos polinomios:

- Para el trabajo del compresor (W_c):

$$W_c = 0.7085 + (-0.01075) * T_{evap} + 0.05245 * T_{cond} + (-0.0002743) * T_{evap}^2 + (-0.0003603) * T_{cond}^2 + 0.001137 * T_{evap} * T_{cond}$$
- Para el gasto de refrigerante (m_{ref}):

$$m_{ref} = 187.217 + 6.55 * T_{evap} + (-0.9140) * T_{cond} + (0.06364) * T_{evap}^2 + (-0.002592) * T_{cond}^2 + (-0.01316) * T_{evap} * T_{cond}$$

6.3. Solución adoptada para cuando el compresor trabaja con el refrigerante L40 y un SH11.11K

Refrigerante L40 y SH11.11																		
Diseño	Modelo AHRI									Modelo AHRI reducido								
	Error max relativo				RMSE				Nº pto	Error max relativo				RMSE				Nº ptos
	Wc krig(%)	mref krig(%)	Wc orig (%)	Mref orig (%)	Wc krig (W)	mref krig (Kg/h)	Wc orig (W)	Mref orig (Kg/h)		Wc krig(%)	mref krig(%)	Wc orig (%)	Mref orig (%)	Wc krig (W)	mref krig (Kg/h)	Wc orig (W)	Mref orig (Kg/h)	
3k trasladado	4.02	19.569	5.628	43.089	21.695	4.408	22.302	3.587	11	2.275	2.272	2.633	12.035	10.761	0.4	19.318	1.602	11
										2.088	2.127	2.653	11.252	9.76	0.496	20.532	1.565	9
3k ortogonal	73.783	53.516	97.651	52.164	218.66	2.956	371.42	4.819	11	2.583	3.959	3.142	8.812	8.949	0.382	18.375	1.399	11
										3.157	4.511	3.264	7.936	9.213	0.386	19.527	1.377	9
4k trasladado	1.204	1.51	2.255	9.834	7.059	0.304	15.962	1.497	16	2.089	1.772	2.361	11.233	9.718	0.401	19.964	1.583	16
4k ortogonal	2.872	10.867	3.436	7.249	11.393	0.456	22.24	1.176	16	4.816	5.34	3.911	7.178	10.959	0.497	20.439	1.369	16
CCD	3.508	7.164	2.965	22.566	18.713	1.815	21.69	1.889	11	3.525	4.826	3.53	14.988	10.021	0.426	18.938	1.631	11
										3.878	4.203	3.595	14.19	9.933	0.425	19.573	1.607	9
CCD ortogonal	3.846	6.527	3.454	8.654	13.682	0.339	25.671	1.376	11	4.037	2.348	3.41	10.681	10.422	0.422	18.887	1.484	11
										4.287	2.179	3.405	10.043	10.468	0.423	19.202	1.47	9
SCD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.341	2.714	2.878	11.363	9.442	0.608	20.144	1.797	7
Hexa diseño	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.921	3.387	3.08	13.487	10.135	0.436	19.027	1.639	7
Opt Federov D	2.824	5.406	2.57	6.689	13.067	0.988	16.338	1.515	11	3.143	7.605	3.513	7.854	23.978	2.114	29.615	1.98	7
										2.966	6.746	3.285	7.519	19.737	1.836	26.598	1.8	11
Opt Federov A	4.942	8.12	6.285	18.76	34.617	0.527	41.444	1.644	11	1.61	4.211	2.453	8.119	10.117	1.24	20.284	1.543	7
										1.834	4.376	2.979	8.732	13.442	1.266	22.907	1.567	11
Opt Federov I	4.43	5.542	4.176	8.314	27.997	1.355	26.702	1.653	11	4.161	9.285	4.486	8.88	33	2.593	35.535	2.25	7
										2.9	6.145	3.304	8.012	21.082	1.64	27.127	1.71	11
5k trasladado	1.218	1.745	2.233	10.201	6.504	0.308	15.618	1.489	25	1.876	1.758	2.668	11.308	8.834	0.447	18.595	1.64	25
5k ortogonal	3.742	7.728	3.46	7.902	15.143	0.565	27.323	1.203	25	4.992	6.23	4.196	6.014	11.485	0.63	20.658	1.401	25

Tabla 36. Errores generados por los distintos modelos cuando el compresor trabaja con el refrigerante L40 y un SH= 11.11K

En la *Tabla 36* aparecen los errores de todos los diseños empleados para la caracterización del cuando el compresor opera con el refrigerante L40 y con un superheat de 11.11K. Al igual que ocurría en las *Tablas 34 y 35* cuando los diseños se modelan con el polinomio AHRI los únicos diseños que generan unos errores aceptables son los diseños que requieren de un mayor número de puntos en su selección, el 5k y el 4k. En este caso también se obtienen unos errores aceptables para el diseño OptFederov con el criterio D, pero si observamos los polinomios generados a partir de este diseño nos damos cuenta que los coeficientes obtenidos para estos polinomios, sobre todo los del gasto de refrigerante no son significativos, por lo que nos vemos obligados nuevamente a examinar los diseños cuando se modelan con el polinomio AHRI reducido.

Ahora vamos a estudiar los errores generados por los diseños al ser modelados con el polinomio AHRI reducido. Hecho este estudio nos damos cuenta que los diseños 3k, 4k, 5k, Hexagonal, SCD y CCD generan unos errores aceptables. Siguiendo los mismos patrones de selección de las condiciones de trabajo anteriores, descartamos en primer lugar los diseños 4k y 5k por necesitar selecciones de puntos más amplias. También se descartan los diseños SCD y Hexagonal puesto que los coeficientes de los polinomios generados a partir de estos diseños no son significativos, debido a que una selección de tan solo 7 puntos para una muestra del tamaño de la estudiada se queda un poco justa.

Llegados a este punto tan solo nos quedan los diseños 3k y CCD trasladados y ortogonales. Puesto que los errores obtenidos en estos diseños son parejos, esta variable no va a ser tenida en cuenta para la selección de uno u otro. Al igual que se razonó para seleccionar el diseño final que caracterizase al compresor para cuando trabajase con el refrigerante DR7 y un SH = 22.22K, se ha decidido tomar el diseño CCD sobre el diseño 3k puesto que este se aplica de un modo más parecido a su aplicación teórica.

Finalmente, para elegir una aplicación dentro del modelo CCD vamos a observar qué selecciones de puntos generan los mínimos errores y si sus coeficientes calculados son o no significativos. Teniendo en cuenta lo nombrado anteriormente se decide seleccionar el diseño CCD con su selección de 9 puntos como el diseño a utilizar para predecir el comportamiento de nuestro compresor, no se ha elegido el diseño CCD ortogonal puesto que para aplicar este diseño se debe prescindir de los puntos más extremos de la muestra.

Con todo lo comentado a anteriormente para caracterizar al compresor de pistón cuando trabaja con el refrigerante L40 y con un SH = 11.11K se han obtenido los siguientes polinomios:

- Para el trabajo del compresor (W_c):

$$W_c = 0.8071 + (-0.008662) * T_{evap} + 0.03841 * T_{cond} + (-0.0002444) * T_{evap}^2 + (-0.0002087) * T_{cond}^2 + 0.001091 * T_{evap} * T_{cond}$$
- Para el gasto de refrigerante (m_{ref}):

$$m_{ref} = 149.735 + 5.276 * T_{evap} + (-0.875014) * T_{cond} + (0.04207) * T_{evap}^2 + (-0.001242) * T_{cond}^2 + (-0.01461) * T_{evap} * T_{cond}$$

6.4. Solución adoptada para cuando el compresor trabaja con el refrigerante L40 y un SH22.22K

Refrigerante L40 y SH22.22																		
Diseño	Modelo AHRI									Modelo AHRI reducido								
	Error max relativo				RMSE				Nº pto	Error max relativo				RMSE				Nº ptos
	Wc krig(%)	mref krig(%)	Wc orig (%)	Mref orig (%)	Wc krig (W)	mref krig (Kg/h)	Wc orig (W)	Mref orig (Kg/h)		Wc krig(%)	mref krig(%)	Wc orig (%)	Mref orig (%)	Wc krig (W)	mref krig (Kg/h)	Wc orig (W)	Mref orig (Kg/h)	
3k trasladado	26.604	120.19 1	45.096	207.64 6	106.51 1	9.313	112.29 9	9.368	11	8.215	9.052	12.8	10.493	15.492	0.707	31.1	0.984	11
											7.357	7.358	11.556	7.802	16.516	0.705	30.868	0.939
3k ortogonal	59.473	313.96 7	89.268	507.01 1	171.89 8	17.443	292.68	29.821	11	11.829	6.597	17.013	6.055	16.746	0.802	36.428	1.09	11
										11.223	7.716	16.172	6.194	16.336	0.873	35.592	1.17	9
4k trasladado	2.322	9.754	2.991	8.24	8.251	0.655	16.254	0.869	16	6.27	5.546	10.13	5.954	16.091	0.752	29.588	0.96	16
4k ortogonal	3.654	13.147	4.714	14.581	14.485	1.233	26.96	2.141	16	11.309	6.832	15.991	6.449	16.529	0.872	35.638	1.192	16
CCD	2.822	10.565	3.857	11.384	16.138	1.937	25.285	2.539	11	9.226	11.989	13.768	14.873	15.202	0.763	31.915	1.103	11
										8.735	12.858	13.063	16.206	15.476	0.806	31.592	1.155	9
CCD ortogonal	17.794	124.15	28.73	203.97	42.384	5.753	74.646	10.488	11	9.392	9.73	13.901	11.116	15.877	0.744	32.426	1.085	11
										9.36	10.132	13.889	11.679	15.983	0.759	32.402	1.107	9
SCD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.441	18.175	14.058	21.997	15.5	1.221	32.482	1.699	7
Hexa diseño	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.152	17.617	13.778	21.977	15.67	0.958	32.272	1.349	7
Opt Federov D	7.975	18.722	7.802	17.171	52.286	3.337	47.482	2.828	11	9.474	11.985	9.044	12.404	74.332	2.802	66.41	2.354	7
										9.665	9.044	9.281	8.95	76.004	1.92	67.726	1.728	11
Opt Federov A	14.748	57.476	14.653	55.603	92.73	12.778	80.274	10.318	11	23.061	12.837	22.294	11.095	182.62	1.643	154.05	1.705	7
										15.253	9.908	14.75	10.667	118.01	1.472	101.86	1.79	11
Opt Federov I	7.076	13.971	6.964	13.114	46.752	0.934	43.304	1.151	11	8.608	9.981	8.113	8.932	66.961	1.506	60.863	1.406	7
										9.238	9.128	8.883	10.742	72.747	2.023	65.229	1.816	11
5k trasladado	2.089	6.873	2.707	6.218	8.148	0.697	16.108	0.942	25	4.39	6.839	7.79	7.977	18.153	0.744	29.819	1.018	25
5k ortogonal	5.251	24.237	5.58	30.446	19.152	1.325	35.444	2.279	25	12.012	9.007	16.975	7.594	16.44	0.86	36.109	1.149	25

Tabla 37. Errores generados por los distintos modelos cuando el compresor trabaja con el refrigerante L40 y un SH= 22.22K

En la *Tabla 37* aparecen los errores de todos los diseños empleados para la caracterización del cuando el compresor opera con el refrigerante L40 y con un superheat de 22.22K. Al igual que ha ocurrido para las condiciones de trabajo previamente explicadas cuando se utiliza el polinomio AHRI como modelo para caracterizar el funcionamiento del compresor tan solo se obtienen valores de errores aceptables en los diseños 5k y 4k. Como estos diseños no conviene seleccionarlos por el alto número de puntos de trabajo que necesitan para poder aplicarse pasamos a ver qué diseños ofrecen unos errores aceptables al modelarlos con el polinomio AHRI reducido.

Los diseños que presentan errores asumibles al ser caracterizados con el polinomio AHRI reducido son el 4k, 5k y 3k trasladados y el CCD trasladado y ortogonal para selecciones de 11 puntos. Descartamos los diseños 5k y 4k por el mismo motivo que lo hacemos cuando se aplican con el modelo AHRI. Ahora tenemos que elegir si quedarnos con el 3k o con alguna de las variantes del CCD. Puesto que para aplicar el diseño 3k ha habido que tomar puntos bastante lejanos a sus puntos teóricos decidimos descartarlo. Legados a este punto tan solo nos queda elegir entre las dos variantes del diseño CCD. Como los errores de estas dos variantes son muy similares no se van a tener en cuenta para la elección. Lo que sí se va a tener en cuenta es que para aplicar el diseño CCD ortogonal se desprecian los puntos más extremos del mapa de trabajo del compresor, por lo que si en algún caso el compresor generara valores de trabajo del compresor o gasto de refrigerante cerca de sus zonas de no funcionamiento muy diferentes a los que genera en la zona más interior de su mapa de trabajo, esta variación no se tendría en cuenta al aplicar este diseño en su variante ortogonal.

Finalmente, para caracterizar el compresor de pistón en estas condiciones de trabajo se toma el diseño CCD, “Central Composite Design”, trasladado. Obtenemos los siguientes polinomios:

- Para el trabajo del compresor (W_c):

$$W_c = 0.7457 + (-0.007618) * T_{evap} + 0.0404 * T_{cond} + (-0.0002116) * T_{evap}^2 + (-0.0002303) * T_{cond}^2 + 0.001070 * T_{evap} * T_{cond}$$
- Para el gasto de refrigerante (m_{ref}):

$$m_{ref} = 148.298 + 6.060 * T_{evap} + (-0.7227) * T_{cond} + (0.06252) * T_{evap}^2 + (-0.003902) * T_{cond}^2 + (-0.02229) * T_{evap} * T_{cond}$$

Para concluir con este apartado cabe decir que si se quisiera implementar un solo diseño para la caracterización del compresor en todas sus condiciones de trabajo este diseño debería ser el CCD trasladado con una selección de 11 puntos y modelado con el polinomio AHRI reducido, es decir aplicar el diseño CCD en los puntos más cercanos posibles a los valores teóricos del diseño y luego tomar 2 puntos extra más. Esta conclusión se obtiene tras comprobar que este diseño genera unos errores bajos para todas las condiciones de trabajo, se obtienen unos valores de los coeficientes del modelo significativos y es capaz de aplicarse con una selección de puntos aceptable.

7. BIBLIOGRAFÍA

Rajan Rajendran y Autumn Nicholson, “Test Report #35” proporcionado por “Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute (AHRI) Low-GWP Alternative Refrigerants Evaluation Program (Low-GWP AREP)”

AHRI STANDARD 540 “2015 Standard for Performance Rating Of Positive Displacement Refrigerant Compressor and Compressor Units”

Shuangquan Shao, Wenxing Shi, Xianting Li y Huajun Chen “Performance representation of variable-speed compressor for invertir air conditioners base don experimental data”

<https://www.rdocumentation.org/packages/AlgDesign/versions/1.1-7.3/topics/optFederov>

John Lawson, “Design and Analysis of Experiments with R” de “Text in Statistical Science”

8. PRESUPUESTOS

8.1. Coste personal

En este apartado del presupuesto se van a analizar los costes de las diferentes personas que han participado en la elaboración de este proyecto. En la elaboración de este trabajo han participado dos profesores titulares de la universidad, así como un becario. Para el cálculo de este coste se ha tenido en cuenta el tiempo invertido en las reuniones, el tiempo necesario para obtener unos datos que estudiar, el tiempo invertido en realizar los cálculos y probar cada uno de los diseños y el tiempo de redacción del trabajo en sí.

En la *Tabla 38* se puede observar el cálculo de los costes personales de este trabajo, el precio adjudicado por hora de trabajo de cada uno de los individuos se ha adjudicado al precio recomendado por la Universidad Politécnica de Valencia para su personal en plantilla.

Individuo	Tiempo (horas)	Precio(€/hora)	Subtotal(€)
Profesor Titular 1	120	37.7	4524
Profesor Titular 2	30	37.7	1132
Becario	400	5	2000
Total (€)			7656

Tabla 38. Coste personal

8.2. Coste de material inventariable

Para calcular los costes por material inventariable se tiene en cuenta todos los equipos que hayan sido utilizados en este proyecto. En este caso tan solo se ha necesitado un ordenador portátil Lenovo Ideapad 310 de 8 Gb de memoria RAM y procesador Intel Core i7 de séptima generación y un ordenador fijo perteneciente al Instituto de Ingeniería Energética de la UPV. El coste de estos dos equipos repartido entre su vida útil es el que se puede apreciar en la *Tabla 39*.

Estos costes se han calculado a partir de la siguiente fórmula:

$$Coste = \frac{A}{B} \times C \times D$$

En donde A es el número de meses que se va a usar el equipo para la realización del proyecto, B es el periodo de amortización que varía según el tipo de equipo utilizado, C es el coste del equipo y D es el porcentaje de uso del equipo en el proyecto.

Equipo	Tiempo de uso(meses)	Periodo de amortización(años)	Coste(€)	Porcentaje de uso(%)
Ordenador fijo	5	6	1200	15
Ordenador portátil	5	6	600	90
			Total (€)	50

Tabla 39. Coste de material inventariable

8.3. Costes totales

En este apartado se va a obtener el coste total del proyecto. Cabe destacar que para la realización de este trabajo no ha sido necesario realizar ningún viaje ni se ha pagado ninguna dieta. También, para este caso los softwares utilizados no han supuesto ningún coste extra puesto que el software de programación R es de código abierto por lo que no es necesario ningún tipo de licencia. Además, el paquete Microsoft Office que es la herramienta que se ha utilizado para la redacción del trabajo y la recopilación de datos obtenida a partir del código R.

Por lo que el coste final de la caracterización del compresor queda plasmado en la *Tabla 40* en la cual aparte del coste personal y del coste de material inventariable se ha sumado el 15% del subtotal de estos costes para gastos extra como puede ser luz, fotocopias, material adicional y para los pequeños desplazamientos que se han realizado para acudir a las diferentes reuniones. Para obtener el presupuesto final del trabajo es necesario sumar a los costes previamente nombrados un 21% de IVA, que es el valor del impuesto sobre el valor añadido que se paga en España.

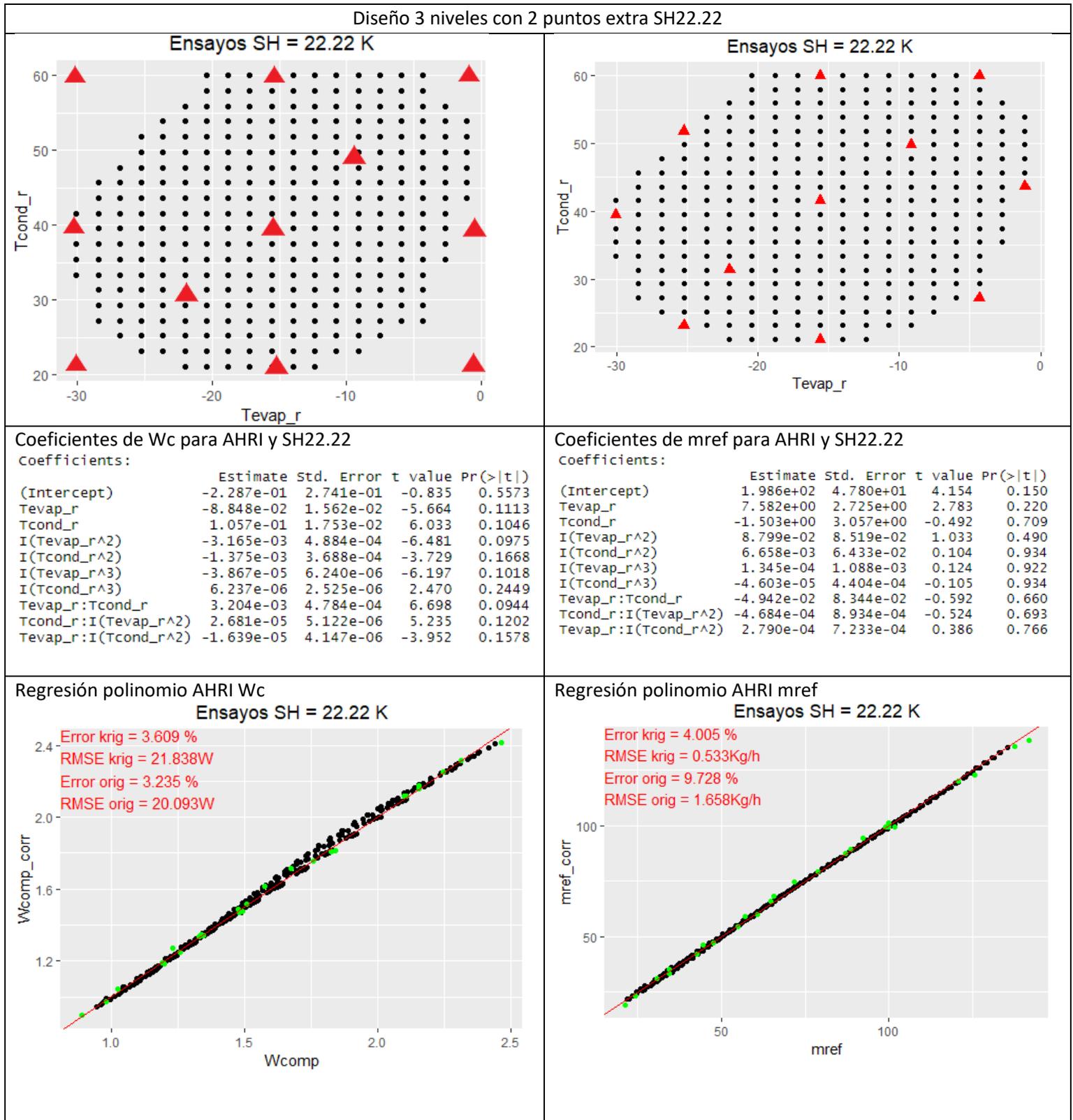
Costes	Porcentaje	Subtotal(€)
Coste de personal		7656
Coste de material inventariable		50
Subtotal		7706
Gastos Extra	15%	1155.9
IVA	21%	1860.99
Total (€)		10722.90

Tabla 40. Coste total

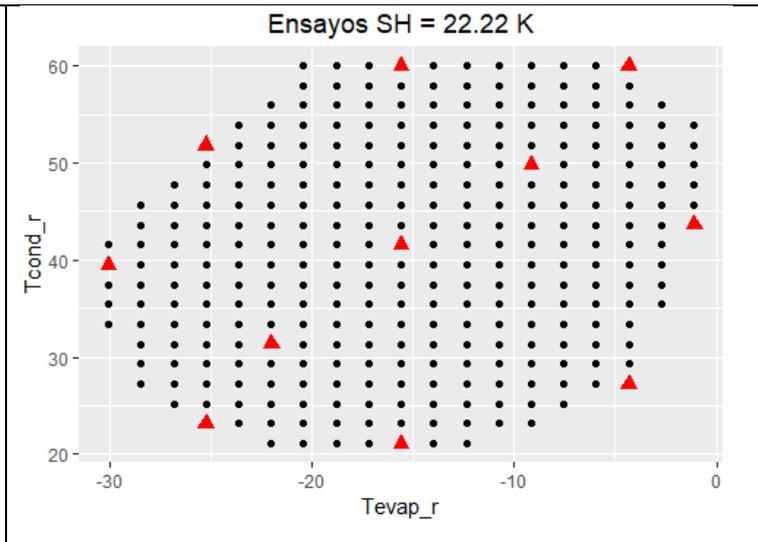
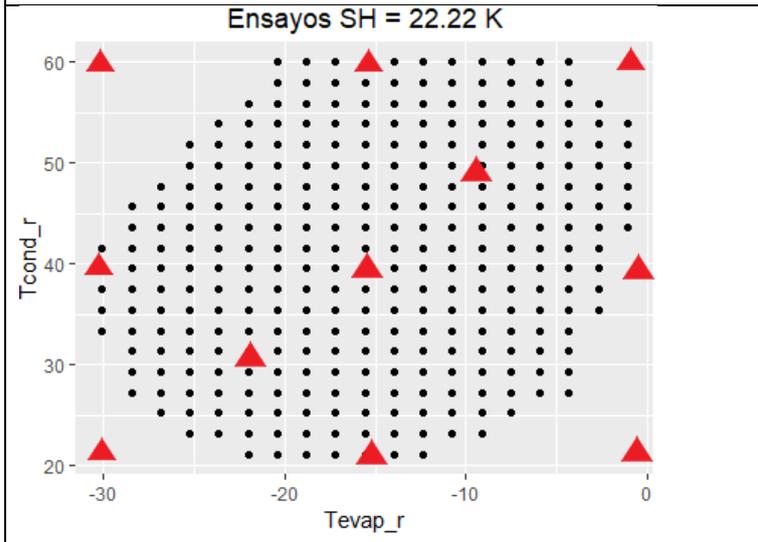
El presupuesto total del trabajo desarrollo de correlaciones para la caracterización de un compresor de pistón es de **diez mil setecientos veintidós euros con noventa céntimos**.

ANEXO 1

Tablas de los diferentes diseños para cuando el compresor trabaja con el refrigerante DR7 y con un SH22.22K:



Diseño 3 niveles con 2 puntos extra SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

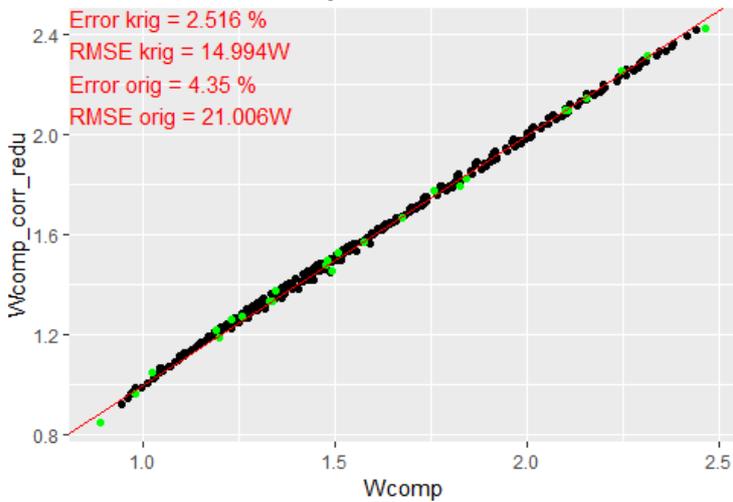
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.123e-01	8.301e-02	8.581	0.000354 ***
Tevap_r	-9.786e-03	3.502e-03	-2.794	0.038247 *
Tcond_r	5.281e-02	3.554e-03	14.859	2.50e-05 ***
I(Tevap_r^2)	-2.871e-04	7.562e-05	-3.797	0.012673 *
I(Tcond_r^2)	-3.729e-04	3.912e-05	-9.533	0.000215 ***
Tevap_r:Tcond_r	1.101e-03	5.417e-05	20.328	5.33e-06 ***

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

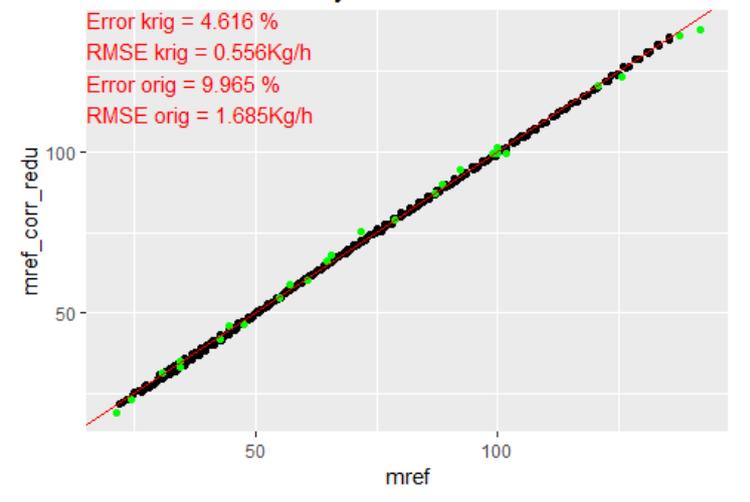
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	186.811266	2.271678	82.235	5.04e-09 ***
Tevap_r	6.549064	0.095842	68.332	1.27e-08 ***
Tcond_r	-0.896590	0.097269	-9.218	0.000252 ***
I(Tevap_r^2)	0.063354	0.002070	30.611	6.98e-07 ***
I(Tcond_r^2)	-0.002852	0.001071	-2.664	0.044693 *
Tevap_r:Tcond_r	-0.013465	0.001483	-9.082	0.000271 ***

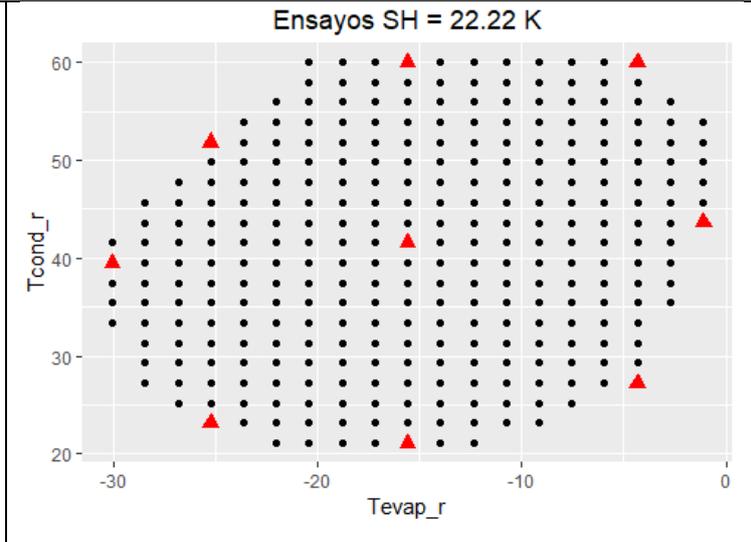
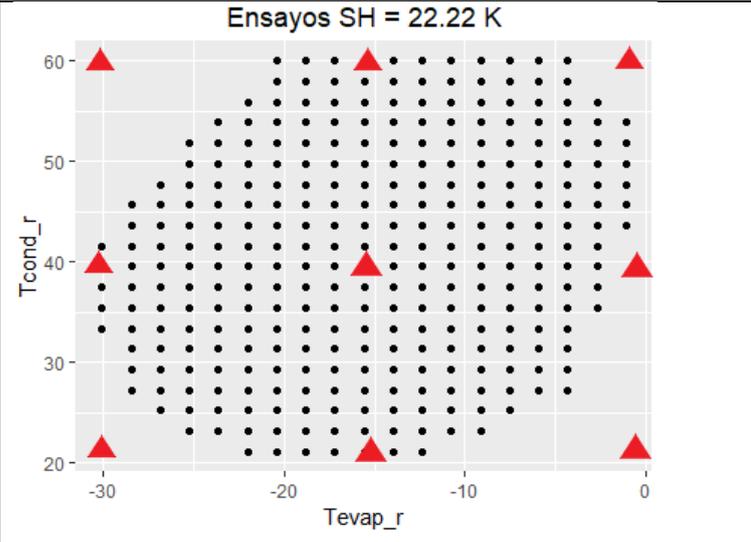
Regresión polinomio AHRI reducido Wc
Ensayos SH = 22.22 K



Regresión polinomio AHRI reducido mref
Ensayos SH = 22.22 K



Diseño 3 niveles SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

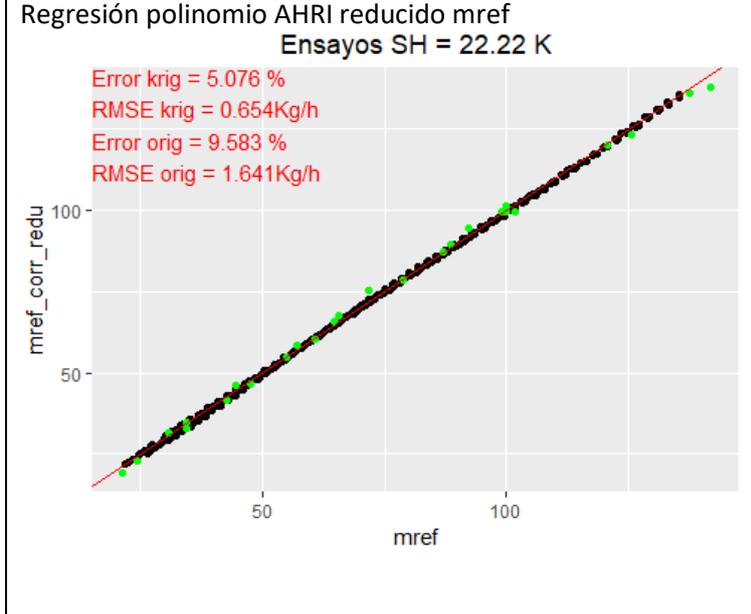
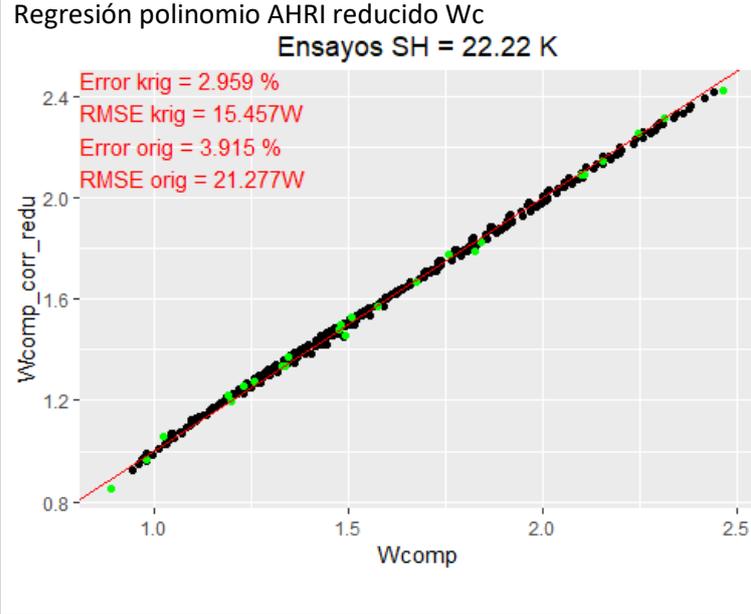
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.256e-01	1.058e-01	6.858	0.006348 **
Tevap_r	-9.557e-03	4.452e-03	-2.147	0.121095
Tcond_r	5.217e-02	4.562e-03	11.435	0.001435 **
I(Tevap_r^2)	-2.752e-04	9.407e-05	-2.926	0.061214 .
I(Tcond_r^2)	-3.669e-04	4.960e-05	-7.397	0.005111 **
Tevap_r:Tcond_r	1.100e-03	6.253e-05	17.590	0.000401 ***

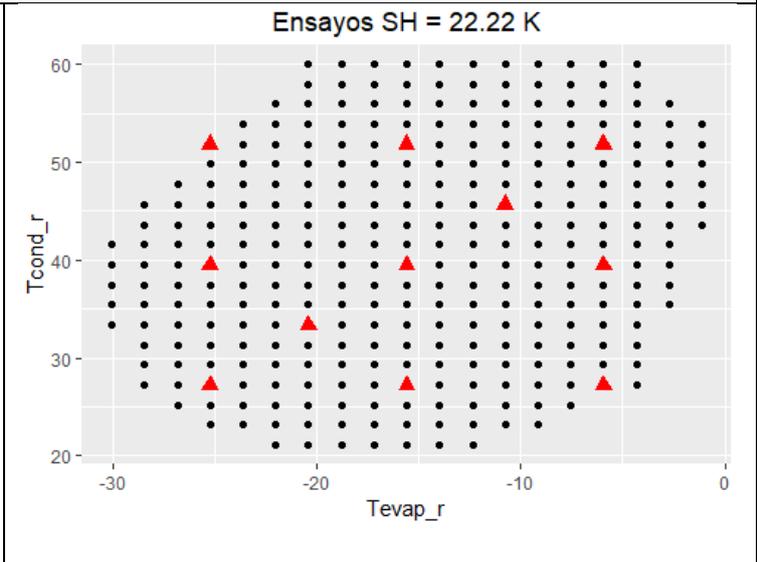
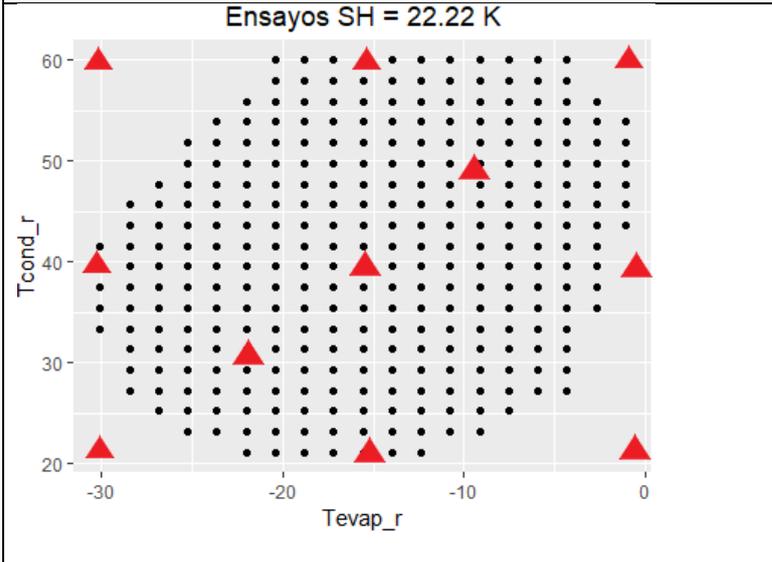
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	188.843717	2.814768	67.090	7.30e-06 ***
Tevap_r	6.634561	0.118433	56.020	1.25e-05 ***
Tcond_r	-0.985374	0.121363	-8.119	0.003906 **
I(Tevap_r^2)	0.065053	0.002502	25.997	0.000125 ***
I(Tcond_r^2)	-0.001910	0.001319	-1.448	0.243493
Tevap_r:Tcond_r	-0.014325	0.001663	-8.612	0.003292 **



Diseño 3 niveles ortogonal con 2 puntos extra SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI y SH22.22

Coefficients: (1 not defined because of singularities)

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	5.106e-01	1.294e-01	3.946	0.0586 .
Tevap_r	-5.278e-02	1.588e-02	-3.323	0.0798 .
Tcond_r	5.478e-02	6.488e-03	8.443	0.0137 *
I(Tevap_r^2)	-2.616e-03	9.601e-04	-2.724	0.1125
I(Tcond_r^2)	-3.520e-04	8.074e-05	-4.360	0.0488 *
I(Tevap_r^3)	-3.734e-05	1.878e-05	-1.989	0.1850
I(Tcond_r^3)	NA	NA	NA	NA
Tevap_r:Tcond_r	1.575e-03	4.149e-04	3.796	0.0629 .
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	1.382e-05	5.950e-06	2.323	0.1458
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	-4.591e-09	4.675e-06	-0.001	0.9993

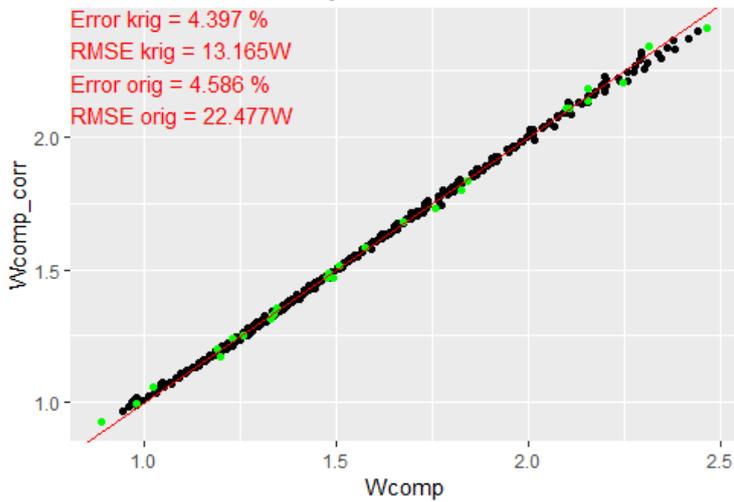
Coefficientes de mref para AHRI y SH22.22

Coefficients: (1 not defined because of singularities)

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.954e+02	4.531e+00	43.129	0.000537 ***
Tevap_r	7.984e+00	5.560e-01	14.360	0.004814 **
Tcond_r	-1.180e+00	2.271e-01	-5.193	0.035138 *
I(Tevap_r^2)	8.222e-02	3.361e-02	2.446	0.134268
I(Tcond_r^2)	-1.337e-05	2.826e-03	-0.005	0.996656
I(Tevap_r^3)	-1.832e-04	6.574e-04	-0.279	0.806663
I(Tcond_r^3)	NA	NA	NA	NA
Tevap_r:Tcond_r	-6.394e-02	1.452e-02	-4.403	0.047912 *
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-3.977e-04	2.083e-04	-1.909	0.196435
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	4.943e-04	1.637e-04	3.020	0.094358 .

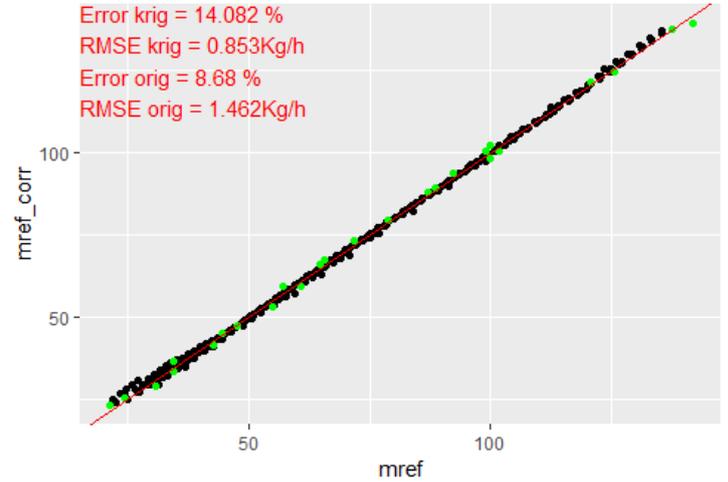
Regresión polinomio AHRI Wc

Ensayos SH = 22.22 K

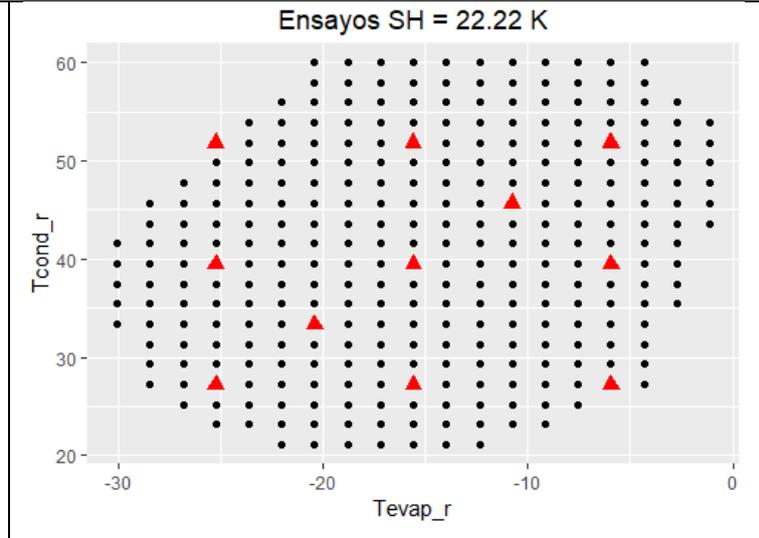
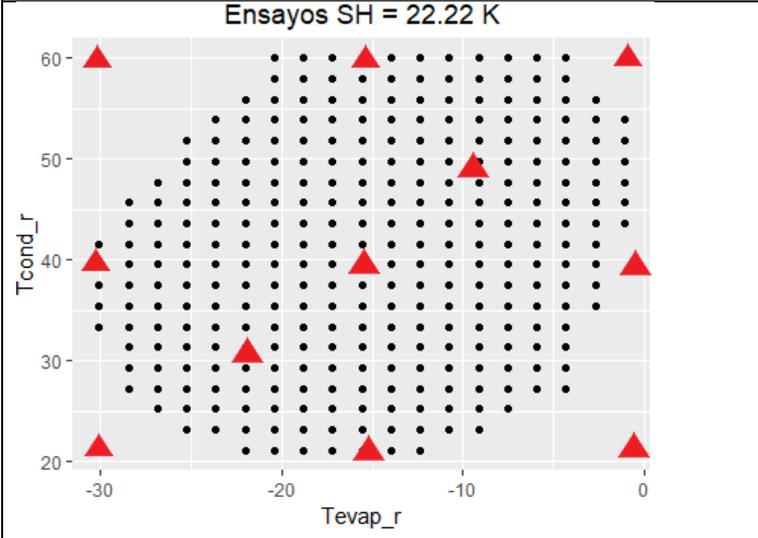


Regresión polinomio AHRI mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño 3 niveles ortogonal con 2 puntos extra SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

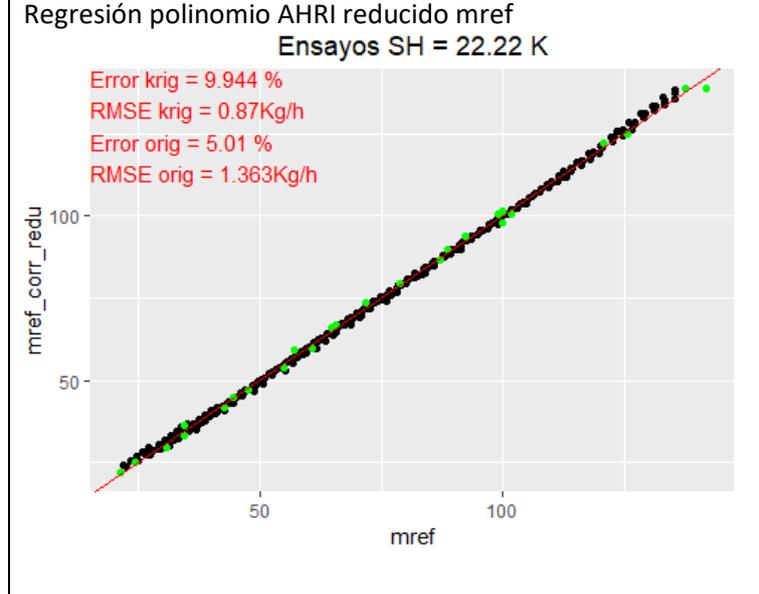
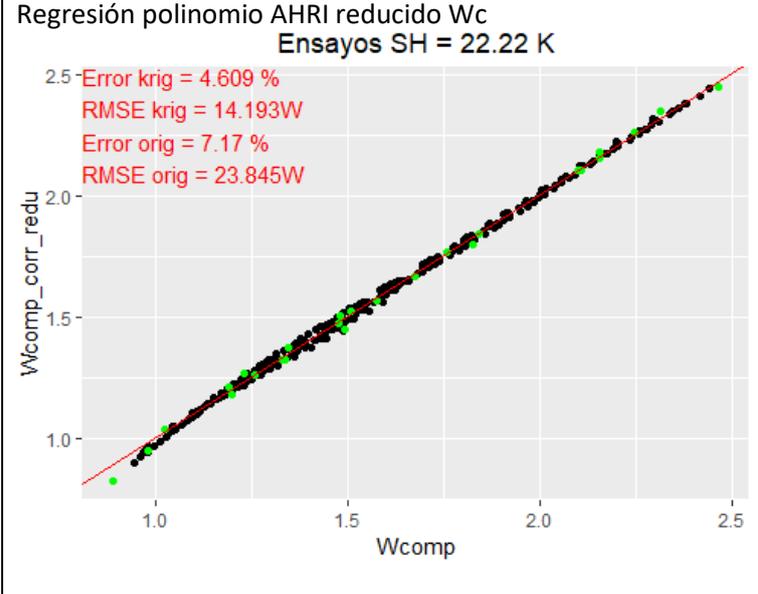
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	6.946e-01	7.711e-02	9.007	0.000282 ***
Tevap_r	-1.187e-02	3.016e-03	-3.935	0.011016 *
Tcond_r	5.238e-02	3.896e-03	13.447	4.07e-05 ***
I(Tevap_r^2)	-3.232e-04	7.884e-05	-4.100	0.009359 **
I(Tcond_r^2)	-3.520e-04	4.867e-05	-7.231	0.000789 ***
Tevap_r:Tcond_r	1.143e-03	4.594e-05	24.892	1.95e-06 ***

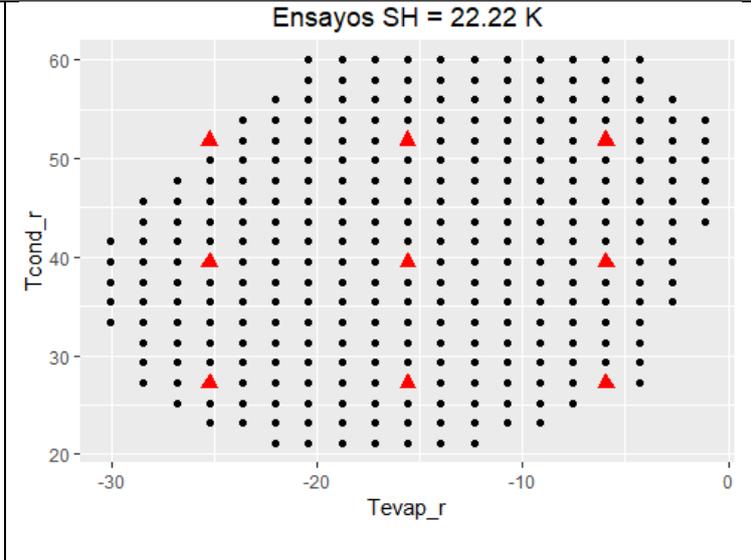
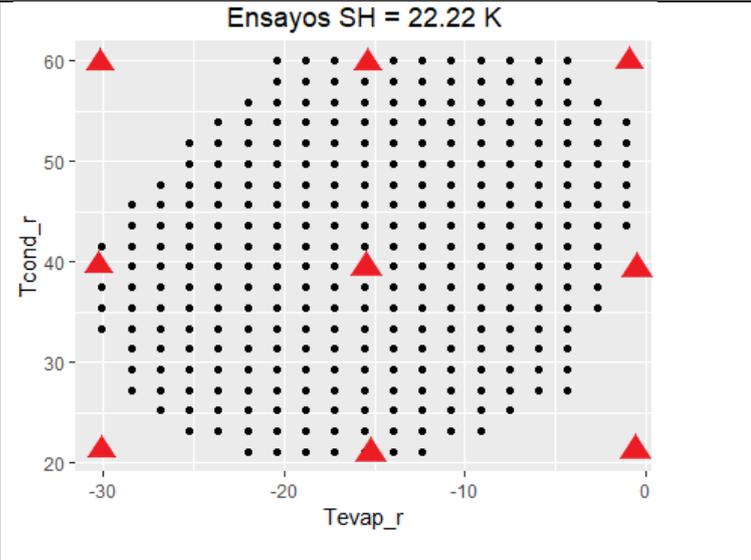
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH 22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	181.716955	3.315174	54.814	3.82e-08 ***
Tevap_r	6.887867	0.129679	53.115	4.47e-08 ***
Tcond_r	-0.498445	0.167473	-2.976	0.03093 *
I(Tevap_r^2)	0.075064	0.003390	22.146	3.49e-06 ***
I(Tcond_r^2)	-0.007718	0.002093	-3.688	0.01417 *
Tevap_r:Tcond_r	-0.012462	0.001975	-6.310	0.00147 **



Diseño 3 niveles ortogonal SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

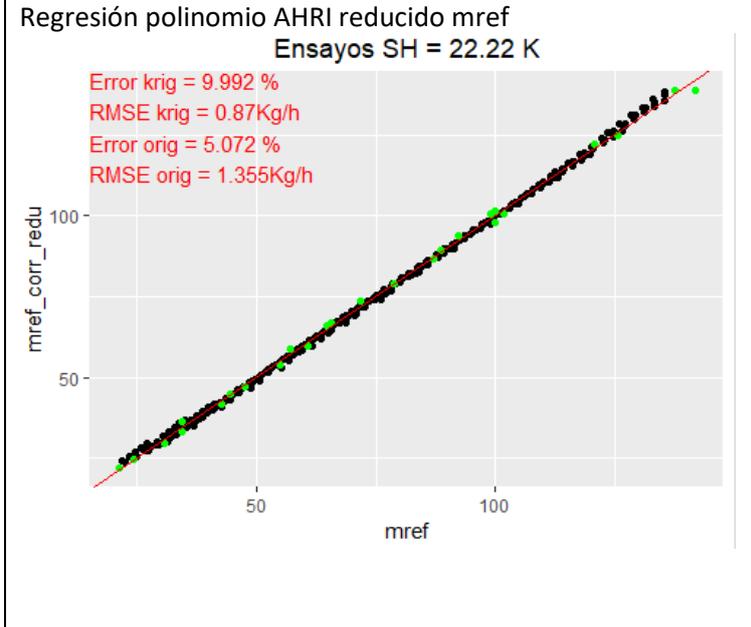
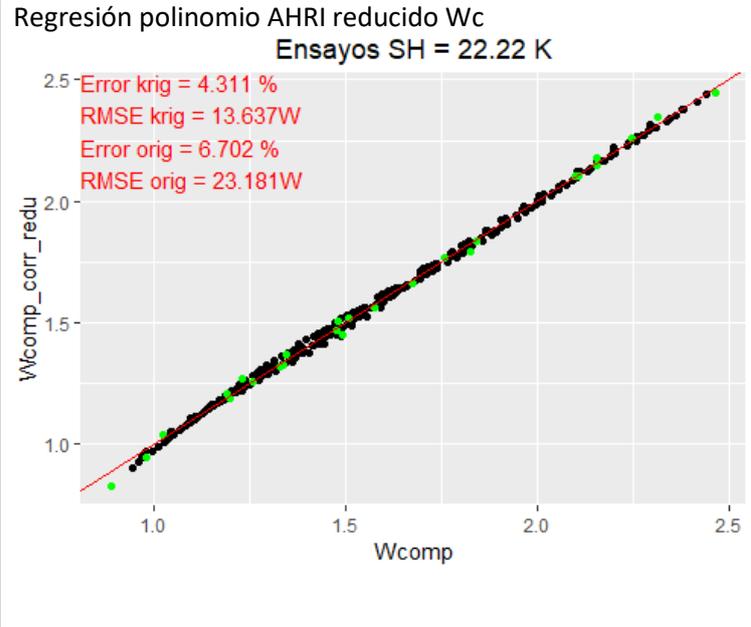
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.239e-01	8.473e-02	8.543	0.003370 **
Tevap_r	-1.108e-02	3.258e-03	-3.399	0.042489 *
Tcond_r	5.107e-02	4.208e-03	12.137	0.001204 **
I(Tevap_r^2)	-3.002e-04	8.455e-05	-3.551	0.038075 *
I(Tcond_r^2)	-3.377e-04	5.220e-05	-6.470	0.007491 **
Tevap_r:Tcond_r	1.138e-03	4.698e-05	24.226	0.000154 ***

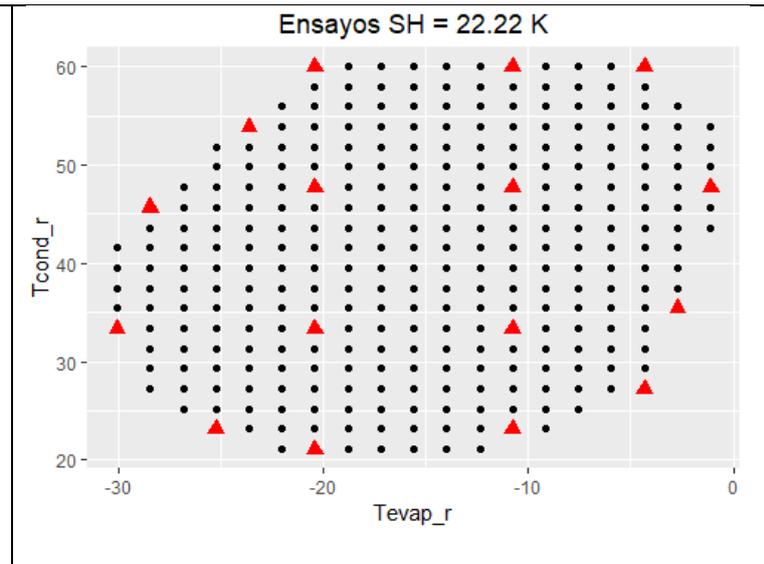
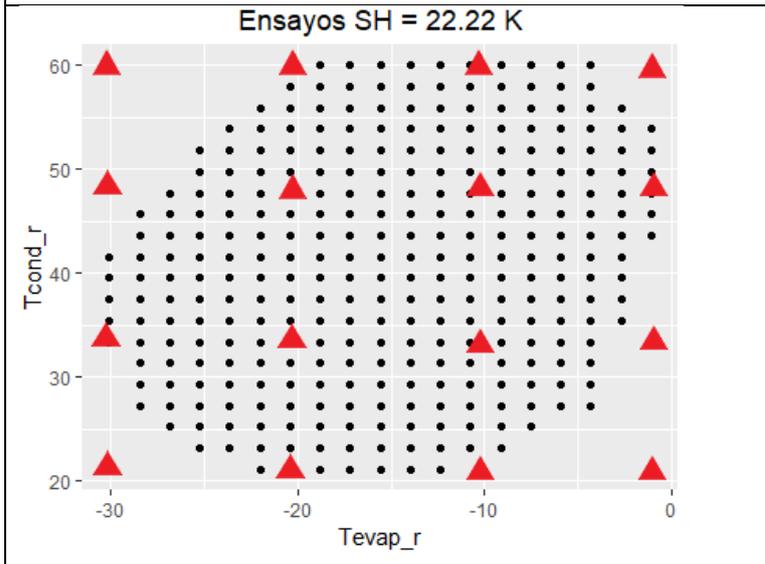
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	182.065070	4.615108	39.450	3.58e-05 ***
Tevap_r	6.899671	0.177476	38.877	3.74e-05 ***
Tcond_r	-0.513950	0.229195	-2.242	0.110713
I(Tevap_r^2)	0.075358	0.004606	16.362	0.000497 ***
I(Tcond_r^2)	-0.007536	0.002843	-2.651	0.076955 .
Tevap_r:Tcond_r	-0.012531	0.002559	-4.897	0.016292 *



Diseño 4 niveles SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.000e-01	2.299e-01	3.045	0.02267 *
Tevap_r	-4.419e-02	1.456e-02	-3.035	0.02295 *
Tcond_r	4.427e-02	1.473e-02	3.006	0.02383 *
I(Tevap_r^2)	-1.796e-03	4.865e-04	-3.691	0.01020 *
I(Tcond_r^2)	-4.966e-05	3.234e-04	-0.154	0.88299
I(Tevap_r^3)	-2.168e-05	7.274e-06	-2.980	0.02462 *
I(Tcond_r^3)	-2.957e-06	2.413e-06	-1.225	0.26634
Tevap_r:Tcond_r	1.872e-03	4.411e-04	4.244	0.00542 **
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	1.314e-05	5.869e-06	2.239	0.06640 .
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	-4.672e-06	3.920e-06	-1.192	0.27833

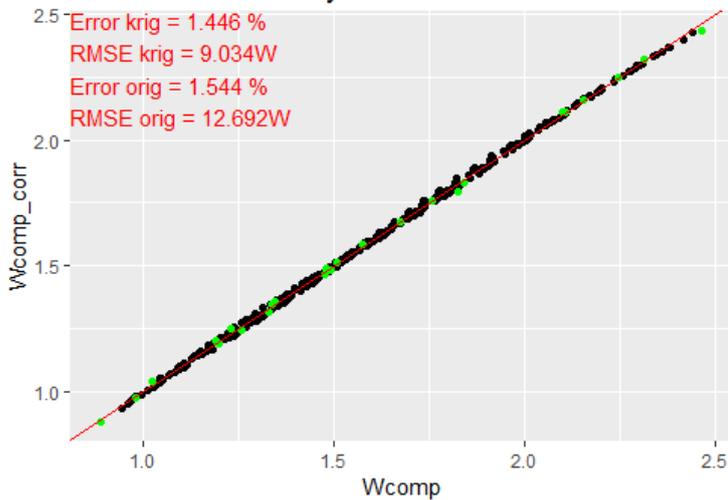
Coefficientes de mref para AHRI y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.004e+02	5.855e+00	34.224	4.14e-08 ***
Tevap_r	7.444e+00	3.708e-01	20.077	9.91e-07 ***
Tcond_r	-1.687e+00	3.751e-01	-4.498	0.004113 **
I(Tevap_r^2)	8.429e-02	1.239e-02	6.804	0.000494 ***
I(Tcond_r^2)	1.175e-02	8.236e-03	1.427	0.203612
I(Tevap_r^3)	2.249e-04	1.852e-04	1.214	0.270367
I(Tcond_r^3)	-8.710e-05	6.145e-05	-1.417	0.206132
Tevap_r:Tcond_r	-4.645e-02	1.123e-02	-4.136	0.006109 **
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-3.245e-04	1.495e-04	-2.171	0.072964 .
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	2.879e-04	9.983e-05	2.884	0.027913 *

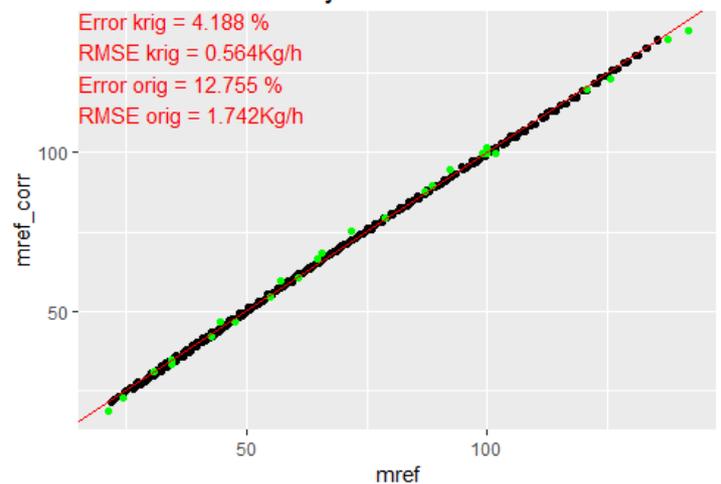
Regresión polinomio AHRI Wc

Ensayos SH = 22.22 K

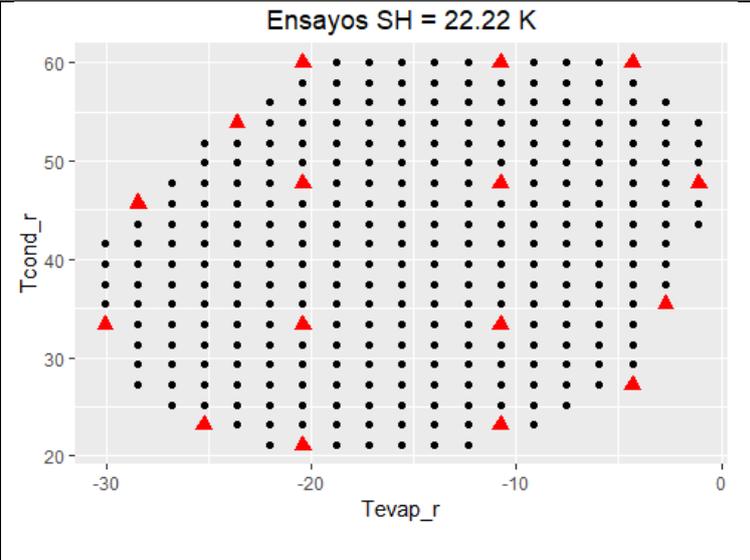
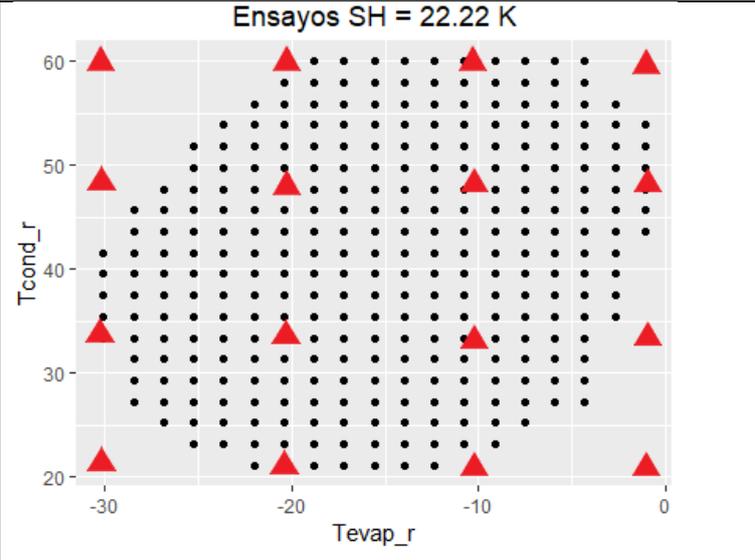


Regresión polinomio AHRI mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño 4 niveles SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

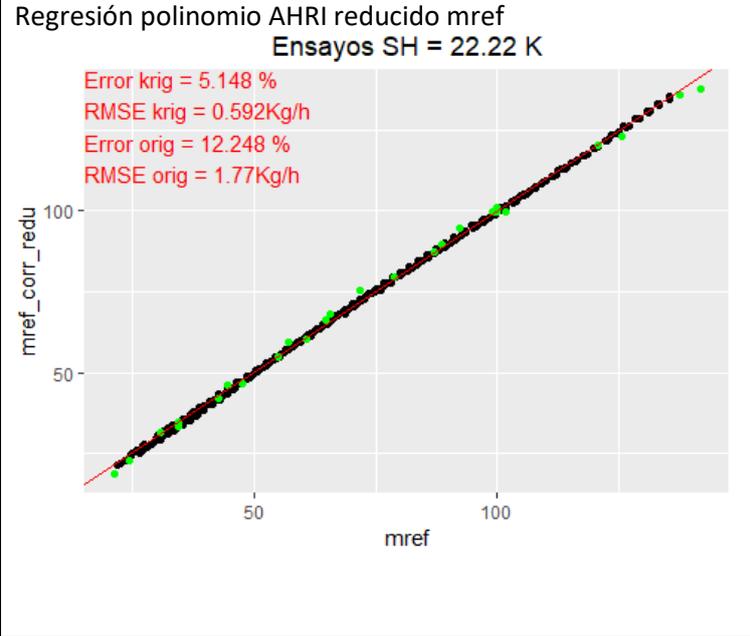
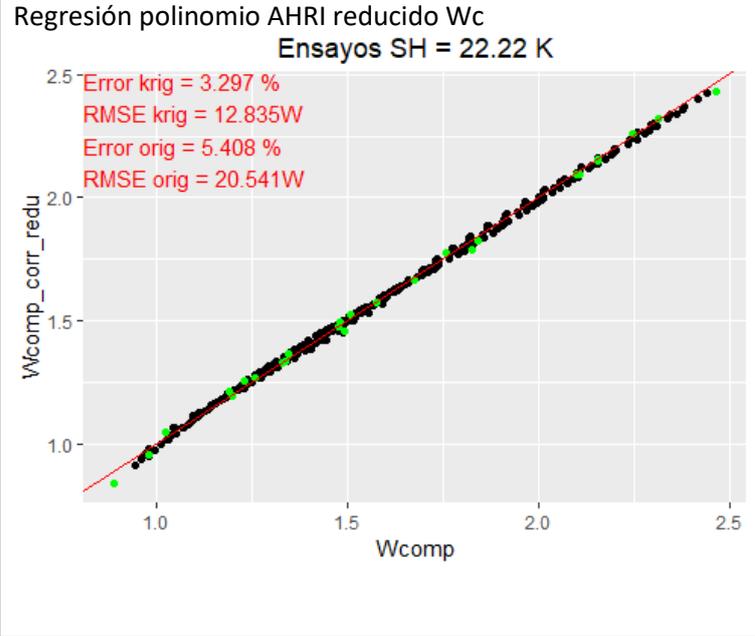
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.403e-01	7.299e-02	10.143	1.40e-06 ***
Tevap_r	-9.546e-03	3.150e-03	-3.031	0.01266 *
Tcond_r	5.135e-02	3.095e-03	16.589	1.32e-08 ***
I(Tevap_r^2)	-2.762e-04	6.805e-05	-4.059	0.00229 **
I(Tcond_r^2)	-3.539e-04	3.374e-05	-10.488	1.02e-06 ***
Tevap_r:Tcond_r	1.111e-03	4.366e-05	25.450	2.01e-10 ***

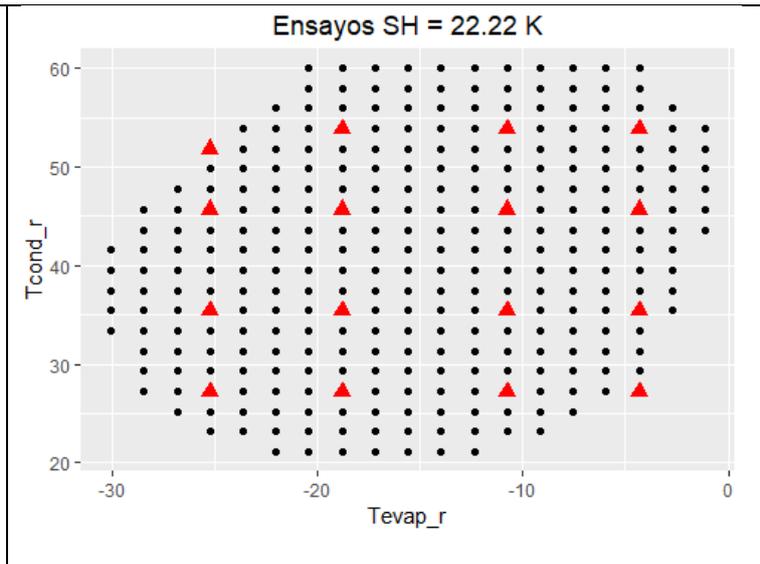
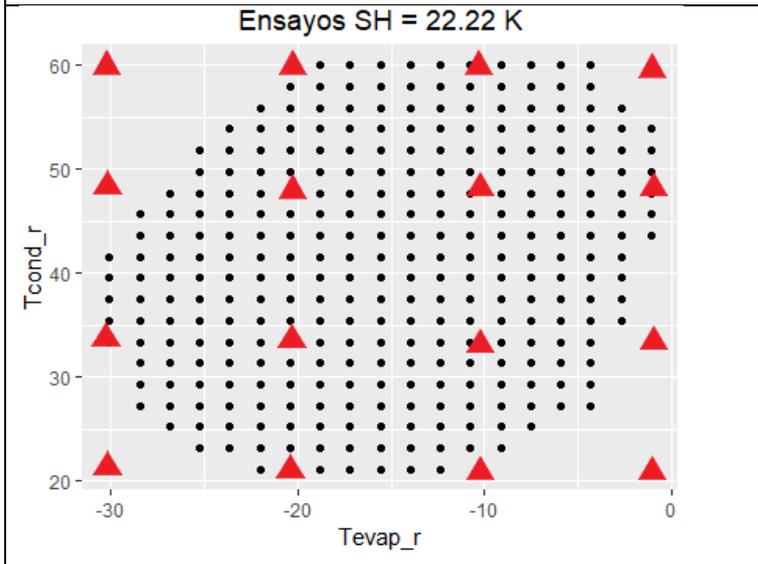
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.860e+02	1.589e+00	117.015	< 2e-16 ***
Tevap_r	6.489e+00	6.858e-02	94.616	4.26e-16 ***
Tcond_r	-8.616e-01	6.739e-02	-12.784	1.61e-07 ***
I(Tevap_r^2)	6.128e-02	1.482e-03	41.359	1.64e-12 ***
I(Tcond_r^2)	-3.270e-03	7.346e-04	-4.451	0.00123 **
Tevap_r:Tcond_r	-1.331e-02	9.506e-04	-13.997	6.79e-08 ***



Diseño 4 niveles ortogonal SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	9.208e-01	3.370e-01	2.732	0.0341 *
Tevap_r	-3.429e-02	1.169e-02	-2.934	0.0261 *
Tcond_r	2.920e-02	2.526e-02	1.156	0.2916
I(Tevap_r^2)	-1.760e-03	5.026e-04	-3.502	0.0128 *
I(Tcond_r^2)	2.433e-04	6.227e-04	0.391	0.7095
I(Tevap_r^3)	-2.388e-05	1.004e-05	-2.378	0.0549 .
I(Tcond_r^3)	-4.605e-06	5.041e-06	-0.914	0.3962
Tevap_r:Tcond_r	1.309e-03	4.146e-04	3.157	0.0196 *
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	9.946e-06	5.458e-06	1.822	0.1183
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	1.913e-06	4.533e-06	0.422	0.6877

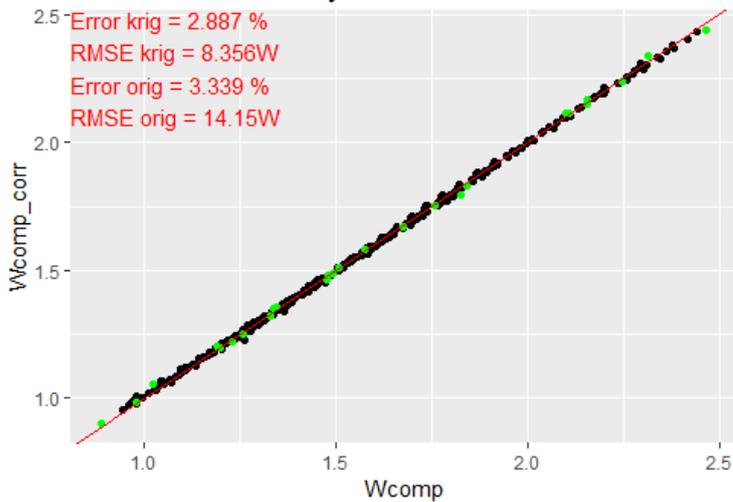
Coefficientes de mref para AHRI y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.984e+02	8.254e+00	24.033	3.41e-07 ***
Tevap_r	7.501e+00	2.862e-01	26.205	2.04e-07 ***
Tcond_r	-1.620e+00	6.187e-01	-2.618	0.039689 *
I(Tevap_r^2)	7.392e-02	1.231e-02	6.005	0.000961 ***
I(Tcond_r^2)	1.344e-02	1.525e-02	0.881	0.412137
I(Tevap_r^3)	-1.617e-04	2.460e-04	-0.657	0.535358
I(Tcond_r^3)	-1.227e-04	1.235e-04	-0.994	0.358810
Tevap_r:Tcond_r	-5.032e-02	1.015e-02	-4.956	0.002563 **
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-2.855e-04	1.337e-04	-2.135	0.076633 .
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	3.686e-04	1.110e-04	3.320	0.016006 *

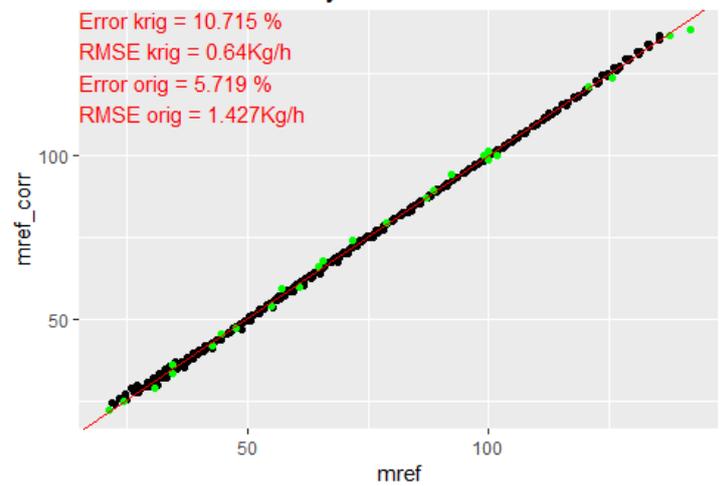
Regresión polinomio AHRI Wc

Ensayos SH = 22.22 K

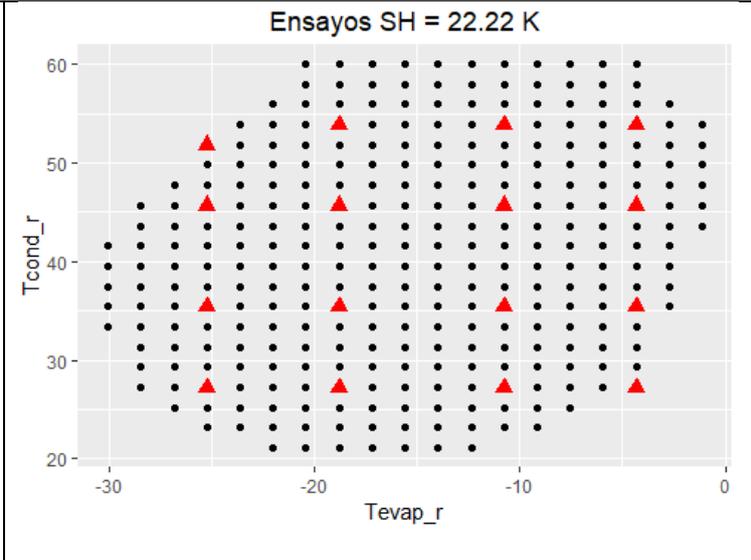
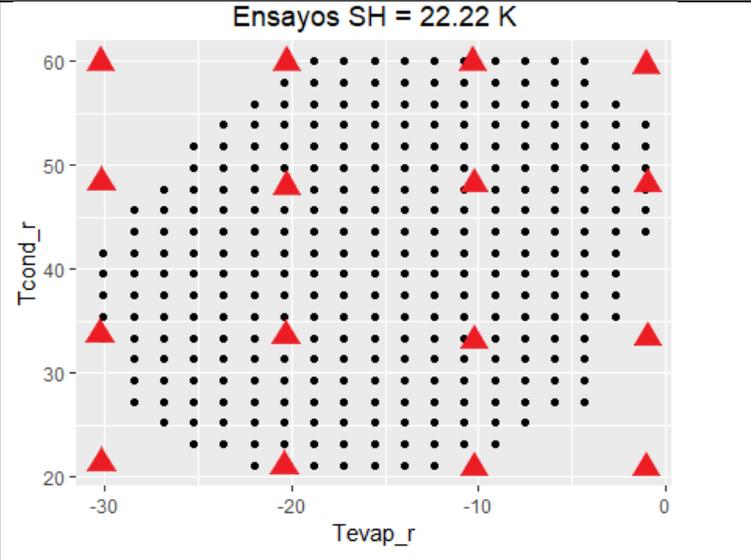


Regresión polinomio AHRI mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño 4 niveles ortogonal SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

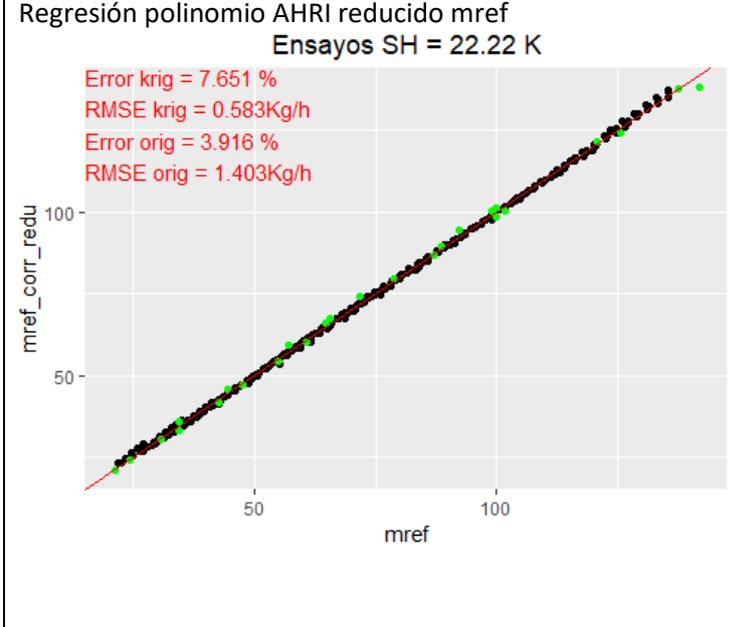
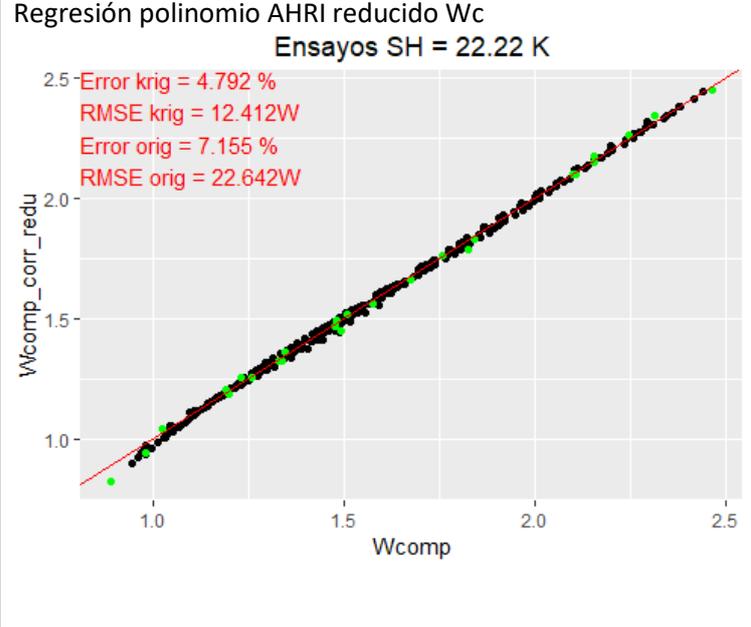
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.025e-01	7.608e-02	9.235	3.28e-06 ***
Tevap_r	-1.182e-02	2.695e-03	-4.388	0.00136 **
Tcond_r	5.211e-02	3.678e-03	14.168	6.04e-08 ***
I(Tevap_r^2)	-2.942e-04	6.896e-05	-4.267	0.00165 **
I(Tcond_r^2)	-3.476e-04	4.417e-05	-7.869	1.36e-05 ***
Tevap_r:Tcond_r	1.168e-03	4.152e-05	28.132	7.48e-11 ***

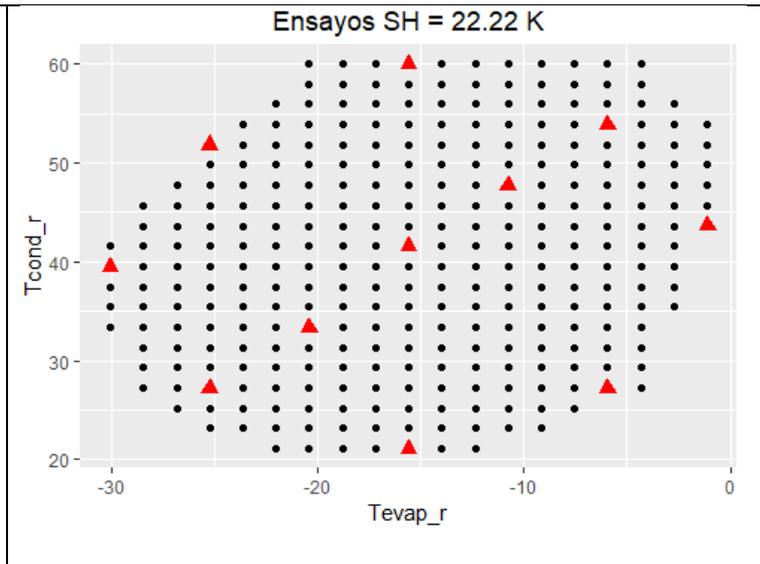
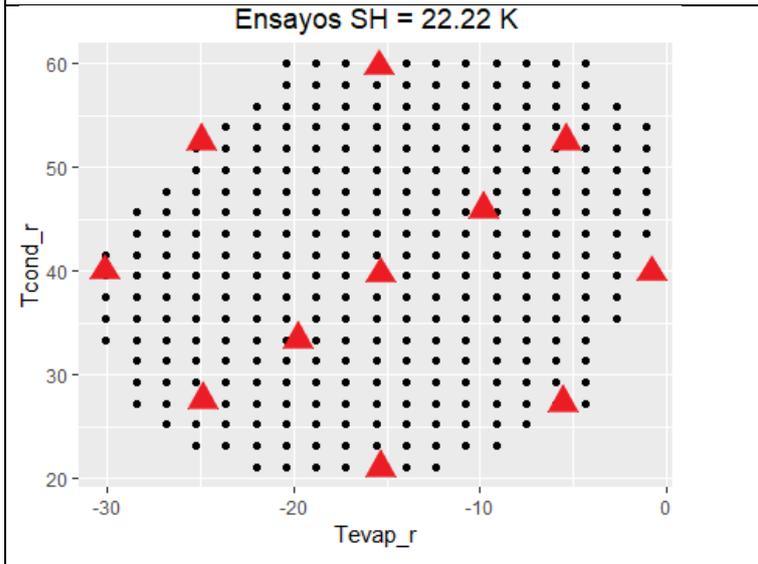
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	182.039860	2.081113	87.472	9.33e-16 ***
Tevap_r	6.711975	0.073712	91.057	6.25e-16 ***
Tcond_r	-0.591689	0.100618	-5.881	0.000155 ***
I(Tevap_r^2)	0.069970	0.001886	37.091	4.83e-12 ***
I(Tcond_r^2)	-0.006447	0.001208	-5.336	0.000330 ***
Tevap_r:Tcond_r	-0.012530	0.001136	-11.031	6.42e-07 ***



Diseño CCD con 2 puntos extra SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.177e+00	1.603e-01	-7.343	0.0862 .
Tevap_r	-1.546e-01	9.769e-03	-15.824	0.0402 *
Tcond_r	1.567e-01	9.697e-03	16.161	0.0393 *
I(Tevap_r^2)	-4.961e-03	2.899e-04	-17.115	0.0372 *
I(Tcond_r^2)	-2.287e-03	1.942e-04	-11.775	0.0539 .
I(Tevap_r^3)	-5.843e-05	3.488e-06	-16.749	0.0380 *
I(Tcond_r^3)	1.167e-05	1.274e-06	9.163	0.0692 .
Tevap_r:Tcond_r	5.215e-03	2.990e-04	17.438	0.0365 *
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	4.795e-05	3.161e-06	15.168	0.0419 *
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	-3.247e-05	2.551e-06	-12.726	0.0499 *

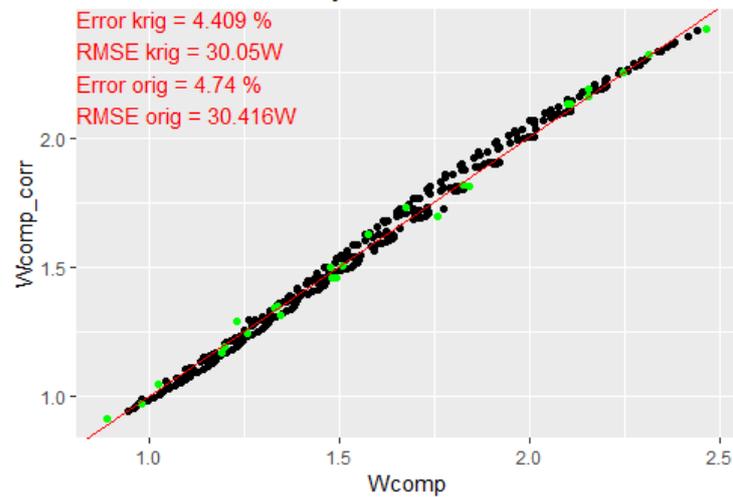
Coefficientes de mref para AHRI y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.719e+02	9.007e+01	3.019	0.204
Tevap_r	1.207e+01	5.489e+00	2.199	0.272
Tcond_r	-5.860e+00	5.448e+00	-1.076	0.477
I(Tevap_r^2)	2.136e-01	1.629e-01	1.312	0.415
I(Tcond_r^2)	9.158e-02	1.091e-01	0.839	0.556
I(Tevap_r^3)	1.631e-03	1.960e-03	0.832	0.558
I(Tcond_r^3)	-5.788e-04	7.157e-04	-0.809	0.567
Tevap_r:Tcond_r	-1.905e-01	1.680e-01	-1.134	0.460
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-1.816e-03	1.776e-03	-1.023	0.493
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	1.523e-03	1.433e-03	1.063	0.481

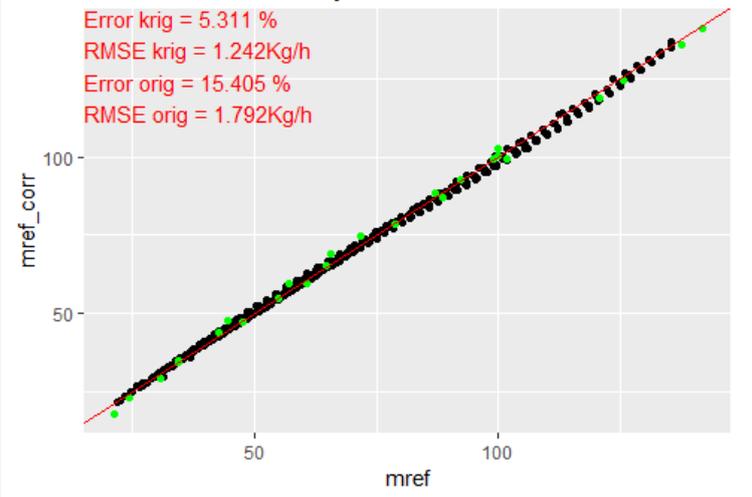
Regresión polinomio AHRI Wc

Ensayos SH = 22.22 K

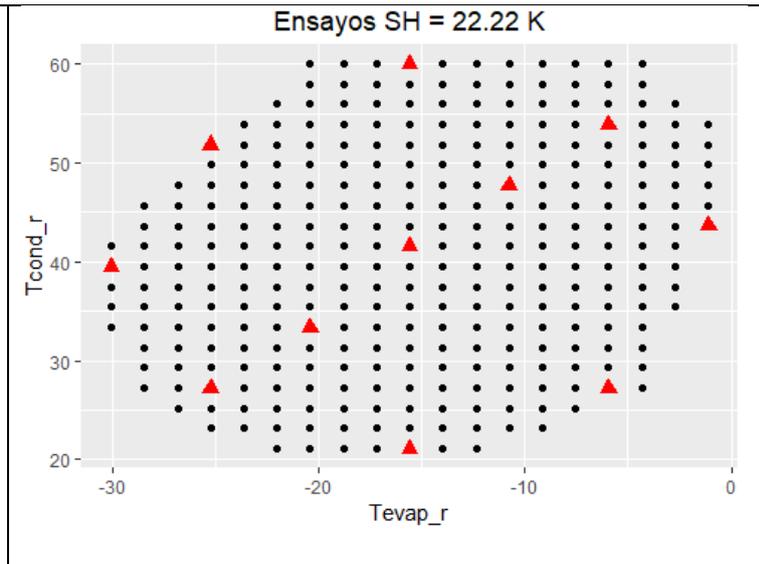
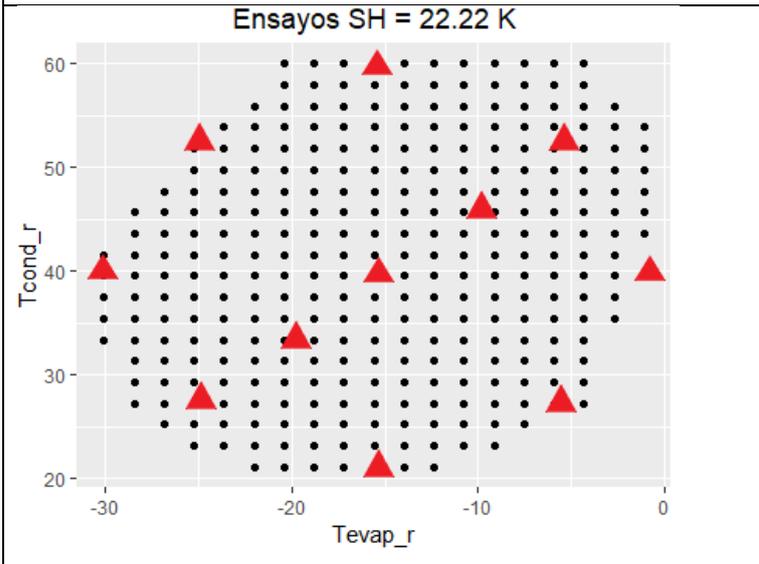


Regresión polinomio AHRI mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño CCD con 2 puntos extra SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

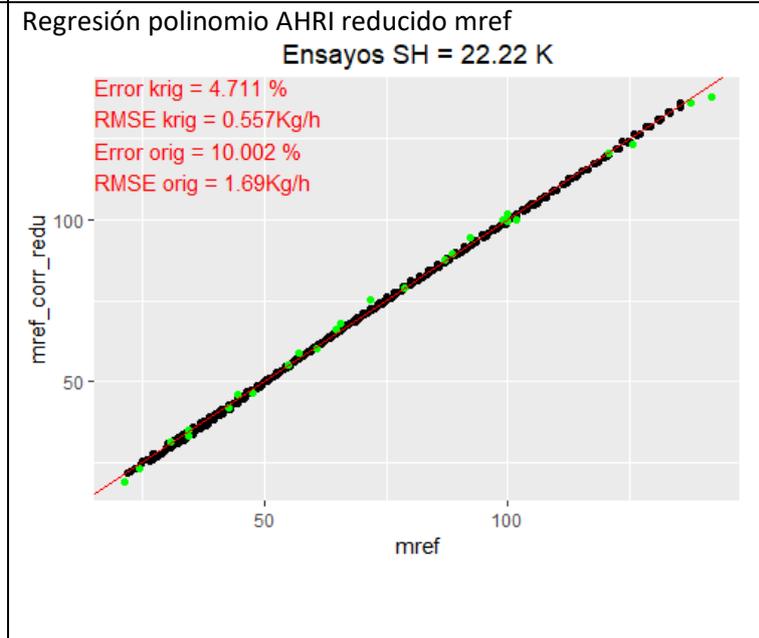
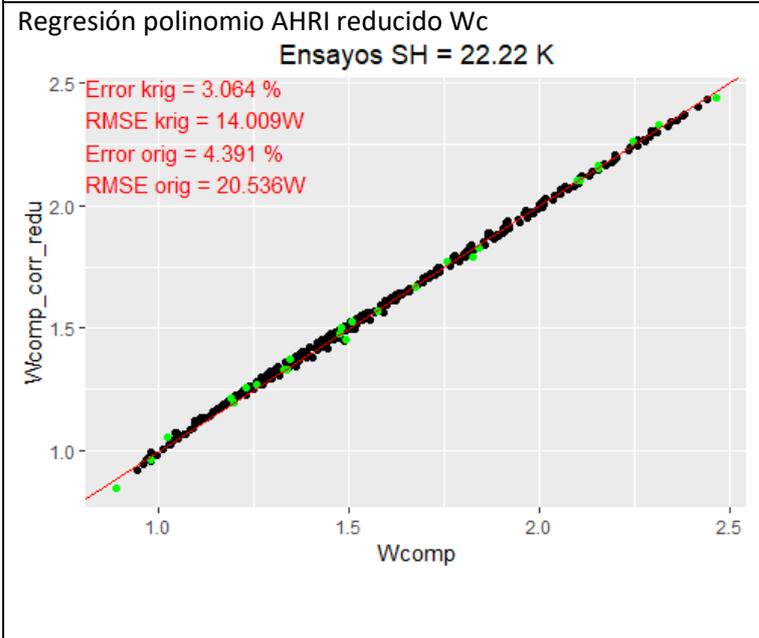
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.085e-01	9.539e-02	7.428	0.000697 ***
Tevap_r	-1.075e-02	4.229e-03	-2.542	0.051796 .
Tcond_r	5.245e-02	4.120e-03	12.730	5.32e-05 ***
I(Tevap_r^2)	-2.743e-04	8.762e-05	-3.130	0.025945 *
I(Tcond_r^2)	-3.603e-04	4.938e-05	-7.296	0.000757 ***
Tevap_r:Tcond_r	1.137e-03	7.480e-05	15.200	2.23e-05 ***

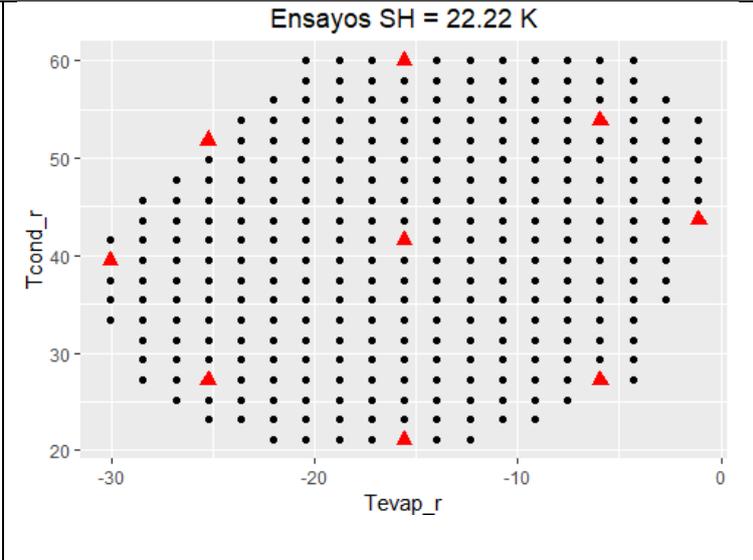
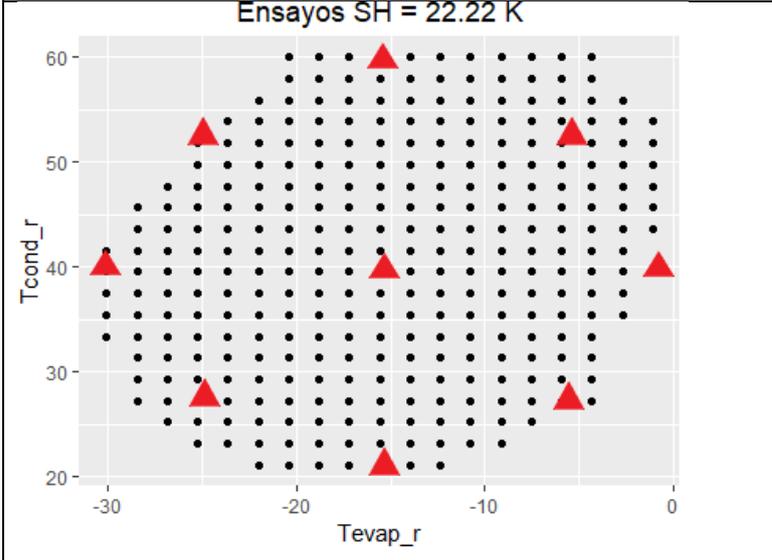
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	187.217611	2.677999	69.910	1.13e-08 ***
Tevap_r	6.549964	0.118719	55.172	3.70e-08 ***
Tcond_r	-0.914020	0.115662	-7.903	0.000522 ***
I(Tevap_r^2)	0.063644	0.002460	25.874	1.61e-06 ***
I(Tcond_r^2)	-0.002592	0.001386	-1.869	0.120492
Tevap_r:Tcond_r	-0.013156	0.002100	-6.264	0.001521 **



Diseño CCD SH22.22

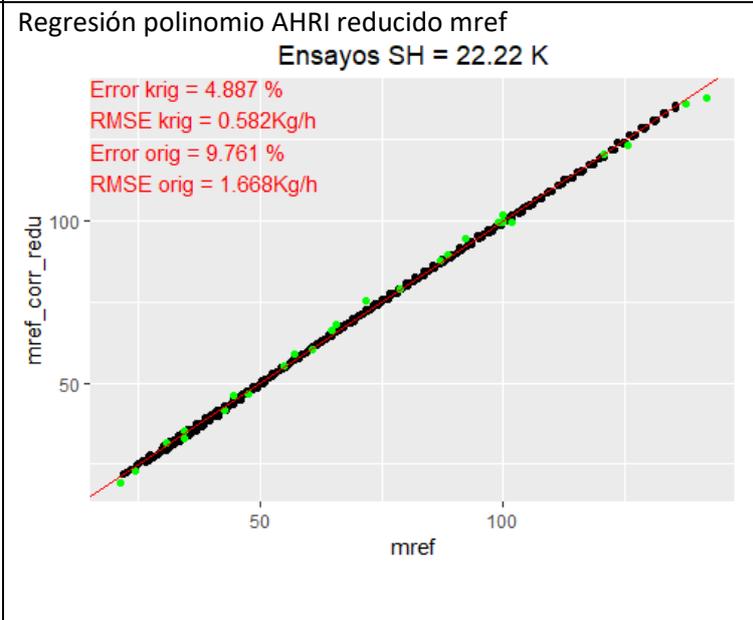
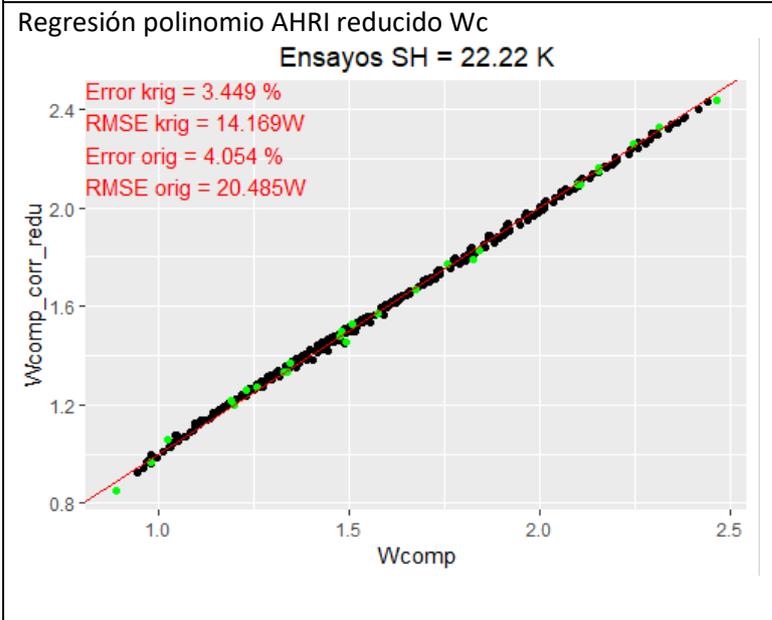


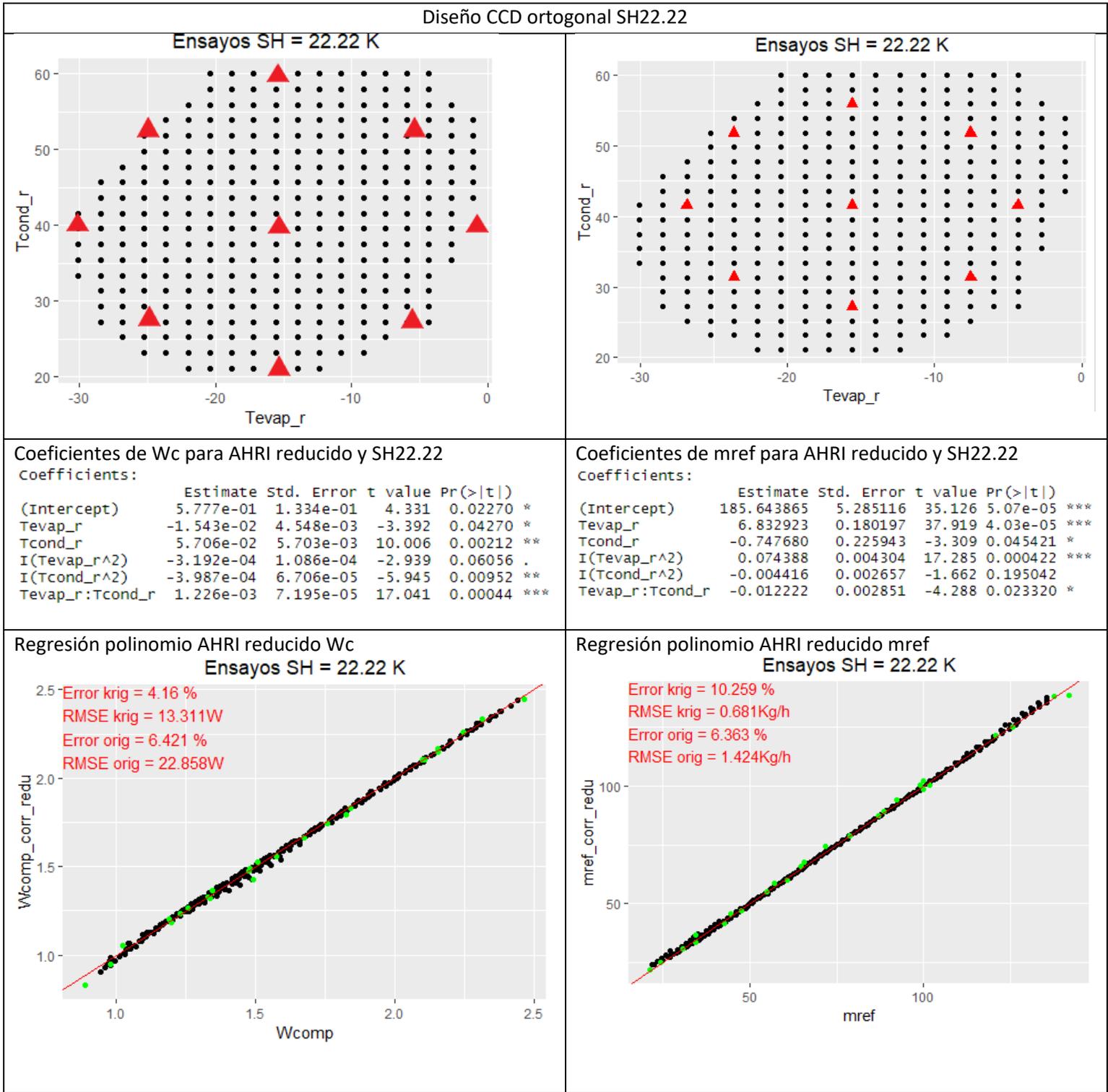
Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	7.204e-01	1.335e-01	5.395	0.012479	*
Tevap_r	-1.057e-02	5.650e-03	-1.870	0.158275	
Tcond_r	5.189e-02	5.848e-03	8.874	0.003017	**
I(Tevap_r^2)	-2.642e-04	1.248e-04	-2.117	0.124593	
I(Tcond_r^2)	-3.550e-04	6.928e-05	-5.124	0.014387	*
Tevap_r:Tcond_r	1.137e-03	8.689e-05	13.080	0.000965	***

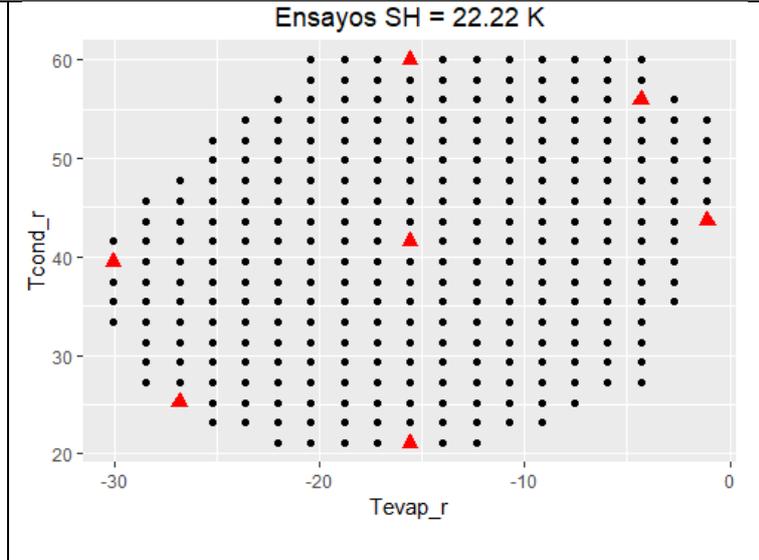
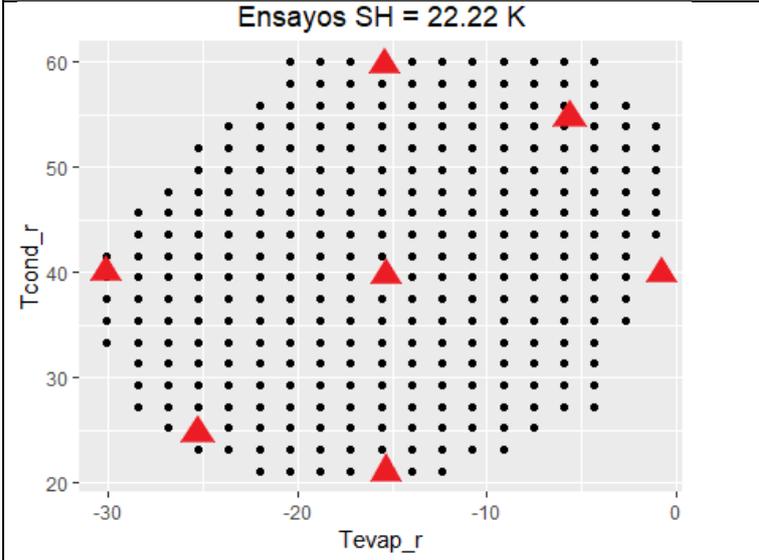
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	188.055465	4.150264	45.312	2.37e-05	***
Tevap_r	6.581594	0.175634	37.473	4.18e-05	***
Tcond_r	-0.951716	0.181772	-5.236	0.013560	*
I(Tevap_r^2)	0.064453	0.003880	16.613	0.000475	***
I(Tcond_r^2)	-0.002155	0.002153	-1.001	0.390613	
Tevap_r:Tcond_r	-0.013323	0.002701	-4.933	0.015976	*





Diseño SCD SH22.22

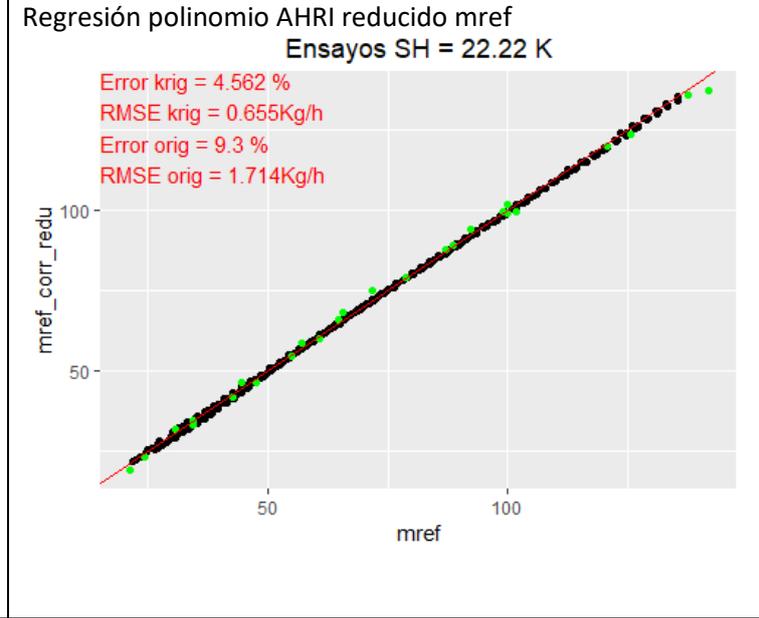
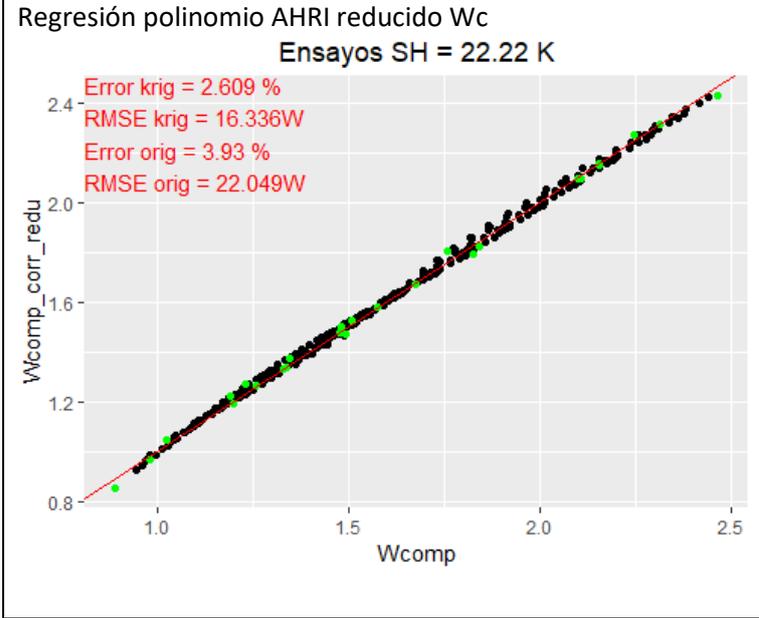


Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22
Coefficients:

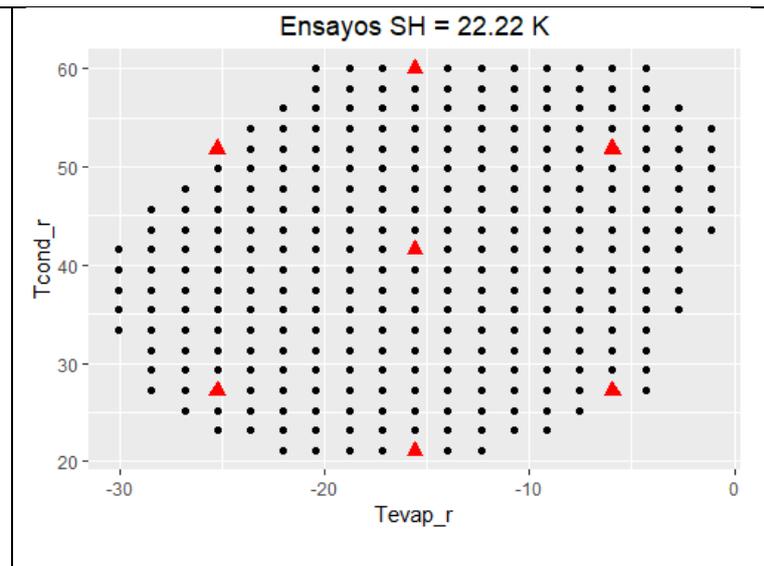
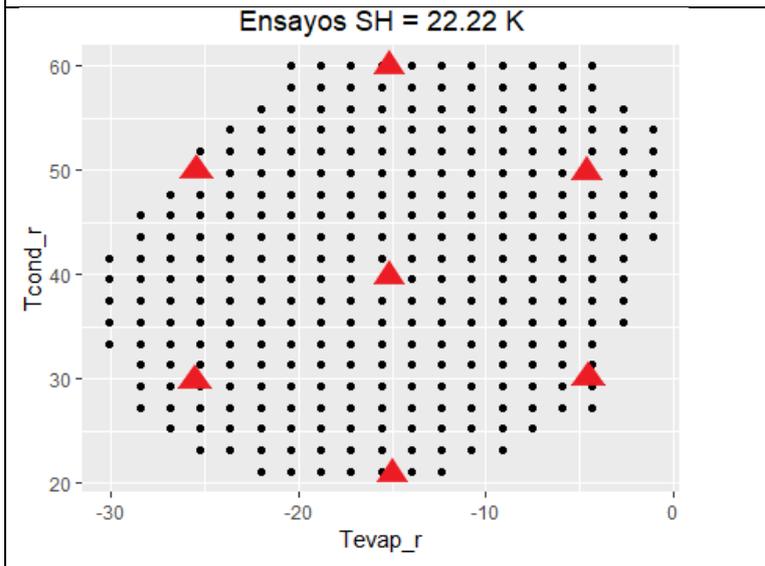
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.8249651	0.3122551	2.642	0.230
Tevap_r	-0.0047089	0.0144530	-0.326	0.799
Tcond_r	0.0493451	0.0115807	4.261	0.147
I(Tevap_r^2)	-0.0002331	0.0002257	-1.033	0.490
I(Tcond_r^2)	-0.0003460	0.0001175	-2.945	0.208
Tevap_r:Tcond_r	0.0010281	0.0002238	4.594	0.136

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	185.527891	2.733589	67.870	0.00938 **
Tevap_r	6.505364	0.126526	51.415	0.01238 *
Tcond_r	-0.889078	0.101382	-8.770	0.07228 .
I(Tevap_r^2)	0.063706	0.001976	32.247	0.01974 *
I(Tcond_r^2)	-0.002529	0.001028	-2.458	0.24594 .
Tevap_r:Tcond_r	-0.012571	0.001959	-6.417	0.09842 .



Diseño Hexa SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.7075350	0.1941883	3.644	0.1705
Tevap_r	-0.0122678	0.0103341	-1.187	0.4457
Tcond_r	0.0523510	0.0084276	6.212	0.1016
I(Tevap_r^2)	-0.0003385	0.0002810	-1.205	0.4411
I(Tcond_r^2)	-0.0003606	0.0001016	-3.550	0.1748
Tevap_r:Tcond_r	0.0011381	0.0001325	8.587	0.0738

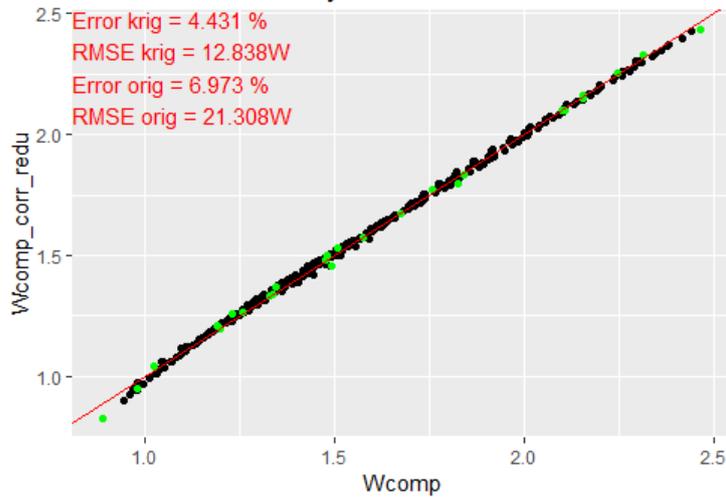
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	188.517162	3.183896	59.210	0.0108 *
Tevap_r	6.715572	0.169437	39.635	0.0161 *
Tcond_r	-0.917140	0.138178	-6.637	0.0952 .
I(Tevap_r^2)	0.068654	0.004607	14.903	0.0427 *
I(Tcond_r^2)	-0.002396	0.001665	-1.439	0.3866
Tevap_r:Tcond_r	-0.012531	0.002173	-5.766	0.1093

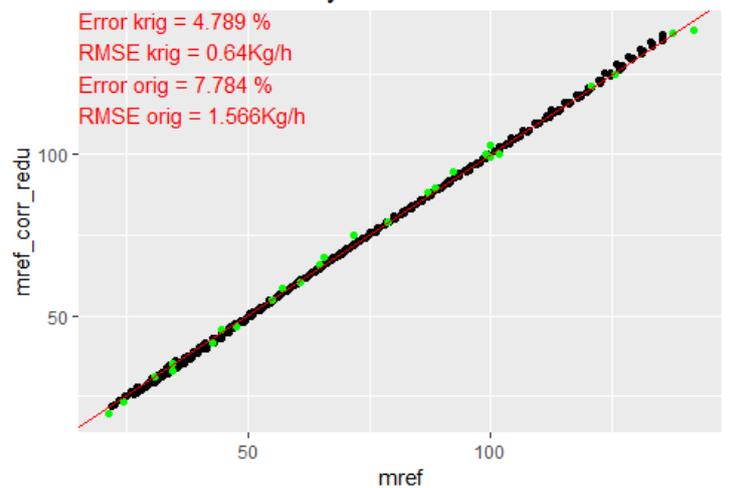
Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 22.22 K

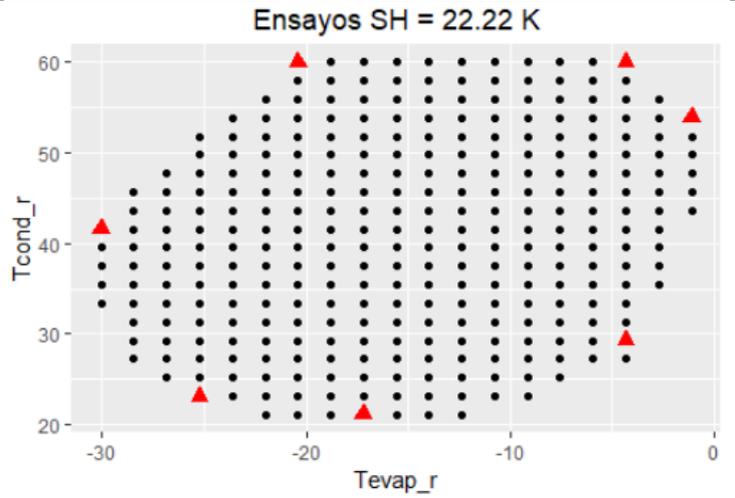


Regresión polinomio AHRI reducido mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño OptFederov "D" 7 ptos SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

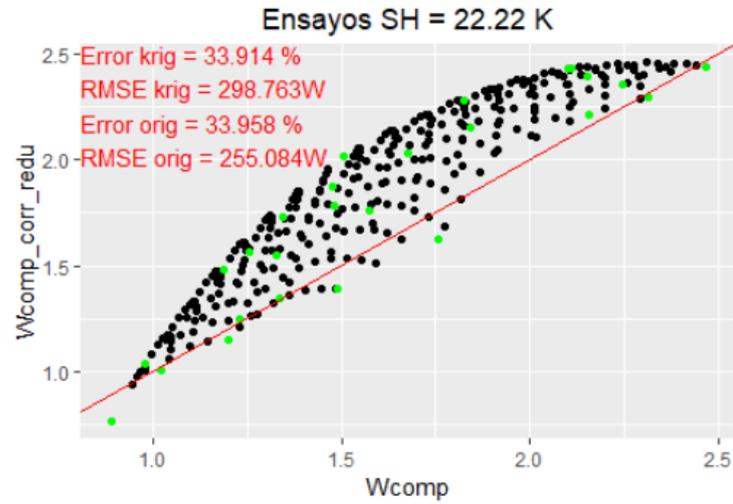
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.7607722	0.5302989	-3.320	0.1862
Tevap_r	-0.1023587	0.0202124	-5.064	0.1241
Tcond_r	0.1617245	0.0233900	6.914	0.0914
I(Tevap_r^2)	-0.0024509	0.0004857	-5.046	0.1246
I(Tcond_r^2)	-0.0015544	0.0002552	-6.091	0.1036
Tevap_r:Tcond_r	0.0017585	0.0001362	12.907	0.0492 *

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

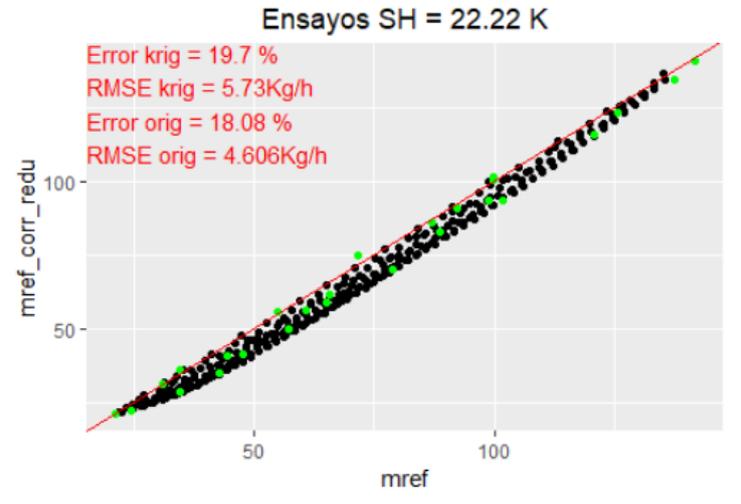
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	232.03866	24.55855	9.448	0.0671
Tevap_r	8.34281	0.93605	8.913	0.0711
Tcond_r	-2.85829	1.08321	-2.639	0.2306
I(Tevap_r^2)	0.10599	0.02249	4.712	0.1331
I(Tcond_r^2)	0.01830	0.01182	1.549	0.3650
Tevap_r:Tcond_r	-0.02556	0.00631	-4.050	0.1541

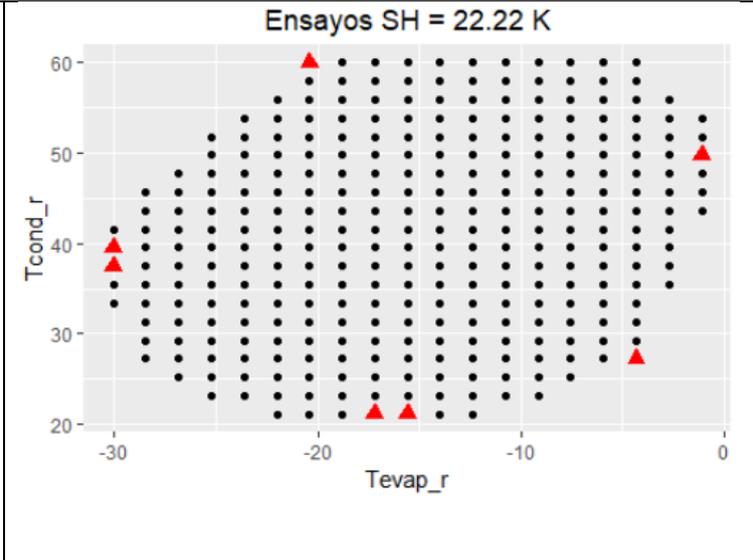
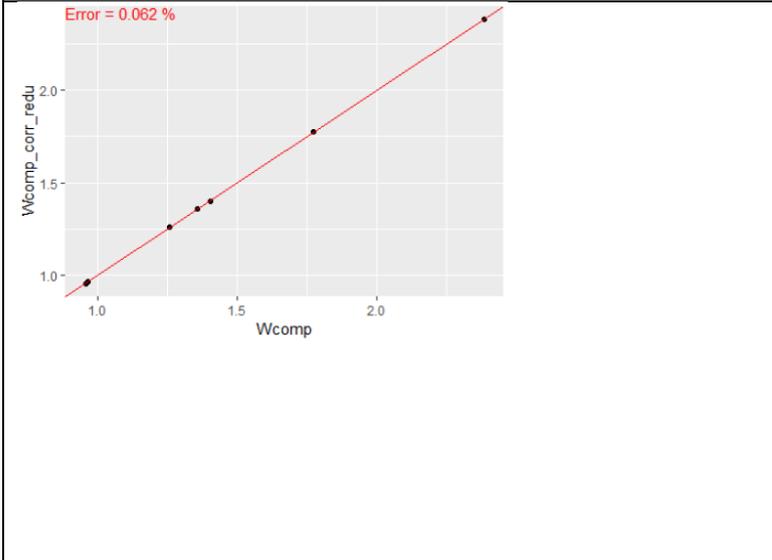
Regresión polinomio AHRI reducido Wc



Regresión polinomio AHRI reducido mref



Diseño OptFederov "A" 7 pts SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

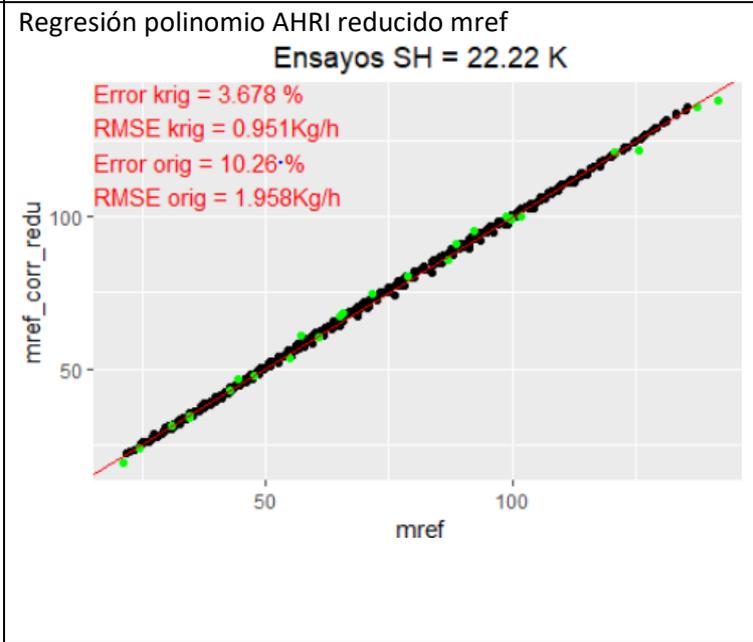
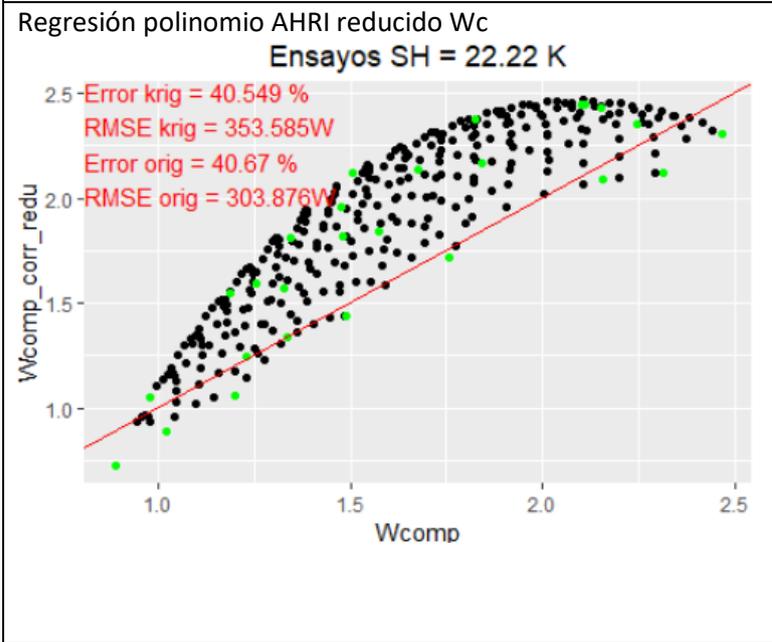
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.899e+00	3.181e-01	-5.969	0.10568
Tevap_r	-9.798e-02	1.031e-02	-9.500	0.06676 .
Tcond_r	1.772e-01	1.530e-02	11.580	0.05484 .
I(Tevap_r^2)	-2.929e-03	3.263e-04	-8.976	0.07063 .
I(Tcond_r^2)	-1.845e-03	1.831e-04	-10.073	0.06300 .
Tevap_r:Tcond_r	1.315e-03	1.401e-05	93.887	0.00678 **

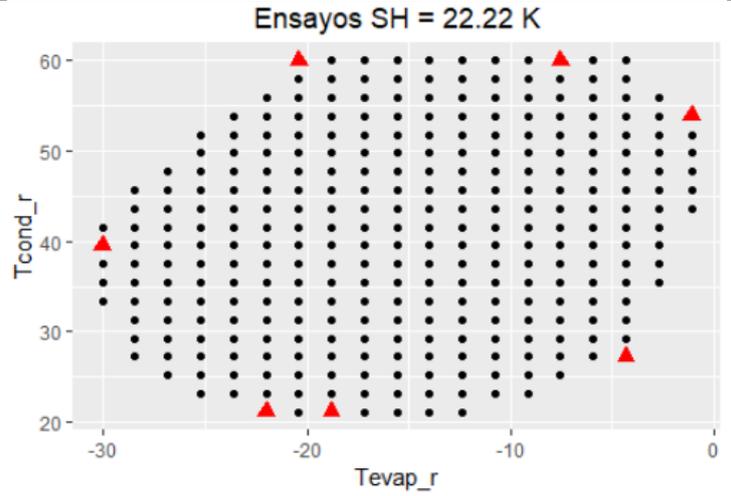
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.800e+02	9.201e-01	195.60	0.00325 **
Tevap_r	6.490e+00	2.983e-02	217.54	0.00293 **
Tcond_r	-4.954e-01	4.425e-02	-11.20	0.05671 .
I(Tevap_r^2)	5.736e-02	9.440e-04	60.77	0.01048 *
I(Tcond_r^2)	-8.417e-03	5.297e-04	-15.89	0.04001 *
Tevap_r:Tcond_r	-1.641e-02	4.052e-05	-404.95	0.00157 **



Diseño OptFederov "I" 7 ptos SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

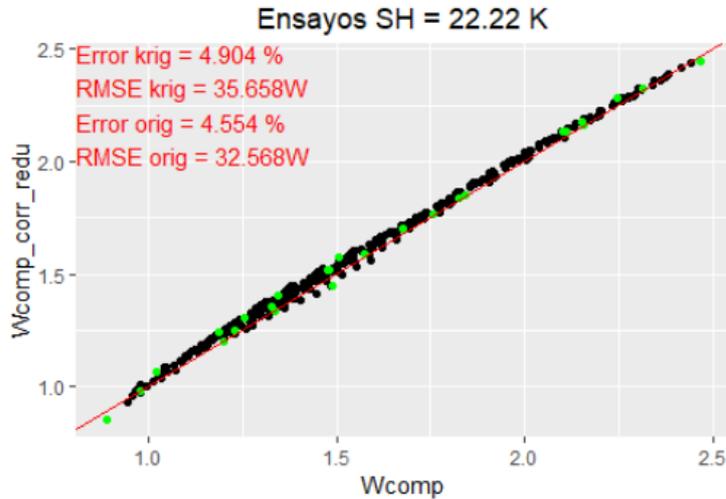
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	4.699e-01	3.429e-01	1.371	0.4013
Tevap_r	-1.819e-02	1.221e-02	-1.490	0.3763
Tcond_r	6.383e-02	1.623e-02	3.934	0.1585
I(Tevap_r^2)	-4.252e-04	3.380e-04	-1.258	0.4276
I(Tcond_r^2)	-4.884e-04	1.875e-04	-2.605	0.2333
Tevap_r:Tcond_r	1.208e-03	6.063e-05	19.918	0.0319 *

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

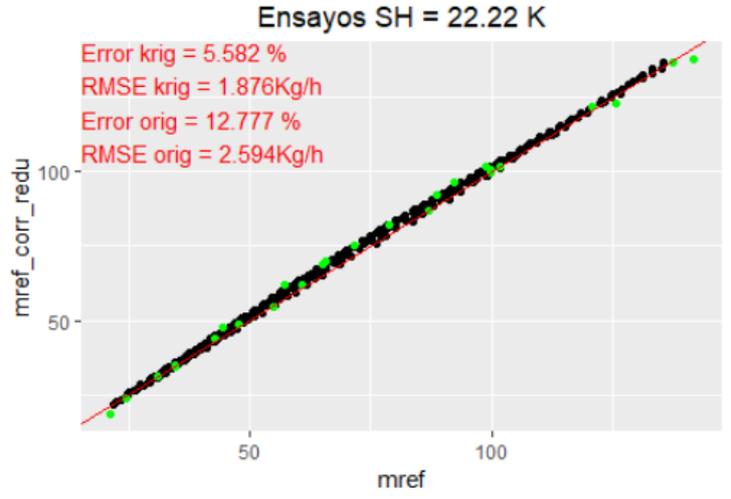
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	172.935208	36.266029	4.769	0.132
Tevap_r	6.094488	1.291514	4.719	0.133
Tcond_r	-0.215401	1.716374	-0.125	0.921
I(Tevap_r^2)	0.050036	0.035750	1.400	0.395
I(Tcond_r^2)	-0.010878	0.019830	-0.549	0.681
Tevap_r:Tcond_r	-0.011761	0.006413	-1.834	0.318

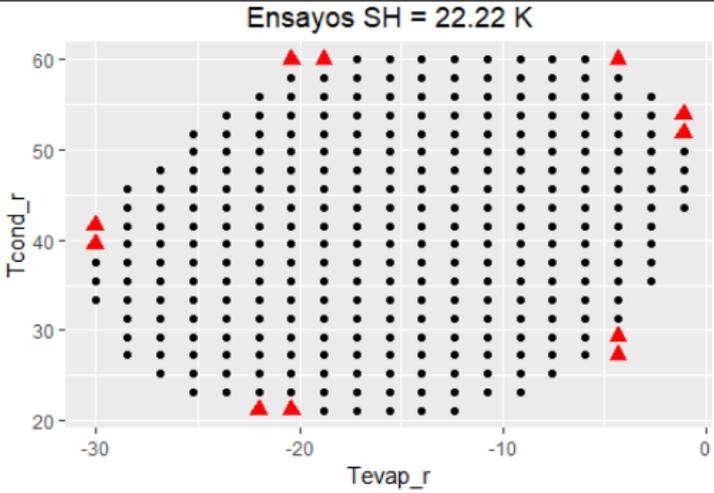
Regresión polinomio AHRI reducido Wc



Regresión polinomio AHRI reducido mref



Diseño OptFederov "D" 11 pts SH22.22



Coefficients de Wc para AHRI y SH22.22

Coefficients:

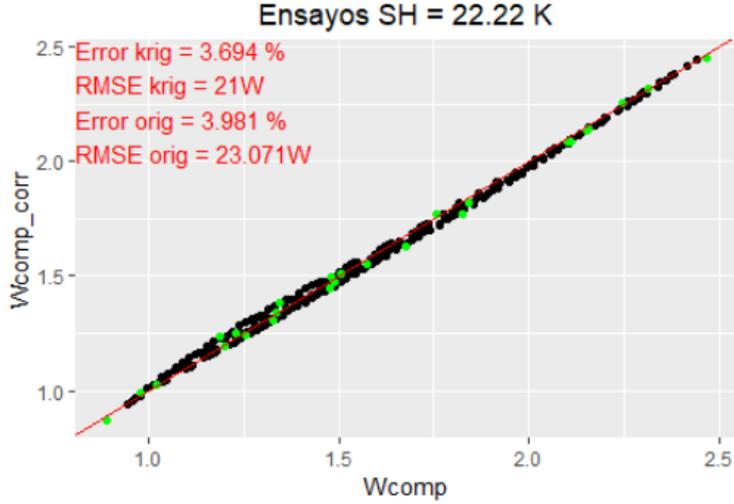
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.434e+00	1.699e-01	8.445	0.075
Tevap_r	7.293e-04	1.217e-02	0.060	0.962
Tcond_r	-2.925e-05	1.282e-02	-0.002	0.999
I(Tevap_r^2)	-2.212e-04	5.070e-04	-0.436	0.738
I(Tcond_r^2)	8.428e-04	3.195e-04	2.637	0.231
I(Tevap_r^3)	2.582e-06	1.086e-05	0.238	0.851
I(Tcond_r^3)	-8.783e-06	2.623e-06	-3.348	0.185
Tevap_r:Tcond_r	7.303e-04	3.677e-04	1.986	0.297
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	4.670e-06	3.600e-06	1.297	0.418
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	5.497e-06	4.063e-06	1.353	0.405

Coefficients de mref para AHRI y SH22.22

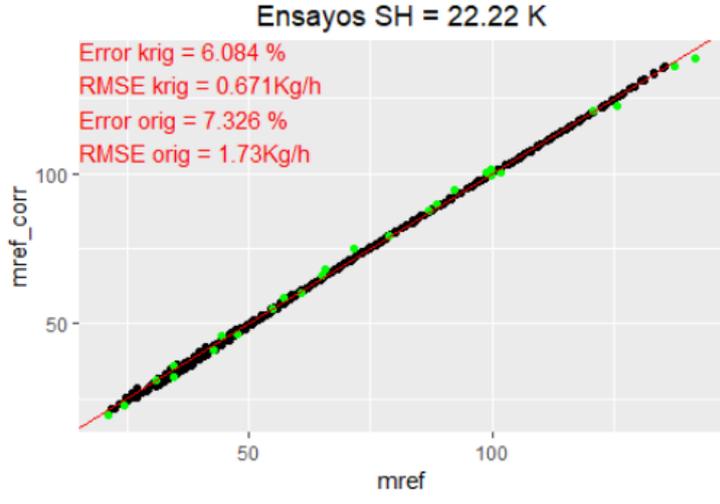
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.880e+02	7.784e+00	24.157	0.0263 *
Tevap_r	6.607e+00	5.578e-01	11.845	0.0536 *
Tcond_r	-9.517e-01	5.877e-01	-1.619	0.3522
I(Tevap_r^2)	5.632e-02	2.323e-02	2.424	0.2491
I(Tcond_r^2)	-1.751e-03	1.464e-02	-0.120	0.9242
I(Tevap_r^3)	-4.954e-04	4.978e-04	-0.995	0.5016
I(Tcond_r^3)	-1.492e-05	1.202e-04	-0.124	0.9214
Tevap_r:Tcond_r	-1.849e-02	1.685e-02	-1.097	0.4704
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-3.804e-04	1.650e-04	-2.306	0.2605
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	-5.631e-05	1.862e-04	-0.302	0.8130

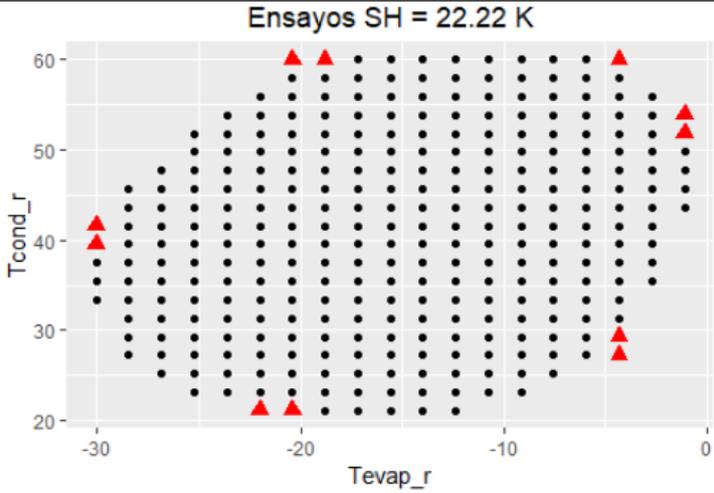
Regresión polinomio AHRI Wc



Regresión polinomio AHRI mref



Diseño OptFederov "D" 11 pts SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	6.489e-01	2.107e-01	3.080	0.0275 *
Tevap_r	-1.090e-02	8.094e-03	-1.347	0.2358
Tcond_r	5.518e-02	9.563e-03	5.770	0.0022 **
I(Tevap_r^2)	-2.061e-04	2.062e-04	-0.999	0.3635
I(Tcond_r^2)	-3.877e-04	1.071e-04	-3.620	0.0152 *
Tevap_r:Tcond_r	1.180e-03	5.099e-05	23.147	2.8e-06 ***

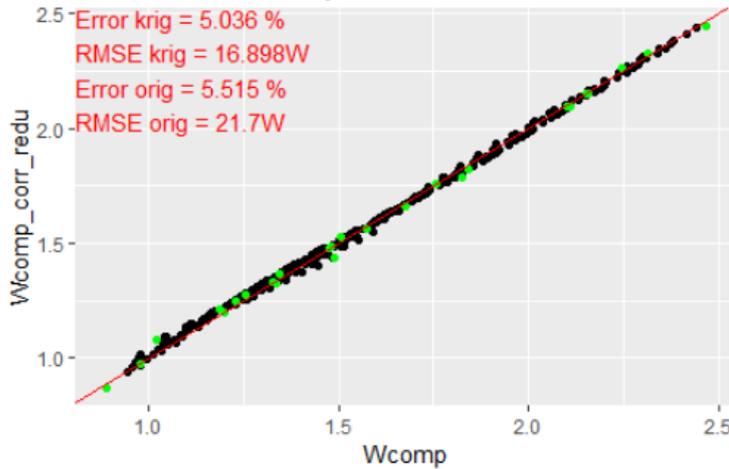
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.954e+02	7.833e+00	24.941	1.93e-06 ***
Tevap_r	6.906e+00	3.009e-01	22.950	2.92e-06 ***
Tcond_r	-1.250e+00	3.556e-01	-3.514	0.017029 *
I(Tevap_r^2)	7.137e-02	7.666e-03	9.310	0.000241 ***
I(Tcond_r^2)	7.603e-04	3.983e-03	0.191	0.856115
Tevap_r:Tcond_r	-1.626e-02	1.896e-03	-8.574	0.000356 ***

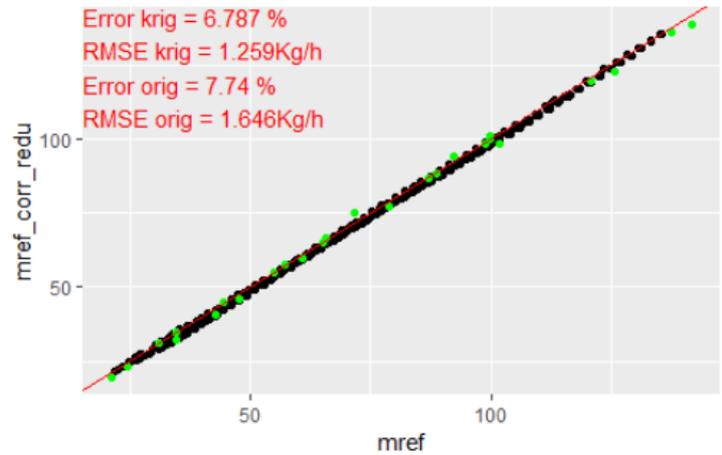
Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 22.22 K

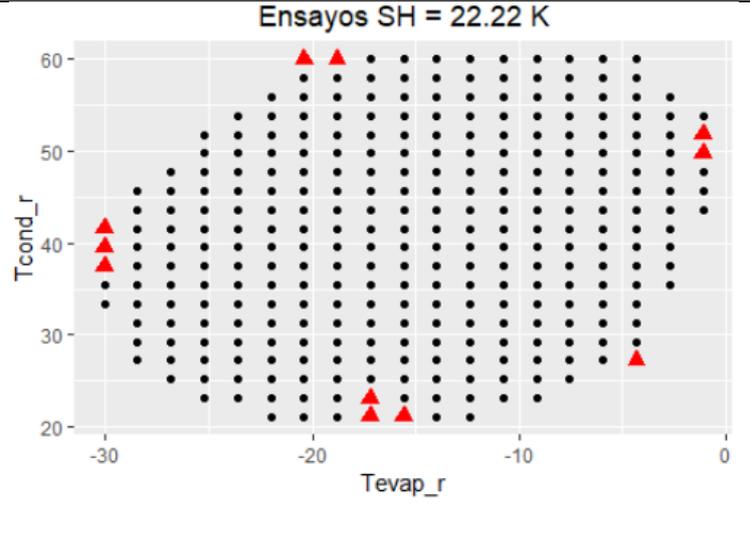


Regresión polinomio AHRI reducido mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño OptFederov "A" 11 pts SH22.22

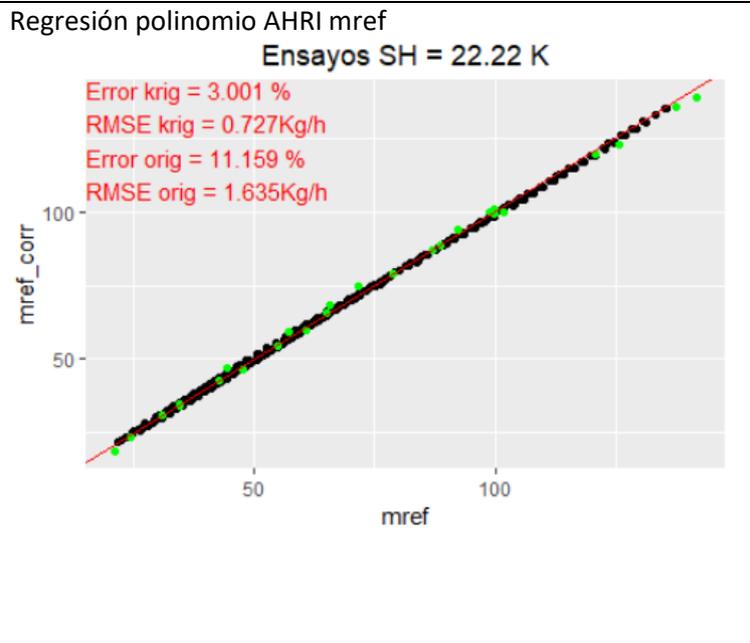
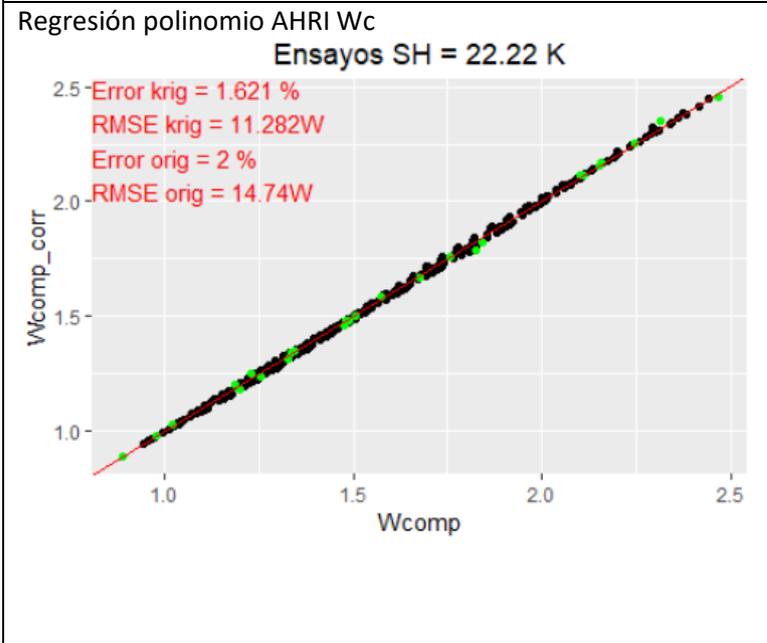


Coefficientes de Wc para AHRI y SH22.22
Coefficients:

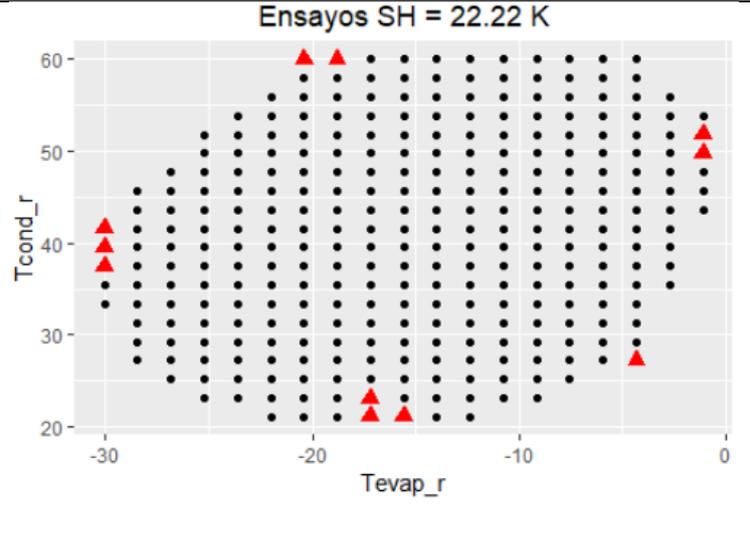
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	6.656e-01	1.421e-01	4.684	0.1339
Tevap_r	-4.743e-02	1.123e-02	-4.225	0.1480
Tcond_r	4.772e-02	8.451e-03	5.647	0.1116
I(Tevap_r^2)	-2.060e-03	4.369e-04	-4.714	0.1331
I(Tcond_r^2)	-1.650e-04	1.724e-04	-0.957	0.5140
I(Tevap_r^3)	-2.404e-05	7.636e-06	-3.148	0.1958
I(Tcond_r^3)	-1.663e-06	1.201e-06	-1.385	0.3981
Tevap_r:Tcond_r	1.914e-03	3.049e-04	6.278	0.1006
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	1.854e-05	2.512e-06	7.383	0.0857
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	-3.397e-06	2.846e-06	-1.193	0.4440

Coefficientes de mref para AHRI y SH22.22
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.193e+02	1.974e+01	11.109	0.0572
Tevap_r	8.428e+00	1.560e+00	5.403	0.1165
Tcond_r	-2.922e+00	1.174e+00	-2.489	0.2433
I(Tevap_r^2)	1.124e-01	6.071e-02	1.851	0.3154
I(Tcond_r^2)	3.877e-02	2.395e-02	1.619	0.3523
I(Tevap_r^3)	4.660e-04	1.061e-03	0.439	0.7365
I(Tcond_r^3)	-2.856e-04	1.668e-04	-1.712	0.3366
Tevap_r:Tcond_r	-7.410e-02	4.236e-02	-1.749	0.3306
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-6.928e-04	3.490e-04	-1.985	0.2971
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	4.716e-04	3.955e-04	1.192	0.4443



Diseño OptFederov "A" 11 pts SH22.22



Coeficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

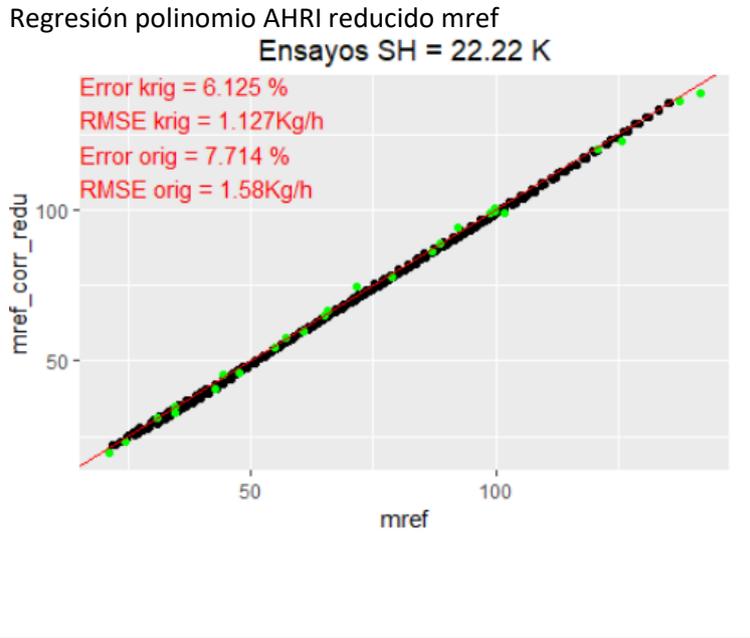
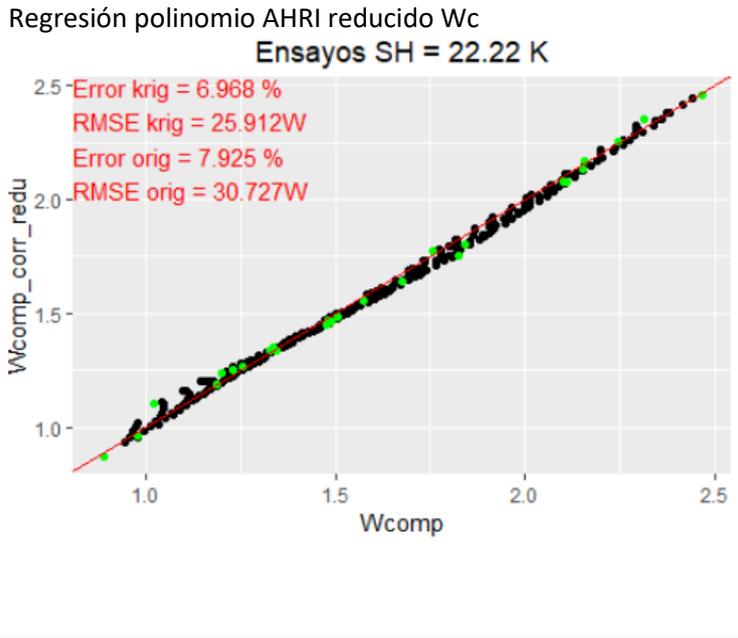
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	8.860e-01	2.239e-01	3.957	0.0108 *
Tevap_r	-6.819e-03	6.976e-03	-0.977	0.3732
Tcond_r	4.358e-02	1.082e-02	4.029	0.0100 *
I(Tevap_r^2)	-5.304e-05	2.155e-04	-0.246	0.8154
I(Tcond_r^2)	-2.487e-04	1.291e-04	-1.927	0.1120
Tevap_r:Tcond_r	1.195e-03	3.739e-05	31.973	5.62e-07 ***

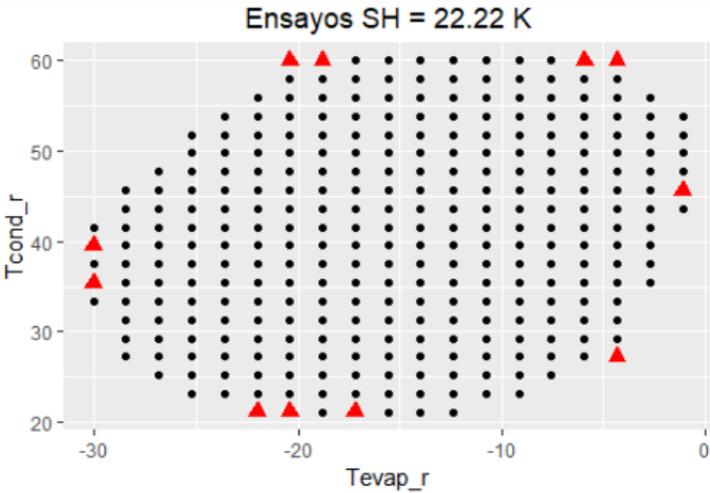
Coeficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.928e+02	4.393e+00	43.891	1.16e-07 ***
Tevap_r	6.896e+00	1.369e-01	50.374	5.83e-08 ***
Tcond_r	-1.120e+00	2.122e-01	-5.279	0.00325 **
I(Tevap_r^2)	7.008e-02	4.229e-03	16.571	1.46e-05 ***
I(Tcond_r^2)	-8.672e-04	2.534e-03	-0.342	0.74607
Tevap_r:Tcond_r	-1.698e-02	7.337e-04	-23.144	2.80e-06 ***



Diseño OptFederov "I" 11 pto SH22.22



Coefficients de Wc para AHRI y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.269e+00	3.016e-01	4.208	0.149
Tevap_r	-3.642e-02	1.707e-02	-2.134	0.279
Tcond_r	3.292e-03	2.029e-02	0.162	0.898
I(Tevap_r^2)	-1.786e-03	6.029e-04	-2.962	0.207
I(Tcond_r^2)	9.162e-04	4.511e-04	2.031	0.291
I(Tevap_r^3)	-2.989e-05	1.136e-05	-2.632	0.231
I(Tcond_r^3)	-1.041e-05	3.299e-06	-3.154	0.195
Tevap_r:Tcond_r	1.733e-03	5.292e-04	3.275	0.189
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	7.340e-06	4.724e-06	1.554	0.364
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	-5.815e-06	5.170e-06	-1.125	0.463

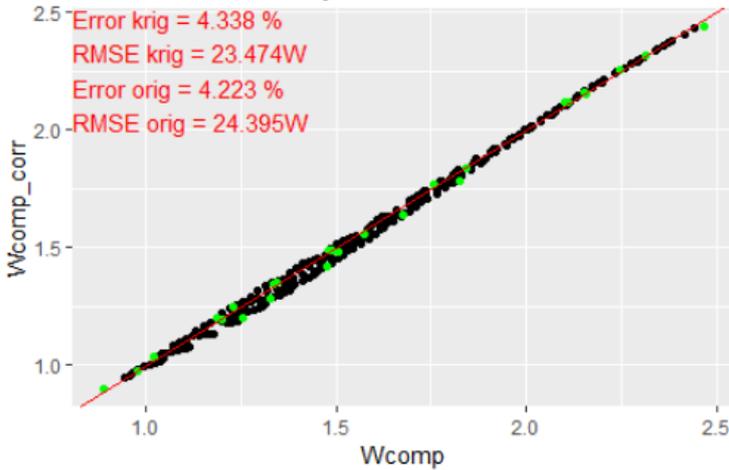
Coefficients de mref para AHRI y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.756e+02	2.379e+01	11.585	0.0548
Tevap_r	9.566e+00	1.346e+00	7.105	0.0890
Tcond_r	-6.842e+00	1.600e+00	-4.275	0.1463
I(Tevap_r^2)	1.305e-01	4.756e-02	2.744	0.2225
I(Tcond_r^2)	1.270e-01	3.558e-02	3.569	0.1739
I(Tevap_r^3)	1.037e-05	8.957e-04	0.012	0.9926
I(Tcond_r^3)	-9.271e-04	2.602e-04	-3.562	0.1742
Tevap_r:Tcond_r	-1.002e-01	4.174e-02	-2.400	0.2513
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-1.305e-03	3.726e-04	-3.503	0.1770
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	5.392e-04	4.078e-04	1.322	0.4123

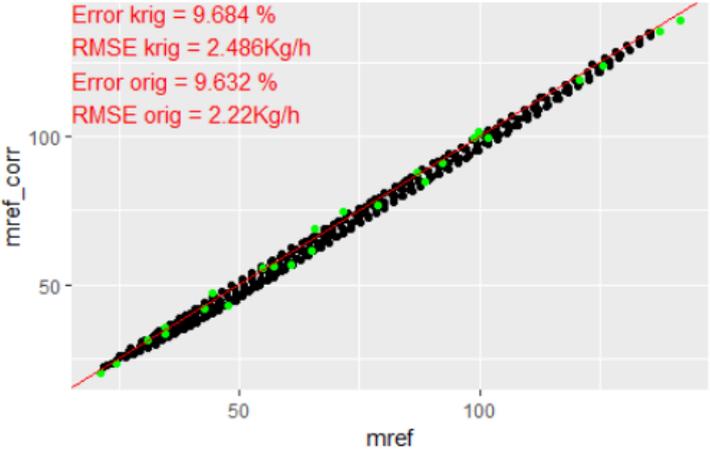
Regresión polinomio AHRI Wc

Ensayos SH = 22.22 K

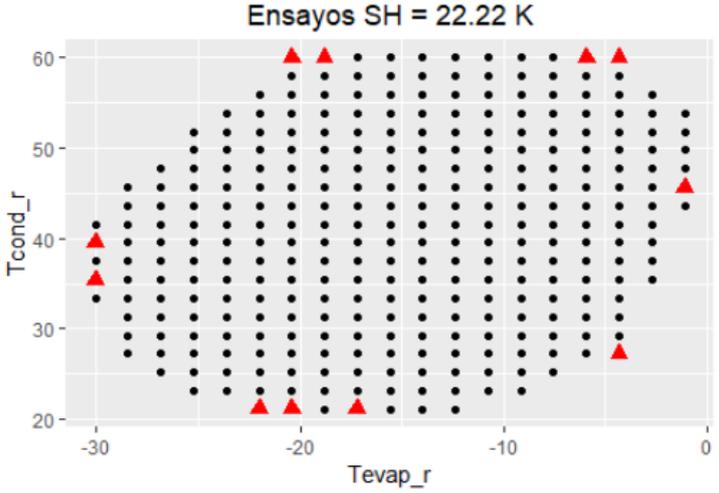


Regresión polinomio AHRI mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño OptFederov "I" 11 pts SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	5.989e-01	1.593e-01	3.761	0.013148 *
Tevap_r	-1.507e-02	6.206e-03	-2.428	0.059516 .
Tcond_r	5.750e-02	7.143e-03	8.050	0.000479 ***
I(Tevap_r^2)	-3.669e-04	1.583e-04	-2.318	0.068246 .
I(Tcond_r^2)	-4.201e-04	8.009e-05	-5.246	0.003338 **
Tevap_r:Tcond_r	1.171e-03	4.130e-05	28.351	1.02e-06 ***

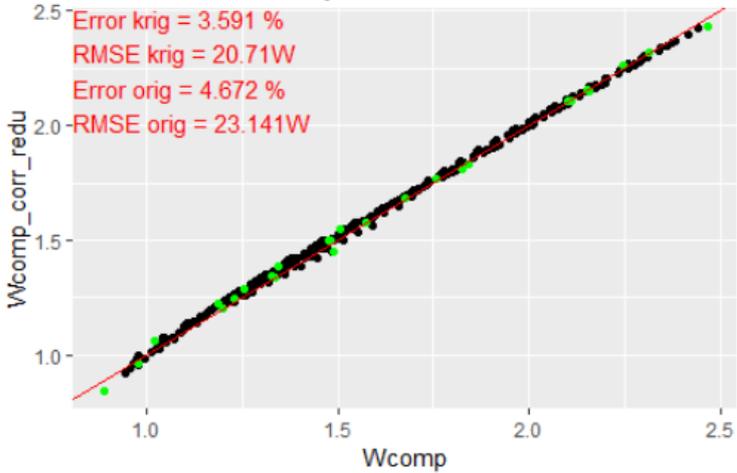
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	198.912903	5.936306	33.508	4.45e-07 ***
Tevap_r	7.039899	0.231348	30.430	7.19e-07 ***
Tcond_r	-1.434596	0.266252	-5.388	0.002971 **
I(Tevap_r^2)	0.076119	0.005900	12.901	4.98e-05 ***
I(Tcond_r^2)	0.003185	0.002985	1.067	0.334809
Tevap_r:Tcond_r	-0.015908	0.001539	-10.333	0.000146 ***

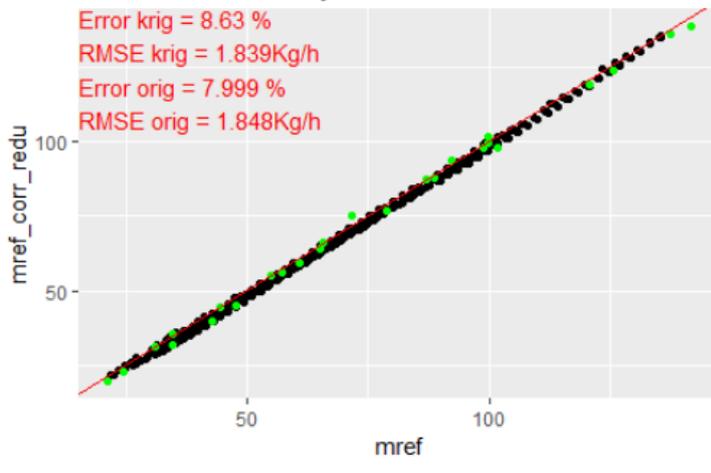
Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 22.22 K

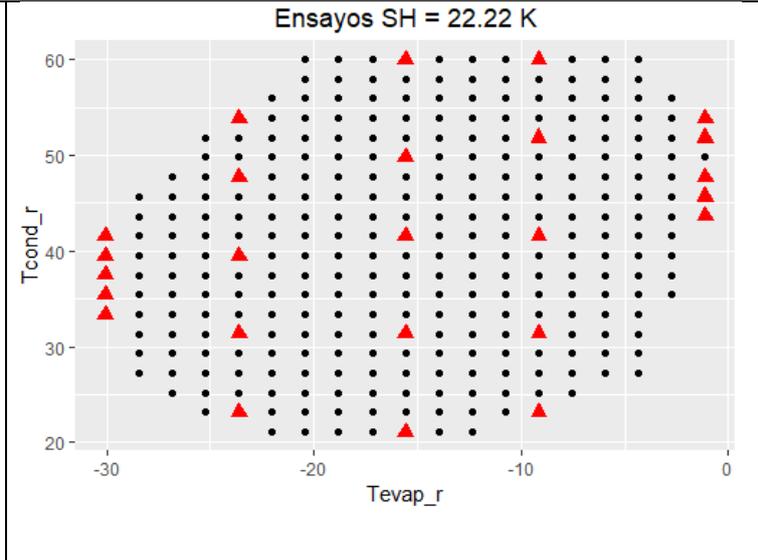
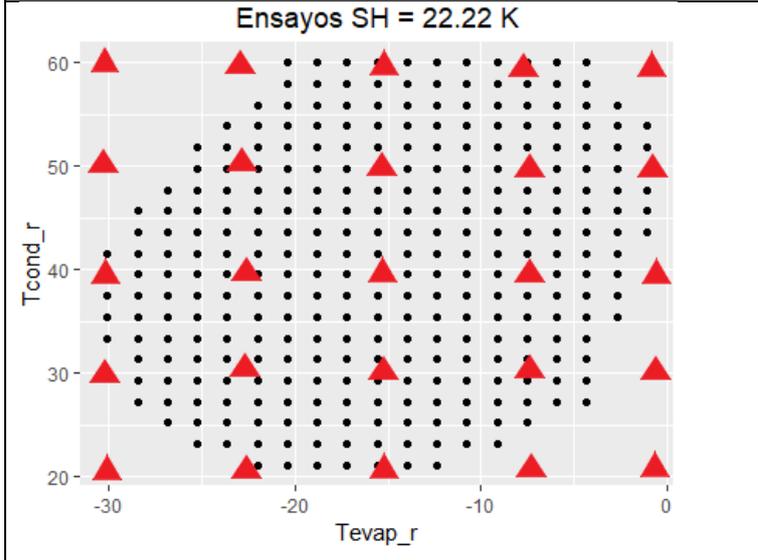


Regresión polinomio AHRI reducido mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño 5 niveles SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	7.986e-01	1.579e-01	5.057	0.000142	***
Tevap_r	-3.694e-02	1.109e-02	-3.332	0.004547	**
Tcond_r	3.820e-02	9.461e-03	4.038	0.001074	**
I(Tevap_r^2)	-1.600e-03	3.268e-04	-4.896	0.000194	***
I(Tcond_r^2)	5.213e-05	2.022e-04	0.258	0.800090	
I(Tevap_r^3)	-1.765e-05	3.776e-06	-4.674	0.000300	***
I(Tcond_r^3)	-3.267e-06	1.506e-06	-2.170	0.046474	*
Tevap_r:Tcond_r	1.565e-03	3.340e-04	4.686	0.000293	***
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	1.284e-05	4.448e-06	2.888	0.011274	*
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	-4.391e-07	2.848e-06	-0.154	0.879544	

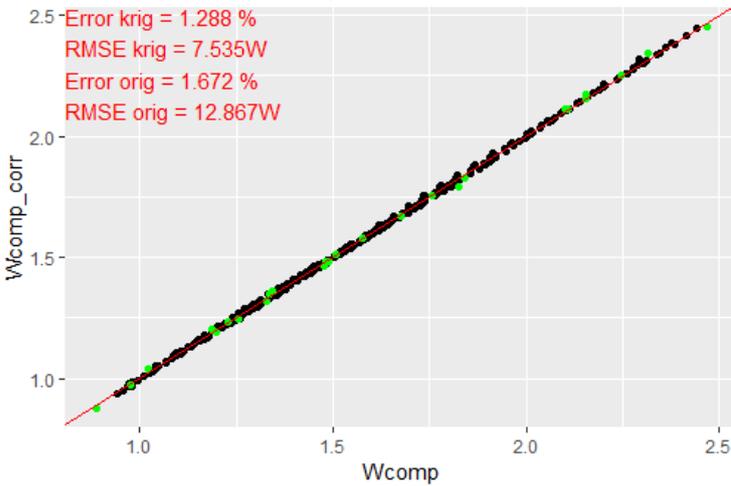
Coefficientes de mref para AHRI y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	2.006e+02	1.074e+01	18.675	8.50e-12	***
Tevap_r	7.862e+00	7.539e-01	10.427	2.87e-08	***
Tcond_r	-1.544e+00	6.434e-01	-2.400	0.029819	*
I(Tevap_r^2)	9.576e-02	2.222e-02	4.309	0.000621	***
I(Tcond_r^2)	5.860e-03	1.375e-02	0.426	0.676157	
I(Tevap_r^3)	3.847e-04	2.568e-04	1.498	0.154843	
I(Tcond_r^3)	-2.839e-05	1.024e-04	-0.277	0.785374	
Tevap_r:Tcond_r	-5.889e-02	2.271e-02	-2.593	0.020398	*
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-4.082e-04	3.025e-04	-1.349	0.197280	
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	4.002e-04	1.937e-04	2.066	0.056570	.

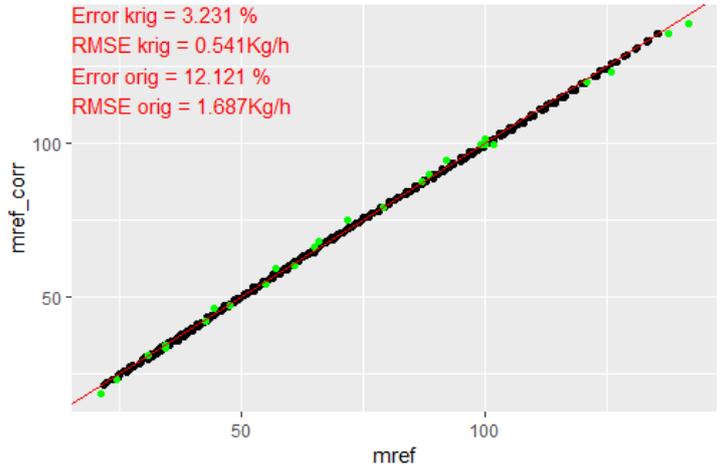
Regresión polinomio AHRI Wc

Ensayos SH = 22.22 K

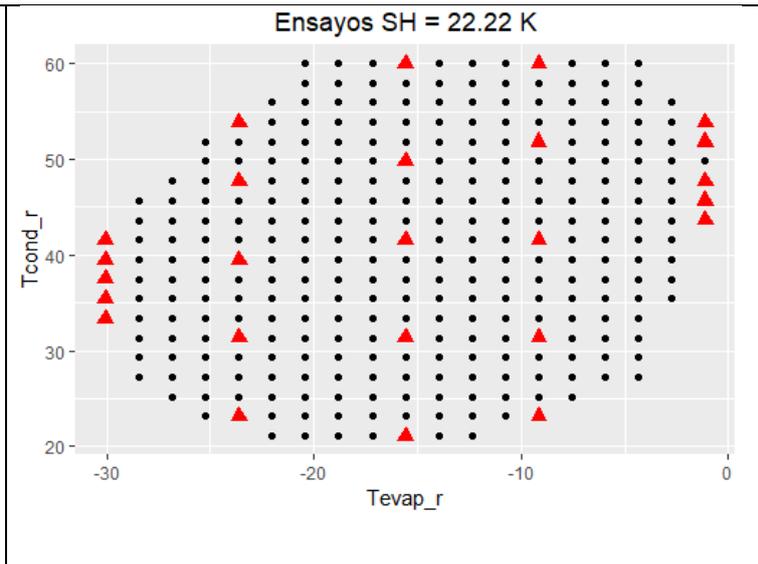
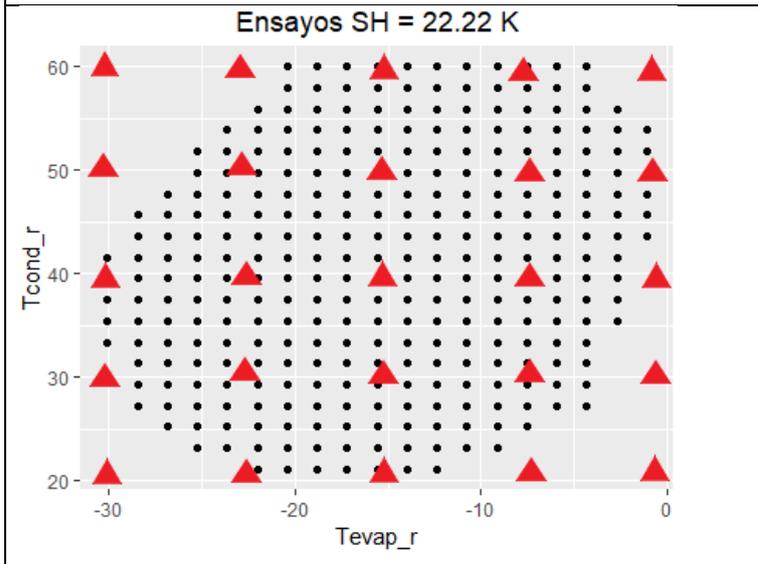


Regresión polinomio AHRI mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño 5 niveles SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	8.163e-01	5.940e-02	13.741	2.54e-11 ***
Tevap_r	-6.304e-03	2.759e-03	-2.285	0.034 *
Tcond_r	4.888e-02	2.325e-03	21.027	1.28e-14 ***
I(Tevap_r^2)	-2.041e-04	4.107e-05	-4.970	8.50e-05 ***
I(Tcond_r^2)	-3.293e-04	2.505e-05	-13.146	5.47e-11 ***
Tevap_r:Tcond_r	1.091e-03	4.351e-05	25.085	5.01e-16 ***

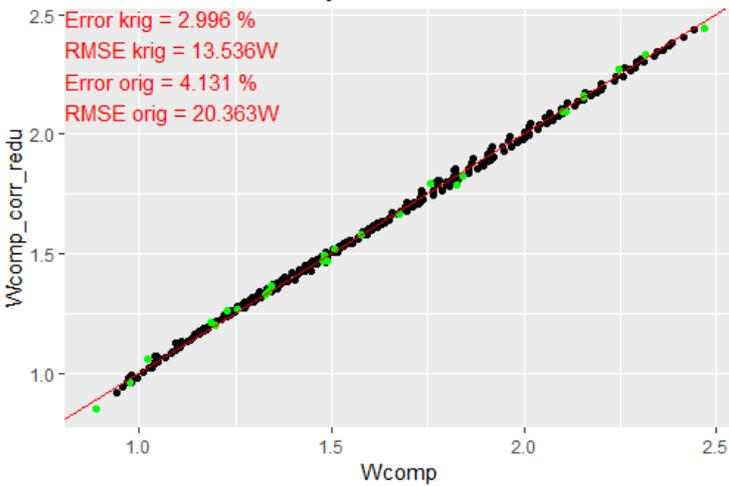
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.853e+02	2.289e+00	80.945	< 2e-16 ***
Tevap_r	6.475e+00	1.063e-01	60.903	< 2e-16 ***
Tcond_r	-8.458e-01	8.957e-02	-9.443	1.32e-08 ***
I(Tevap_r^2)	6.124e-02	1.583e-03	38.696	< 2e-16 ***
I(Tcond_r^2)	-3.433e-03	9.652e-04	-3.557	0.0021 **
Tevap_r:Tcond_r	-1.360e-02	1.676e-03	-8.112	1.36e-07 ***

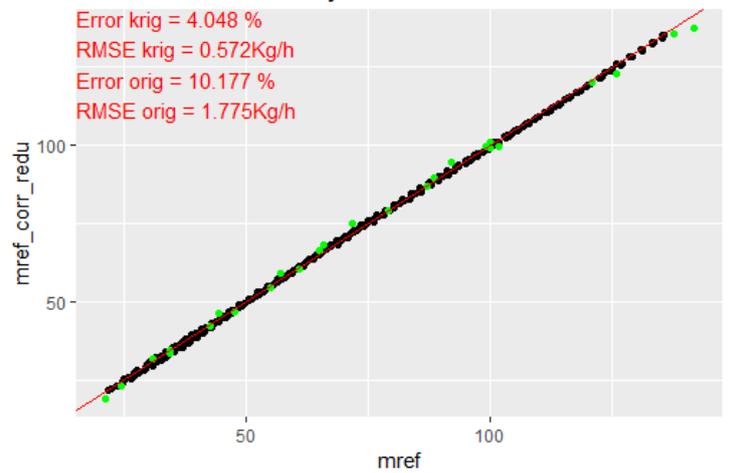
Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 22.22 K

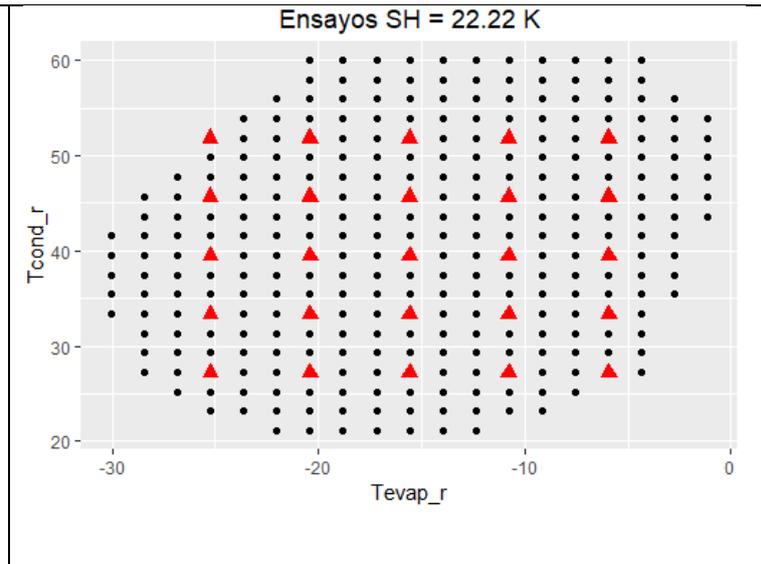
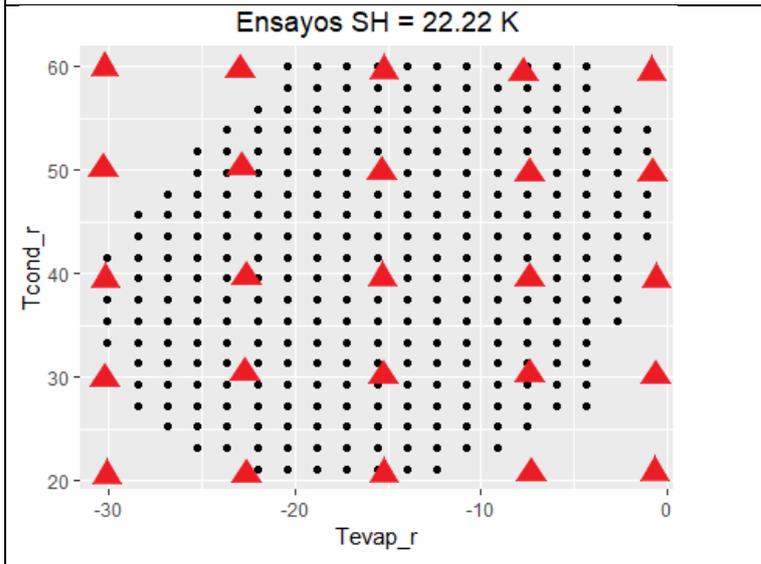


Regresión polinomio AHRI reducido mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño 5 niveles ortogonal SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	6.634e-01	2.107e-01	3.149	0.006624 **
Tevap_r	-5.272e-02	8.181e-03	-6.444	1.11e-05 ***
Tcond_r	4.128e-02	1.599e-02	2.582	0.020848 *
I(Tevap_r^2)	-2.368e-03	3.626e-04	-6.530	9.52e-06 ***
I(Tcond_r^2)	2.808e-05	4.044e-04	0.069	0.945567
I(Tevap_r^3)	-3.145e-05	6.970e-06	-4.512	0.000413 ***
I(Tcond_r^3)	-3.254e-06	3.381e-06	-0.963	0.351055
Tevap_r:Tcond_r	1.700e-03	2.739e-04	6.206	1.68e-05 ***
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	1.465e-05	3.928e-06	3.730	0.002012 **
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	-6.979e-07	3.086e-06	-0.226	0.824127

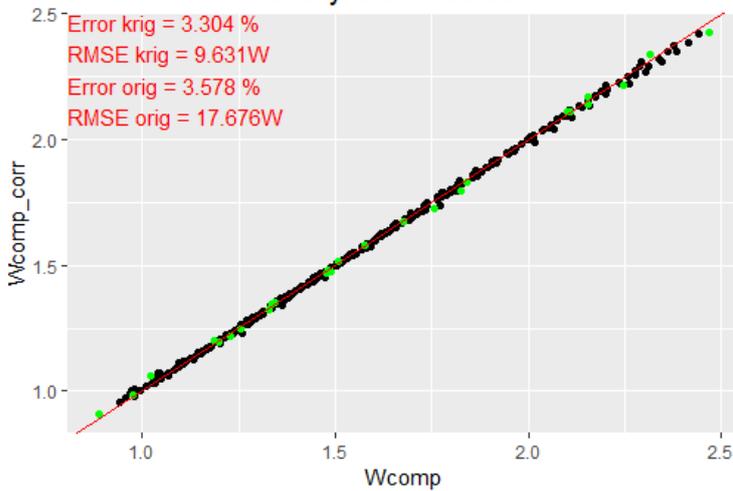
Coefficientes de mref para AHRI y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.075e+02	6.979e+00	29.738	9.46e-15 ***
Tevap_r	8.147e+00	2.710e-01	30.064	8.06e-15 ***
Tcond_r	-2.080e+00	5.296e-01	-3.928	0.001342 **
I(Tevap_r^2)	1.026e-01	1.201e-02	8.541	3.81e-07 ***
I(Tcond_r^2)	2.374e-02	1.339e-02	1.772	0.096645 .
I(Tevap_r^3)	2.918e-04	2.309e-04	1.264	0.225525
I(Tcond_r^3)	-2.032e-04	1.120e-04	-1.814	0.089688 .
Tevap_r:Tcond_r	-5.792e-02	9.072e-03	-6.385	1.23e-05 ***
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-3.697e-04	1.301e-04	-2.842	0.012359 *
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	4.211e-04	1.022e-04	4.120	0.000909 ***

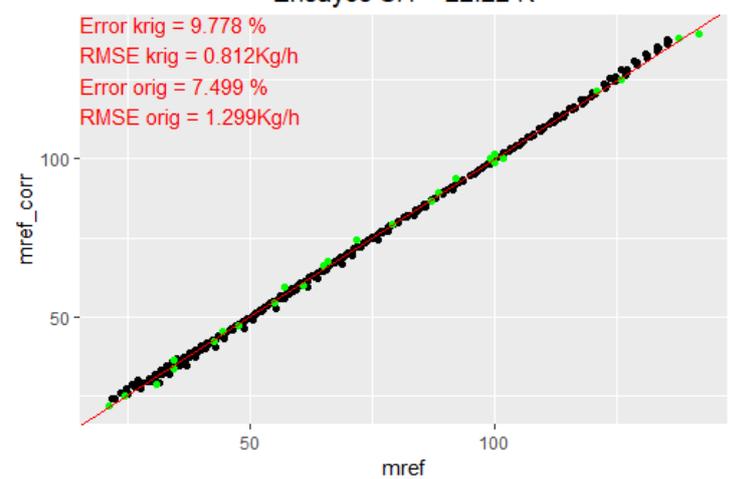
Regresión polinomio AHRI Wc

Ensayos SH = 22.22 K

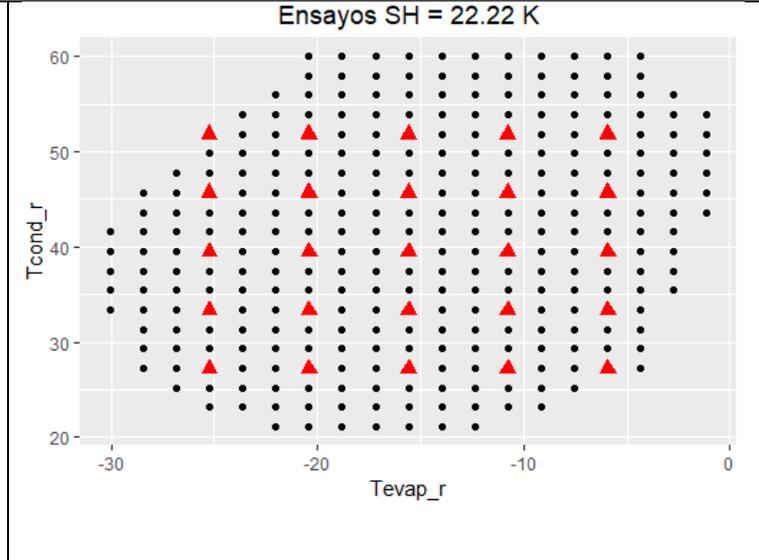
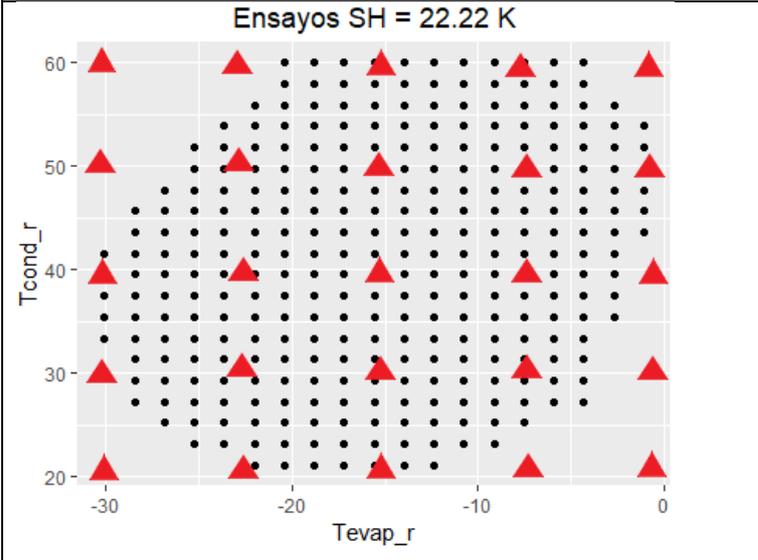


Regresión polinomio AHRI mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño 5 niveles ortogonal SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

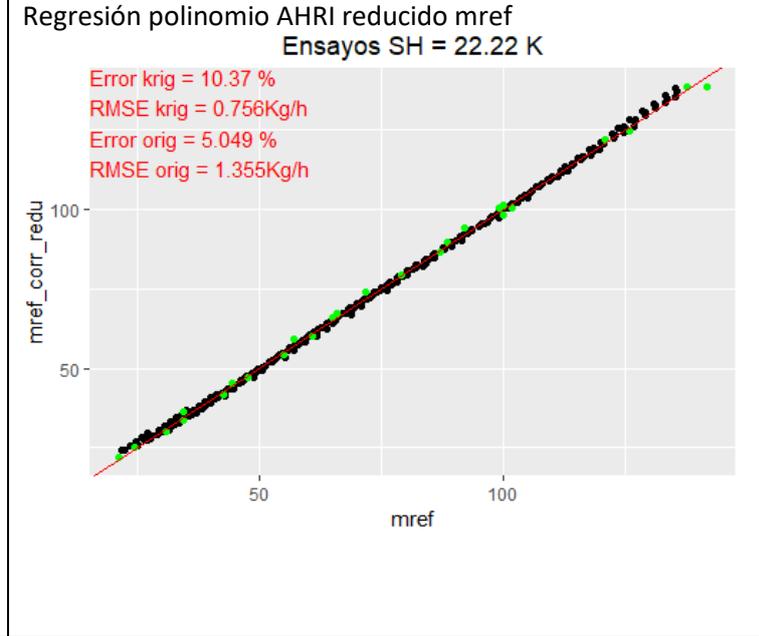
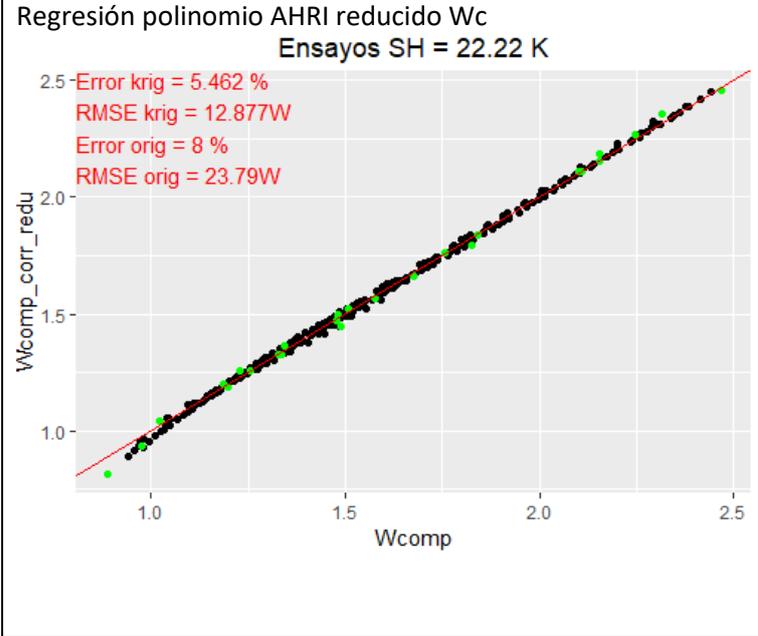
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	6.890e-01	5.782e-02	11.917	2.91e-10 ***
Tevap_r	-1.320e-02	2.273e-03	-5.808	1.35e-05 ***
Tcond_r	5.238e-02	2.777e-03	18.861	9.22e-14 ***
I(Tevap_r^2)	-3.181e-04	5.546e-05	-5.735	1.58e-05 ***
I(Tcond_r^2)	-3.470e-04	3.424e-05	-10.134	4.25e-09 ***
Tevap_r:Tcond_r	1.188e-03	3.646e-05	32.584	< 2e-16 ***

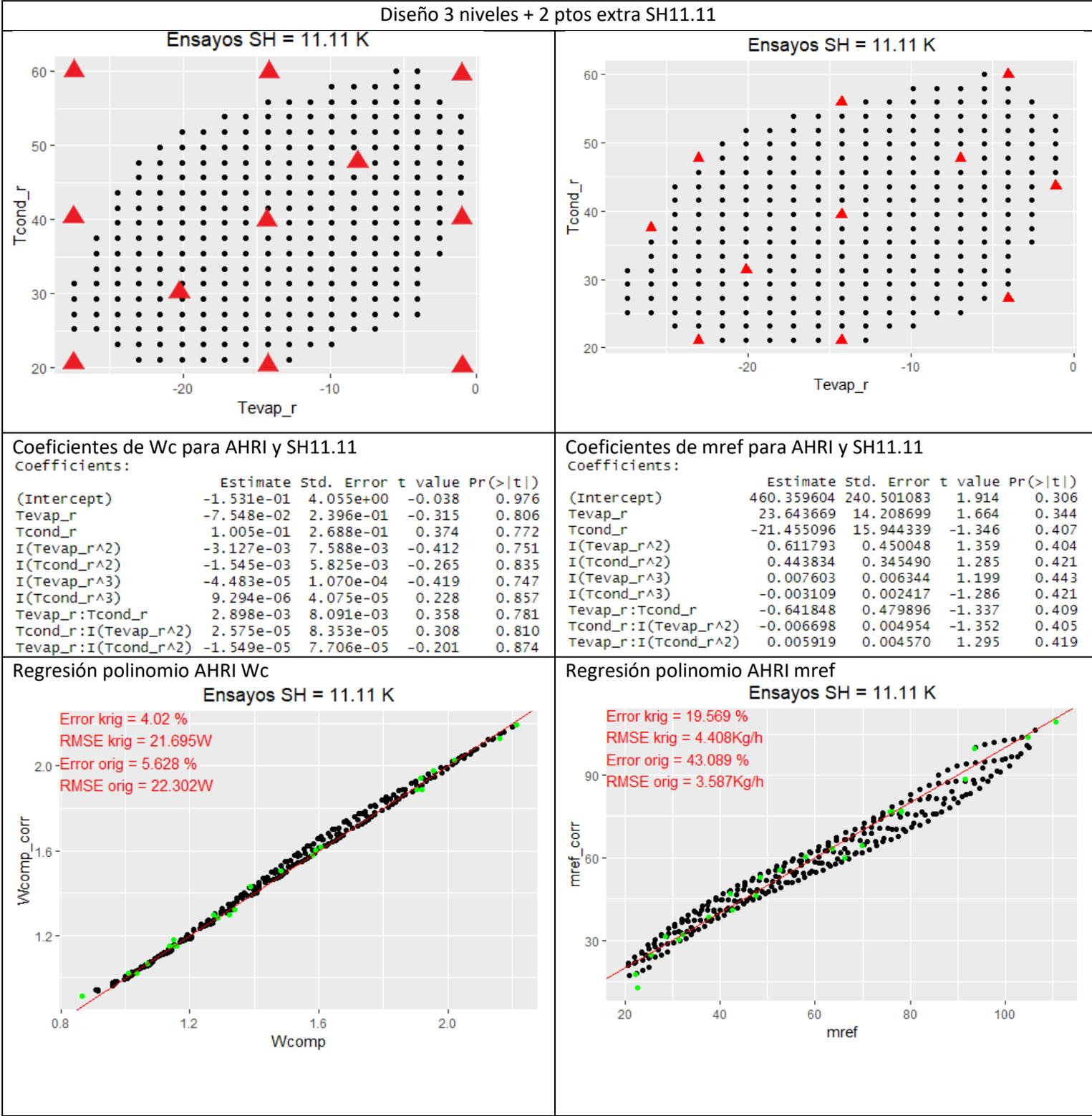
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

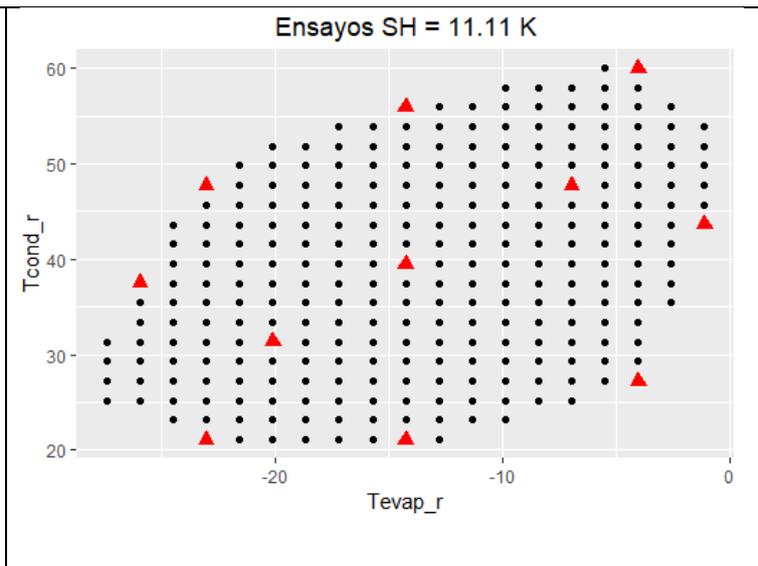
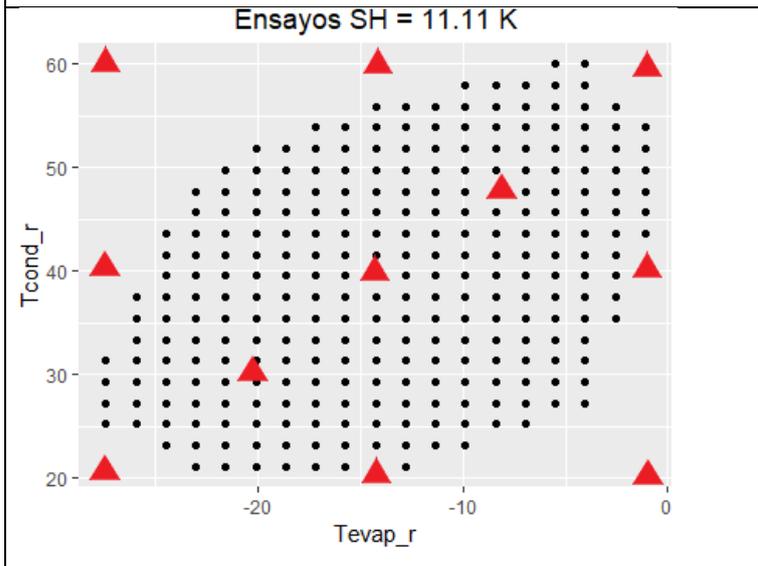
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	182.634007	1.810988	100.848	< 2e-16 ***
Tevap_r	6.875346	0.071198	96.567	< 2e-16 ***
Tcond_r	-0.562522	0.086996	-6.466	3.39e-06 ***
I(Tevap_r^2)	0.074320	0.001737	42.778	< 2e-16 ***
I(Tcond_r^2)	-0.006919	0.001073	-6.451	3.49e-06 ***
Tevap_r:Tcond_r	-0.013106	0.001142	-11.475	5.49e-10 ***



Tablas de los diferentes diseños para cuando el compresor trabaja con el refrigerante L40 y con un SH11.11K:



Diseño 3 niveles + 2 ptos extra SH11.11



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	8.021e-01	7.370e-02	10.883	0.000114 ***
Tevap_r	-6.588e-03	3.548e-03	-1.857	0.122462
Tcond_r	3.965e-02	3.155e-03	12.568	5.66e-05 ***
I(Tevap_r^2)	-2.745e-04	8.115e-05	-3.382	0.019623 *
I(Tcond_r^2)	-2.328e-04	3.420e-05	-6.808	0.001042 **
Tevap_r:Tcond_r	1.025e-03	5.556e-05	18.455	8.59e-06 ***

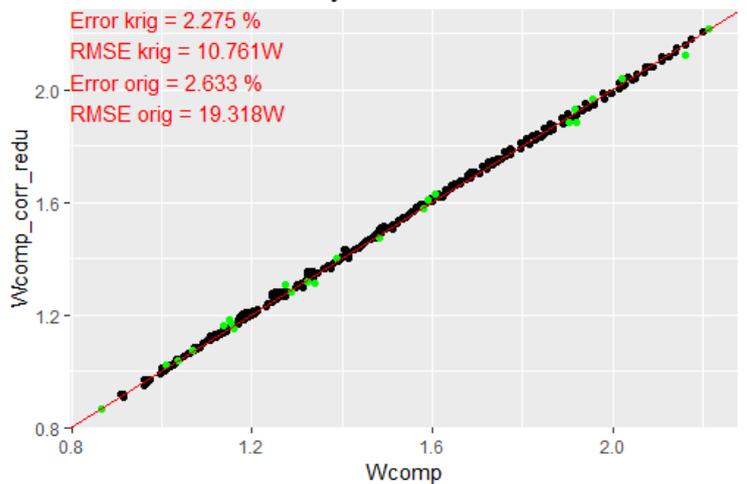
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.494e+02	3.116e+00	47.942	7.46e-08 ***
Tevap_r	5.223e+00	1.500e-01	34.812	3.68e-07 ***
Tcond_r	-8.779e-01	1.334e-01	-6.581	0.00122 **
I(Tevap_r^2)	4.252e-02	3.431e-03	12.391	6.07e-05 ***
I(Tcond_r^2)	-9.443e-04	1.446e-03	-0.653	0.54262
Tevap_r:Tcond_r	-1.301e-02	2.349e-03	-5.536	0.00264 **

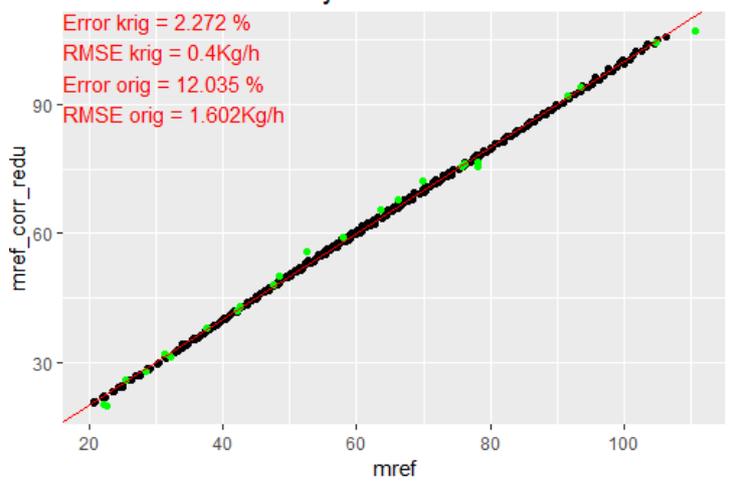
Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 11.11 K

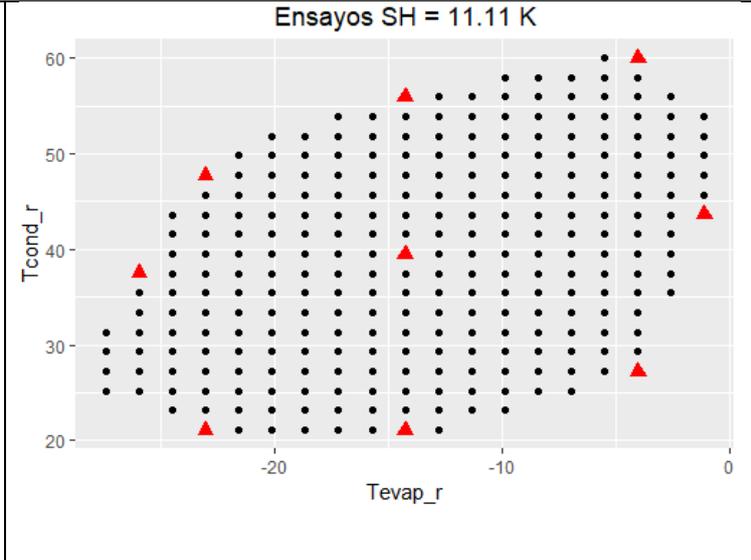
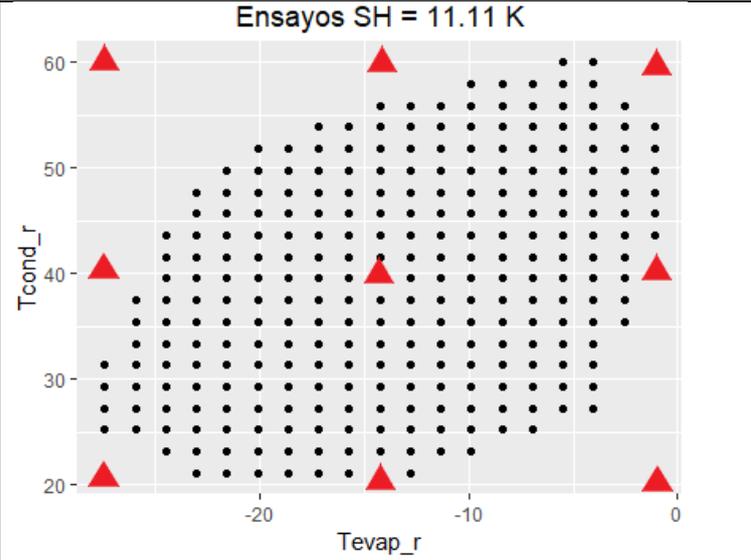


Regresión polinomio AHRI reducido mref

Ensayos SH = 11.11 K



Diseño 3 niveles SH11.11

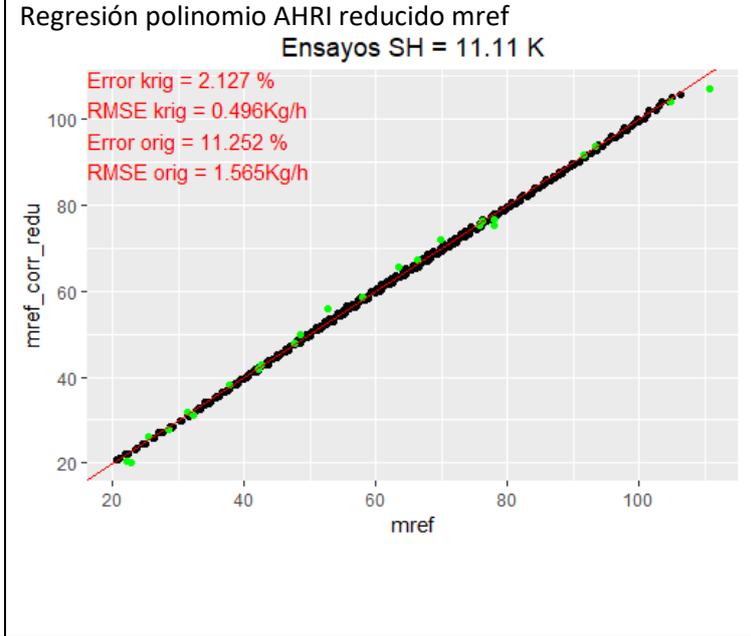
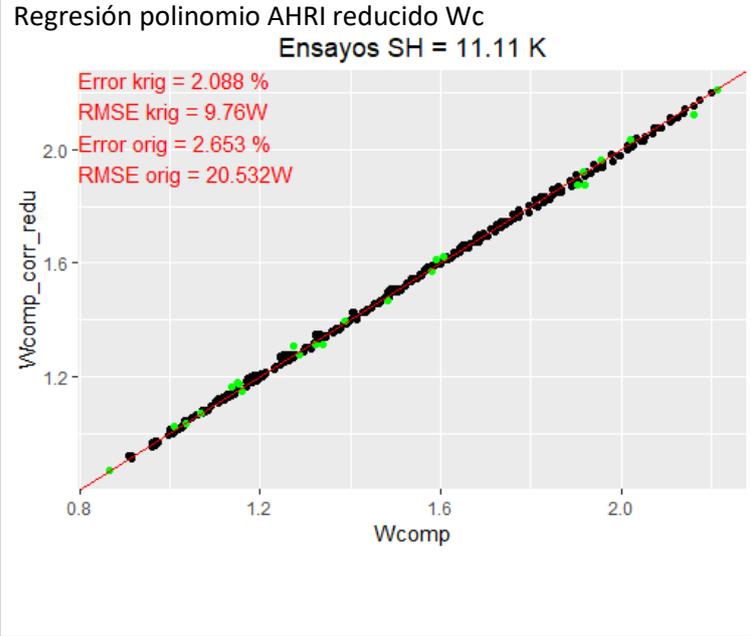


Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH11.11
Coefficients:

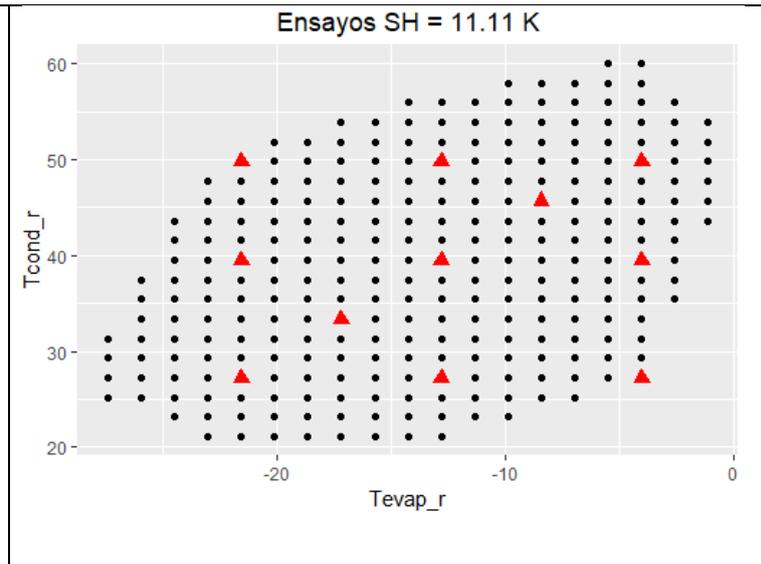
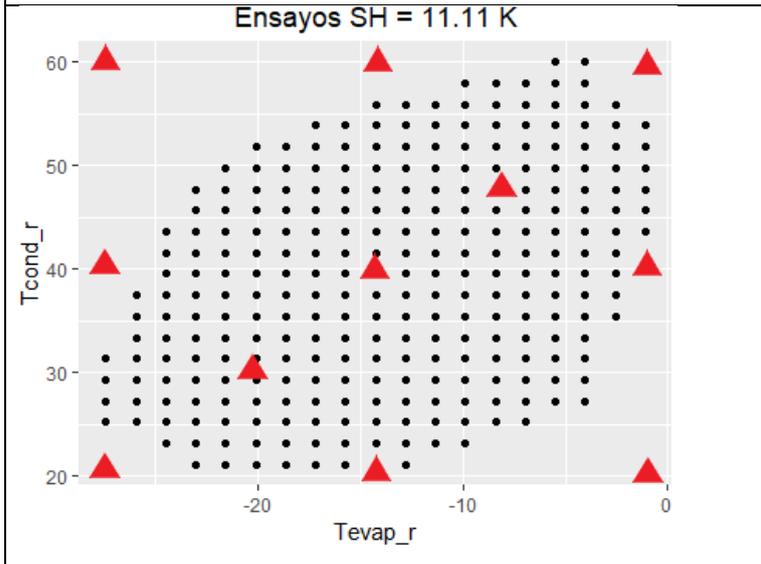
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	8.536e-01	9.718e-02	8.784	0.003108 **
Tevap_r	-4.350e-03	4.613e-03	-0.943	0.415236
Tcond_r	3.733e-02	4.207e-03	8.875	0.003017 **
I(Tevap_r^2)	-2.287e-04	1.008e-04	-2.268	0.108097
I(Tcond_r^2)	-2.088e-04	4.517e-05	-4.621	0.019073 *
Tevap_r:Tcond_r	9.957e-04	6.873e-05	14.487	0.000713 ***

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH11.11
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.517e+02	3.805e+00	39.877	3.47e-05 ***
Tevap_r	5.322e+00	1.806e-01	29.470	8.58e-05 ***
Tcond_r	-9.833e-01	1.647e-01	-5.969	0.00941 **
I(Tevap_r^2)	4.459e-02	3.948e-03	11.295	0.00149 **
I(Tcond_r^2)	1.479e-04	1.769e-03	0.084	0.93862
Tevap_r:Tcond_r	-1.434e-02	2.691e-03	-5.328	0.01292 *



Diseño 3 niveles + 2 ptos extra ortogonal SH11.11

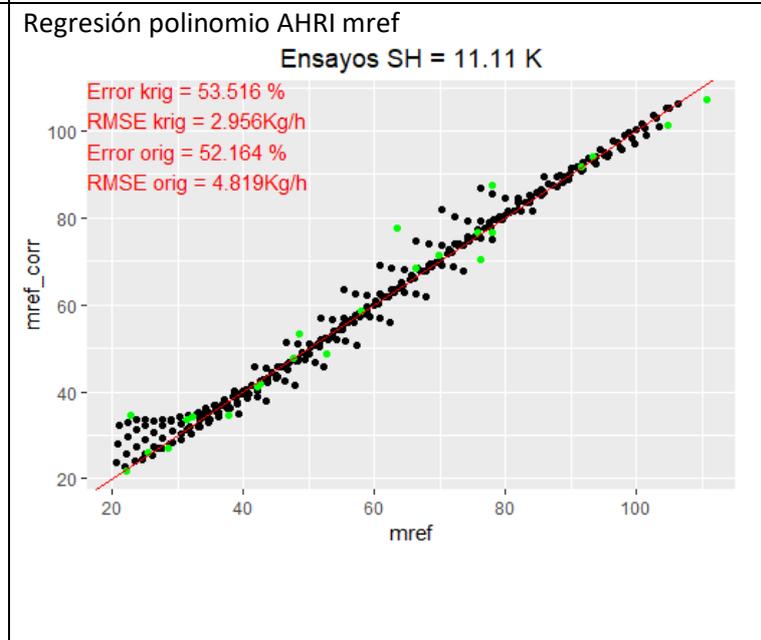
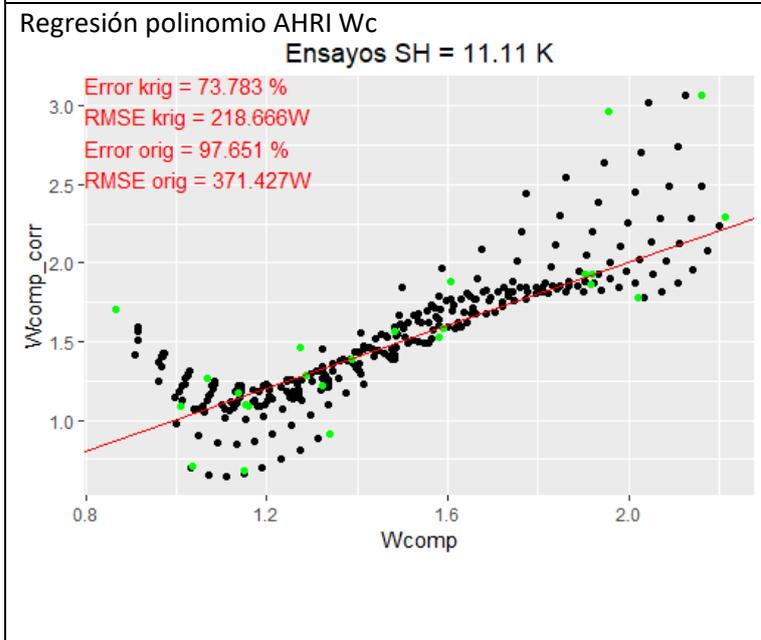


Coefficientes de Wc para AHRI y SH11.11
Coefficients:

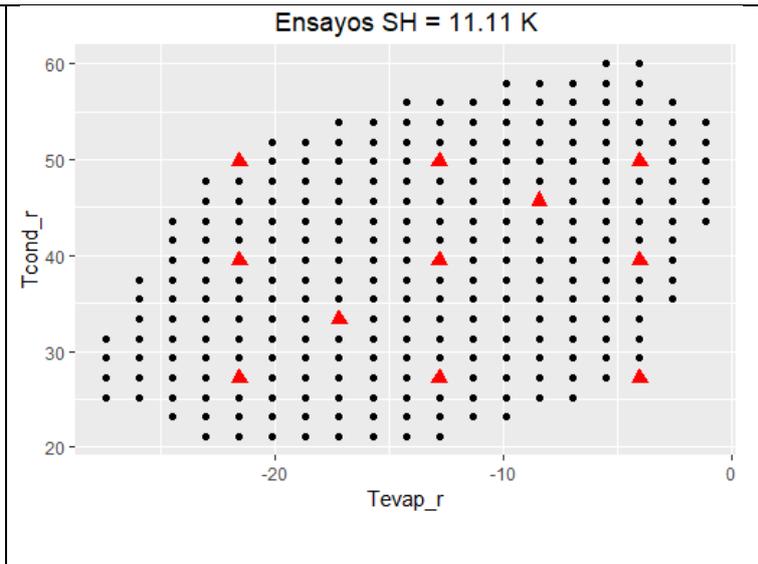
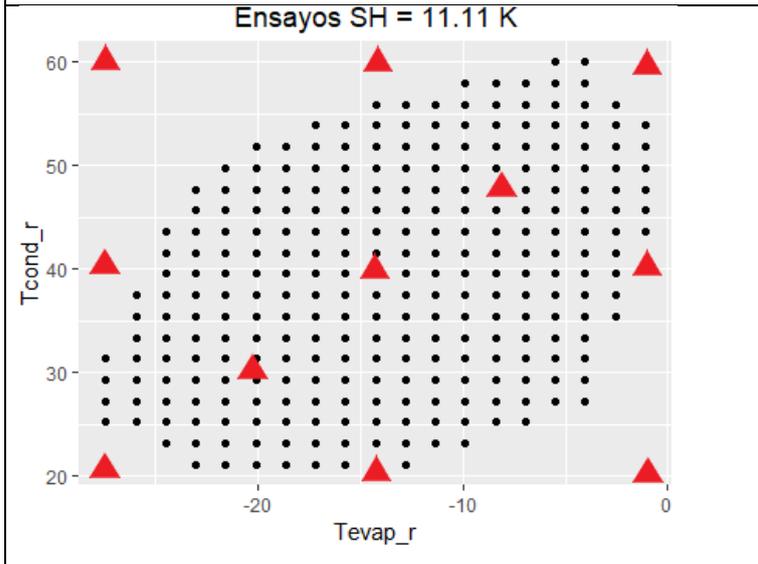
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-6.301e+00	7.224e+00	-0.872	0.543
Tevap_r	-1.193e-01	1.163e-01	-1.026	0.492
Tcond_r	6.006e-01	5.685e-01	1.056	0.483
I(Tevap_r^2)	-1.177e-02	1.067e-02	-1.104	0.469
I(Tcond_r^2)	-1.524e-02	1.507e-02	-1.012	0.496
I(Tevap_r^3)	-2.970e-04	2.776e-04	-1.070	0.479
I(Tcond_r^3)	1.302e-04	1.294e-04	1.007	0.498
Tevap_r:Tcond_r	3.849e-04	7.397e-04	0.520	0.695
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	3.991e-06	1.124e-05	0.355	0.783
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	1.021e-05	8.855e-06	1.153	0.455

Coefficientes de mref para AHRI y SH11.11
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	6.892e+01	4.940e+01	1.395	0.3959
Tevap_r	4.536e+00	7.953e-01	5.704	0.1105
Tcond_r	5.611e+00	3.887e+00	1.443	0.3857
I(Tevap_r^2)	-9.701e-02	7.294e-02	-1.330	0.4104
I(Tcond_r^2)	-1.763e-01	1.030e-01	-1.711	0.3366
I(Tevap_r^3)	-4.356e-03	1.898e-03	-2.295	0.2616
I(Tcond_r^3)	1.521e-03	8.848e-04	1.719	0.3354
Tevap_r:Tcond_r	-4.823e-02	5.058e-03	-9.536	0.0665
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-5.487e-04	7.685e-05	-7.139	0.0886
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	2.661e-04	6.055e-05	4.395	0.1424



Diseño 3 niveles + 2 ptos extra ortogonal SH11.11



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	8.150e-01	7.575e-02	10.758	0.000120	***
Tevap_r	-7.483e-03	2.795e-03	-2.678	0.043949	*
Tcond_r	3.861e-02	3.995e-03	9.663	0.000201	***
I(Tevap_r^2)	-2.440e-04	8.339e-05	-2.926	0.032798	*
I(Tcond_r^2)	-2.134e-04	5.157e-05	-4.138	0.009014	**
Tevap_r:Tcond_r	1.076e-03	4.807e-05	22.375	3.31e-06	***

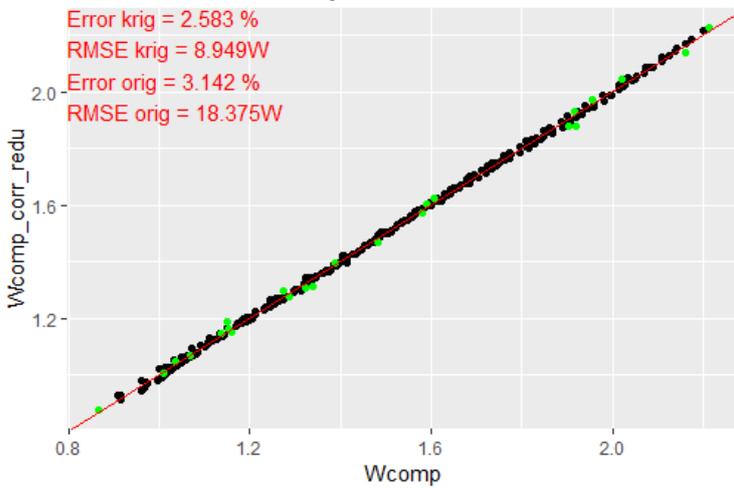
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	147.938683	2.818098	52.496	4.74e-08	***
Tevap_r	5.414653	0.103964	52.082	4.93e-08	***
Tcond_r	-0.751217	0.148627	-5.054	0.003919	**
I(Tevap_r^2)	0.048517	0.003102	15.640	1.94e-05	***
I(Tcond_r^2)	-0.002486	0.001918	-1.296	0.251626	
Tevap_r:Tcond_r	-0.013597	0.001788	-7.604	0.000625	***

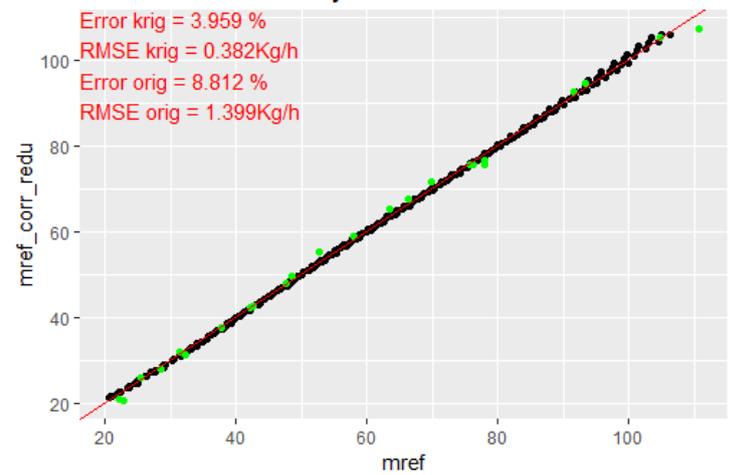
Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 11.11 K

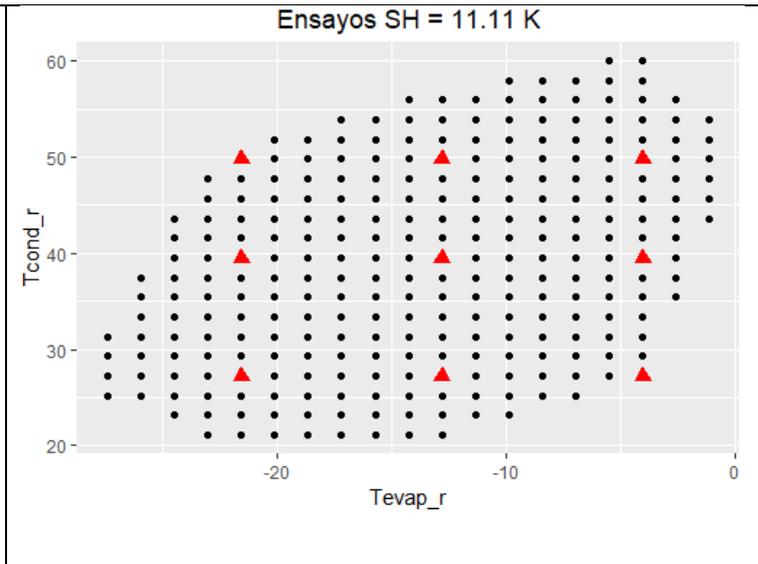
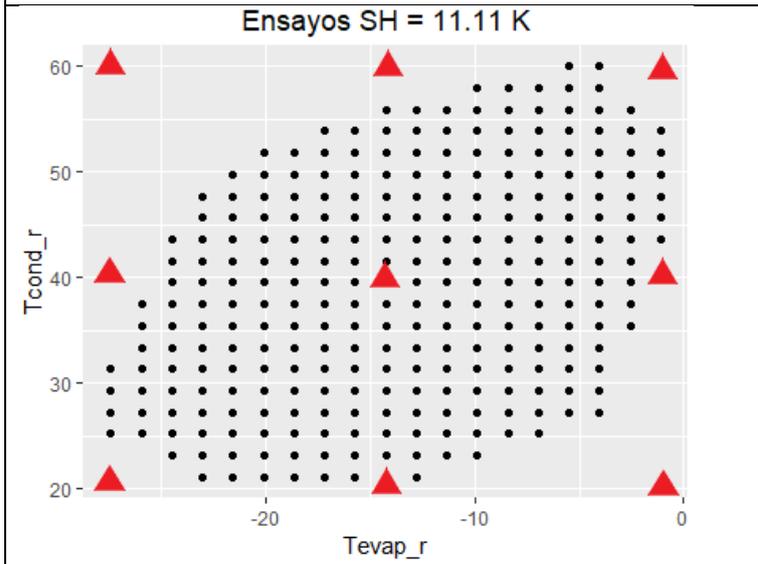


Regresión polinomio AHRI reducido mref

Ensayos SH = 11.11 K



Diseño 3 niveles ortogonal SH11.11



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	8.487e-01	8.567e-02	9.907	0.002188 **
Tevap_r	-6.199e-03	3.159e-03	-1.962	0.144511
Tcond_r	3.705e-02	4.465e-03	8.298	0.003667 **
I(Tevap_r^2)	-2.071e-04	9.361e-05	-2.213	0.113815
I(Tcond_r^2)	-1.953e-04	5.739e-05	-3.403	0.042378 *
Tevap_r:Tcond_r	1.066e-03	5.151e-05	20.694	0.000247 ***

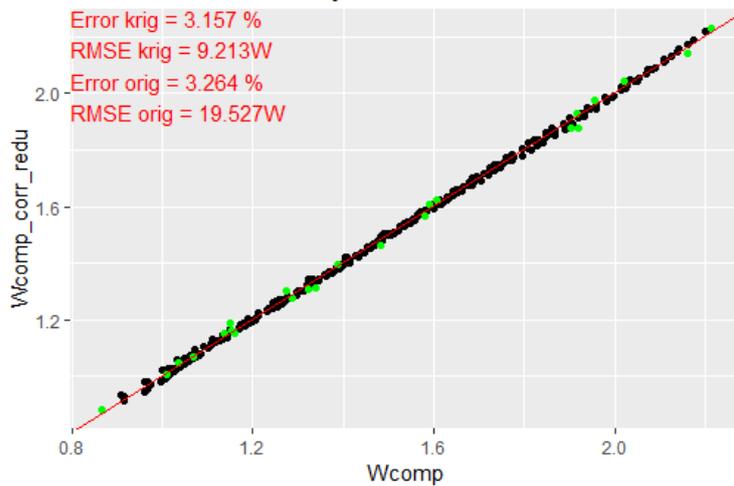
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	148.213638	3.155668	46.967	2.13e-05 ***
Tevap_r	5.429876	0.116351	46.668	2.17e-05 ***
Tcond_r	-0.760056	0.164470	-4.621	0.019073 *
I(Tevap_r^2)	0.049050	0.003448	14.226	0.000753 ***
I(Tcond_r^2)	-0.002462	0.002114	-1.165	0.328322
Tevap_r:Tcond_r	-0.013776	0.001897	-7.261	0.005390 **

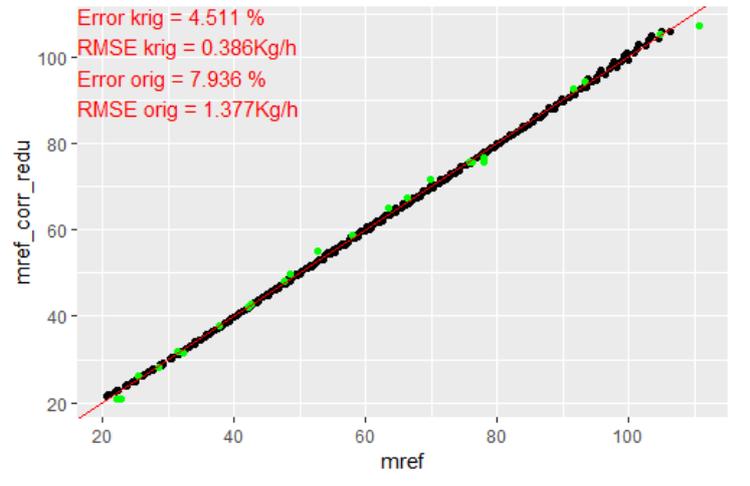
Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 11.11 K

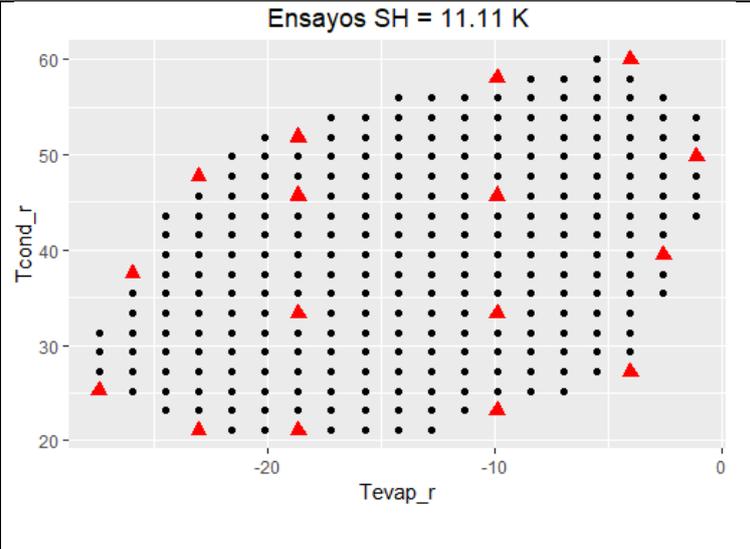
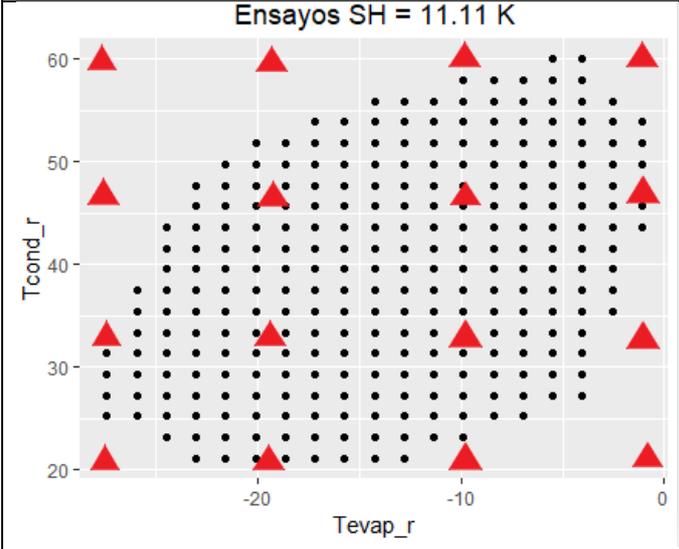


Regresión polinomio AHRI reducido mref

Ensayos SH = 11.11 K



Diseño 4 niveles SH11.11

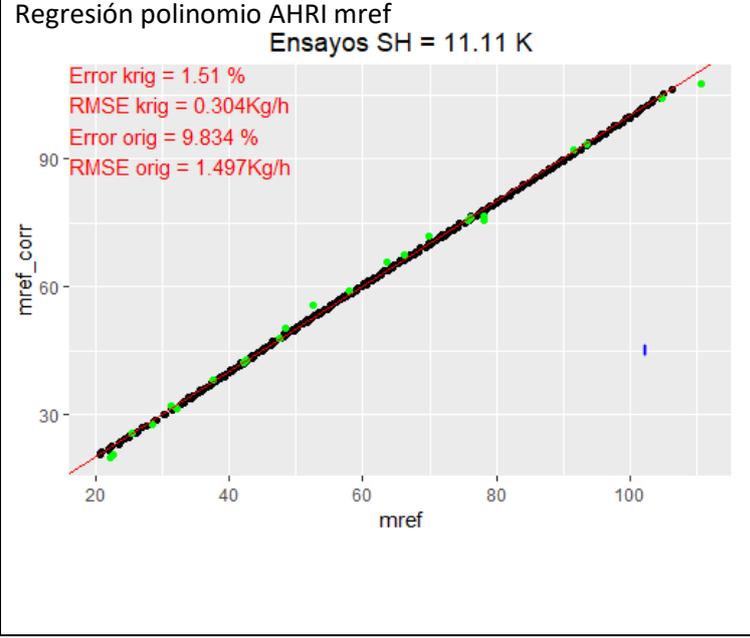
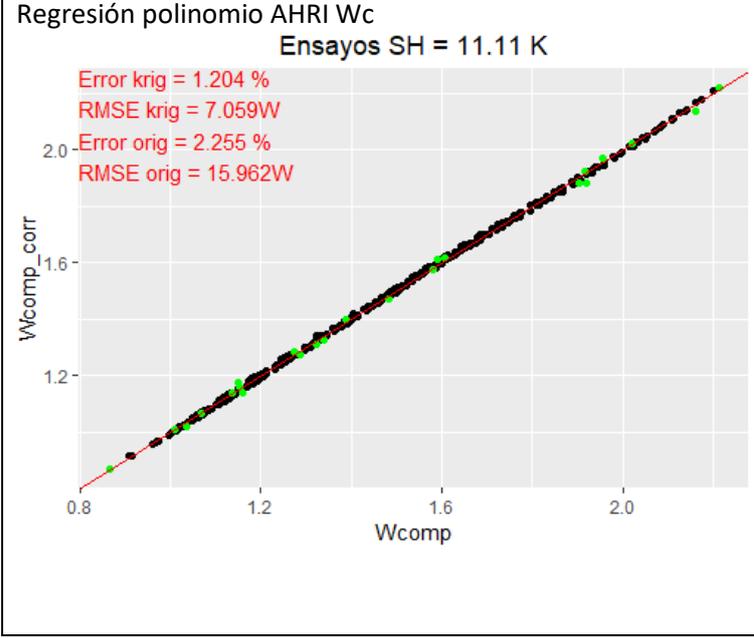


Coefficientes de Wc para AHRI y SH11.11
Coefficients:

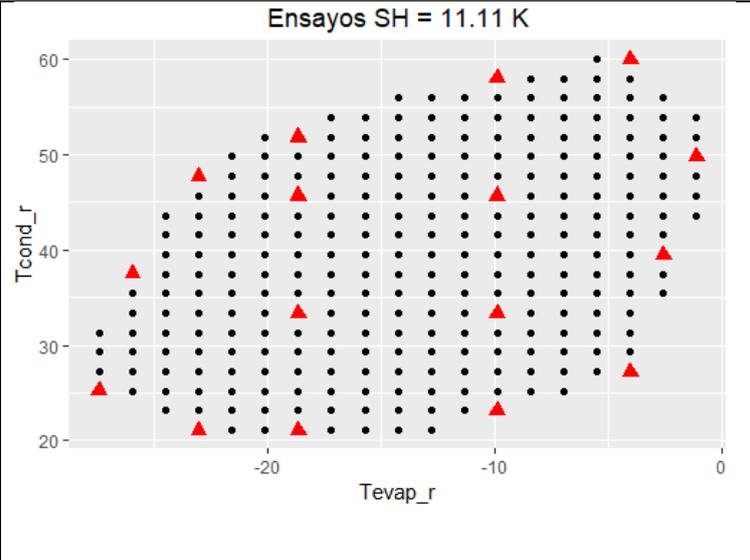
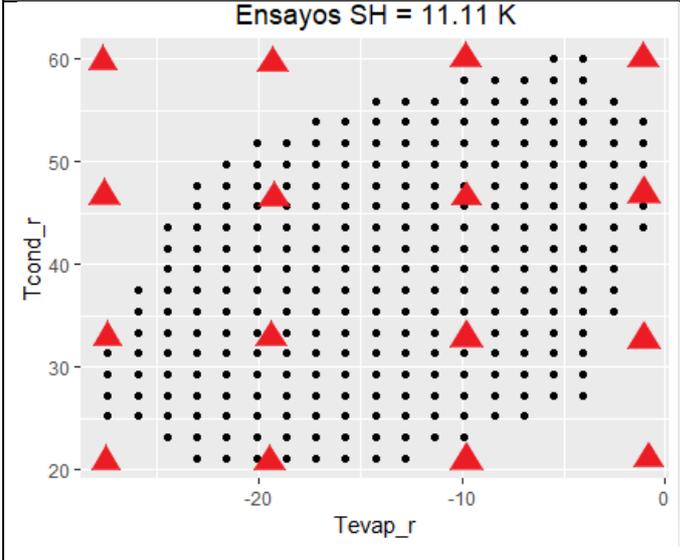
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.055e+00	3.024e-01	3.489	0.013 *
Tevap_r	-3.096e-03	1.847e-02	-0.168	0.872
Tcond_r	2.181e-02	2.071e-02	1.053	0.333
I(Tevap_r^2)	-8.572e-04	6.312e-04	-1.358	0.223
I(Tcond_r^2)	1.154e-04	4.665e-04	0.247	0.813
I(Tevap_r^3)	-1.123e-05	9.376e-06	-1.198	0.276
I(Tcond_r^3)	-1.930e-06	3.440e-06	-0.561	0.595
Tevap_r:Tcond_r	4.622e-04	6.460e-04	0.715	0.501
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	3.162e-06	8.173e-06	0.387	0.712
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	8.366e-06	6.140e-06	1.363	0.222

Coefficientes de mref para AHRI y SH11.11
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.610e+02	9.451e+00	17.032	2.62e-06 ***
Tevap_r	6.164e+00	5.772e-01	10.679	3.98e-05 ***
Tcond_r	-1.536e+00	6.472e-01	-2.373	0.0553 .
I(Tevap_r^2)	6.515e-02	1.973e-02	3.302	0.0164 *
I(Tcond_r^2)	1.131e-02	1.458e-02	0.775	0.4676
I(Tevap_r^3)	2.863e-05	2.931e-04	0.098	0.9253
I(Tcond_r^3)	-7.951e-05	1.075e-04	-0.739	0.4875
Tevap_r:Tcond_r	-4.678e-02	2.019e-02	-2.317	0.0597 .
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-5.702e-04	2.555e-04	-2.232	0.0671 .
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	2.341e-04	1.919e-04	1.220	0.2684



Diseño 4 niveles SH11.11



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH11.11

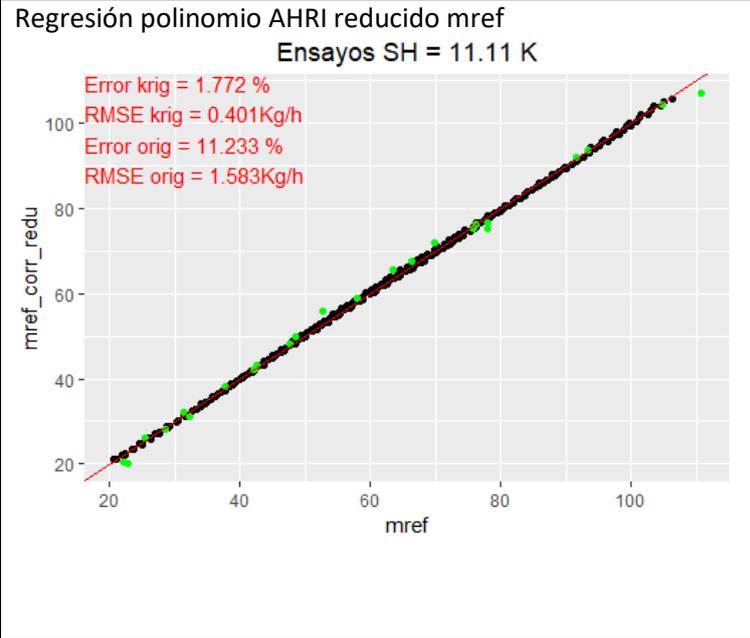
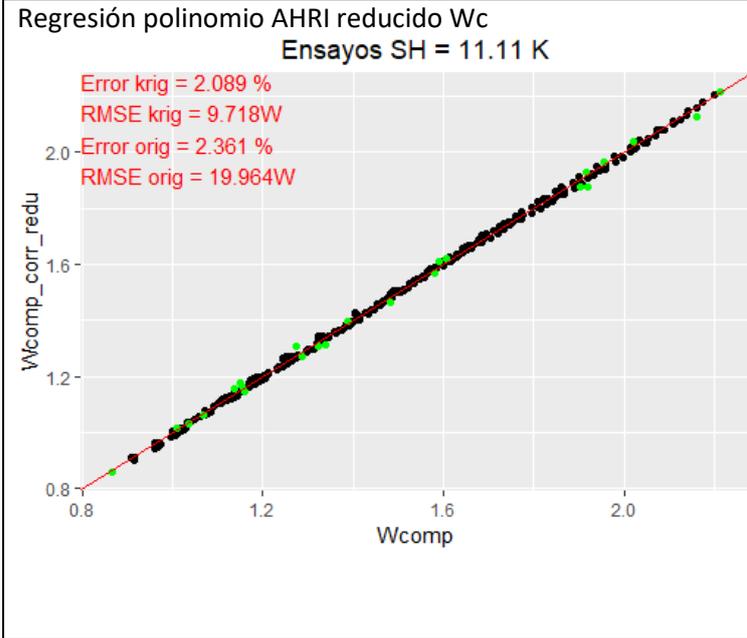
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	8.603e-01	7.048e-02	12.206	2.49e-07 ***
Tevap_r	-4.415e-03	3.427e-03	-1.288	0.22668
Tcond_r	3.702e-02	2.992e-03	12.371	2.19e-07 ***
I(Tevap_r^2)	-2.395e-04	7.017e-05	-3.413	0.00663 **
I(Tcond_r^2)	-2.042e-04	3.211e-05	-6.359	8.26e-05 ***
Tevap_r:Tcond_r	1.000e-03	5.017e-05	19.938	2.21e-09 ***

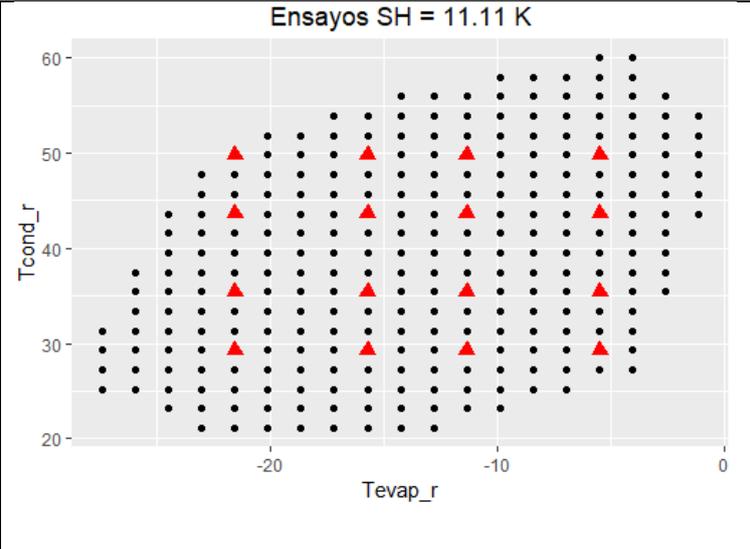
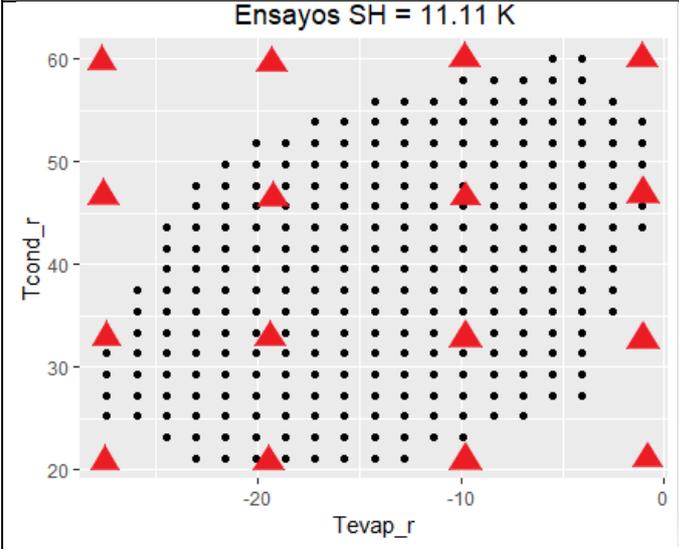
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.503e+02	2.159e+00	69.603	9.14e-15 ***
Tevap_r	5.266e+00	1.050e-01	50.159	2.40e-13 ***
Tcond_r	-9.122e-01	9.167e-02	-9.951	1.66e-06 ***
I(Tevap_r^2)	4.325e-02	2.150e-03	20.118	2.03e-09 ***
I(Tcond_r^2)	-6.575e-04	9.838e-04	-0.668	0.519
Tevap_r:Tcond_r	-1.386e-02	1.537e-03	-9.019	4.06e-06 ***



Diseño 4 niveles ortogonal SH11.11

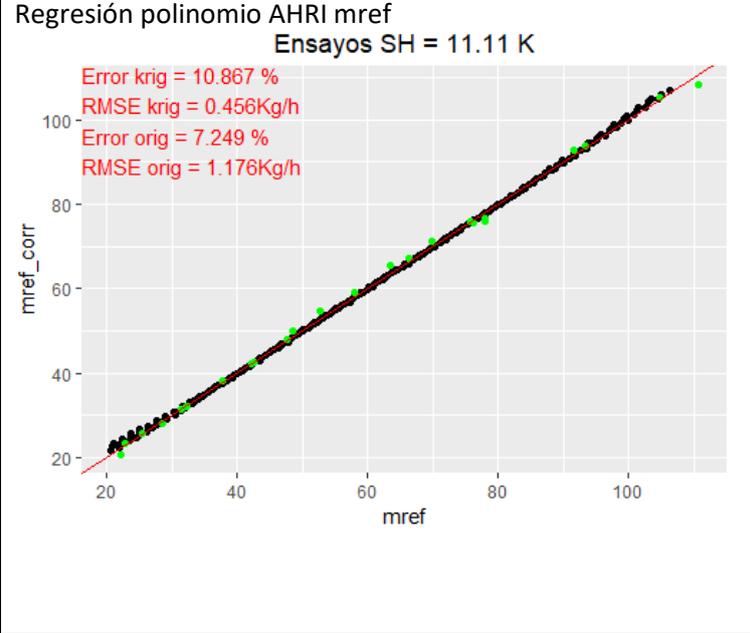
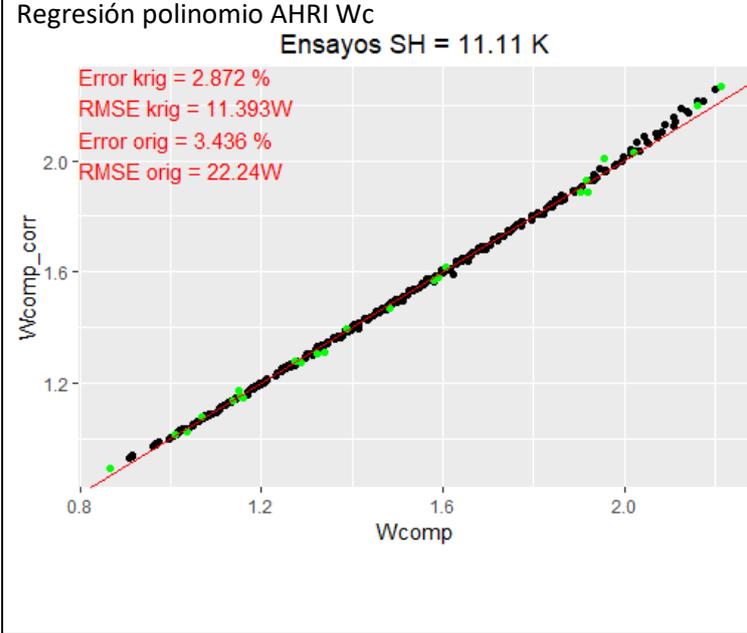


Coefficientes de Wc para AHRI y SH11.11
Coefficients:

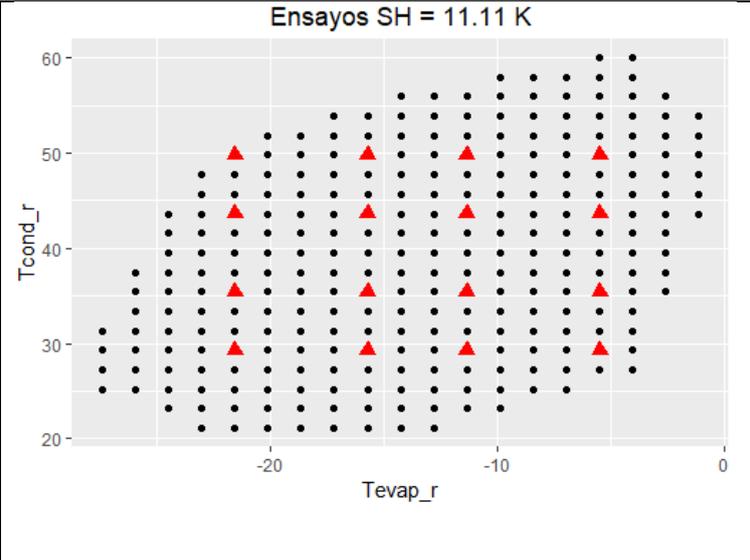
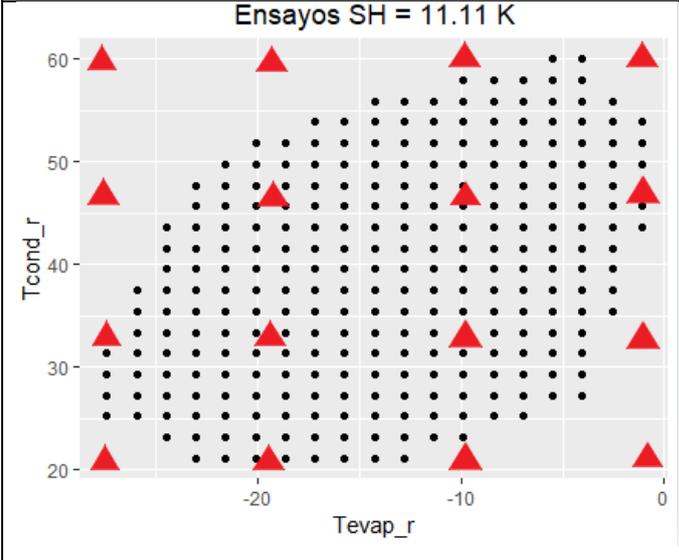
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.147e-01	4.116e-01	1.737	0.1331
Tevap_r	-2.619e-02	1.455e-02	-1.801	0.1218
Tcond_r	3.941e-02	3.130e-02	1.259	0.2547
I(Tevap_r^2)	-1.620e-03	7.610e-04	-2.128	0.0774
I(Tcond_r^2)	-2.270e-04	7.915e-04	-0.287	0.7839
I(Tevap_r^3)	-1.874e-05	1.751e-05	-1.070	0.3257
I(Tcond_r^3)	8.463e-07	6.631e-06	0.128	0.9026
Tevap_r:Tcond_r	1.027e-03	5.128e-04	2.004	0.0920
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	1.619e-05	6.722e-06	2.408	0.0527
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	7.368e-06	6.048e-06	1.218	0.2688

Coefficientes de mref para AHRI y SH11.11
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.651e+02	4.584e+00	36.025	3.05e-08 ***
Tevap_r	6.633e+00	1.620e-01	40.935	1.42e-08 ***
Tcond_r	-1.725e+00	3.487e-01	-4.948	0.00258 **
I(Tevap_r^2)	6.934e-02	8.477e-03	8.180	0.00018 ***
I(Tcond_r^2)	1.594e-02	8.816e-03	1.808	0.12064
I(Tevap_r^3)	-2.515e-04	1.950e-04	-1.290	0.24468
I(Tcond_r^3)	-1.217e-04	7.386e-05	-1.647	0.15057
Tevap_r:Tcond_r	-5.881e-02	5.711e-03	-10.297	4.90e-05 ***
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-7.138e-04	7.488e-05	-9.533	7.60e-05 ***
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	3.290e-04	6.736e-05	4.884	0.00276 **



Diseño 4 niveles ortogonal SH11.11

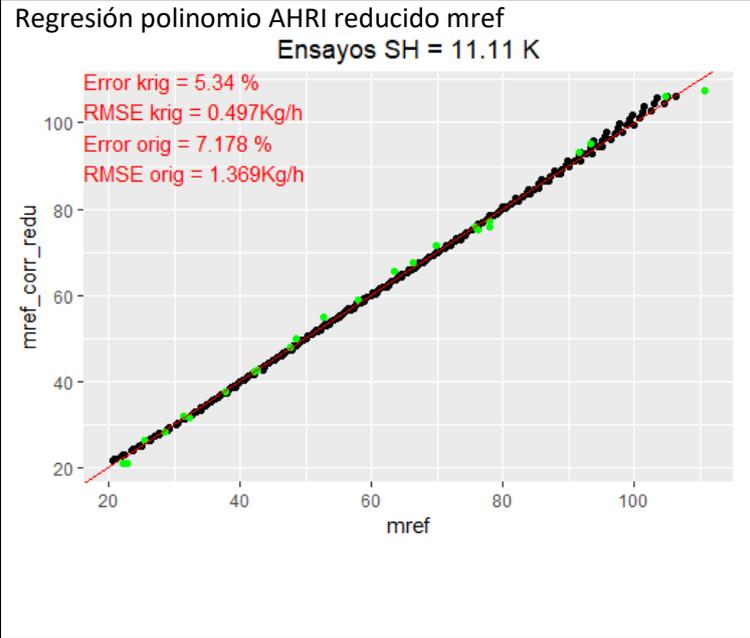
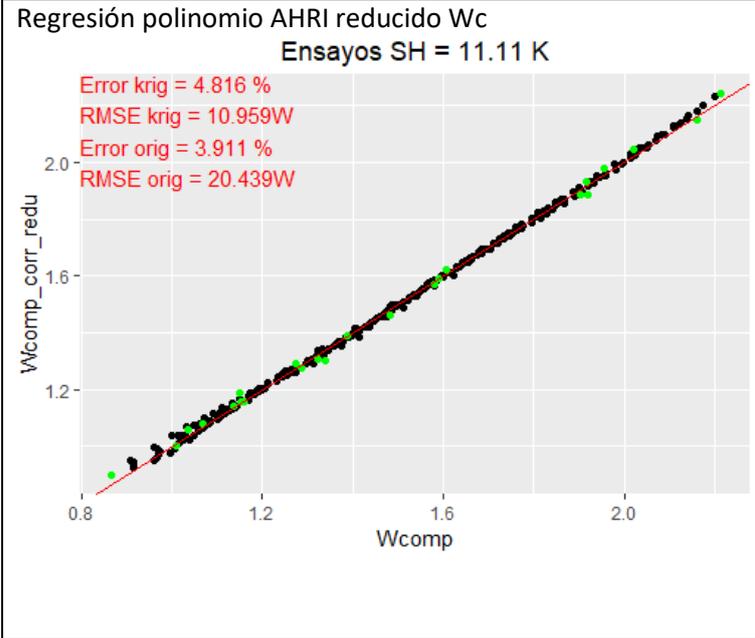


Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH11.11
Coefficients:

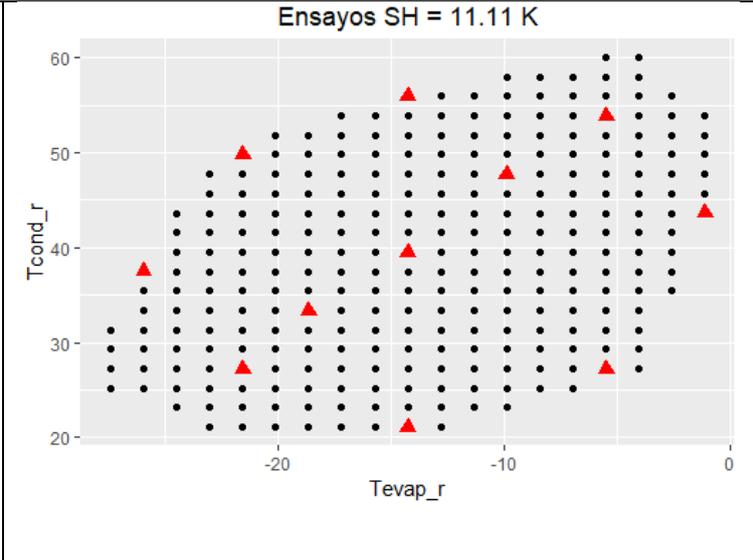
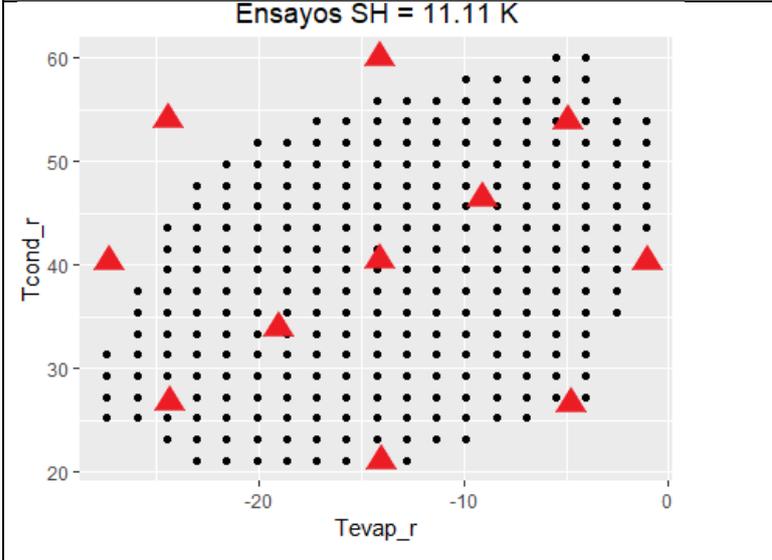
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.403e-01	6.945e-02	10.660	8.82e-07 ***
Tevap_r	-1.077e-02	2.375e-03	-4.533	0.001086 **
Tcond_r	4.101e-02	3.441e-03	11.918	3.12e-07 ***
I(Tevap_r^2)	-2.185e-04	6.297e-05	-3.470	0.006017 **
I(Tcond_r^2)	-2.264e-04	4.284e-05	-5.286	0.000355 ***
Tevap_r:Tcond_r	1.172e-03	4.102e-05	28.560	6.44e-11 ***

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH11.11
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	147.613655	2.276621	64.839	1.85e-14 ***
Tevap_r	5.497635	0.077845	70.623	7.90e-15 ***
Tcond_r	-0.707657	0.112787	-6.274	9.21e-05 ***
I(Tevap_r^2)	0.051338	0.002064	24.870	2.53e-10 ***
I(Tcond_r^2)	-0.002947	0.001404	-2.098	0.0623 .
Tevap_r:Tcond_r	-0.013474	0.001345	-10.019	1.56e-06 ***



Diseño CCD + 2 ptos extra SH11.11



Coefficientes de Wc para AHRI y SH11.11

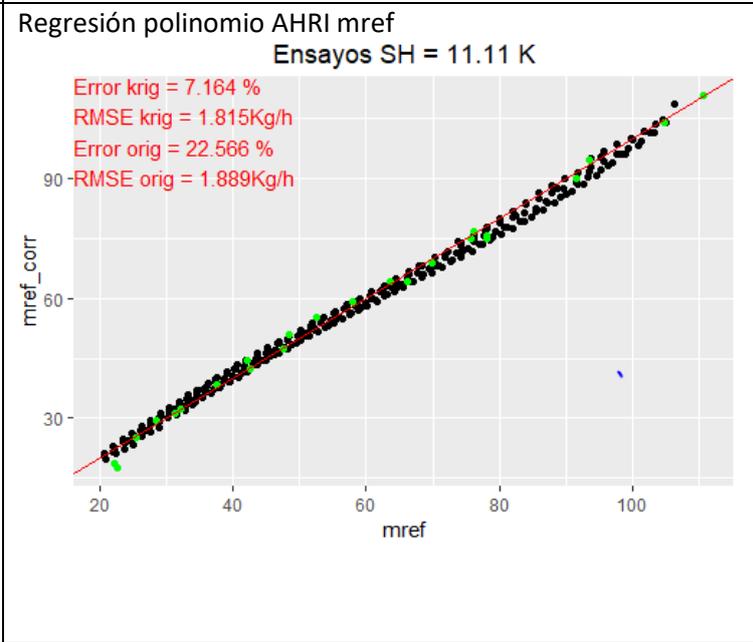
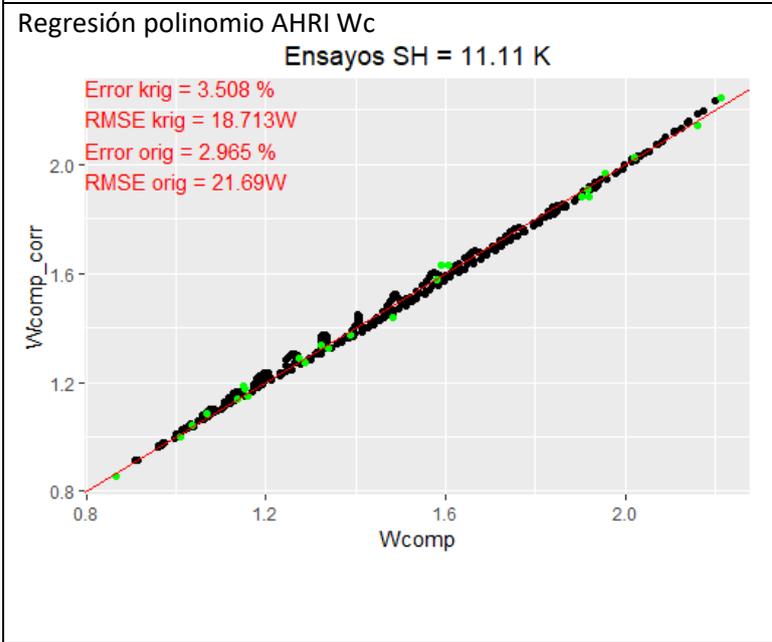
Coefficients:

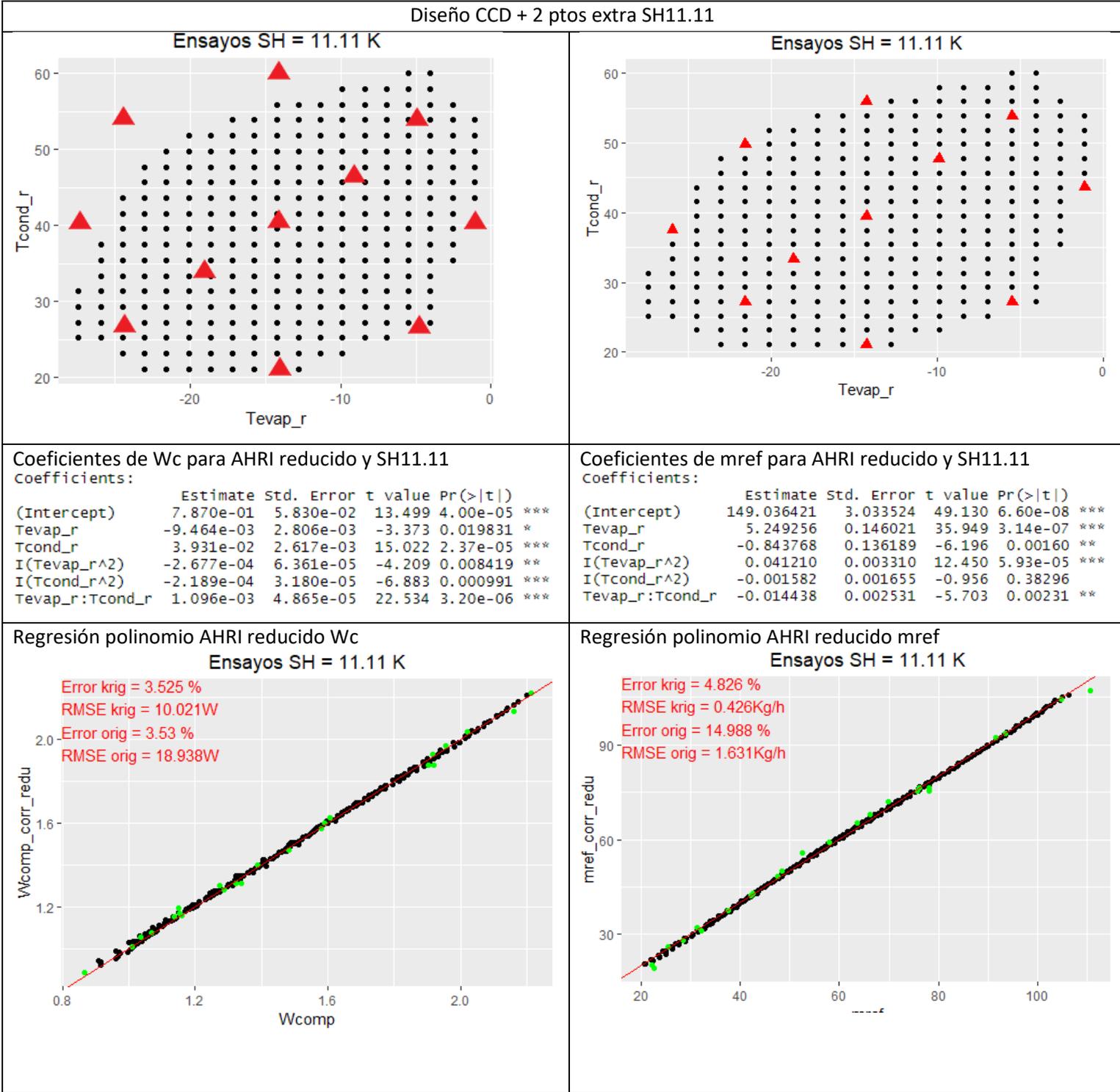
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.308e+00	2.021e-01	11.420	0.0556
Tevap_r	8.245e-02	1.342e-02	6.146	0.1027
Tcond_r	-5.701e-02	1.254e-02	-4.547	0.1378
I(Tevap_r^2)	2.133e-03	4.371e-04	4.879	0.1287
I(Tcond_r^2)	1.761e-03	2.589e-04	6.802	0.0929
I(Tevap_r^3)	2.955e-05	5.754e-06	5.136	0.1224
I(Tcond_r^3)	-1.312e-05	1.761e-06	-7.454	0.0849
Tevap_r:Tcond_r	-2.217e-03	4.255e-04	-5.209	0.1207
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-3.012e-05	5.047e-06	-5.967	0.1057
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	3.207e-05	3.728e-06	8.604	0.0737

Coefficientes de mref para AHRI y SH11.11

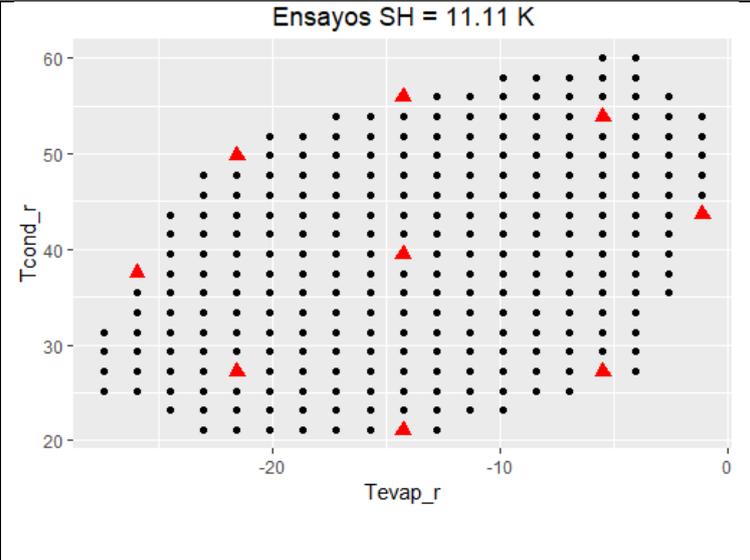
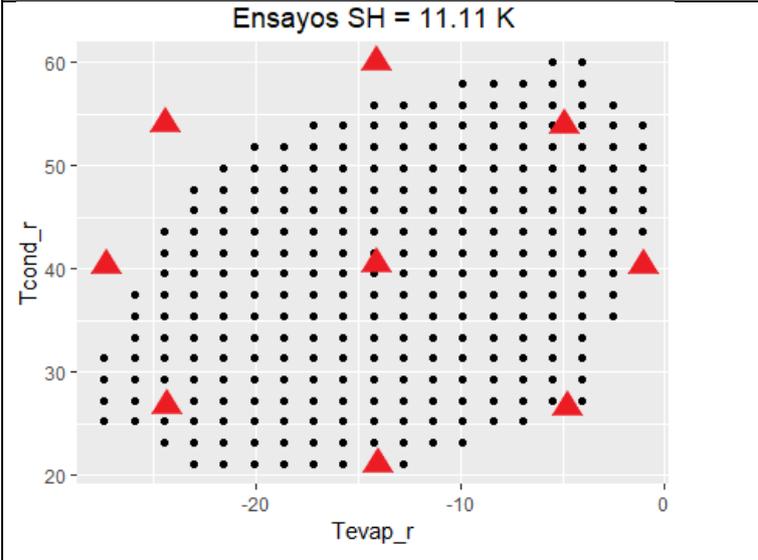
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	302.966363	335.971383	0.902	0.533
Tevap_r	15.625474	22.302438	0.701	0.611
Tcond_r	-10.293309	20.839024	-0.494	0.708
I(Tevap_r^2)	0.363345	0.726601	0.500	0.705
I(Tcond_r^2)	0.190510	0.430423	0.443	0.735
I(Tevap_r^3)	0.003961	0.009564	0.414	0.750
I(Tcond_r^3)	-0.001282	0.002927	-0.438	0.737
Tevap_r:Tcond_r	-0.352247	0.707290	-0.498	0.706
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-0.004000	0.008390	-0.477	0.717
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	0.002957	0.006196	0.477	0.717





Diseño CCD SH11.11



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH11.11

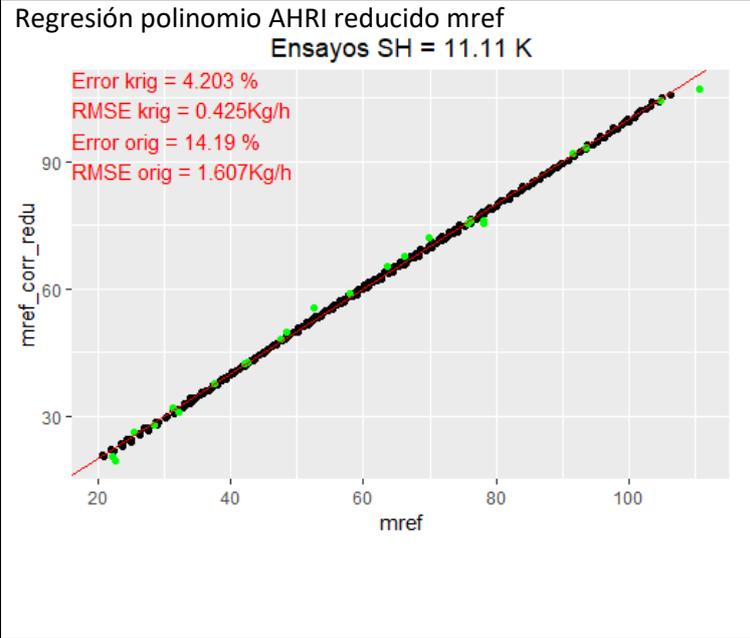
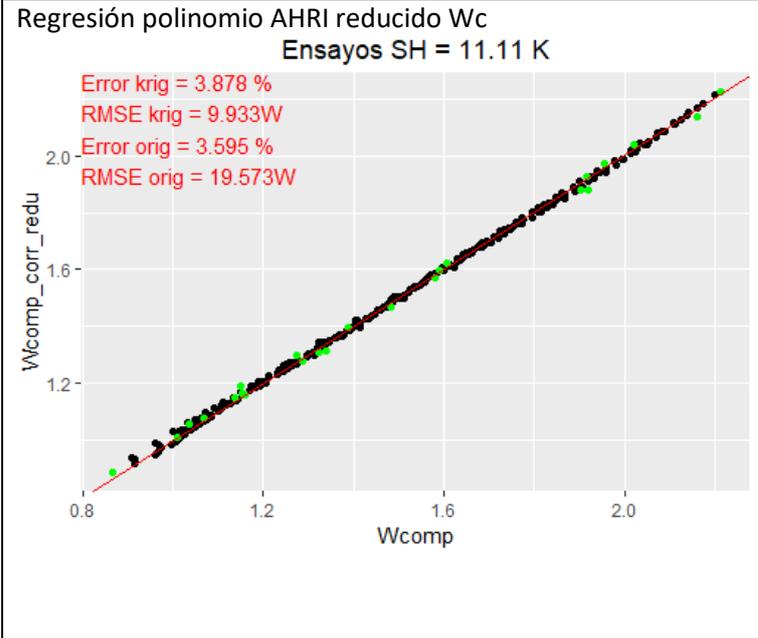
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	8.071e-01	8.767e-02	9.206	0.002711 **
Tevap_r	-8.662e-03	4.027e-03	-2.151	0.120619
Tcond_r	3.841e-02	3.952e-03	9.719	0.002314 **
I(Tevap_r^2)	-2.444e-04	9.568e-05	-2.554	0.083646 .
I(Tcond_r^2)	-2.087e-04	4.729e-05	-4.413	0.021590 *
Tevap_r:Tcond_r	1.091e-03	6.189e-05	17.621	0.000398 ***

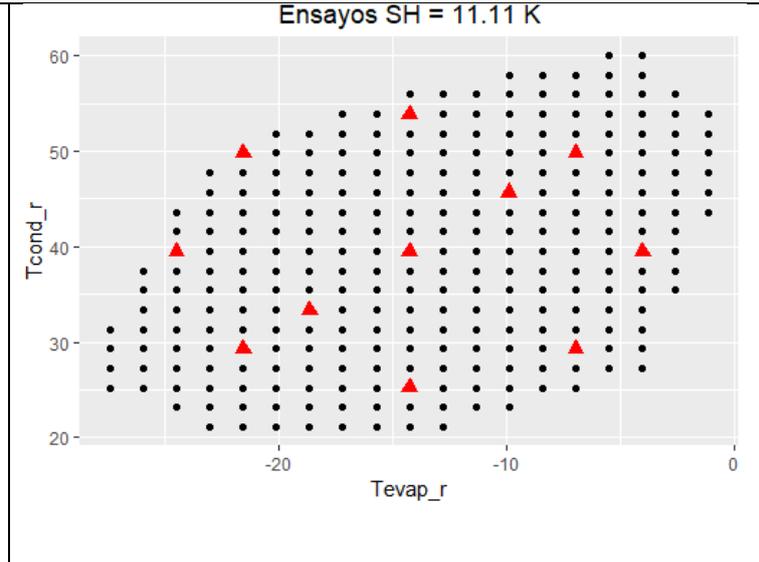
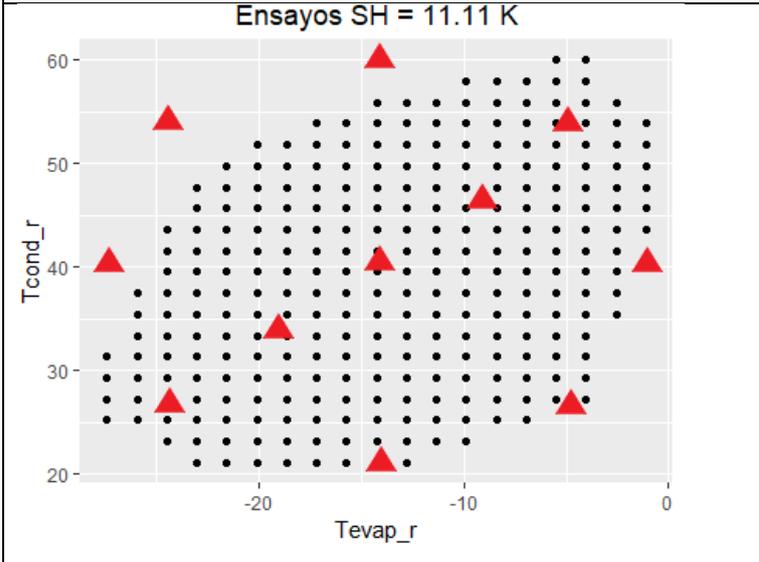
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	149.735004	4.544277	32.950	6.14e-05 ***
Tevap_r	5.276255	0.208740	25.277	0.000136 ***
Tcond_r	-0.875014	0.204824	-4.272	0.023545 *
I(Tevap_r^2)	0.042070	0.004959	8.484	0.003439 **
I(Tcond_r^2)	-0.001242	0.002451	-0.507	0.647201
Tevap_r:Tcond_r	-0.014614	0.003208	-4.556	0.019821 *



Diseño CCD + 2 pts extra ortogonal SH11.11

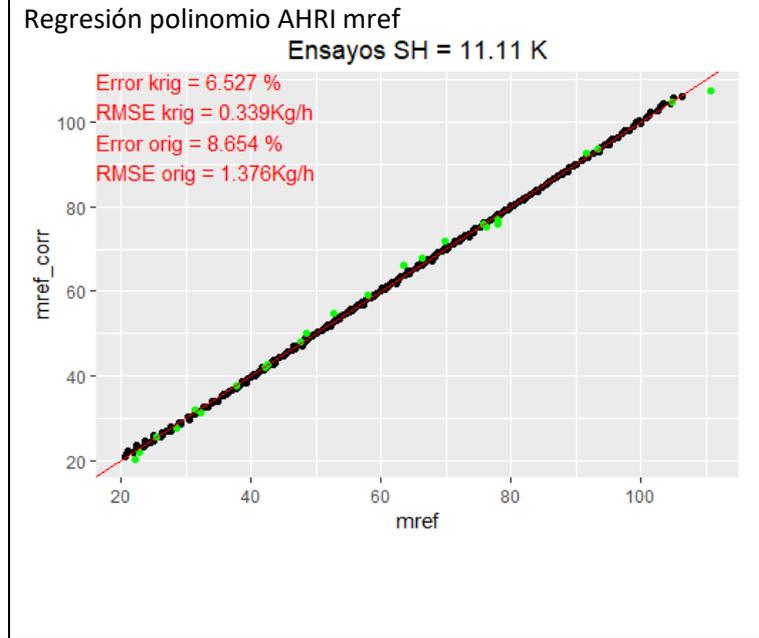
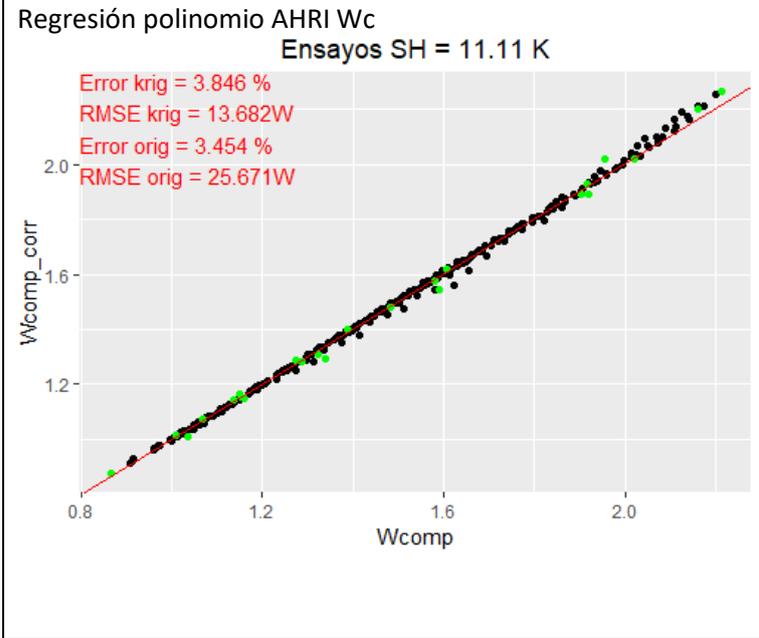


Coefficientes de Wc para AHRI y SH11.11
Coefficients: (1 not defined because of singularities)

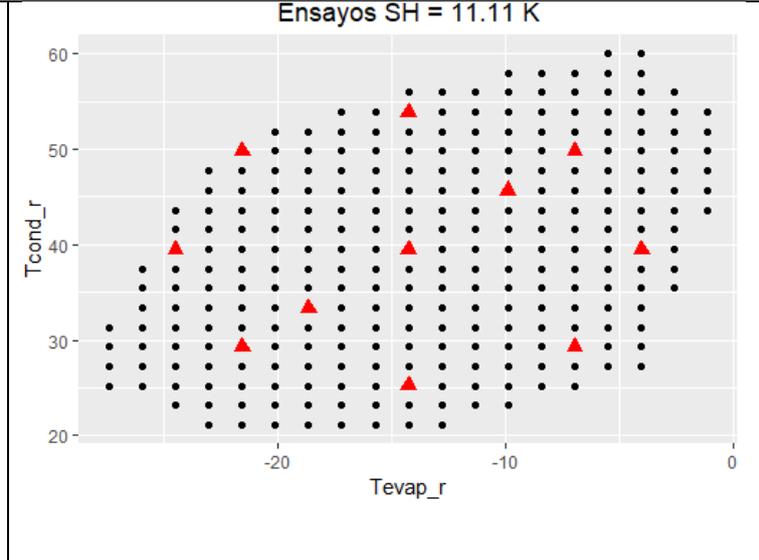
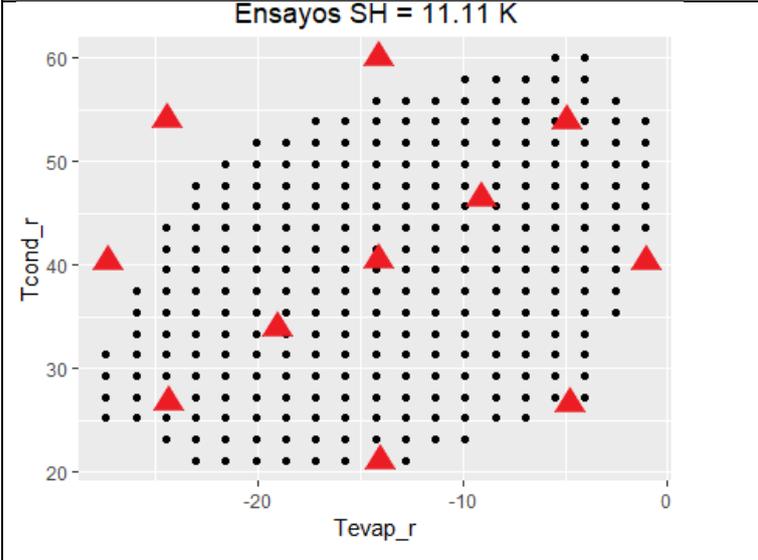
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.662e-01	4.893e-01	0.340	0.7665
Tevap_r	-5.755e-02	2.033e-02	-2.831	0.1054
Tcond_r	7.071e-02	3.364e-02	2.102	0.1703
I(Tevap_r^2)	-2.479e-03	9.265e-04	-2.676	0.1159
I(Tcond_r^2)	-8.383e-04	8.188e-04	-1.024	0.4136
I(Tevap_r^3)	-2.598e-05	1.151e-05	-2.257	0.1526
I(Tcond_r^3)	4.897e-06	6.899e-06	0.710	0.5514
Tevap_r:Tcond_r	1.966e-03	4.223e-04	4.655	0.0432 *
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	2.795e-05	1.473e-05	1.898	0.1982
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	NA	NA	NA	NA

Coefficientes de mref para AHRI y SH11.11
Coefficients: (1 not defined because of singularities)

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.437e+02	3.893e+01	3.690	0.0662
Tevap_r	5.410e+00	1.617e+00	3.345	0.0789
Tcond_r	-3.856e-01	2.676e+00	-0.144	0.8986
I(Tevap_r^2)	3.581e-02	7.371e-02	0.486	0.6751
I(Tcond_r^2)	-1.325e-02	6.514e-02	-0.203	0.8576
I(Tevap_r^3)	-5.496e-04	9.157e-04	-0.600	0.6093
I(Tcond_r^3)	9.168e-05	5.489e-04	0.167	0.8827
Tevap_r:Tcond_r	-2.164e-02	3.360e-02	-0.644	0.5855
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-3.191e-04	1.172e-03	-0.272	0.8109
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	NA	NA	NA	NA



Diseño CCD + 2 pts extra ortogonal SH11.11



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH11.11

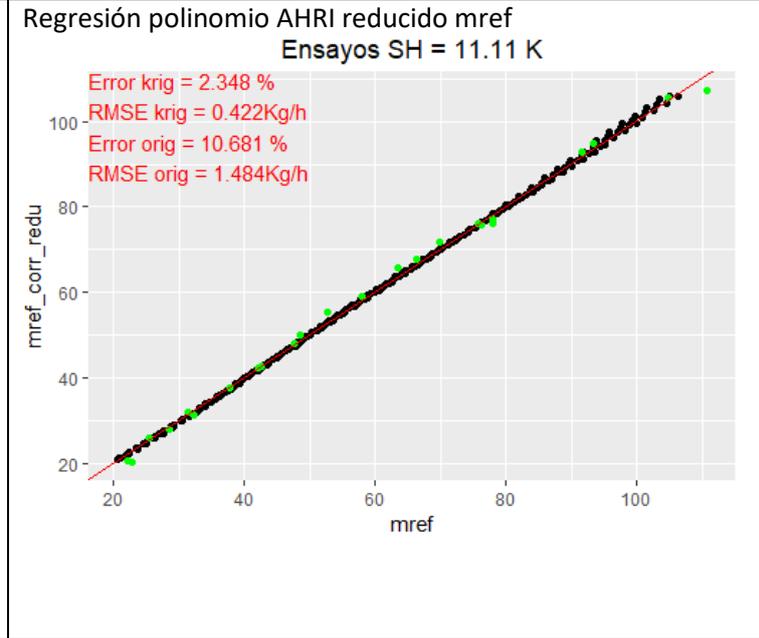
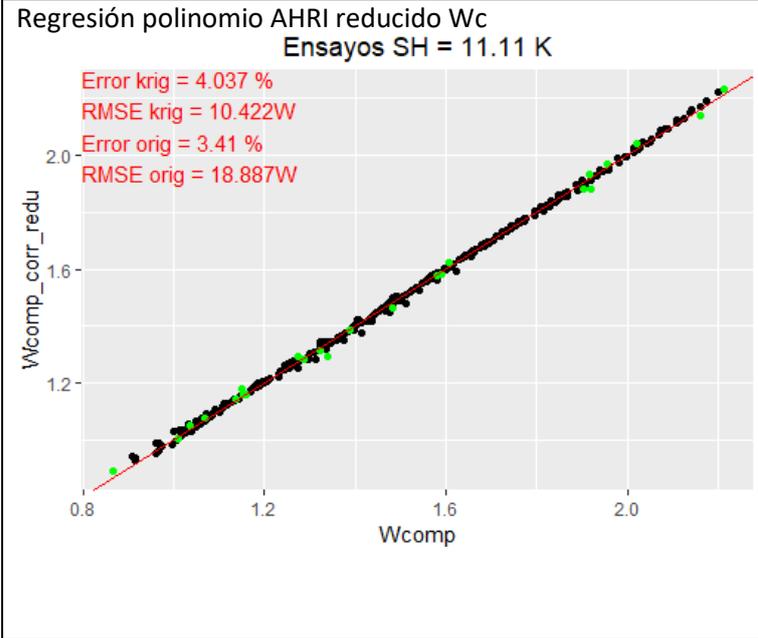
Coefficients:

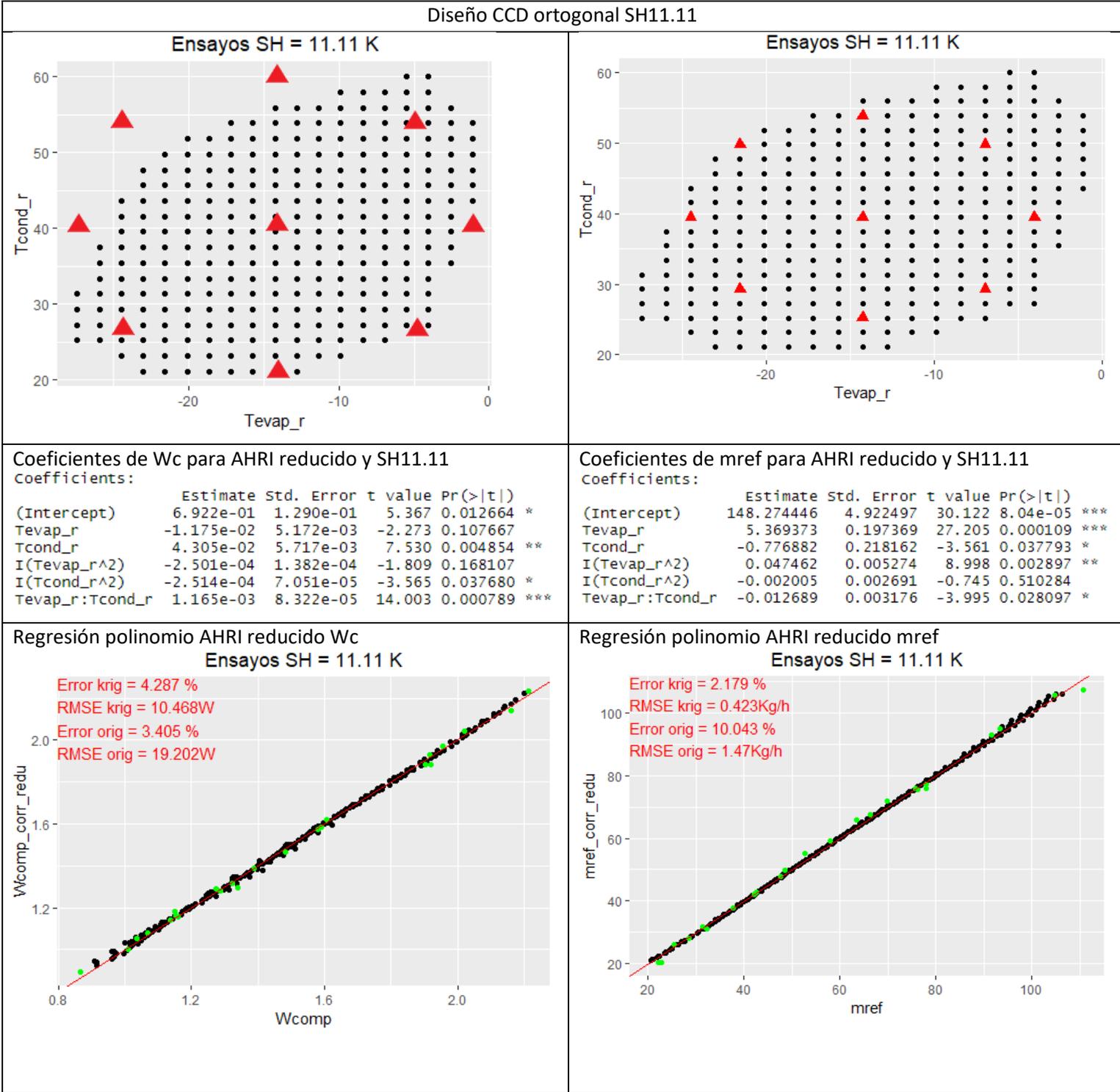
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	6.797e-01	8.396e-02	8.096	0.000466 ***
Tevap_r	-1.216e-02	3.483e-03	-3.491	0.017451 *
Tcond_r	4.359e-02	3.768e-03	11.569	8.46e-05 ***
I(Tevap_r^2)	-2.620e-04	9.284e-05	-2.822	0.037026 *
I(Tcond_r^2)	-2.575e-04	4.736e-05	-5.436	0.002858 **
Tevap_r:Tcond_r	1.168e-03	6.409e-05	18.224	9.14e-06 ***

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH11.11

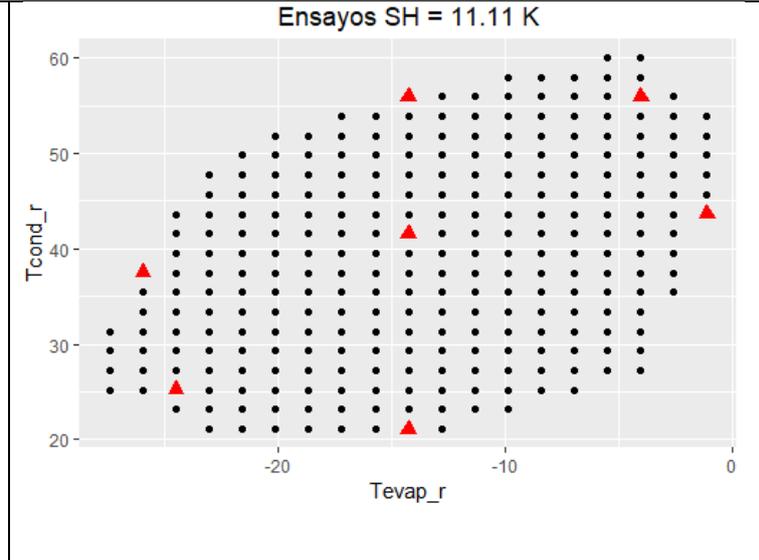
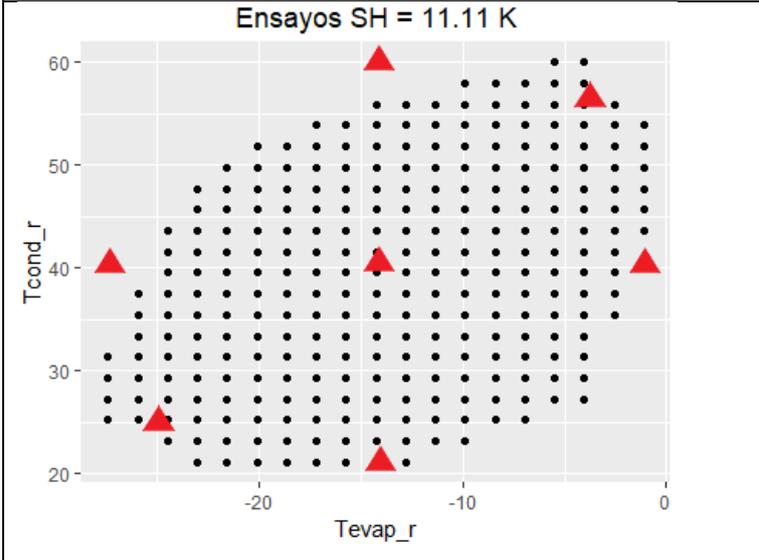
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	147.509482	3.239817	45.530	9.65e-08 ***
Tevap_r	5.343735	0.134420	39.754	1.90e-07 ***
Tcond_r	-0.743769	0.145390	-5.116	0.00372 **
I(Tevap_r^2)	0.046726	0.003582	13.043	4.73e-05 ***
I(Tcond_r^2)	-0.002380	0.001828	-1.302	0.24955
Tevap_r:Tcond_r	-0.012530	0.002473	-5.067	0.00388 **





SCD SH11.11

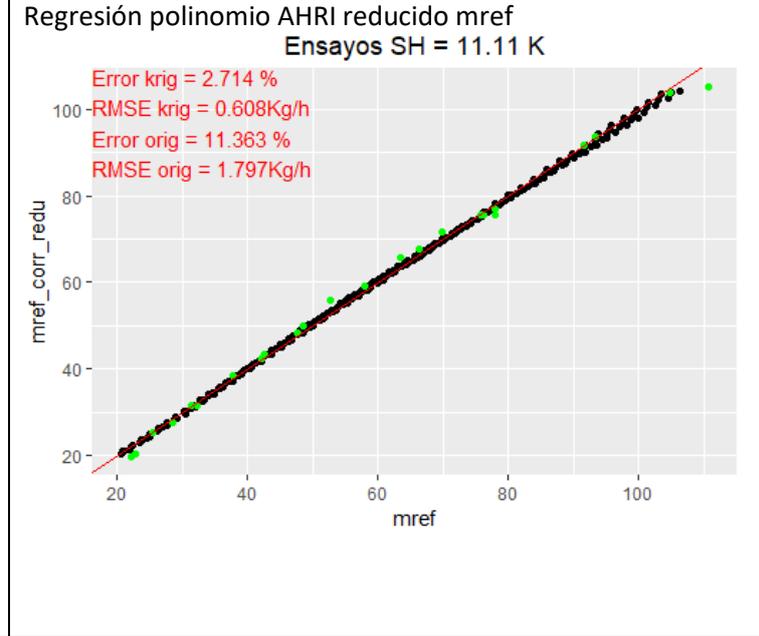
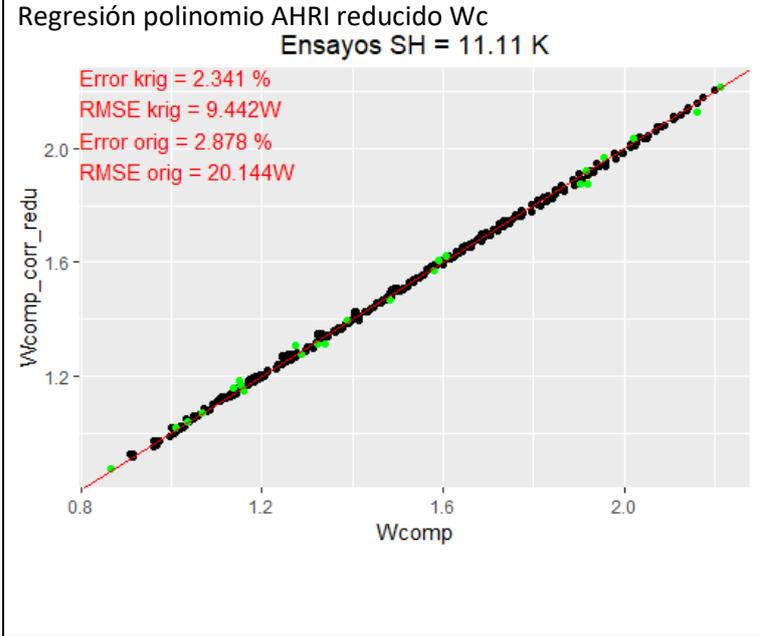


Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH11.11
Coefficients:

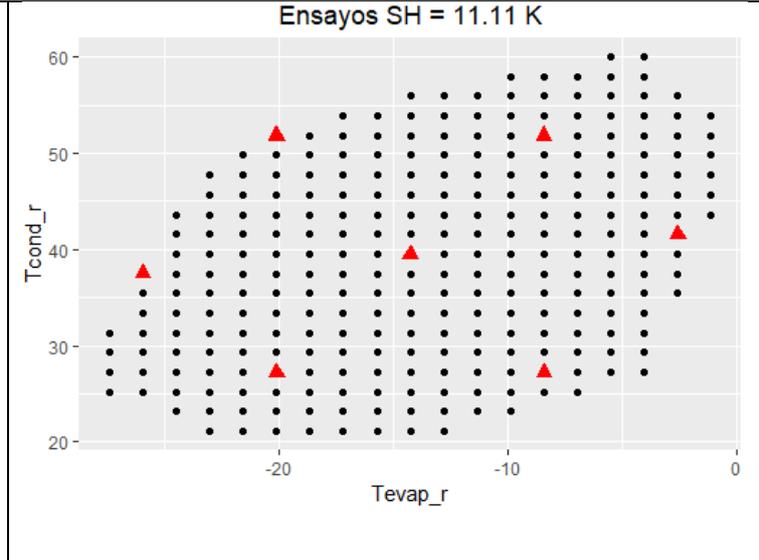
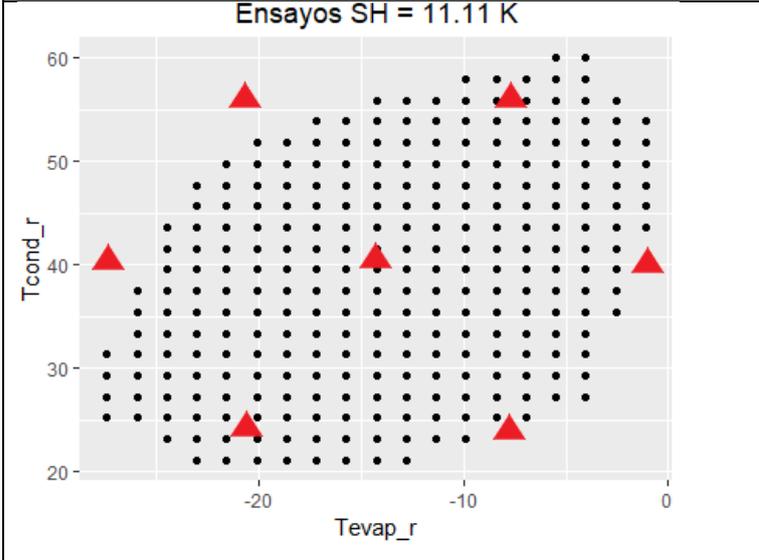
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	8.469e-01	2.370e-01	3.574	0.174
Tevap_r	-5.469e-03	1.231e-02	-0.444	0.734
Tcond_r	3.724e-02	9.055e-03	4.112	0.152
I(Tevap_r^2)	-2.285e-04	2.073e-04	-1.102	0.469
I(Tcond_r^2)	-2.036e-04	9.229e-05	-2.206	0.271
Tevap_r:Tcond_r	1.021e-03	1.898e-04	5.377	0.117

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH11.11
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.421e+02	7.025e-01	202.298	0.00315 **
Tevap_r	4.825e+00	3.649e-02	132.242	0.00481 **
Tcond_r	-6.650e-01	2.684e-02	-24.775	0.02568 *
I(Tevap_r^2)	3.845e-02	6.146e-04	62.559	0.01018 *
I(Tcond_r^2)	-2.410e-03	2.736e-04	-8.808	0.07197 .
Tevap_r:Tcond_r	-6.593e-03	5.627e-04	-11.717	0.05420 .



Hexa SH11.11

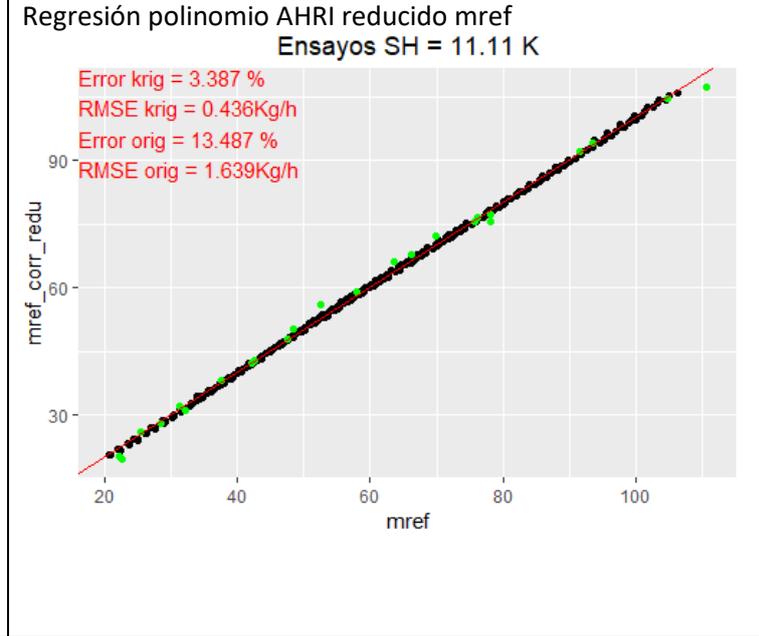
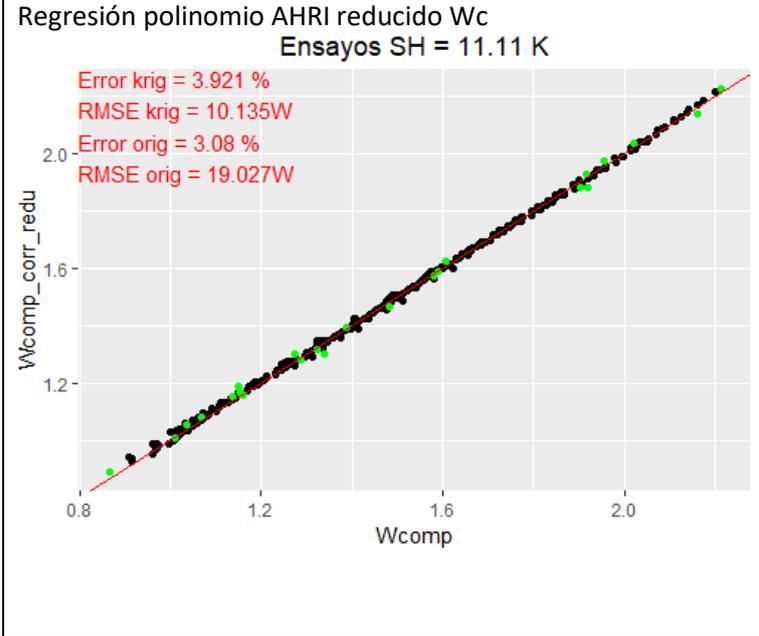


Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH11.11
Coefficients:

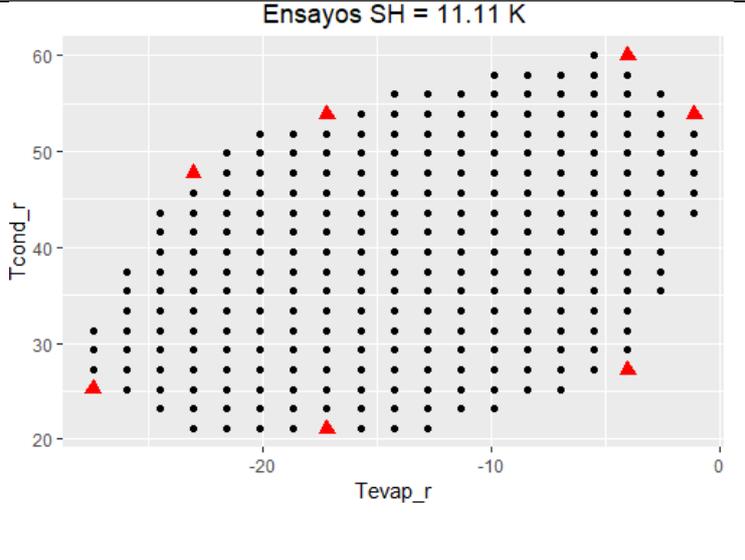
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.7366011	0.1829710	4.026	0.155
Tevap_r	-0.0111206	0.0069223	-1.607	0.354
Tcond_r	0.0409606	0.0084611	4.841	0.130
I(Tevap_r^2)	-0.0002686	0.0001534	-1.751	0.330
I(Tcond_r^2)	-0.0002307	0.0001054	-2.188	0.273
Tevap_r:Tcond_r	0.0011320	0.0001196	9.468	0.067

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH11.11
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.506e+02	4.807e+00	31.320	0.0203 *
Tevap_r	5.242e+00	1.819e-01	28.824	0.0221 *
Tcond_r	-9.320e-01	2.223e-01	-4.193	0.1491
I(Tevap_r^2)	4.222e-02	4.031e-03	10.473	0.0606 .
I(Tcond_r^2)	-2.554e-04	2.770e-03	-0.092	0.9415
Tevap_r:Tcond_r	-1.337e-02	3.141e-03	-4.258	0.1469



Opt Federov 7 ptos "D" SH11.11

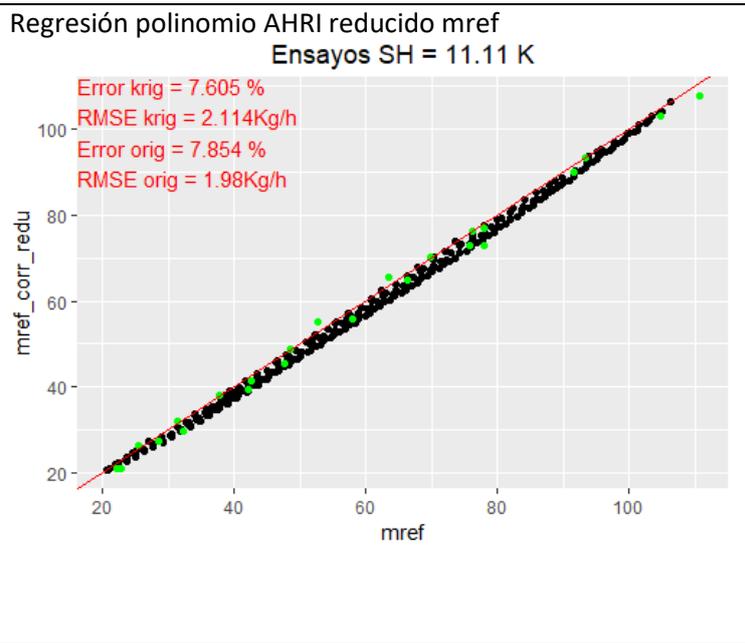
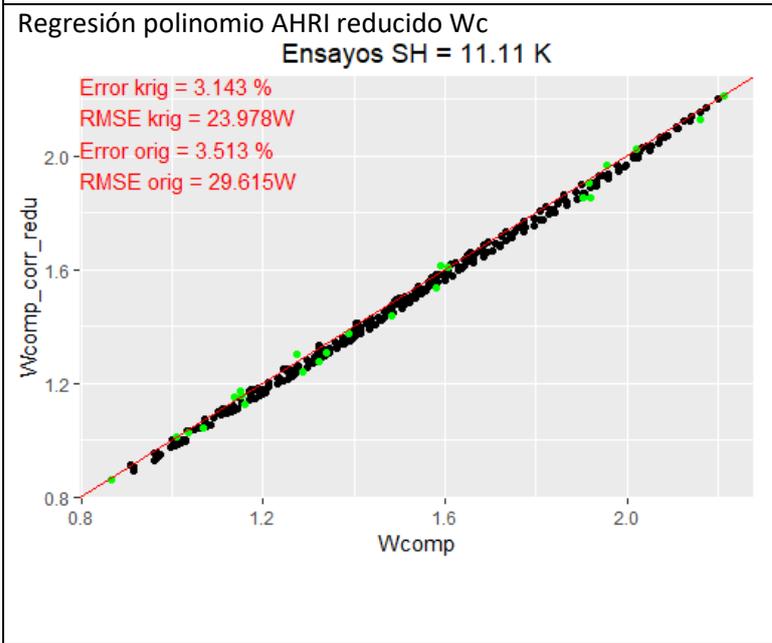


Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH11.11
Coefficients:

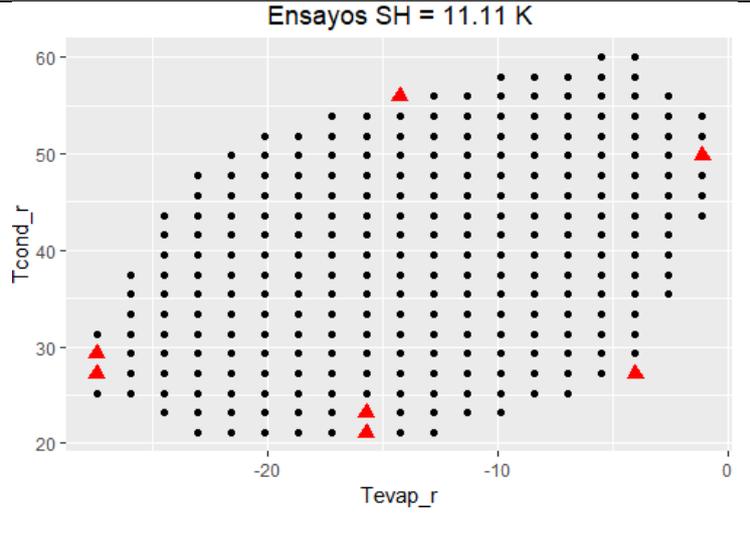
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.0304389	0.2995914	3.439	0.180
Tevap_r	0.0028641	0.0119295	0.240	0.850
Tcond_r	0.0291575	0.0140822	2.071	0.286
I(Tevap_r^2)	-0.0000854	0.0002477	-0.345	0.789
I(Tcond_r^2)	-0.0001173	0.0001566	-0.749	0.591
Tevap_r:Tcond_r	0.0009207	0.0001490	6.180	0.102

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH11.11
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	168.969251	4.771502	35.412	0.0180 *
Tevap_r	6.106947	0.189998	32.142	0.0198 *
Tcond_r	-1.759475	0.224283	-7.845	0.0807 .
I(Tevap_r^2)	0.061378	0.003945	15.558	0.0409 *
I(Tcond_r^2)	0.008560	0.002495	3.431	0.1805
Tevap_r:Tcond_r	-0.023398	0.002373	-9.861	0.0643 .



Opt Federov 7 ptos "A" SH11.11



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH11.11

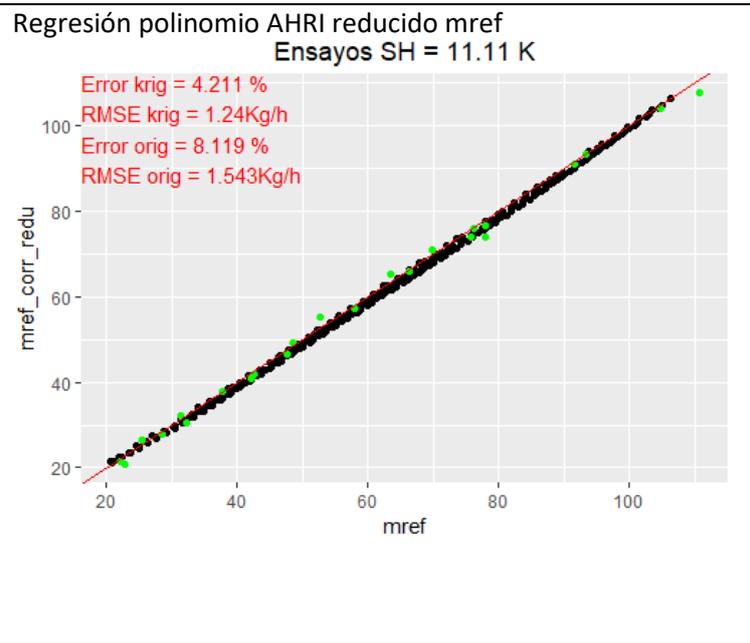
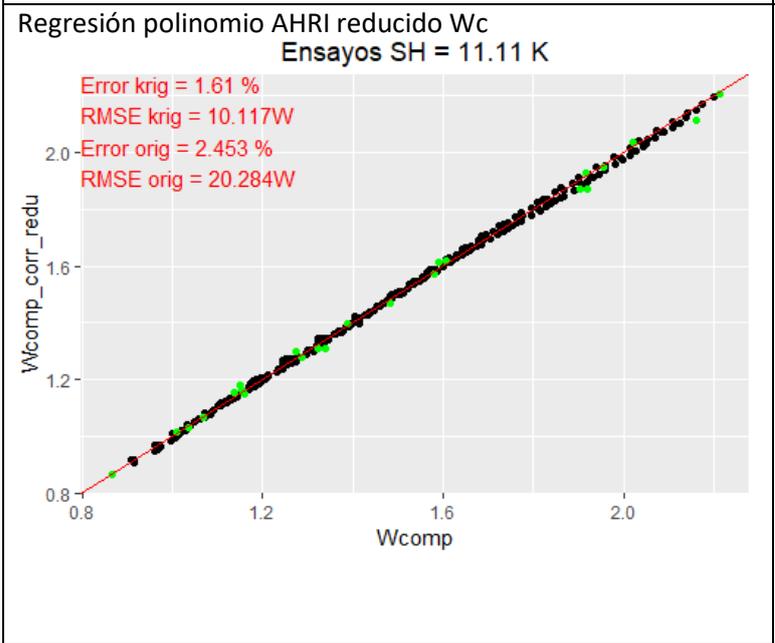
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	8.266e-01	1.429e-01	5.785	0.1090
Tevap_r	-4.852e-03	4.115e-03	-1.179	0.4478
Tcond_r	3.898e-02	7.210e-03	5.406	0.1164
I(Tevap_r^2)	-2.415e-04	1.066e-04	-2.266	0.2646
I(Tcond_r^2)	-2.314e-04	8.850e-05	-2.615	0.2325
Tevap_r:Tcond_r	1.006e-03	3.756e-05	26.784	0.0238 *

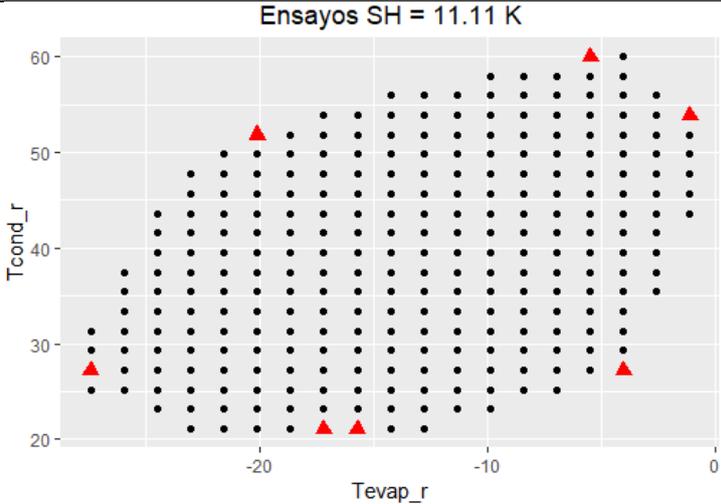
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	161.168644	4.444385	36.263	0.0176 *
Tevap_r	5.873598	0.127980	45.895	0.0139 *
Tcond_r	-1.372898	0.224247	-6.122	0.1031
I(Tevap_r^2)	0.056063	0.003314	16.915	0.0376 *
I(Tcond_r^2)	0.004094	0.002753	1.487	0.3768
Tevap_r:Tcond_r	-0.021110	0.001168	-18.070	0.0352 *



Opt Federov 7 ptos "I" SH11.11



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.124e+00	8.756e-02	12.834	0.0495 *
Tevap_r	4.512e-03	3.366e-03	1.340	0.4081
Tcond_r	2.423e-02	4.124e-03	5.877	0.1073
I(Tevap_r^2)	-2.566e-05	7.393e-05	-0.347	0.7873
I(Tcond_r^2)	-5.764e-05	4.616e-05	-1.249	0.4299
Tevap_r:Tcond_r	9.165e-04	3.902e-05	23.488	0.0271 *

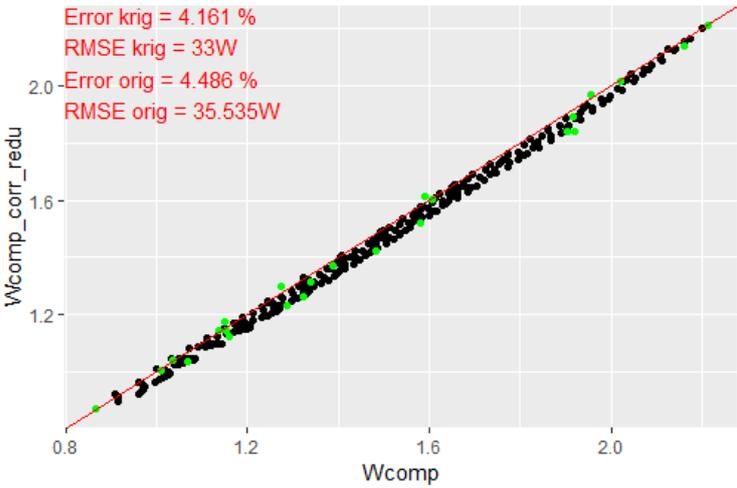
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.731e+02	2.824e-01	612.89	0.00104 **
Tevap_r	6.275e+00	1.086e-02	577.98	0.00110 **
Tcond_r	-1.953e+00	1.330e-02	-146.87	0.00433 **
I(Tevap_r^2)	6.580e-02	2.385e-04	275.95	0.00231 **
I(Tcond_r^2)	1.077e-02	1.489e-04	72.35	0.00880 **
Tevap_r:Tcond_r	-2.474e-02	1.259e-04	-196.56	0.00324 **

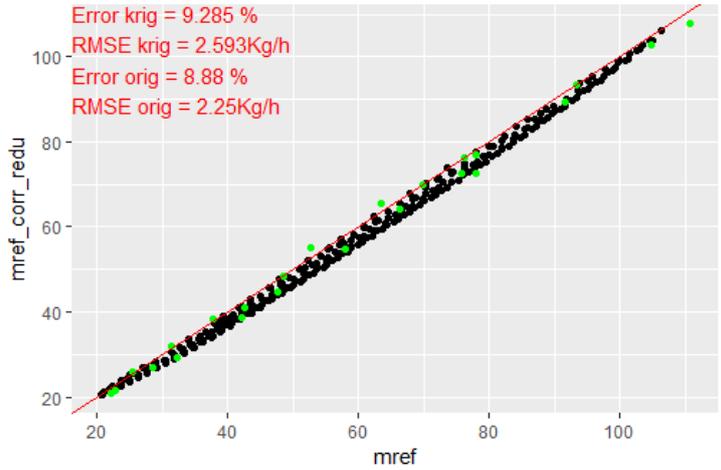
Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 11.11 K

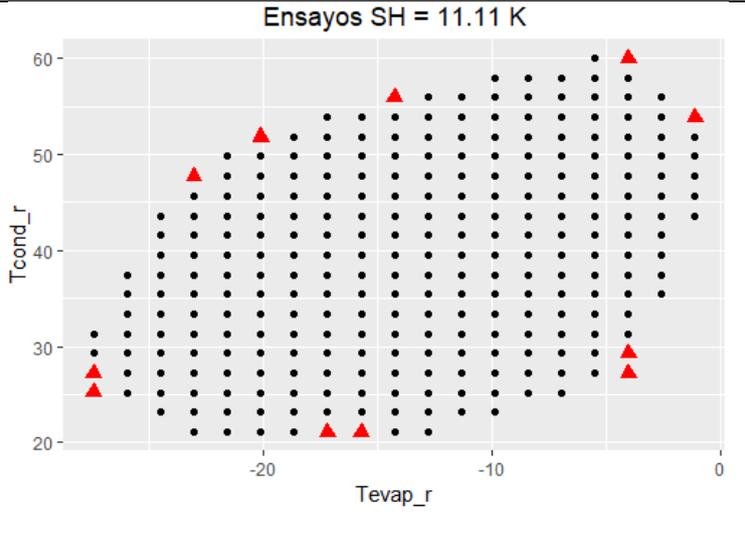


Regresión polinomio AHRI reducido mref

Ensayos SH = 11.11 K



Opt Federov 11 ptos "D" SH11.11



Coefficientes de Wc para AHRI y SH11.11

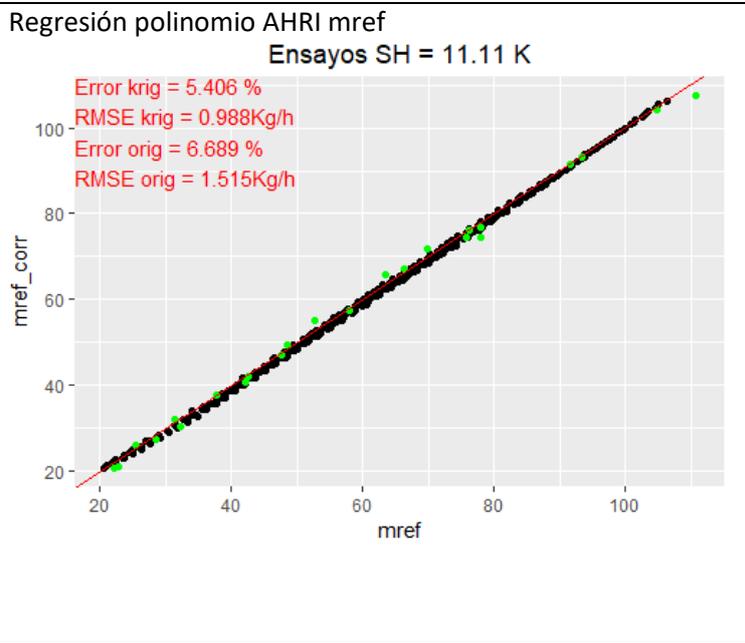
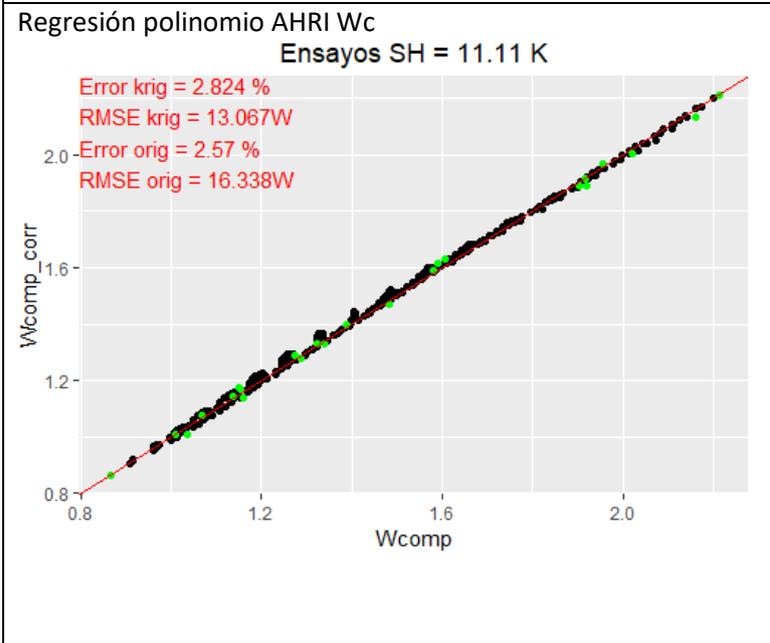
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.584e+00	2.000e-02	79.207	0.00804 **
Tevap_r	2.680e-02	1.753e-03	15.289	0.04158 *
Tcond_r	-1.441e-02	1.355e-03	-10.635	0.05969 .
I(Tevap_r^2)	-2.758e-04	7.425e-05	-3.715	0.16741
I(Tcond_r^2)	8.972e-04	3.046e-05	29.456	0.02160 *
I(Tevap_r^3)	-6.936e-06	1.318e-06	-5.264	0.11951
I(Tcond_r^3)	-7.435e-06	2.275e-07	-32.686	0.01947 *
Tevap_r:Tcond_r	-8.488e-04	5.798e-05	-14.641	0.04341 *
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-9.973e-06	6.661e-07	-14.972	0.04246 *
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	2.083e-05	5.568e-07	37.414	0.01701 *

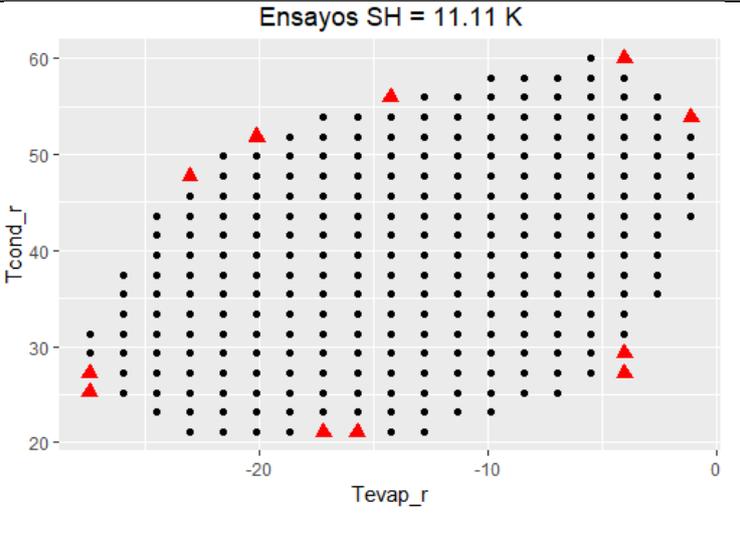
Coefficientes de mref para AHRI y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.377e+02	6.297e+00	21.869	0.0291 *
Tevap_r	4.529e+00	5.519e-01	8.206	0.0772 .
Tcond_r	1.200e-01	4.265e-01	0.281	0.8253
I(Tevap_r^2)	9.885e-03	2.338e-02	0.423	0.7453
I(Tcond_r^2)	-2.707e-02	9.588e-03	-2.823	0.2167
I(Tevap_r^3)	-6.980e-04	4.148e-04	-1.683	0.3413
I(Tcond_r^3)	2.112e-04	7.161e-05	2.950	0.2081
Tevap_r:Tcond_r	1.772e-02	1.825e-02	0.971	0.5095
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	3.443e-04	2.097e-04	1.642	0.3483
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	-3.527e-04	1.753e-04	-2.012	0.2936



Opt Federov 11 ptos "D" SH11.11

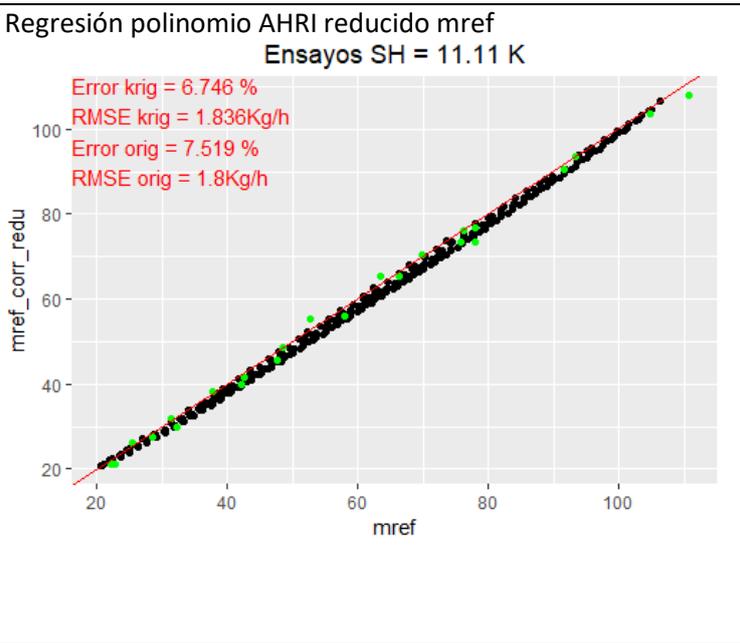
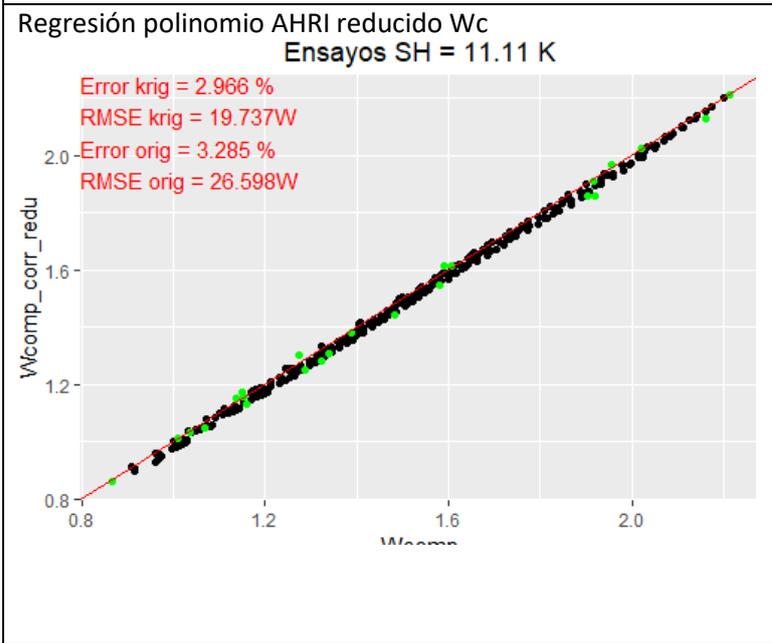


Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH11.11
Coefficients:

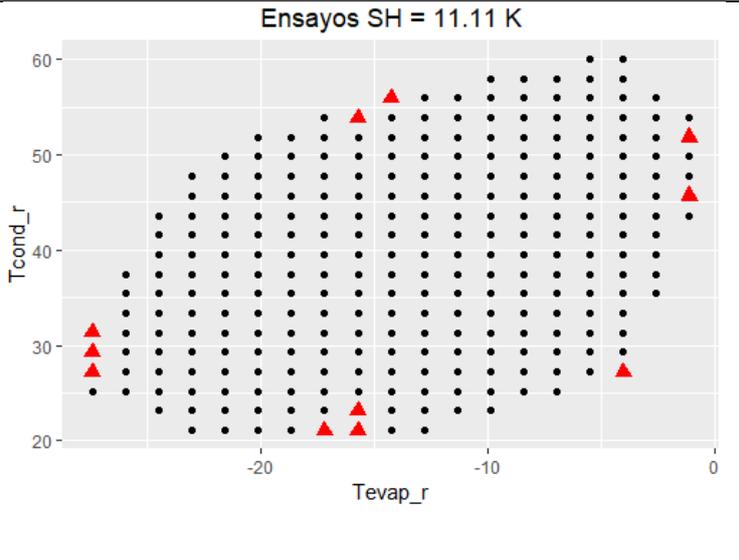
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	9.900e-01	1.350e-01	7.333	0.00074	***
Tevap_r	2.174e-04	5.237e-03	0.042	0.96849	
Tcond_r	3.069e-02	6.288e-03	4.880	0.00455	**
I(Tevap_r^2)	-1.358e-04	1.066e-04	-1.274	0.25857	
I(Tcond_r^2)	-1.323e-04	6.953e-05	-1.902	0.11554	
Tevap_r:Tcond_r	9.505e-04	6.558e-05	14.494	2.82e-05	***

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH11.11
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	166.898173	5.518486	30.243	7.41e-07	***
Tevap_r	6.061913	0.214075	28.317	1.03e-06	***
Tcond_r	-1.639720	0.257038	-6.379	0.001401	**
I(Tevap_r^2)	0.060454	0.004355	13.880	3.49e-05	***
I(Tcond_r^2)	0.007123	0.002842	2.506	0.054079	.
Tevap_r:Tcond_r	-0.022594	0.002680	-8.429	0.000386	***



Opt Federov 11 ptos "A" SH11.11

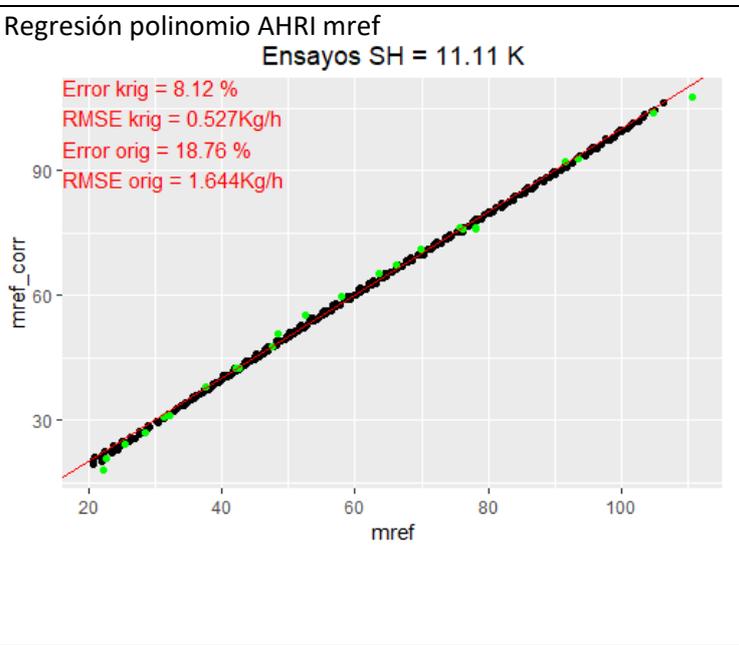
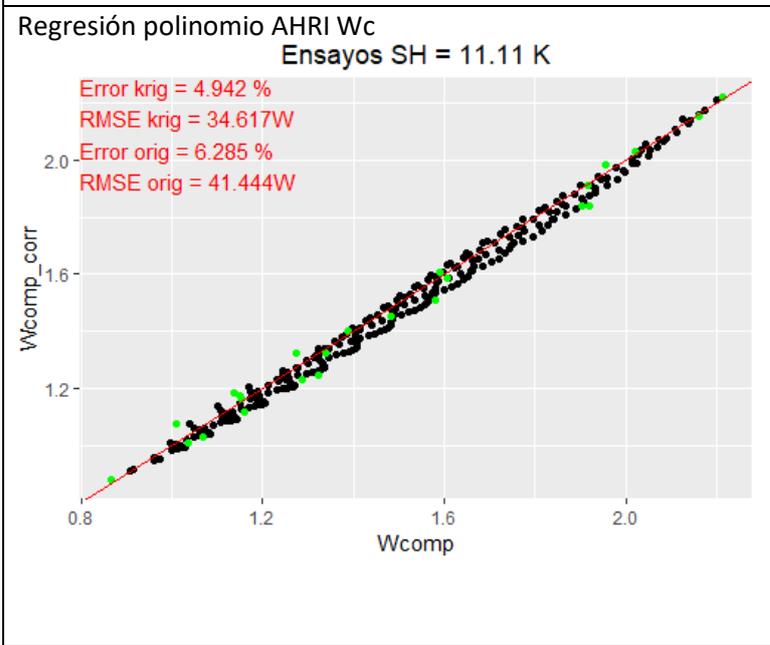


Coefficientes de Wc para AHRI y SH11.11
Coefficients:

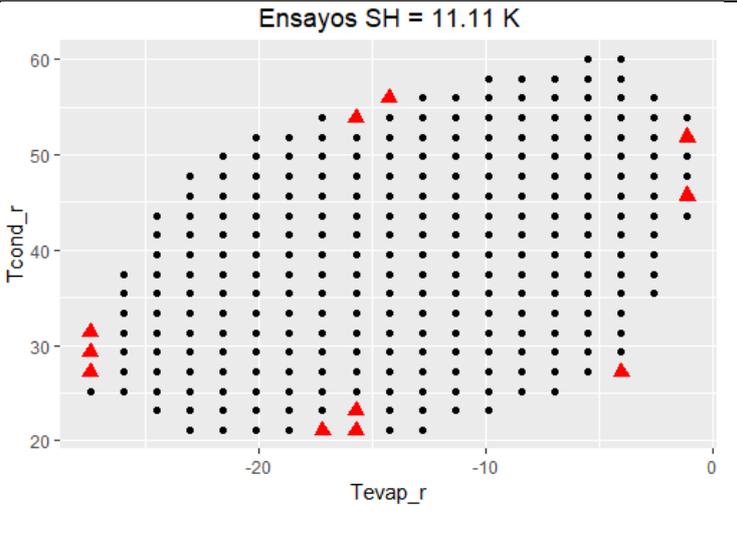
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.399e-02	1.523e-01	-0.157	0.9006
Tevap_r	-7.919e-02	1.025e-02	-7.726	0.0819 .
Tcond_r	9.800e-02	1.207e-02	8.117	0.0780 .
I(Tevap_r^2)	-3.025e-03	4.340e-04	-6.970	0.0907 .
I(Tcond_r^2)	-1.617e-03	3.028e-04	-5.339	0.1179 .
I(Tevap_r^3)	-3.470e-05	8.420e-06	-4.121	0.1515 .
I(Tcond_r^3)	1.092e-05	2.459e-06	4.440	0.1410 .
Tevap_r:Tcond_r	3.681e-03	4.317e-04	8.527	0.0743 .
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	4.546e-05	6.111e-06	7.439	0.0851 .
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	-2.229e-05	4.115e-06	-5.416	0.1162 .

Coefficientes de mref para AHRI y SH11.11
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.878e+02	2.523e+00	74.460	0.00855 **
Tevap_r	7.678e+00	1.698e-01	45.226	0.01407 *
Tcond_r	-3.427e+00	2.000e-01	-17.137	0.03711 *
I(Tevap_r^2)	9.953e-02	7.189e-03	13.846	0.04590 *
I(Tcond_r^2)	5.420e-02	5.015e-03	10.808	0.05874 .
I(Tevap_r^3)	1.121e-04	1.395e-04	0.804	0.56895 .
I(Tcond_r^3)	-3.996e-04	4.073e-05	-9.811	0.06467 .
Tevap_r:Tcond_r	-1.102e-01	7.150e-03	-15.409	0.04126 *
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-1.518e-03	1.012e-04	-15.002	0.04237 *
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	7.888e-04	6.816e-05	11.573	0.05487 .



Opt Federov 11 ptos "A" SH11.11



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH11.11

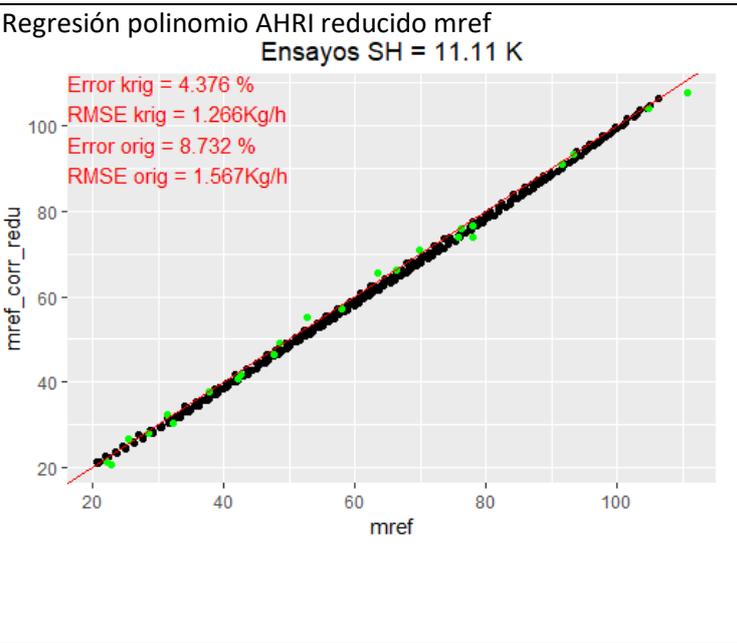
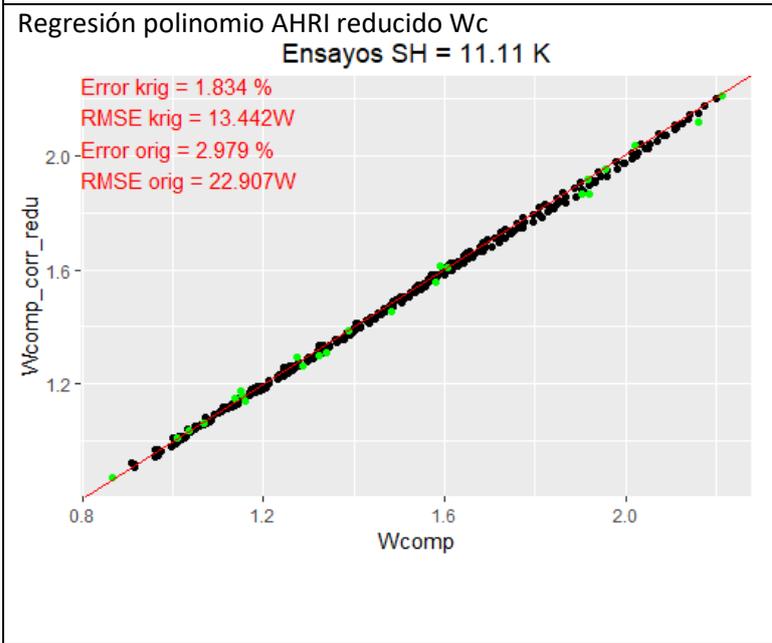
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	9.053e-01	1.029e-01	8.795	0.000315	***
Teval_r	-1.957e-03	3.687e-03	-0.531	0.618365	
Tcond_r	3.519e-02	4.953e-03	7.104	0.000857	***
I(Teval_r^2)	-1.605e-04	8.387e-05	-1.913	0.113885	
I(Tcond_r^2)	-1.870e-04	5.910e-05	-3.164	0.024986	*
Teval_r:Tcond_r	9.872e-04	4.150e-05	23.791	2.44e-06	***

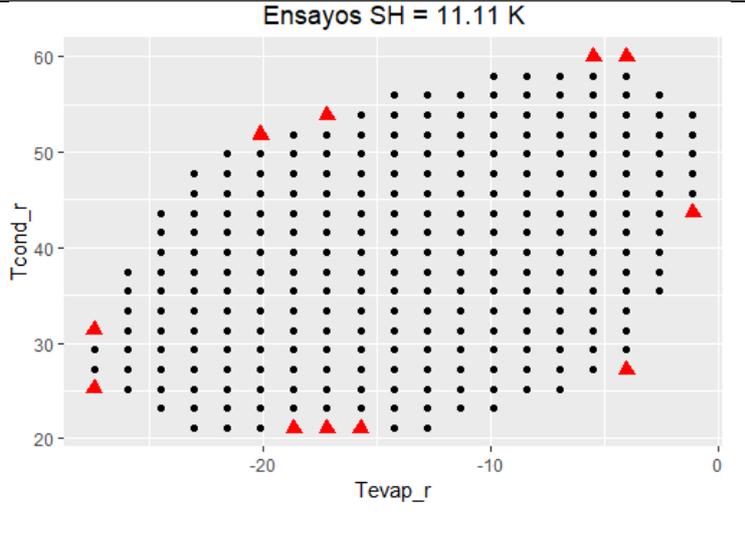
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	161.522042	2.819082	57.30	3.06e-08	***
Teval_r	5.873988	0.100978	58.17	2.84e-08	***
Tcond_r	-1.393765	0.135648	-10.28	0.00015	***
I(Teval_r^2)	0.055784	0.002297	24.29	2.21e-06	***
I(Tcond_r^2)	0.004353	0.001618	2.69	0.04330	*
Teval_r:Tcond_r	-0.021270	0.001136	-18.72	8.01e-06	***



Opt Federov 11 pto "I" SH11.11



Coefficients de Wc para AHRI y SH11.11

Coefficients:

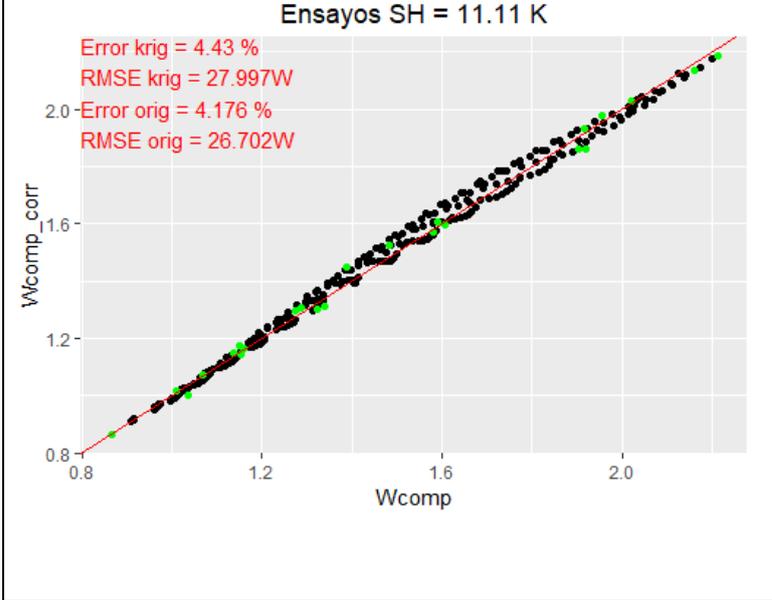
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-7.413e-01	8.108e-01	-0.914	0.528
Tevap_r	-8.462e-02	3.651e-02	-2.318	0.259
Tcond_r	1.463e-01	5.704e-02	2.565	0.237
I(Tevap_r^2)	-2.907e-03	9.432e-04	-3.082	0.200
I(Tcond_r^2)	-2.670e-03	1.296e-03	-2.060	0.288
I(Tevap_r^3)	-2.984e-05	1.077e-05	-2.770	0.221
I(Tcond_r^3)	1.812e-05	9.483e-06	1.911	0.307
Tevap_r:Tcond_r	3.456e-03	1.370e-03	2.523	0.240
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	3.466e-05	1.424e-05	2.434	0.248
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	-2.004e-05	1.315e-05	-1.524	0.370

Coefficients de mref para AHRI y SH11.11

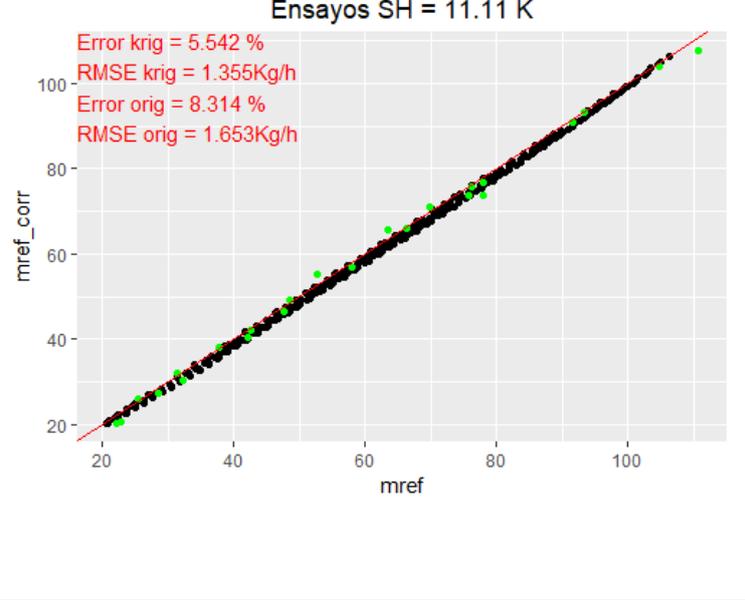
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.540e+02	2.035e+01	7.568	0.0836
Tevap_r	5.849e+00	9.166e-01	6.381	0.0990
Tcond_r	-7.934e-01	1.432e+00	-0.554	0.6779
I(Tevap_r^2)	6.499e-02	2.368e-02	2.745	0.2224
I(Tcond_r^2)	-1.061e-02	3.253e-02	-0.326	0.7992
I(Tevap_r^3)	1.043e-04	2.705e-04	0.385	0.7658
I(Tcond_r^3)	1.175e-04	2.381e-04	0.493	0.7082
Tevap_r:Tcond_r	-1.587e-02	3.440e-02	-0.462	0.7247
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-1.720e-04	3.575e-04	-0.481	0.7145
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	-1.014e-04	3.301e-04	-0.307	0.8103

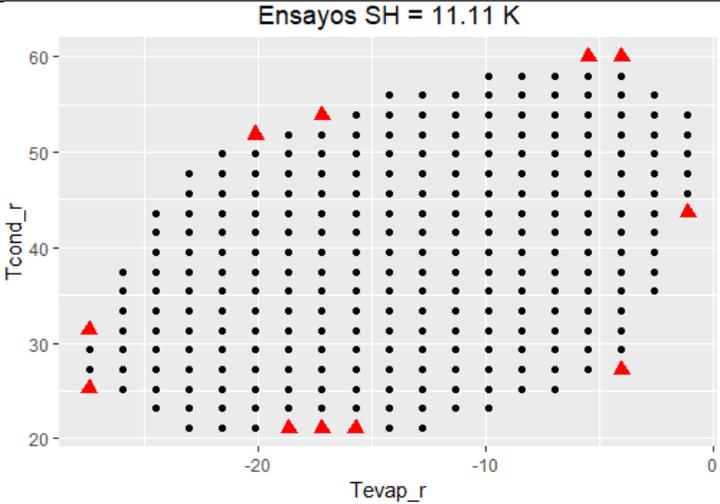
Regresión polinomio AHRI Wc



Regresión polinomio AHRI mref



Opt Federov 11 pto "I" SH11.11



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	9.917e-01	1.308e-01	7.583	0.000633 ***
Tevap_r	8.562e-04	5.693e-03	0.150	0.886335
Tcond_r	3.080e-02	5.761e-03	5.346	0.003073 **
I(Tevap_r^2)	-9.574e-05	1.162e-04	-0.824	0.447500
I(Tcond_r^2)	-1.322e-04	6.181e-05	-2.139	0.085452 .
Tevap_r:Tcond_r	9.668e-04	7.126e-05	13.567	3.9e-05 ***

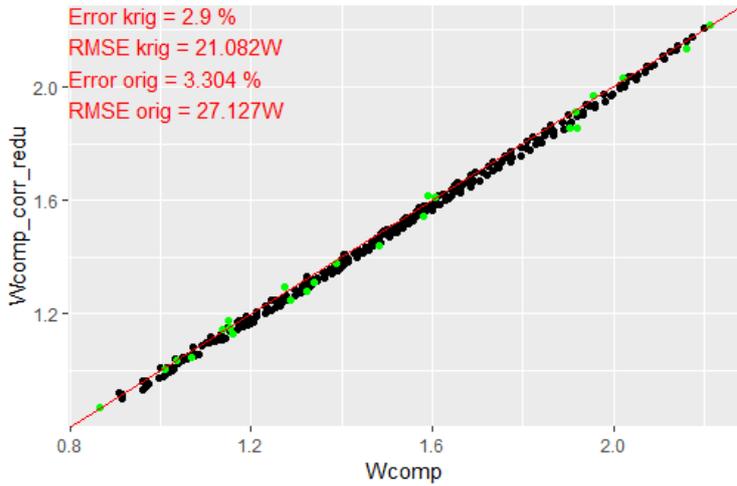
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.642e+02	1.754e+00	93.596	2.64e-09 ***
Tevap_r	5.947e+00	7.638e-02	77.867	6.62e-09 ***
Tcond_r	-1.528e+00	7.730e-02	-19.770	6.12e-06 ***
I(Tevap_r^2)	5.845e-02	1.559e-03	37.496	2.54e-07 ***
I(Tcond_r^2)	6.043e-03	8.293e-04	7.287	0.000761 ***
Tevap_r:Tcond_r	-2.094e-02	9.560e-04	-21.905	3.68e-06 ***

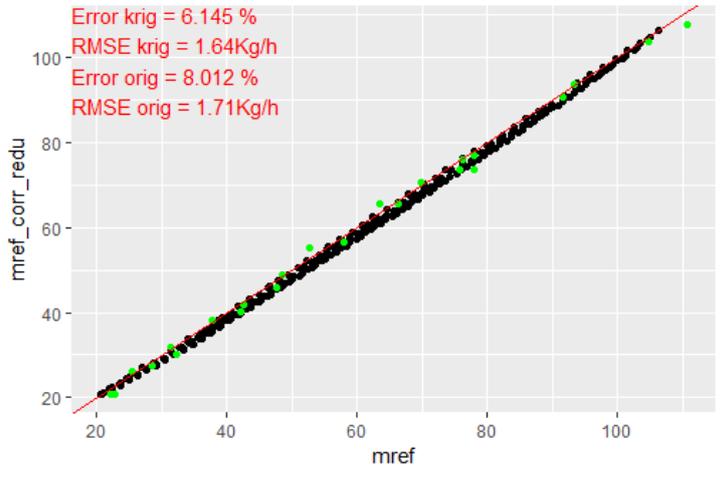
Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 11.11 K

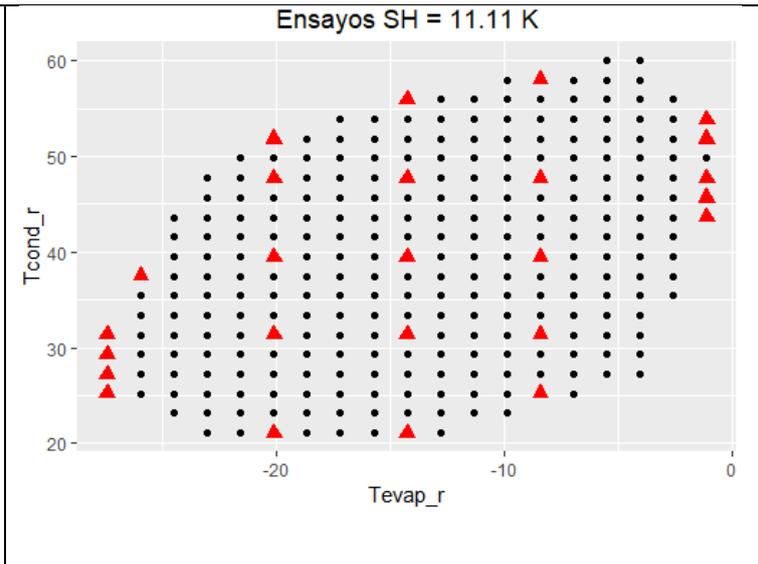
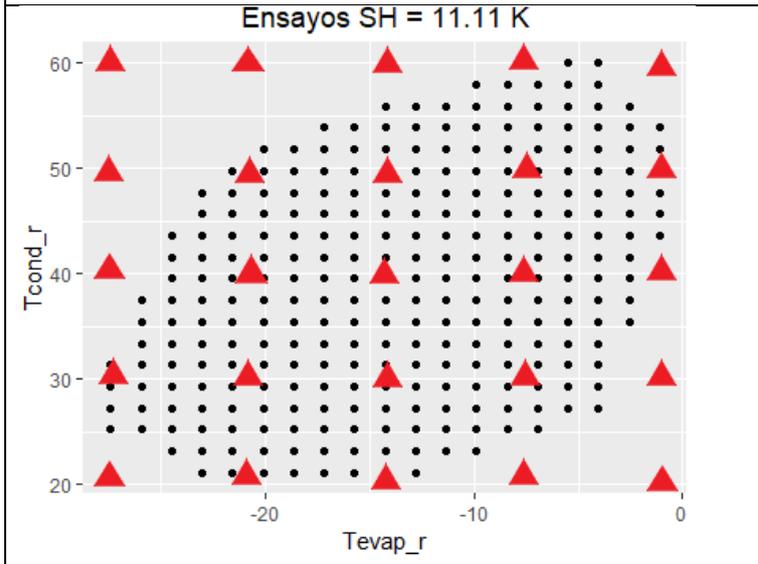


Regresión polinomio AHRI reducido mref

Ensayos SH = 11.11 K



Diseño 5 niveles SH11.11



Coefficientes de Wc para AHRI y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	8.816e-01	2.471e-01	3.567	0.00281 **
Tevap_r	-1.025e-02	1.890e-02	-0.542	0.59566
Tcond_r	3.236e-02	1.462e-02	2.214	0.04276 *
I(Tevap_r^2)	-9.006e-04	6.057e-04	-1.487	0.15774
I(Tcond_r^2)	-1.003e-04	3.038e-04	-0.330	0.74578
I(Tevap_r^3)	-9.840e-06	7.376e-06	-1.334	0.20208
I(Tcond_r^3)	-4.419e-07	2.186e-06	-0.202	0.84253
Tevap_r:Tcond_r	7.472e-04	5.931e-04	1.260	0.22702
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	5.109e-06	8.195e-06	0.623	0.54240
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	5.755e-06	4.936e-06	1.166	0.26190

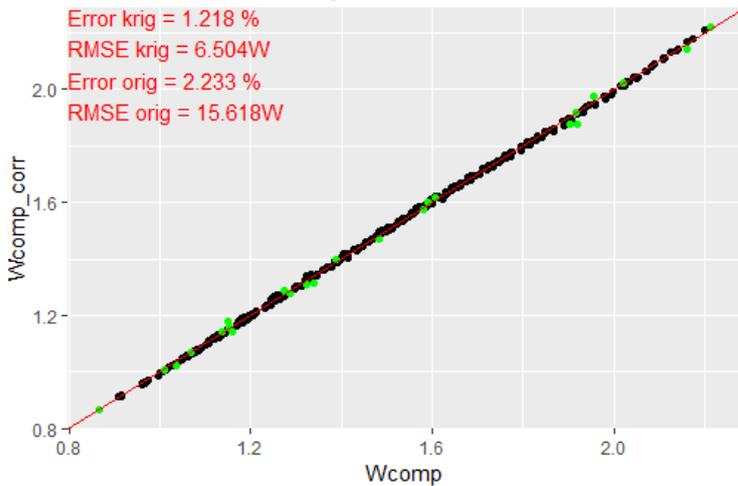
Coefficientes de mref para AHRI y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.644e+02	9.016e+00	18.237	1.20e-11 ***
Tevap_r	6.180e+00	6.896e-01	8.962	2.07e-07 ***
Tcond_r	-1.828e+00	5.332e-01	-3.428	0.00374 **
I(Tevap_r^2)	5.978e-02	2.210e-02	2.705	0.01628 *
I(Tcond_r^2)	1.895e-02	1.108e-02	1.710	0.10793
I(Tevap_r^3)	-1.126e-04	2.691e-04	-0.419	0.68151
I(Tcond_r^3)	-1.454e-04	7.975e-05	-1.824	0.08818 .
Tevap_r:Tcond_r	-5.079e-02	2.164e-02	-2.348	0.03303 *
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-6.015e-04	2.989e-04	-2.012	0.06254 .
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	2.710e-04	1.801e-04	1.505	0.15314

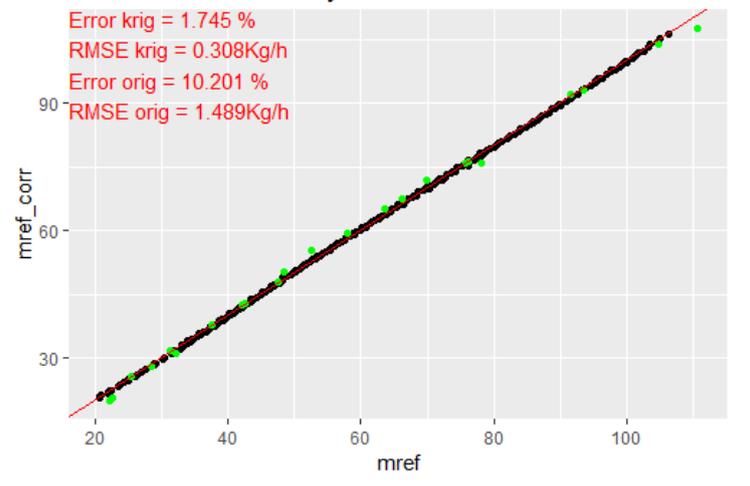
Regresión polinomio AHRI Wc

Ensayos SH = 11.11 K

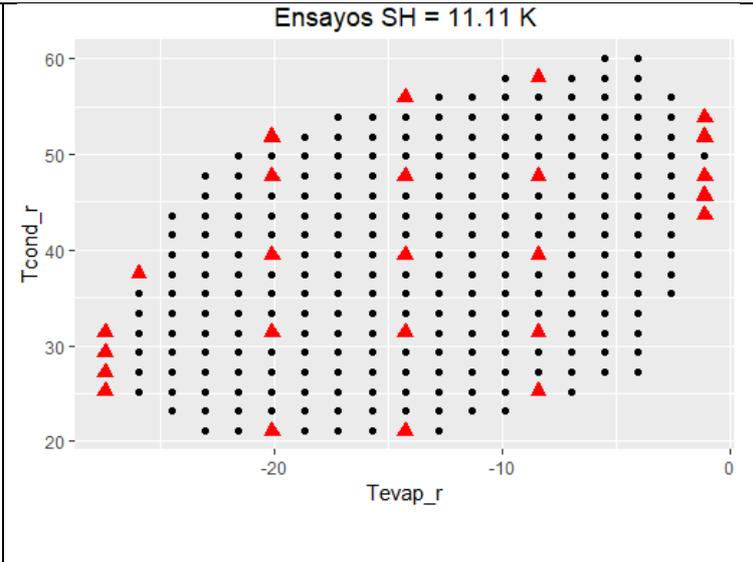
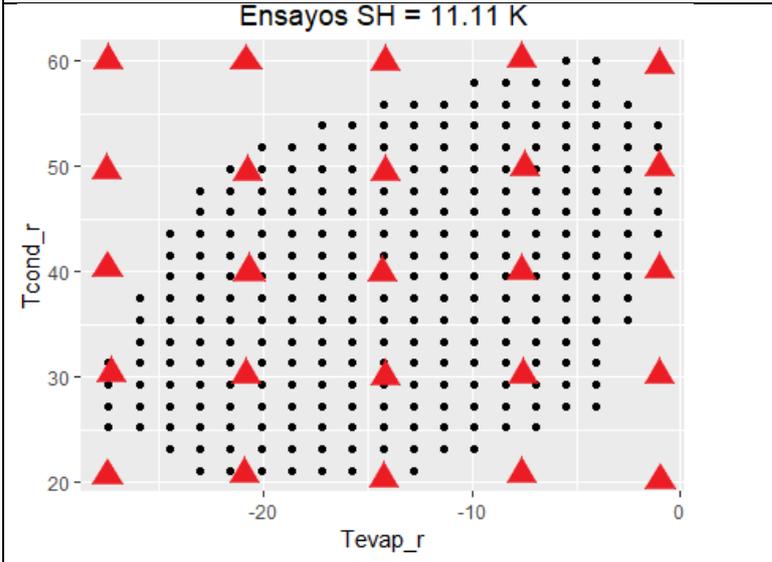


Regresión polinomio AHRI mref

Ensayos SH = 11.11 K



Diseño 5 niveles SH11.11

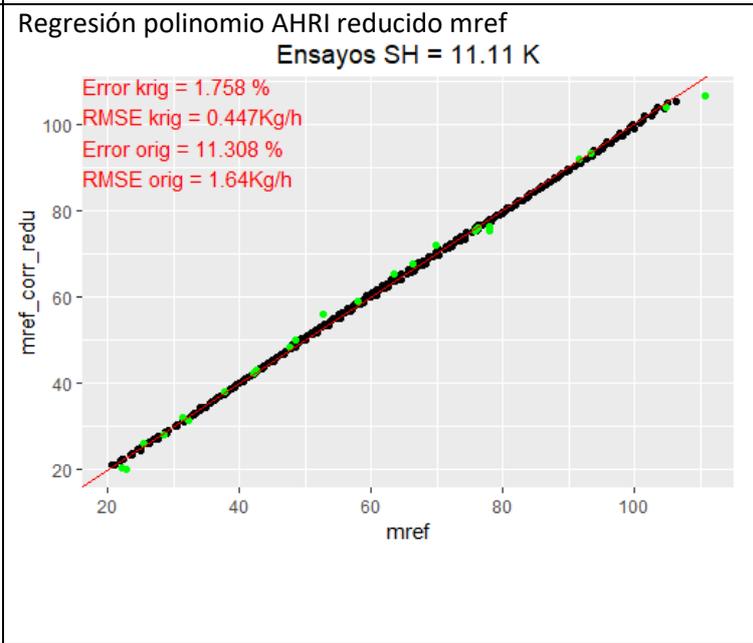
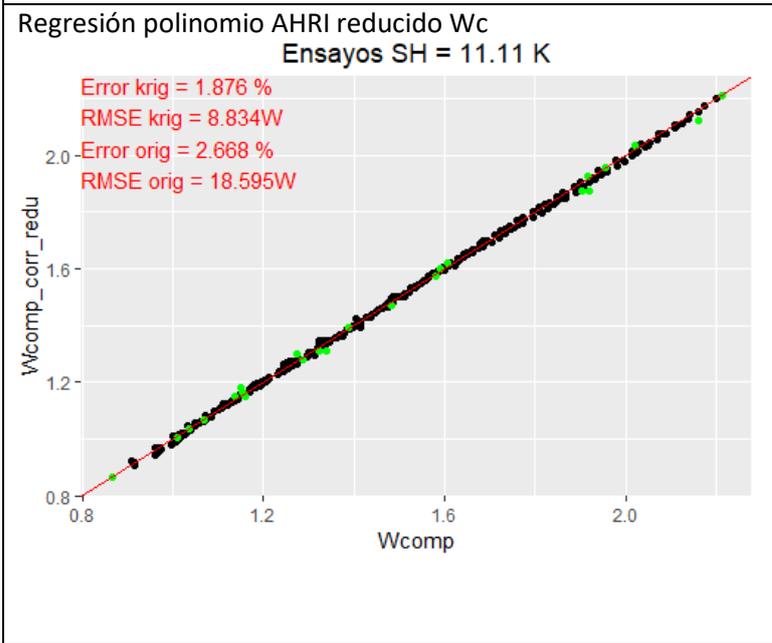


Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH11.11
Coefficients:

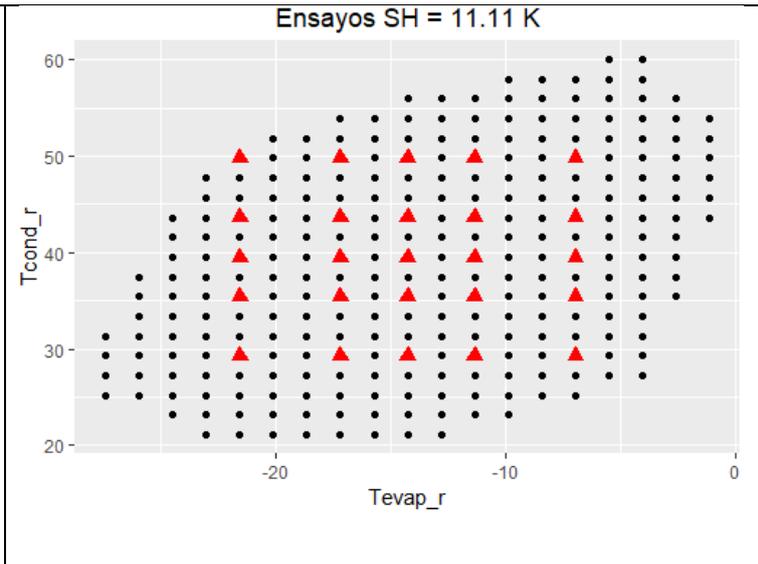
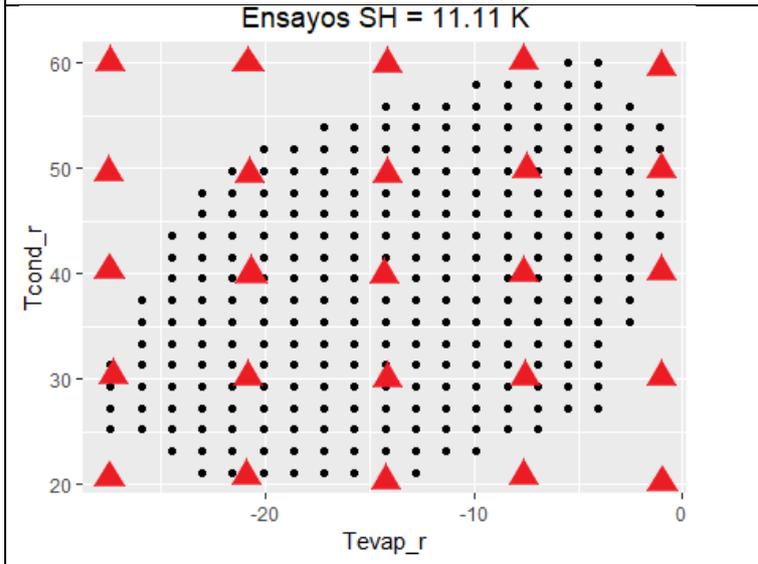
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.924e-01	5.460e-02	14.514	9.81e-12 ***
Tevap_r	-8.071e-03	2.878e-03	-2.804	0.0113 *
Tcond_r	3.948e-02	2.094e-03	18.855	9.28e-14 ***
I(Tevap_r^2)	-2.857e-04	4.613e-05	-6.193	5.98e-06 ***
I(Tcond_r^2)	-2.280e-04	2.174e-05	-10.488	2.43e-09 ***
Tevap_r:Tcond_r	1.054e-03	4.364e-05	24.159	1.00e-15 ***

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH11.11
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.472e+02	2.156e+00	68.310	< 2e-16 ***
Tevap_r	5.140e+00	1.136e-01	45.233	< 2e-16 ***
Tcond_r	-8.032e-01	8.266e-02	-9.717	8.34e-09 ***
I(Tevap_r^2)	4.111e-02	1.821e-03	22.572	3.49e-15 ***
I(Tcond_r^2)	-1.800e-03	8.582e-04	-2.097	0.0496 *
Tevap_r:Tcond_r	-1.266e-02	1.723e-03	-7.346	5.81e-07 ***



Diseño 5 niveles ortogonal SH11.11



Coefficientes de Wc para AHRI y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	5.493e-01	2.599e-01	2.113	0.051753 .
Tevap_r	-3.913e-02	1.058e-02	-3.698	0.002147 **
Tcond_r	4.619e-02	1.955e-02	2.362	0.032096 *
I(Tevap_r^2)	-1.964e-03	5.302e-04	-3.704	0.002122 **
I(Tcond_r^2)	-3.169e-04	4.935e-04	-0.642	0.530412
I(Tevap_r^3)	-1.775e-05	1.134e-05	-1.565	0.138420
I(Tcond_r^3)	1.400e-06	4.133e-06	0.339	0.739412
Tevap_r:Tcond_r	1.356e-03	3.372e-04	4.022	0.001109 **
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	2.504e-05	5.314e-06	4.711	0.000278 ***
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	6.993e-06	3.796e-06	1.842	0.085289 .

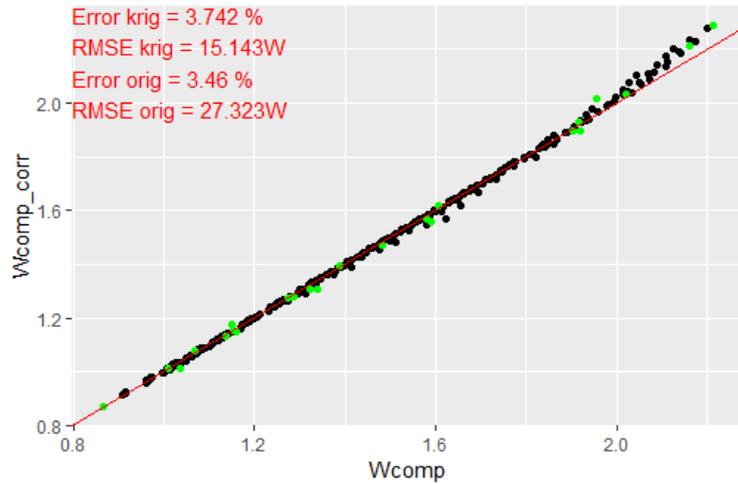
Coefficientes de mref para AHRI y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.679e+02	3.695e+00	45.436	< 2e-16 ***
Tevap_r	7.111e+00	1.504e-01	47.281	< 2e-16 ***
Tcond_r	-1.765e+00	2.780e-01	-6.350	1.30e-05 ***
I(Tevap_r^2)	9.745e-02	7.537e-03	12.929	1.55e-09 ***
I(Tcond_r^2)	1.647e-02	7.015e-03	2.348	0.0330 *
I(Tevap_r^3)	2.700e-04	1.612e-04	1.675	0.1147
I(Tcond_r^3)	-1.282e-04	5.875e-05	-2.182	0.0455 *
Tevap_r:Tcond_r	-6.194e-02	4.793e-03	-12.923	1.56e-09 ***
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-8.251e-04	7.554e-05	-10.923	1.55e-08 ***
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	3.211e-04	5.395e-05	5.951	2.66e-05 ***

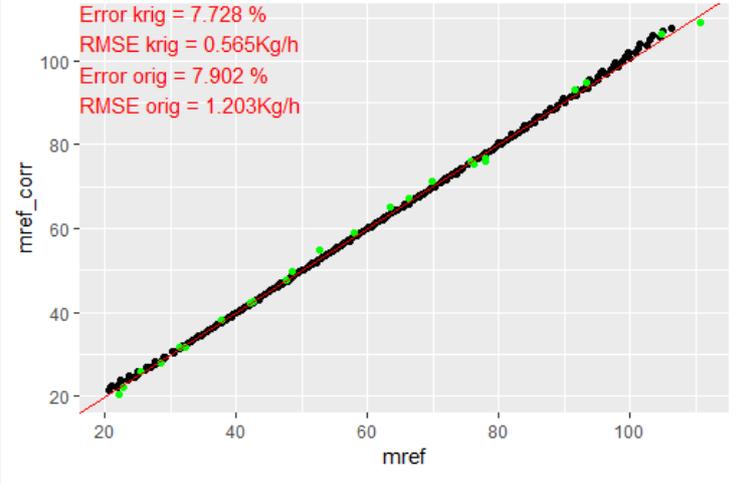
Regresión polinomio AHRI Wc

Ensayos SH = 11.11 K

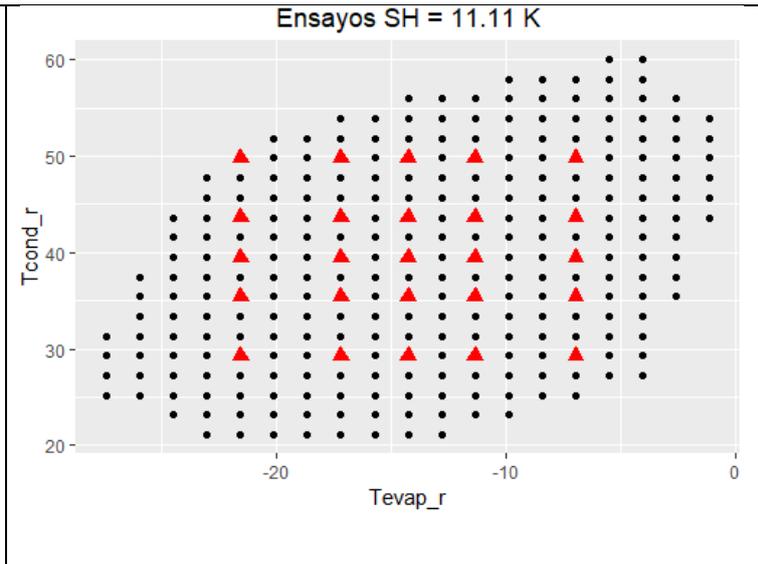
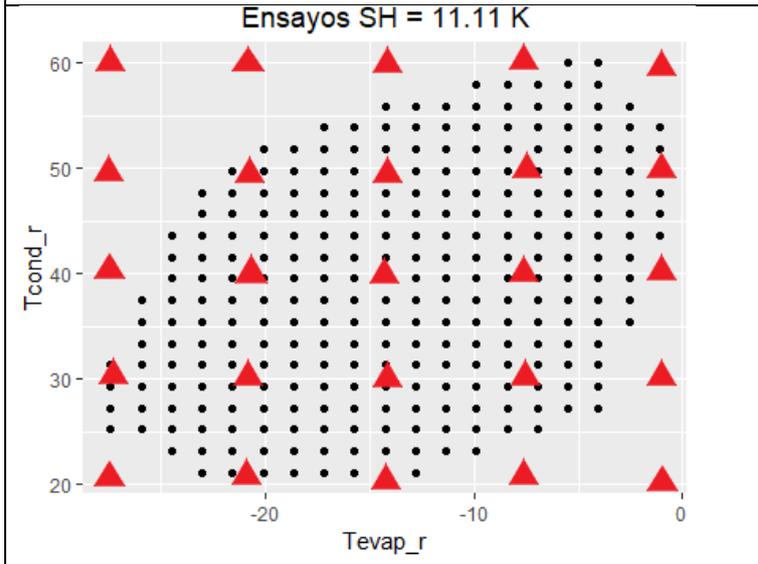


Regresión polinomio AHRI mref

Ensayos SH = 11.11 K



Diseño 5 niveles ortogonal SH11.11



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	6.962e-01	4.990e-02	13.952	1.95e-11	***
Tevap_r	-1.147e-02	2.204e-03	-5.205	5.04e-05	***
Tcond_r	4.317e-02	2.324e-03	18.577	1.21e-13	***
I(Tevap_r^2)	-2.145e-04	5.583e-05	-3.843	0.0011	**
I(Tcond_r^2)	-2.506e-04	2.848e-05	-8.799	3.96e-08	***
Tevap_r:Tcond_r	1.195e-03	3.795e-05	31.479	< 2e-16	***

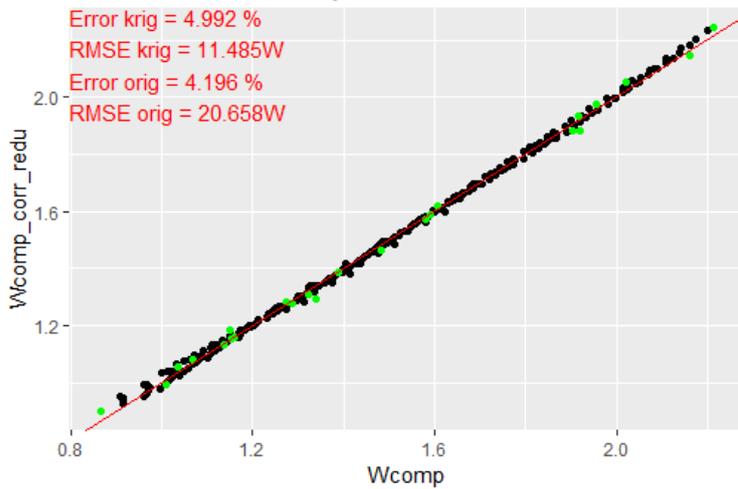
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH11.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	1.471e+02	1.438e+00	102.290	< 2e-16	***
Tevap_r	5.542e+00	6.351e-02	87.264	< 2e-16	***
Tcond_r	-6.662e-01	6.696e-02	-9.949	5.71e-09	***
I(Tevap_r^2)	5.327e-02	1.608e-03	33.118	< 2e-16	***
I(Tcond_r^2)	-3.309e-03	8.207e-04	-4.033	0.000711	***
Tevap_r:Tcond_r	-1.301e-02	1.093e-03	-11.895	3.00e-10	***

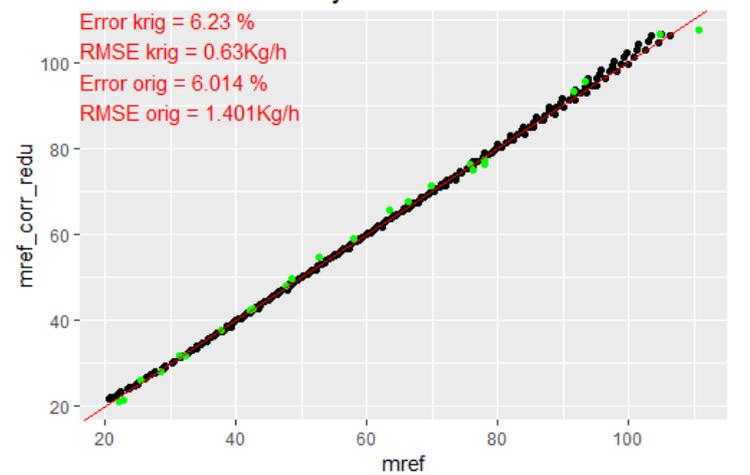
Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 11.11 K

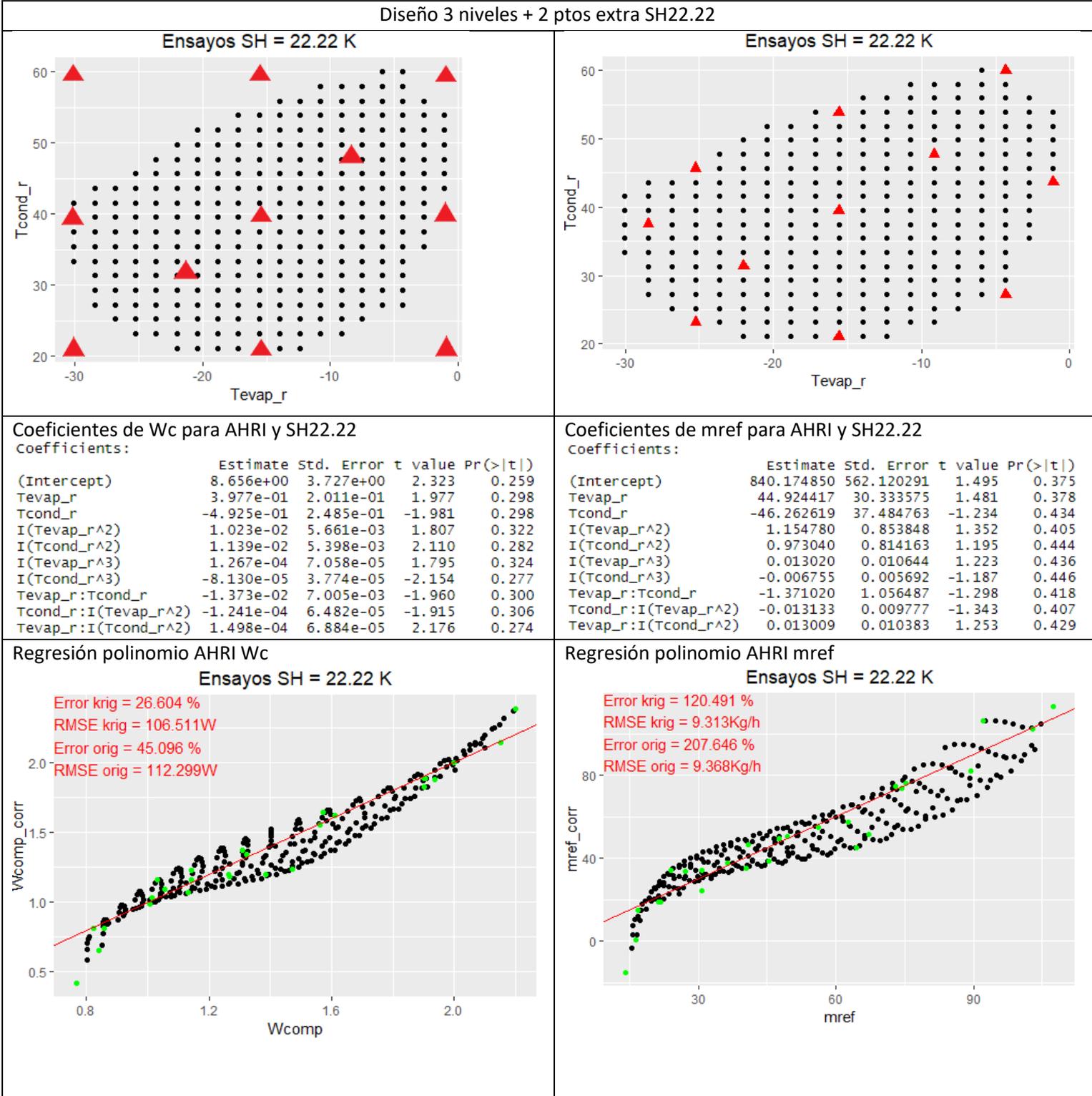


Regresión polinomio AHRI reducido mref

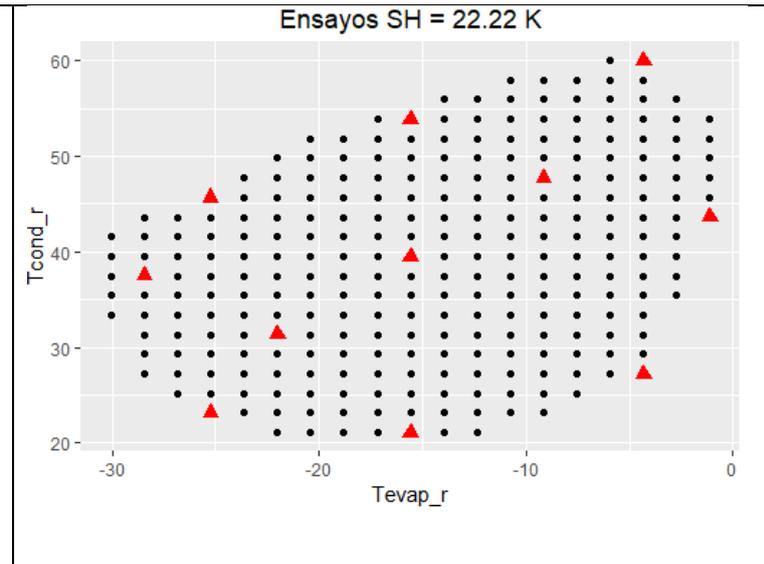
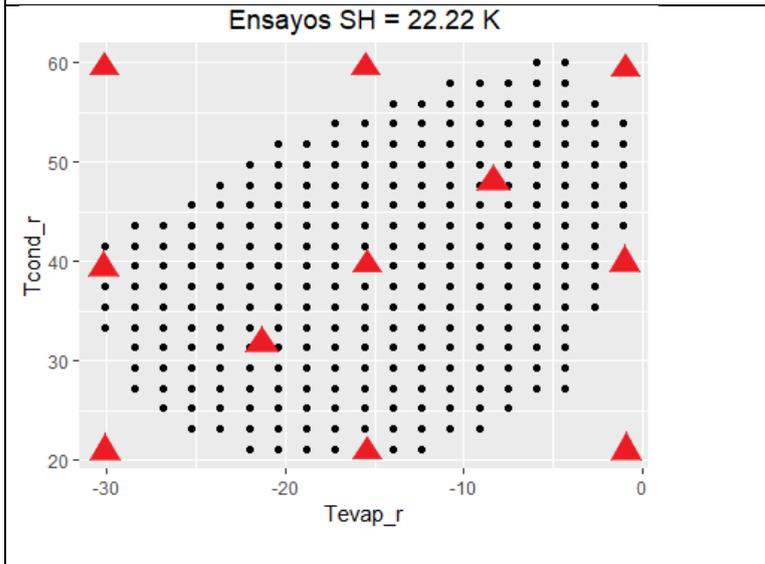
Ensayos SH = 11.11 K



Tablas de los diferentes diseños para cuando el compresor trabaja con el refrigerante L40 y con un SH22.22K:



Diseño 3 niveles + 2 ptos extra SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	7.808e-01	1.230e-01	6.349	0.001431	**
Tevap_r	-4.813e-03	5.193e-03	-0.927	0.396543	
Tcond_r	3.924e-02	5.404e-03	7.261	0.000774	***
I(Tevap_r^2)	-2.032e-04	1.029e-04	-1.974	0.105451	
I(Tcond_r^2)	-2.233e-04	5.902e-05	-3.783	0.012851	*
Tevap_r:Tcond_r	1.001e-03	8.789e-05	11.390	9.13e-05	***

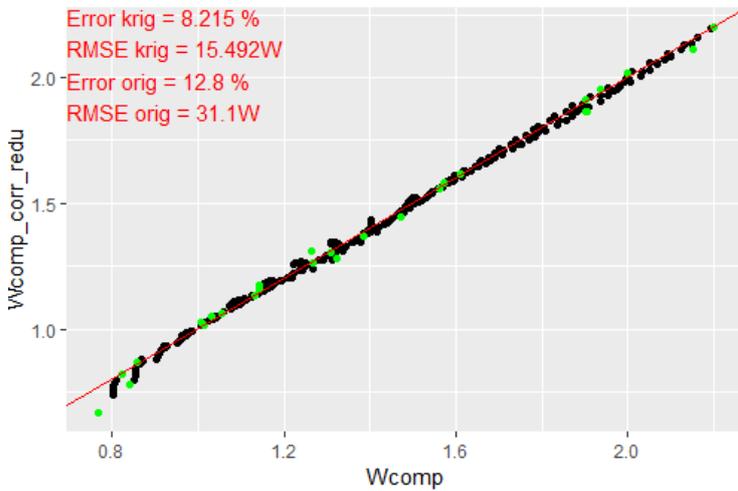
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	151.084980	8.160673	18.514	8.46e-06	***
Tevap_r	6.092780	0.344573	17.682	1.06e-05	***
Tcond_r	-0.876234	0.358607	-2.443	0.058406	.
I(Tevap_r^2)	0.065313	0.006831	9.561	0.000212	***
I(Tcond_r^2)	-0.001688	0.003917	-0.431	0.684511	
Tevap_r:Tcond_r	-0.021224	0.005833	-3.639	0.014921	*

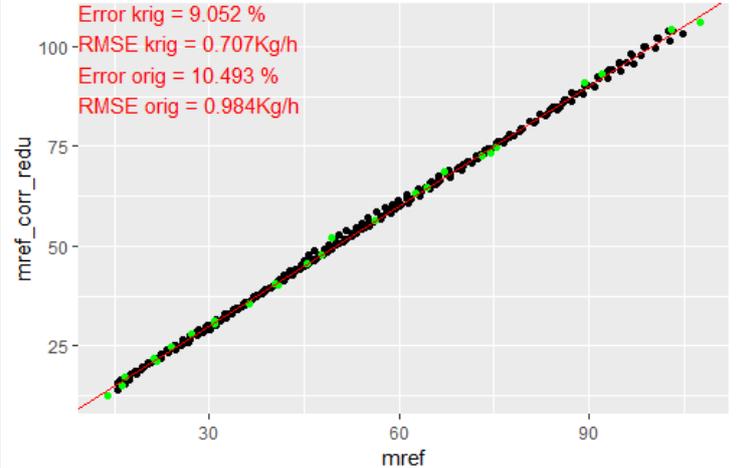
Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 22.22 K

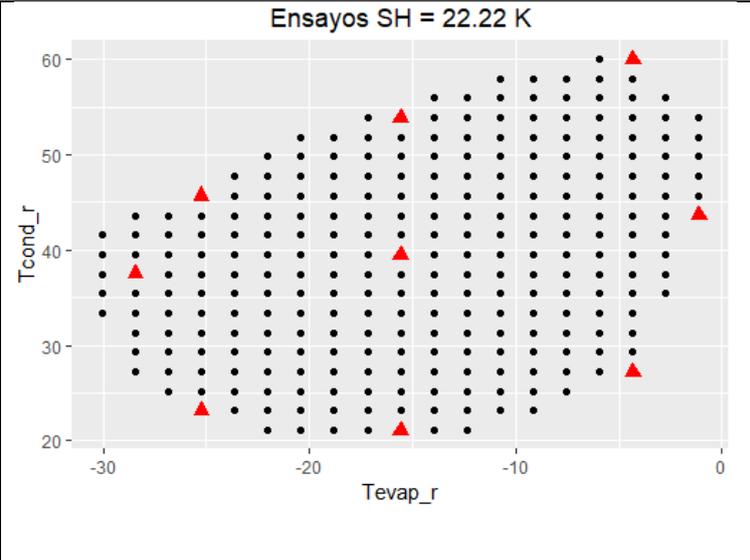
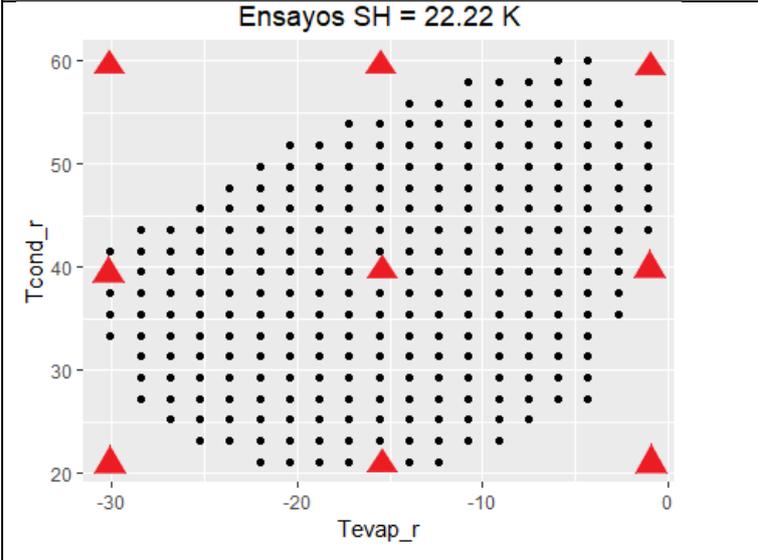


Regresión polinomio AHRI reducido mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño 3 niveles SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

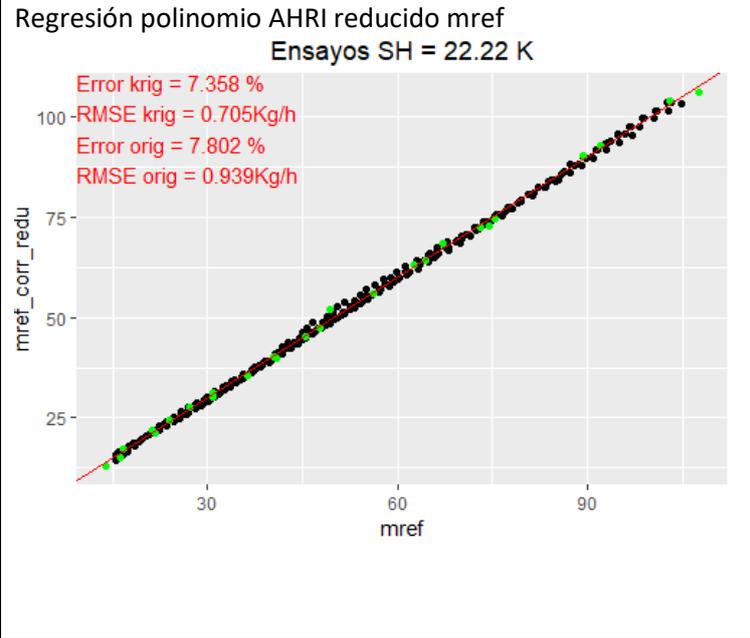
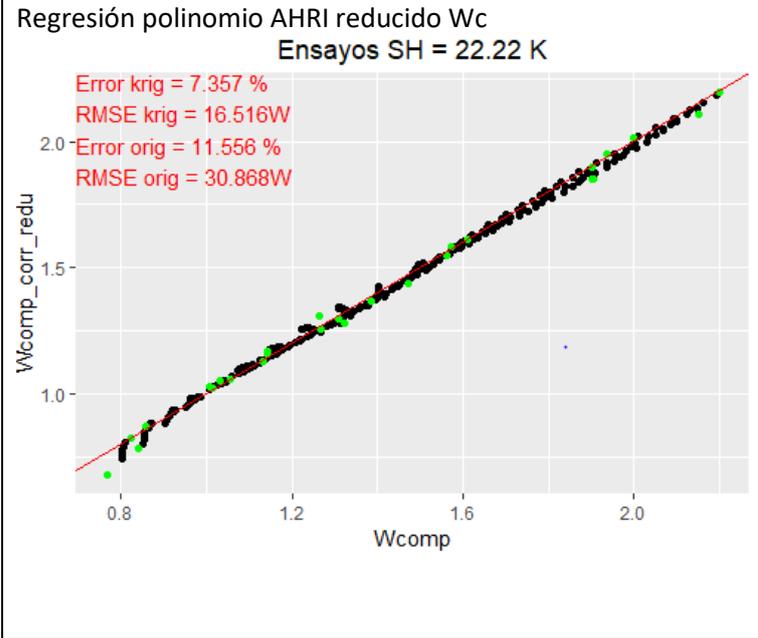
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.8434387	0.1632845	5.165	0.01407 *
Tevap_r	-0.0023847	0.0068966	-0.346	0.75234
Tcond_r	0.0364106	0.0071979	5.058	0.01491 *
I(Tevap_r^2)	-0.0001516	0.0001330	-1.140	0.33695
I(Tcond_r^2)	-0.0001937	0.0000779	-2.487	0.08875 .
Tevap_r:Tcond_r	0.0009714	0.0001096	8.860	0.00303 **

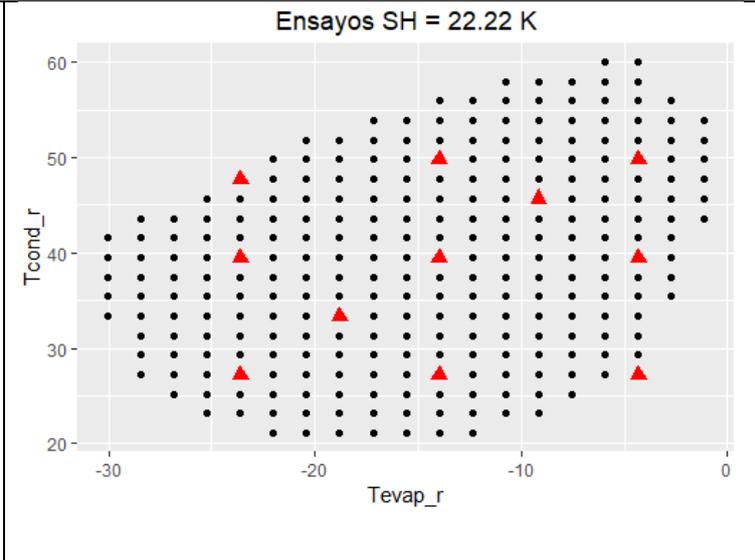
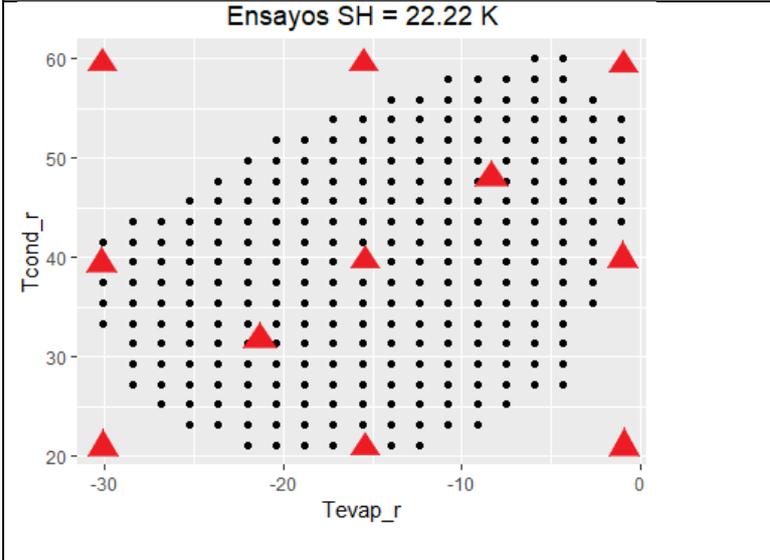
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.546e+02	1.202e+01	12.858	0.00102 **
Tevap_r	6.240e+00	5.078e-01	12.287	0.00116 **
Tcond_r	-1.032e+00	5.300e-01	-1.947	0.14666
I(Tevap_r^2)	6.798e-02	9.790e-03	6.944	0.00613 **
I(Tcond_r^2)	-3.875e-05	5.736e-03	-0.007	0.99503
Tevap_r:Tcond_r	-2.314e-02	8.073e-03	-2.866	0.06424 .



Diseño 3 niveles + 2 ptos extra ortogonal SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI y SH22.22

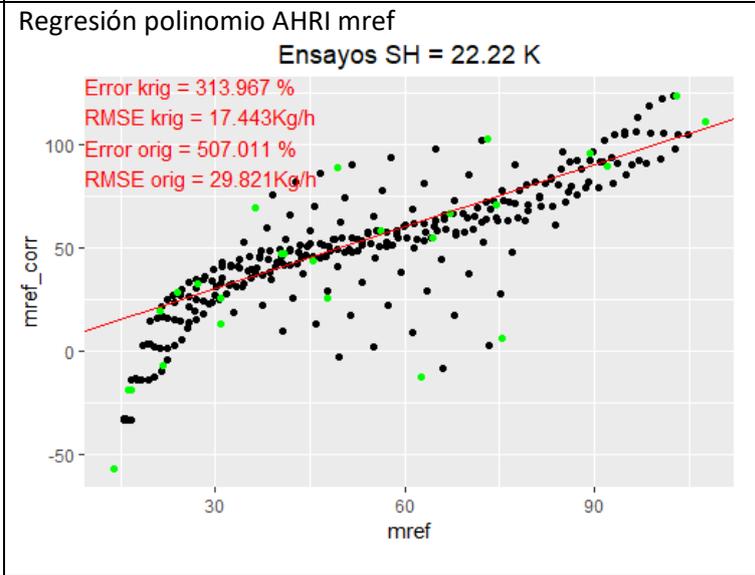
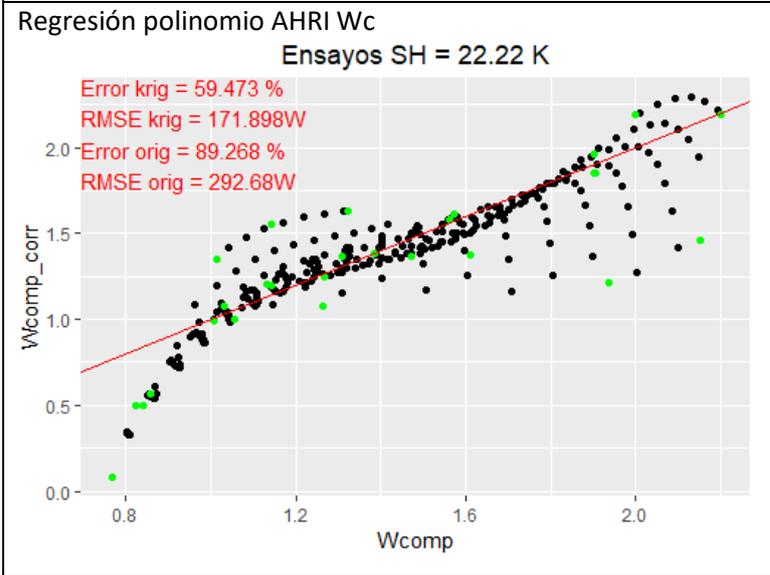
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.128e+00	1.043e+01	0.684	0.618
Tevap_r	7.958e-02	1.814e-01	0.439	0.737
Tcond_r	-4.616e-01	8.155e-01	-0.566	0.672
I(Tevap_r^2)	5.403e-03	1.287e-02	0.420	0.747
I(Tcond_r^2)	1.285e-02	2.143e-02	0.600	0.656
I(Tevap_r^3)	1.427e-04	2.926e-04	0.488	0.711
I(Tcond_r^3)	-1.100e-04	1.828e-04	-0.602	0.655
Tevap_r:Tcond_r	-3.318e-04	2.074e-03	-0.160	0.899
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	5.574e-06	2.365e-05	0.236	0.853
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	2.187e-05	2.254e-05	0.971	0.510

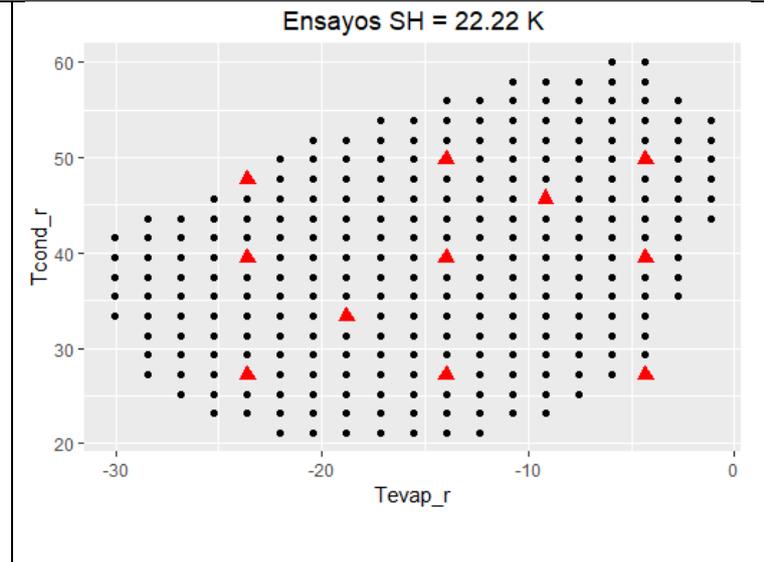
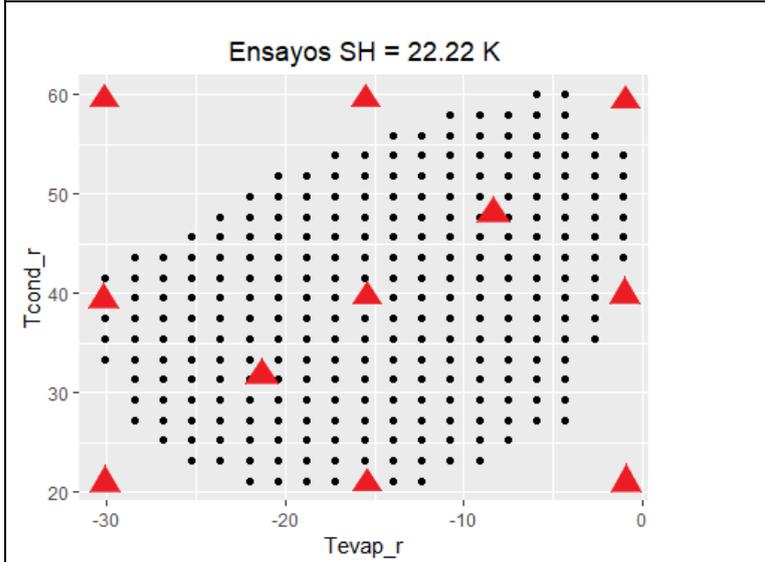
Coefficientes de mref para AHRI y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	794.455109	708.075064	1.122	0.463
Tevap_r	19.825955	12.317571	1.610	0.354
Tcond_r	-50.257717	55.369953	-0.908	0.531
I(Tevap_r^2)	0.907881	0.873920	1.039	0.488
I(Tcond_r^2)	1.278613	1.455144	0.879	0.541
I(Tevap_r^3)	0.017747	0.019870	0.893	0.536
I(Tcond_r^3)	-0.010814	0.012409	-0.871	0.544
Tevap_r:Tcond_r	-0.226835	0.140842	-1.611	0.354
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-0.002645	0.001606	-1.648	0.347
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	0.001879	0.001530	1.228	0.435



Diseño 3 niveles + 2 ptos extra ortogonal SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.842e-01	1.232e-01	6.367	0.00141 **
Tevap_r	-8.273e-03	3.916e-03	-2.112	0.08837 .
Tcond_r	3.828e-02	6.447e-03	5.938	0.00193 **
I(Tevap_r^2)	-2.591e-04	1.040e-04	-2.492	0.05502 .
I(Tcond_r^2)	-2.005e-04	8.242e-05	-2.432	0.05921 .
Tevap_r:Tcond_r	1.069e-03	6.958e-05	15.370	2.12e-05 ***

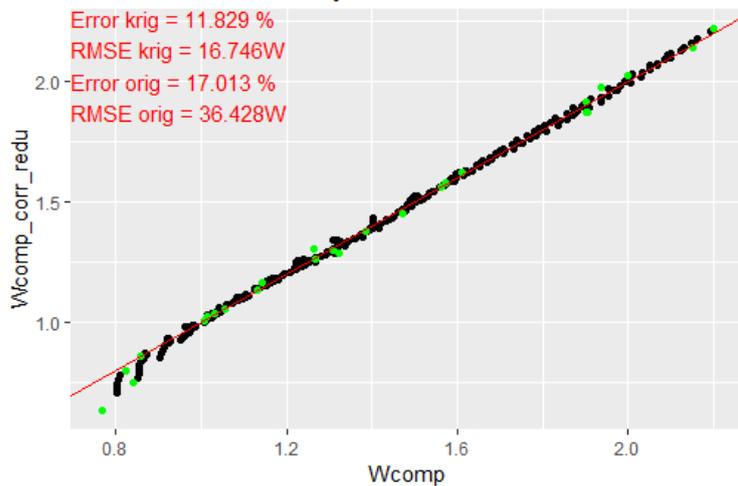
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	156.078437	9.219071	16.930	1.32e-05 ***
Tevap_r	6.277811	0.293121	21.417	4.12e-06 ***
Tcond_r	-1.087221	0.482506	-2.253	0.073972 .
I(Tevap_r^2)	0.071151	0.007782	9.143	0.000262 ***
I(Tcond_r^2)	0.000977	0.006168	0.158	0.880356
Tevap_r:Tcond_r	-0.021296	0.005208	-4.089	0.009452 **

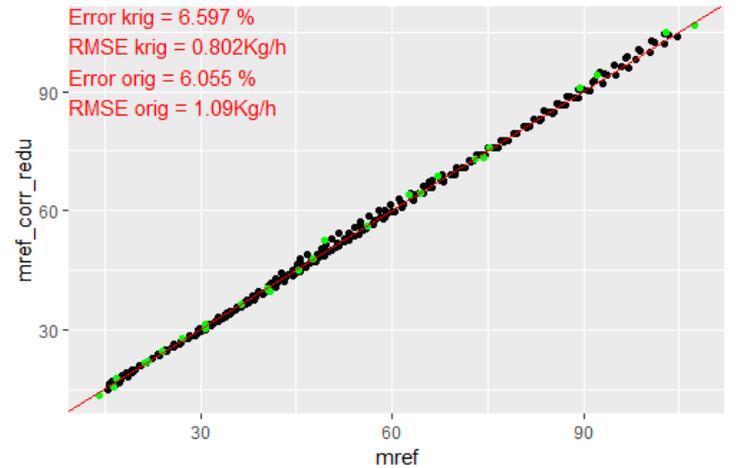
Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 22.22 K

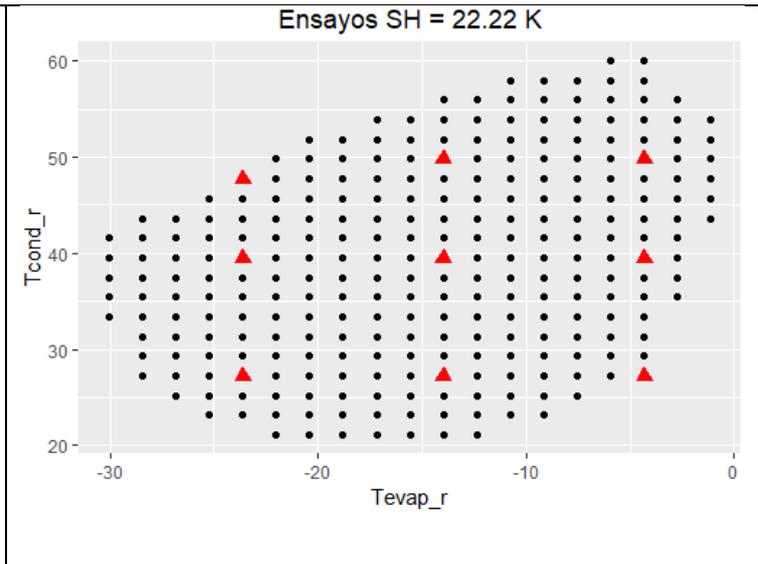
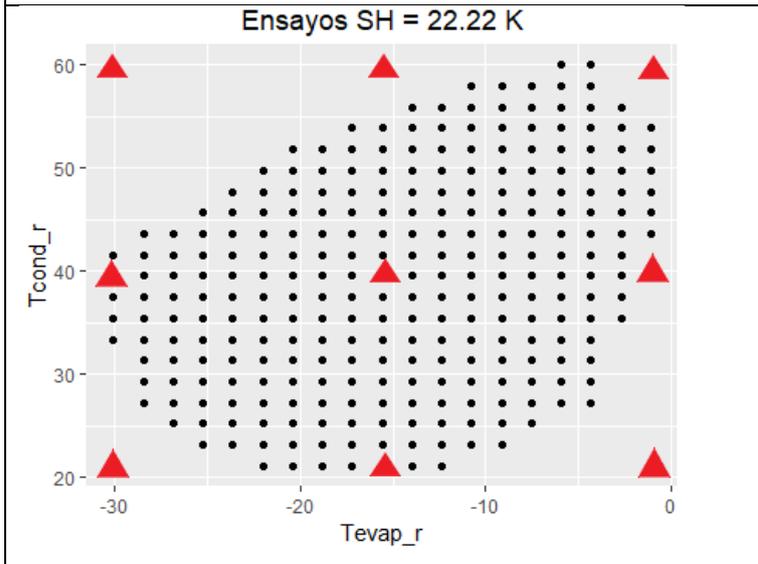


Regresión polinomio AHRI reducido mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño 3 niveles ortogonal SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	8.185e-01	1.580e-01	5.180	0.0140 *
Tevap_r	-7.081e-03	5.047e-03	-1.403	0.2552
Tcond_r	3.671e-02	8.175e-03	4.491	0.0206 *
I(Tevap_r^2)	-2.288e-04	1.323e-04	-1.729	0.1822
I(Tcond_r^2)	-1.827e-04	1.040e-04	-1.756	0.1774
Tevap_r:Tcond_r	1.059e-03	8.449e-05	12.529	0.0011 **

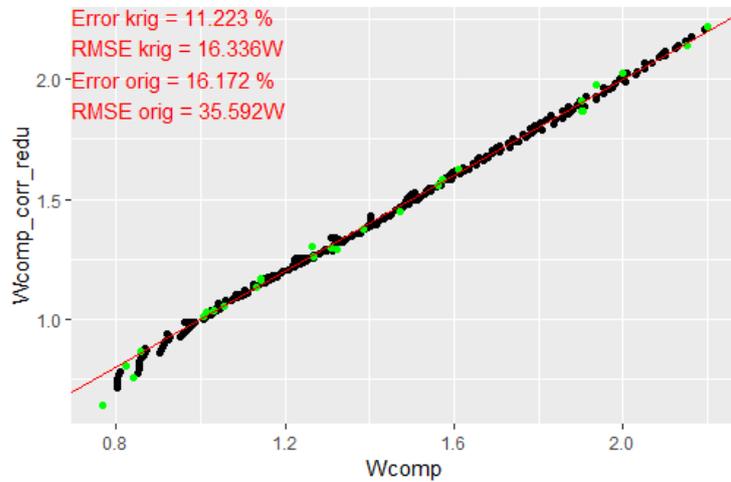
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	158.921561	12.031018	13.209	0.000937 ***
Tevap_r	6.371772	0.384327	16.579	0.000478 ***
Tcond_r	-1.222236	0.622484	-1.963	0.144361
I(Tevap_r^2)	0.073417	0.010074	7.288	0.005333 **
I(Tcond_r^2)	0.002607	0.007923	0.329	0.763785
Tevap_r:Tcond_r	-0.022104	0.006434	-3.436	0.041369 *

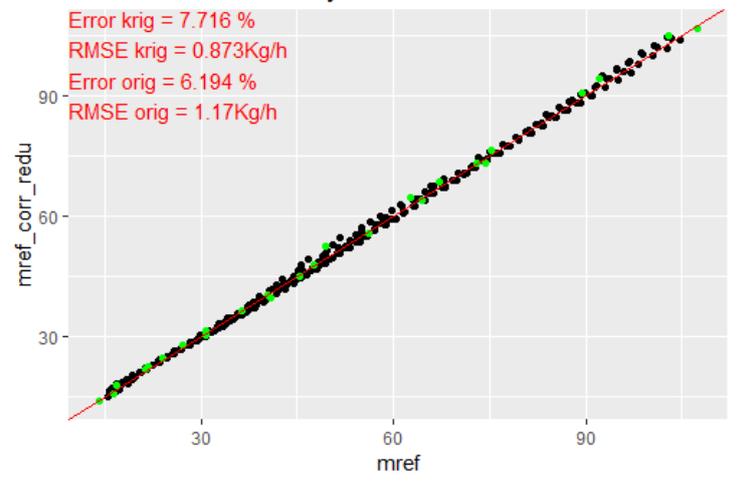
Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 22.22 K

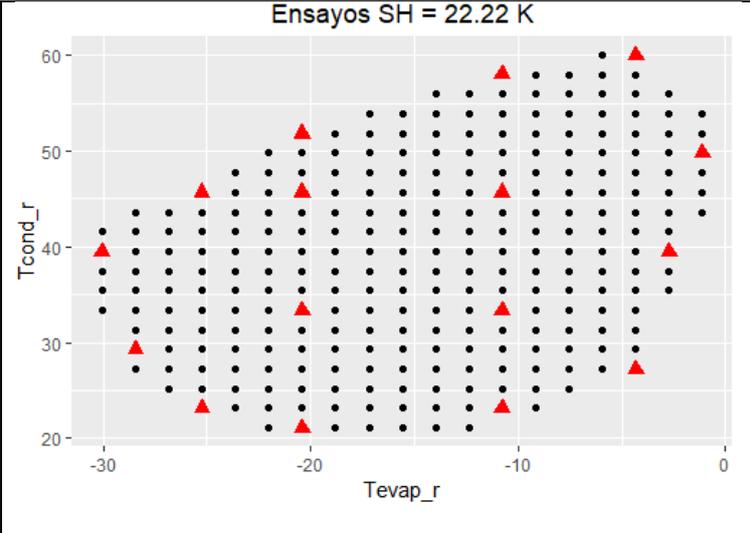
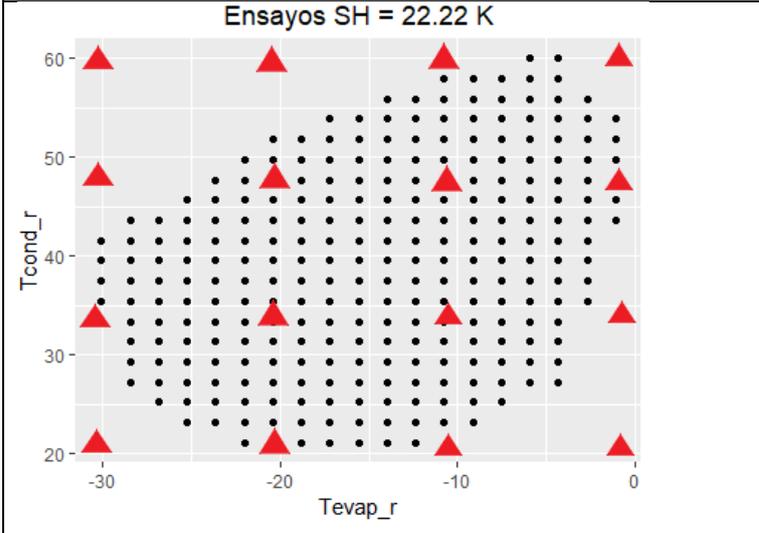


Regresión polinomio AHRI reducido mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño 4 niveles SH22.22

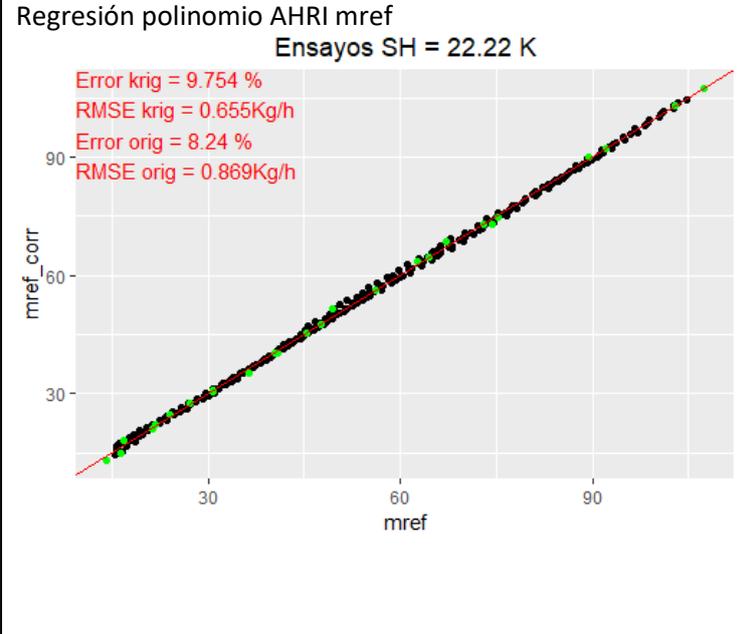
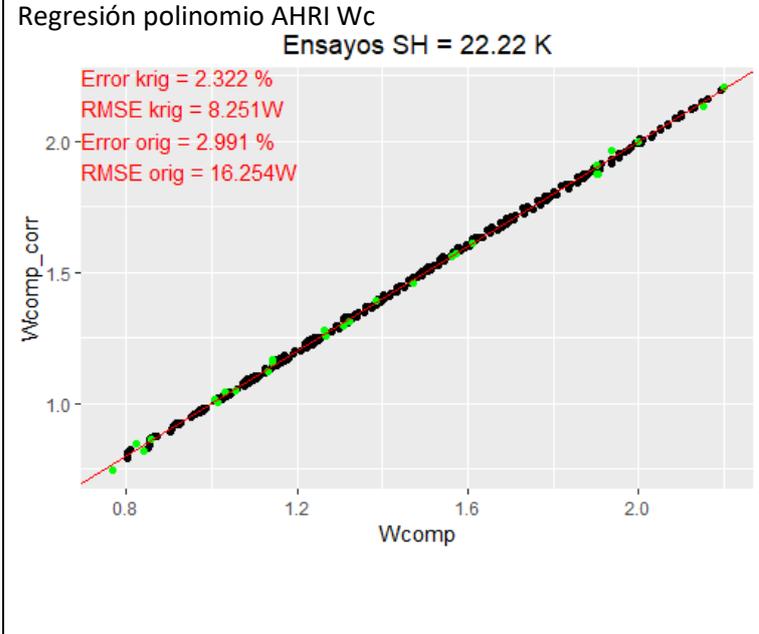


Coefficientes de Wc para AHRI y SH22.22
Coefficients:

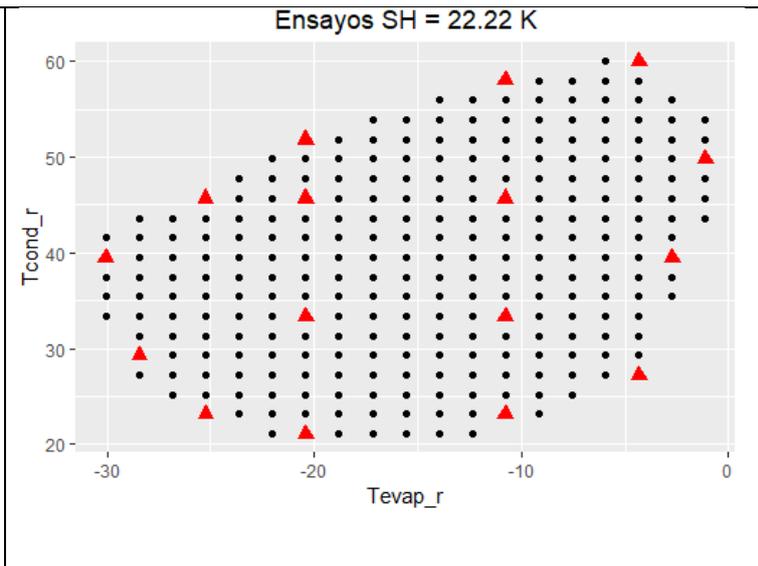
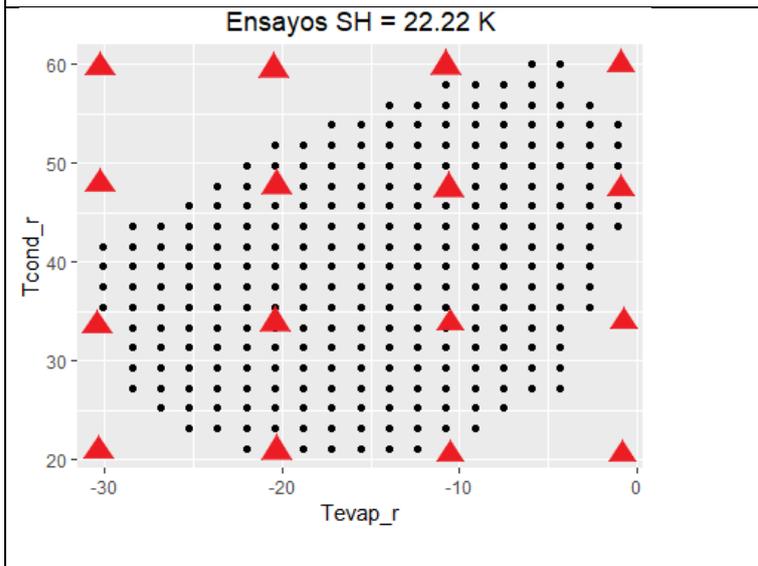
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.853e-01	2.839e-01	2.766	0.03258 *
Tevap_r	-3.298e-02	1.514e-02	-2.178	0.07227 .
Tcond_r	3.252e-02	1.943e-02	1.674	0.14525
I(Tevap_r^2)	-1.992e-03	4.152e-04	-4.798	0.00301 **
I(Tcond_r^2)	-3.407e-05	4.364e-04	-0.078	0.94030
I(Tevap_r^3)	-2.613e-05	5.506e-06	-4.745	0.00318 **
I(Tcond_r^3)	-1.239e-06	3.209e-06	-0.386	0.71270
Tevap_r:Tcond_r	1.249e-03	5.617e-04	2.223	0.06790 .
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	1.597e-05	6.309e-06	2.531	0.04464 *
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	2.719e-06	5.471e-06	0.497	0.63689

Coefficientes de mref para AHRI y SH22.22
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.709e+02	2.187e+01	7.815	0.000232 ***
Tevap_r	7.752e+00	1.167e+00	6.644	0.000561 ***
Tcond_r	-1.828e+00	1.498e+00	-1.221	0.268015
I(Tevap_r^2)	9.207e-02	3.200e-02	2.877	0.028155 *
I(Tcond_r^2)	1.037e-02	3.363e-02	0.308	0.768306
I(Tevap_r^3)	2.601e-05	4.243e-04	0.061	0.953120
I(Tcond_r^3)	-2.919e-05	2.473e-04	-0.118	0.909889
Tevap_r:Tcond_r	-8.758e-02	4.329e-02	-2.023	0.089508 .
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-6.327e-04	4.862e-04	-1.301	0.240864
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	6.053e-04	4.216e-04	1.436	0.201108



Diseño 4 niveles SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	8.817e-01	1.162e-01	7.587	1.87e-05	***
Tevap_r	7.242e-04	4.885e-03	0.148	0.88509	
Tcond_r	3.564e-02	5.008e-03	7.116	3.23e-05	***
I(Tevap_r^2)	-9.321e-05	9.139e-05	-1.020	0.33180	
I(Tcond_r^2)	-1.894e-04	5.423e-05	-3.492	0.00581	**
Tevap_r:Tcond_r	9.428e-04	7.564e-05	12.465	2.04e-07	***

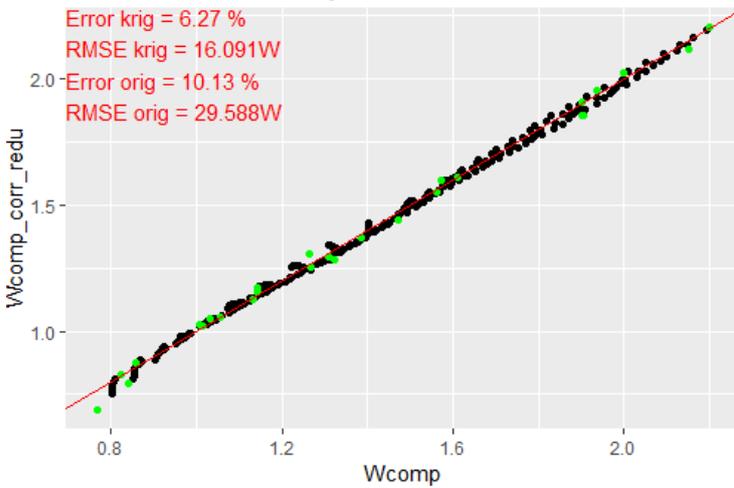
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	1.565e+02	4.438e+00	35.265	7.98e-12	***
Tevap_r	6.303e+00	1.866e-01	33.784	1.22e-11	***
Tcond_r	-1.095e+00	1.913e-01	-5.723	0.000192	***
I(Tevap_r^2)	6.907e-02	3.490e-03	19.790	2.38e-09	***
I(Tcond_r^2)	3.866e-04	2.071e-03	0.187	0.855651	
Tevap_r:Tcond_r	-2.404e-02	2.889e-03	-8.324	8.30e-06	***

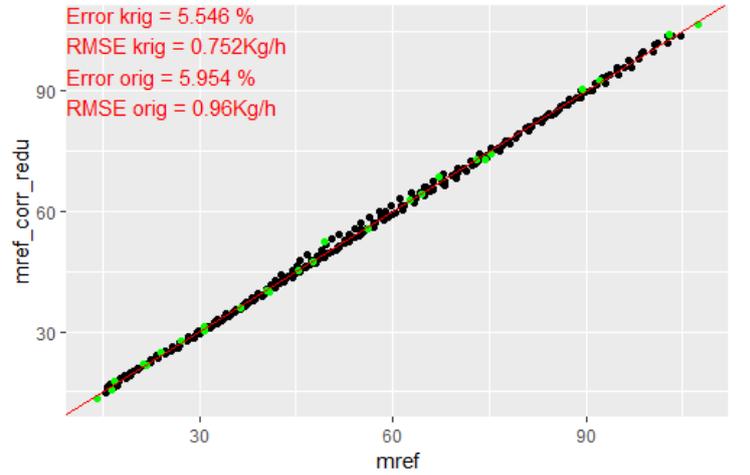
Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 22.22 K

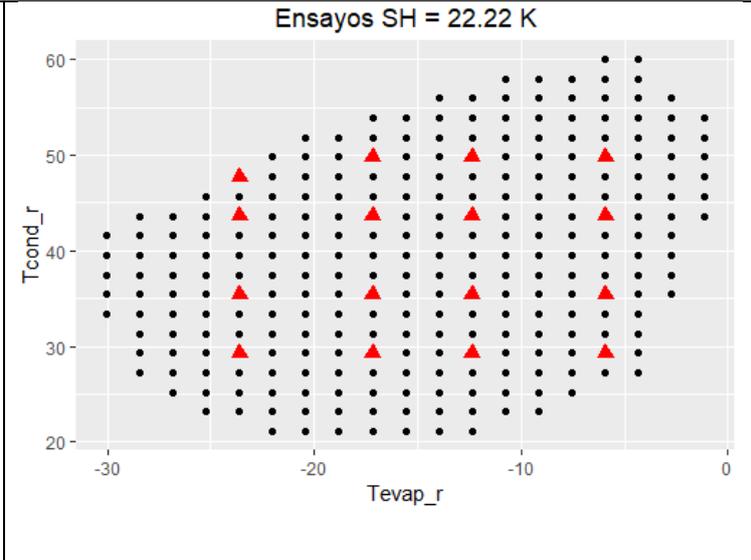
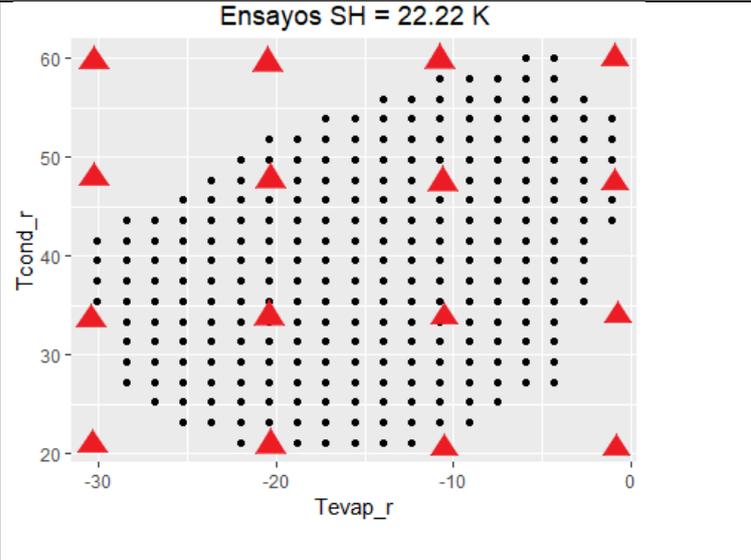


Regresión polinomio AHRI reducido mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño 4 niveles ortogonal SH22.22

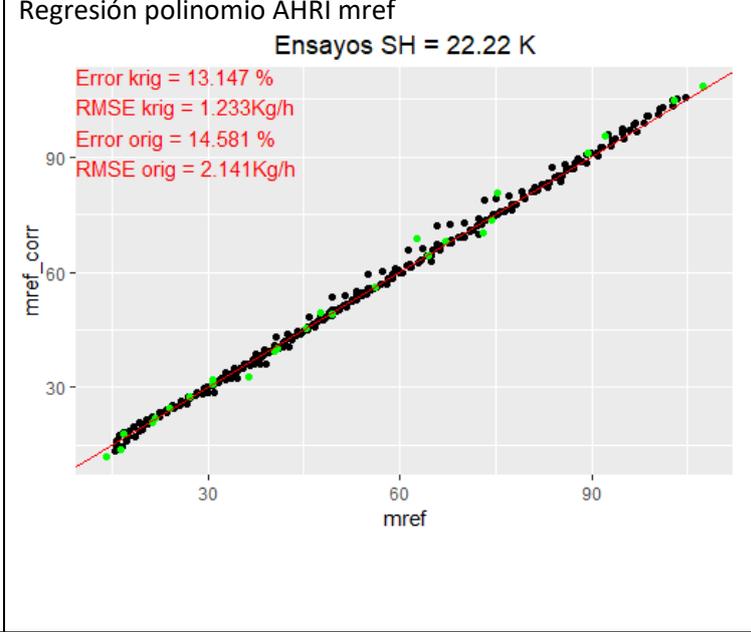
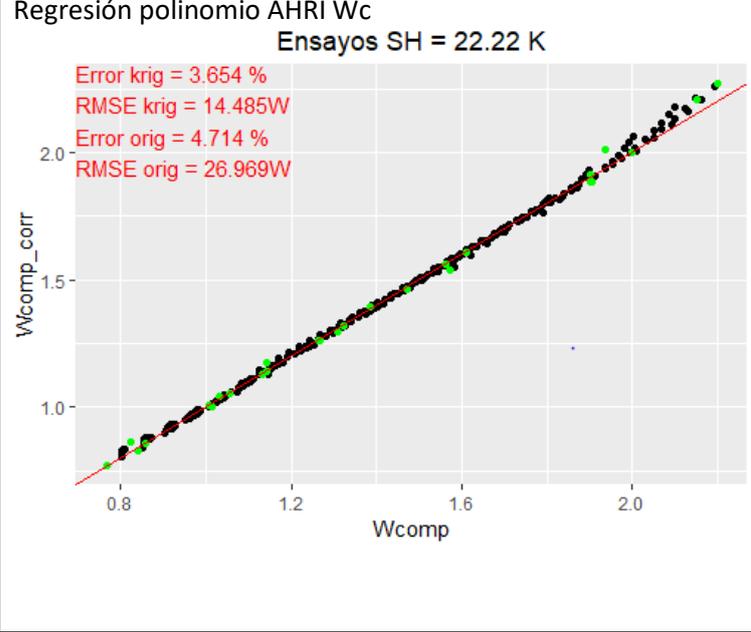


Coefficientes de Wc para AHRI y SH22.22
Coefficients:

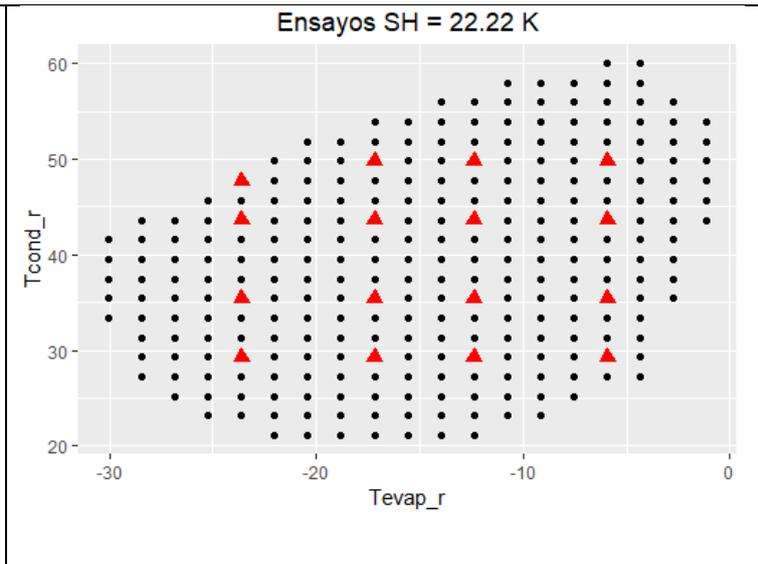
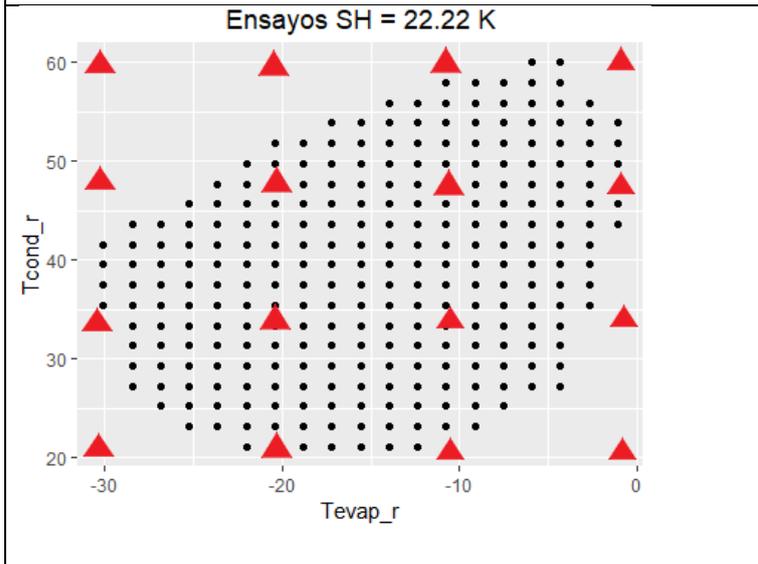
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	6.964e-01	4.602e-01	1.513	0.18101
Tevap_r	-5.023e-02	1.503e-02	-3.342	0.01558 *
Tcond_r	3.173e-02	3.442e-02	0.922	0.39218
I(Tevap_r^2)	-2.828e-03	6.469e-04	-4.372	0.00471 **
I(Tcond_r^2)	1.279e-05	8.575e-04	0.015	0.98858
I(Tevap_r^3)	-3.108e-05	1.346e-05	-2.309	0.06037 .
I(Tcond_r^3)	-8.396e-07	7.094e-06	-0.118	0.90965
Tevap_r:Tcond_r	1.329e-03	5.555e-04	2.392	0.05390 .
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	3.130e-05	5.972e-06	5.240	0.00194 **
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	9.315e-06	6.389e-06	1.458	0.19517

Coefficientes de mref para AHRI y SH22.22
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.537e+02	4.244e+01	3.623	0.01106 *
Tevap_r	9.040e+00	1.386e+00	6.522	0.00062 ***
Tcond_r	-2.097e-02	3.174e+00	-0.007	0.99494
I(Tevap_r^2)	1.366e-01	5.965e-02	2.290	0.06193 .
I(Tcond_r^2)	-4.179e-02	7.908e-02	-0.528	0.61613
I(Tevap_r^3)	4.679e-04	1.241e-03	0.377	0.71920
I(Tcond_r^3)	4.484e-04	6.542e-04	0.685	0.51866
Tevap_r:Tcond_r	-1.183e-01	5.122e-02	-2.309	0.06031 .
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-1.143e-03	5.507e-04	-2.076	0.08317 .
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	8.322e-04	5.892e-04	1.412	0.20754



Diseño 4 niveles ortogonal SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.060e-01	1.341e-01	5.265	0.000365 ***
Tevap_r	-9.672e-03	4.010e-03	-2.412	0.036541 *
Tcond_r	4.196e-02	6.574e-03	6.383	8.01e-05 ***
I(Tevap_r^2)	-2.120e-04	9.395e-05	-2.257	0.047632 *
I(Tcond_r^2)	-2.368e-04	8.093e-05	-2.925	0.015160 *
Tevap_r:Tcond_r	1.143e-03	7.041e-05	16.240	1.63e-08 ***

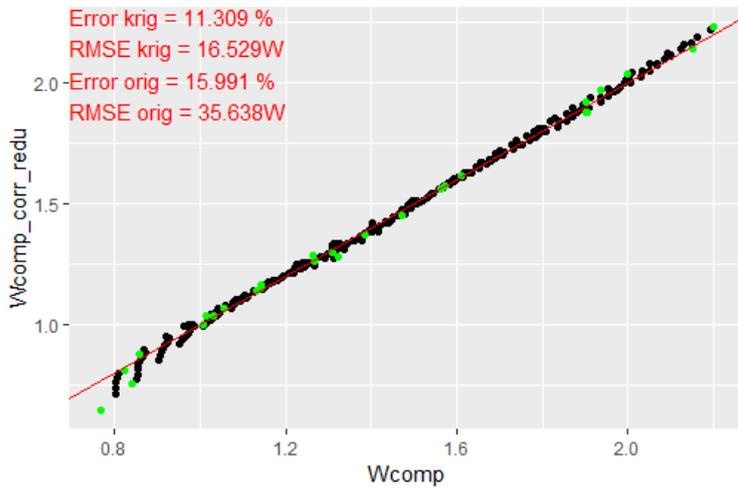
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.546e+02	6.655e+00	23.231	4.94e-10 ***
Tevap_r	6.229e+00	1.990e-01	31.298	2.60e-11 ***
Tcond_r	-1.014e+00	3.263e-01	-3.109	0.011084 *
I(Tevap_r^2)	7.115e-02	4.663e-03	15.258	2.97e-08 ***
I(Tcond_r^2)	3.228e-04	4.017e-03	0.080	0.937536
Tevap_r:Tcond_r	-1.964e-02	3.495e-03	-5.620	0.000222 ***

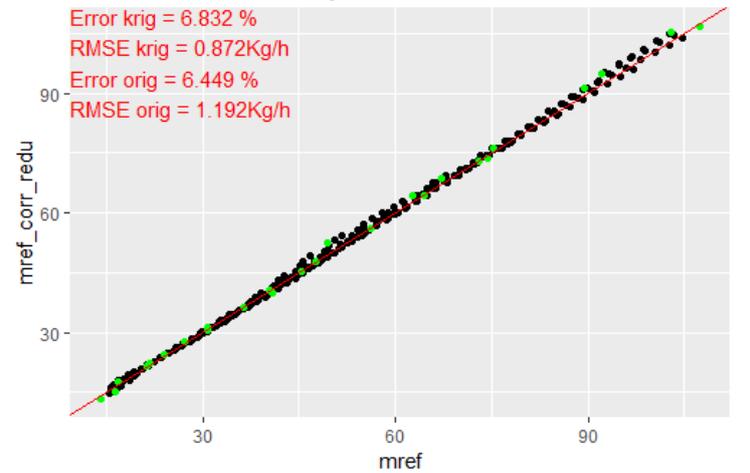
Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 22.22 K

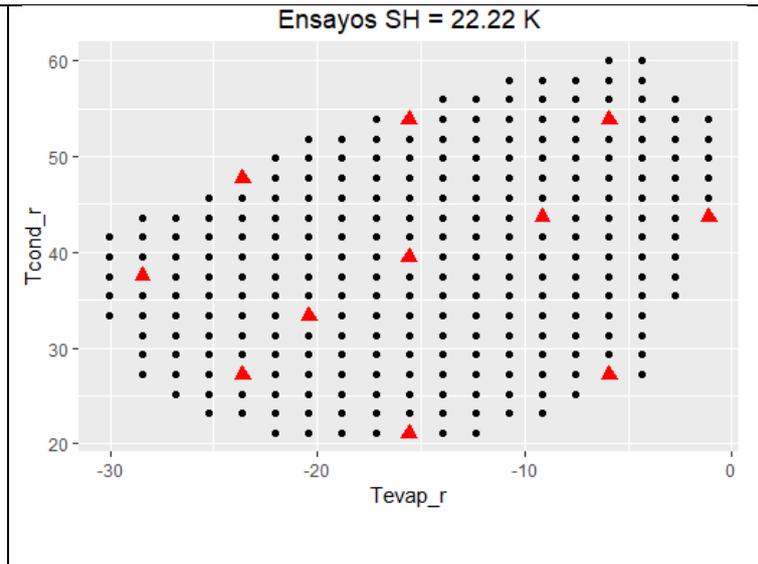
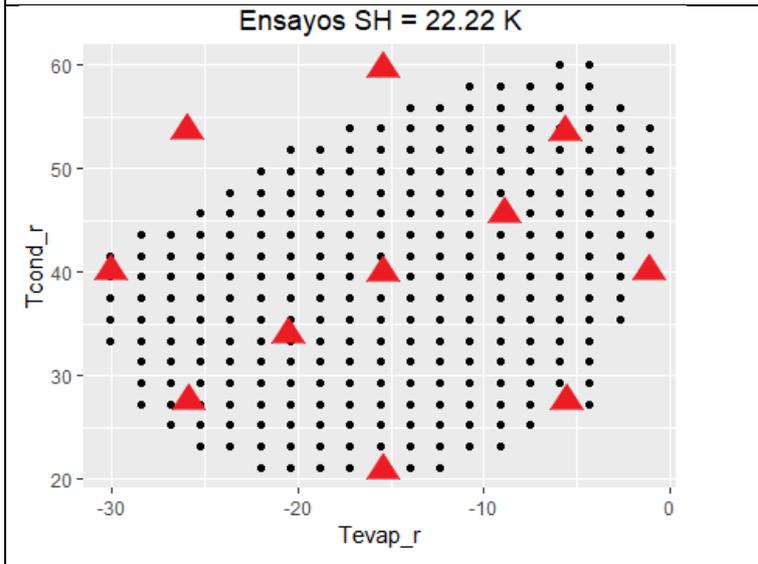


Regresión polinomio AHRI reducido mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño CCD + 2 ptos extra SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-4.862e-01	2.583e+00	-0.188	0.882
Tevap_r	-9.341e-02	1.393e-01	-0.671	0.624
Tcond_r	1.158e-01	1.705e-01	0.679	0.620
I(Tevap_r^2)	-3.555e-03	3.919e-03	-0.907	0.531
I(Tcond_r^2)	-1.875e-03	3.766e-03	-0.498	0.706
I(Tevap_r^3)	-3.555e-05	3.764e-05	-0.944	0.518
I(Tcond_r^3)	1.253e-05	2.770e-05	0.452	0.730
Tevap_r:Tcond_r	3.204e-03	4.657e-03	0.688	0.616
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	4.386e-05	5.802e-05	0.756	0.588
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	-1.157e-05	3.969e-05	-0.292	0.819

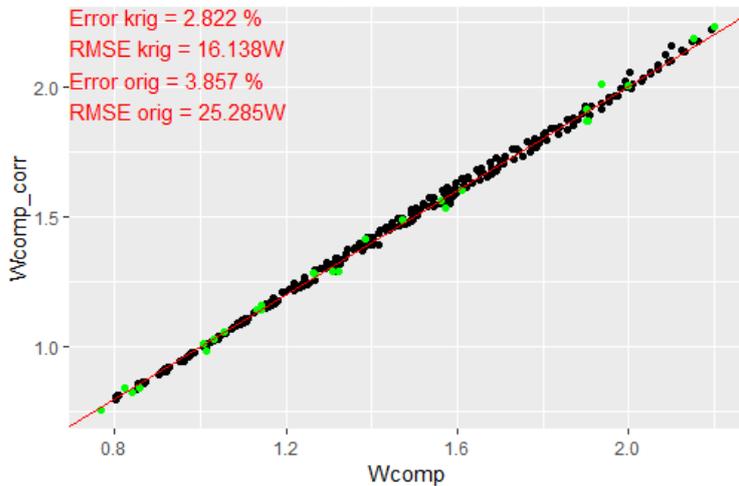
Coefficientes de mref para AHRI y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	18.887532	368.541379	0.051	0.967
Tevap_r	1.053795	19.876252	0.053	0.966
Tcond_r	8.656797	24.328828	0.356	0.782
I(Tevap_r^2)	-0.092409	0.559200	-0.165	0.896
I(Tcond_r^2)	-0.229823	0.537397	-0.428	0.743
I(Tevap_r^3)	-0.001644	0.005371	-0.306	0.811
I(Tcond_r^3)	0.001791	0.003953	0.453	0.729
Tevap_r:Tcond_r	0.137731	0.664596	0.207	0.870
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	0.002090	0.008280	0.252	0.843
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	-0.001340	0.005664	-0.237	0.852

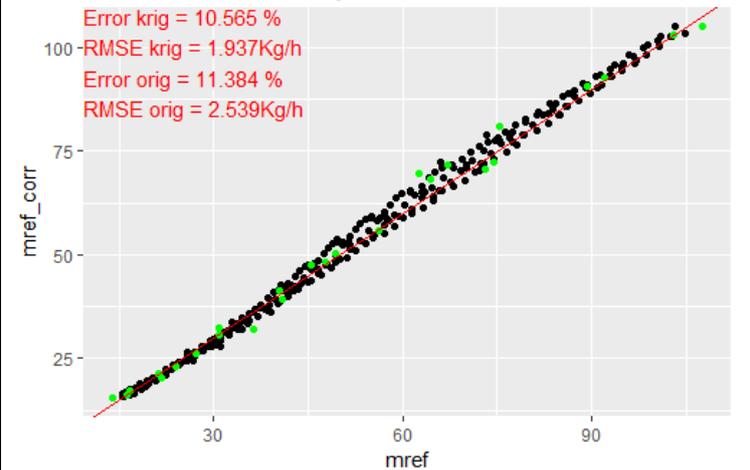
Regresión polinomio AHRI Wc

Ensayos SH = 22.22 K

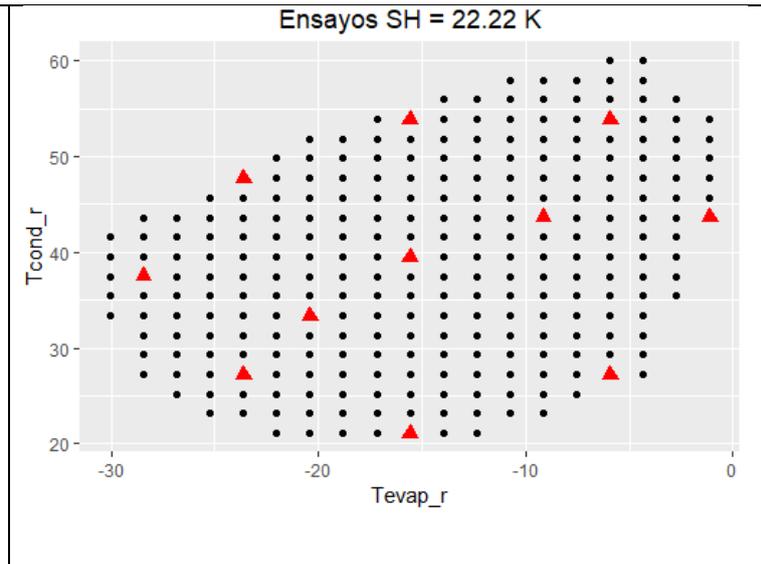
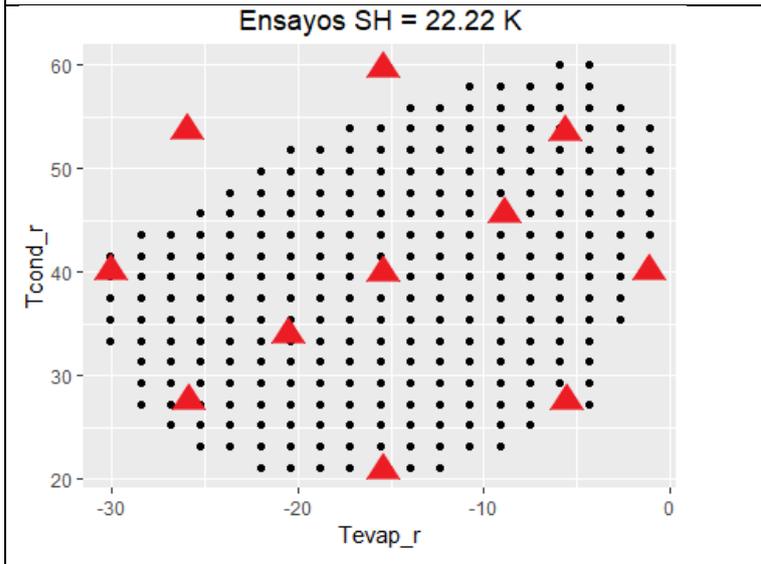


Regresión polinomio AHRI mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño CCD + 2 ptos extra SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.457e-01	1.151e-01	6.477	0.001308 **
Tevap_r	-7.618e-03	5.036e-03	-1.513	0.190779
Tcond_r	4.040e-02	5.160e-03	7.830	0.000545 ***
I(Tevap_r^2)	-2.116e-04	9.871e-05	-2.144	0.084890 .
I(Tcond_r^2)	-2.303e-04	6.204e-05	-3.712	0.013830 *
Tevap_r:Tcond_r	1.070e-03	8.826e-05	12.122	6.75e-05 ***

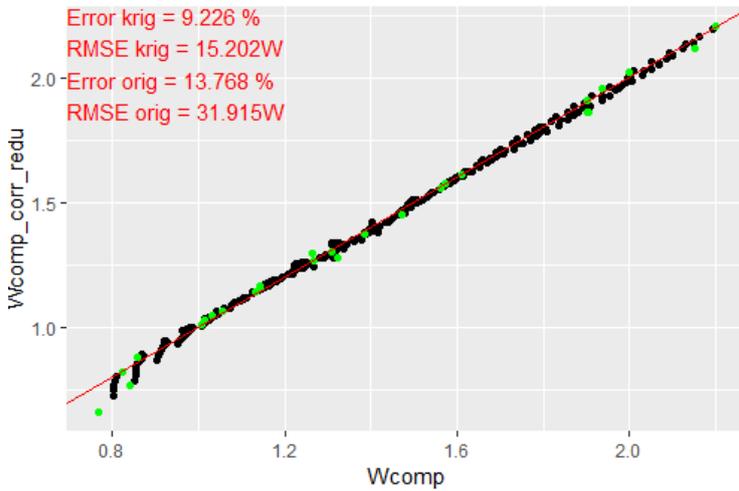
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	148.297795	7.867956	18.848	7.74e-06 ***
Tevap_r	6.060479	0.344167	17.609	1.08e-05 ***
Tcond_r	-0.722763	0.352660	-2.049	0.095708 .
I(Tevap_r^2)	0.062520	0.006746	9.267	0.000246 ***
I(Tcond_r^2)	-0.003902	0.004240	-0.920	0.399568
Tevap_r:Tcond_r	-0.022289	0.006032	-3.695	0.014069 *

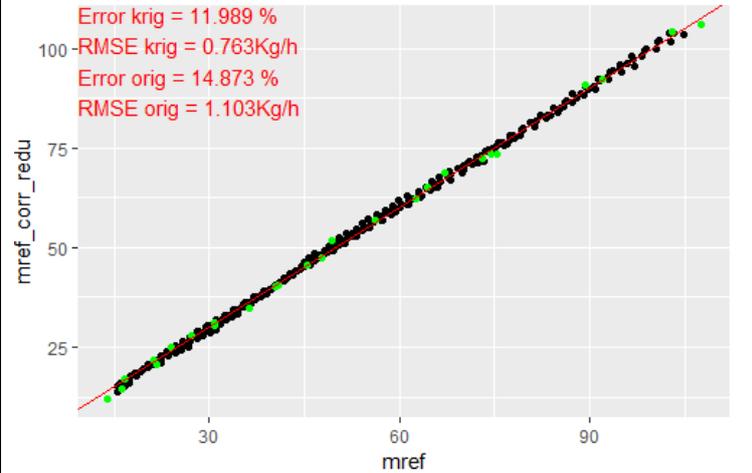
Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 22.22 K

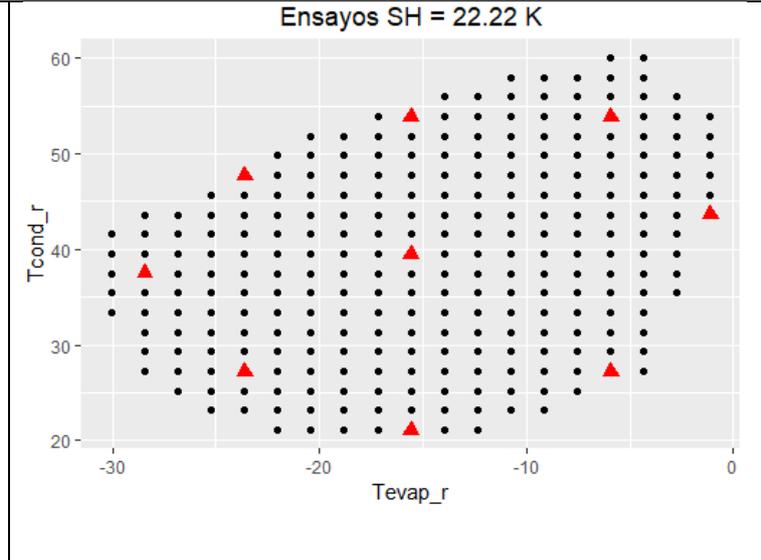
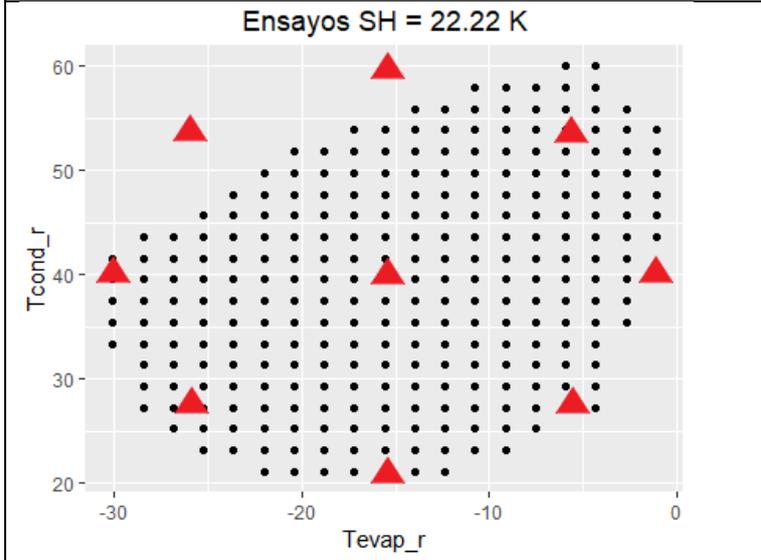


Regresión polinomio AHRI reducido mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño CCD SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

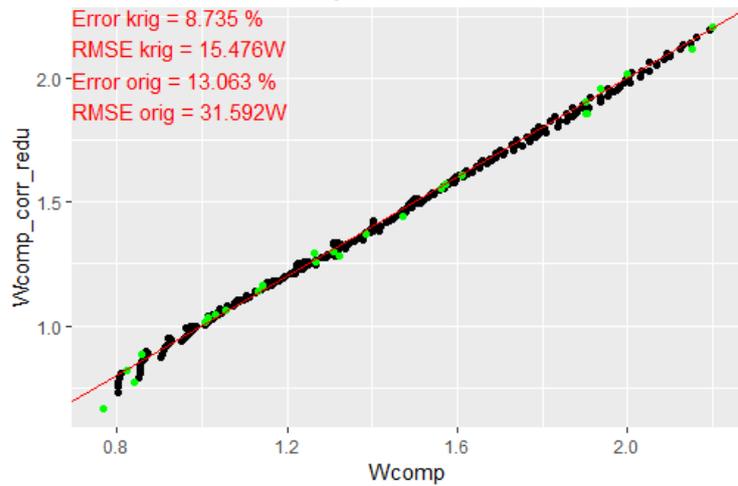
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.769e-01	1.755e-01	4.427	0.02141 *
Tevap_r	-6.786e-03	7.137e-03	-0.951	0.41181
Tcond_r	3.883e-02	8.042e-03	4.828	0.01694 *
I(Tevap_r^2)	-1.861e-04	1.462e-04	-1.273	0.29271
I(Tcond_r^2)	-2.116e-04	9.609e-05	-2.202	0.11492
Tevap_r:Tcond_r	1.064e-03	1.128e-04	9.430	0.00253 **

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

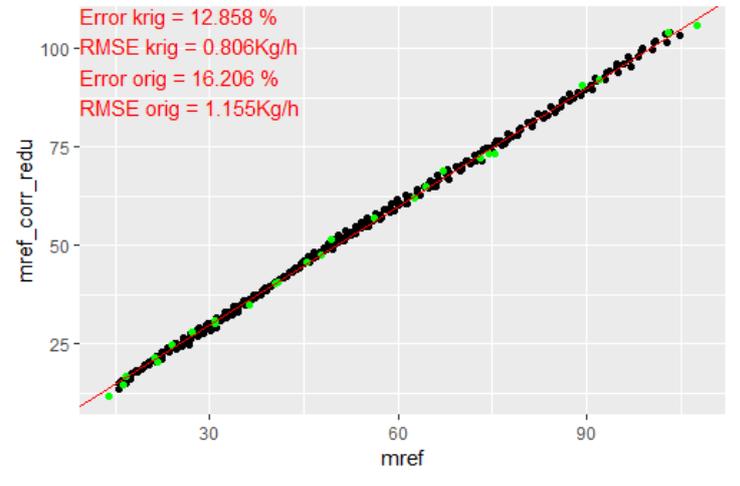
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	147.106977	12.577663	11.696	0.00134 **
Tevap_r	6.026447	0.511465	11.783	0.00131 **
Tcond_r	-0.663562	0.576377	-1.151	0.33305
I(Tevap_r^2)	0.061553	0.010476	5.876	0.00983 **
I(Tcond_r^2)	-0.004604	0.006886	-0.669	0.55165
Tevap_r:Tcond_r	-0.022014	0.008083	-2.724	0.07233 .

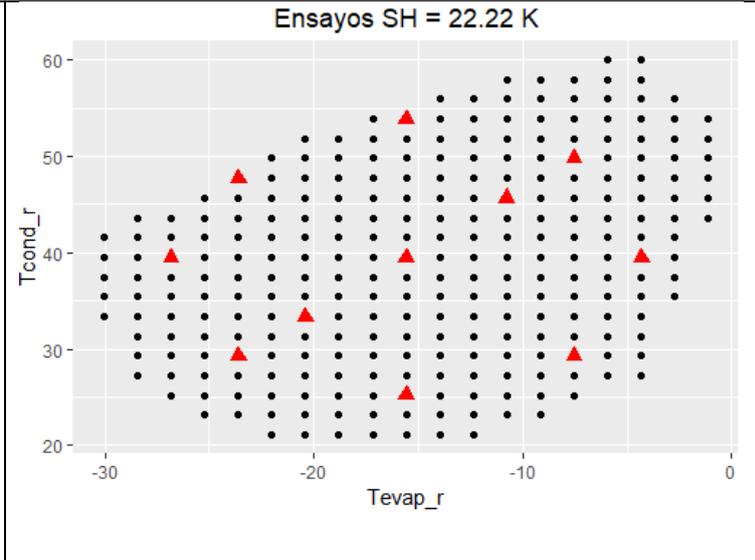
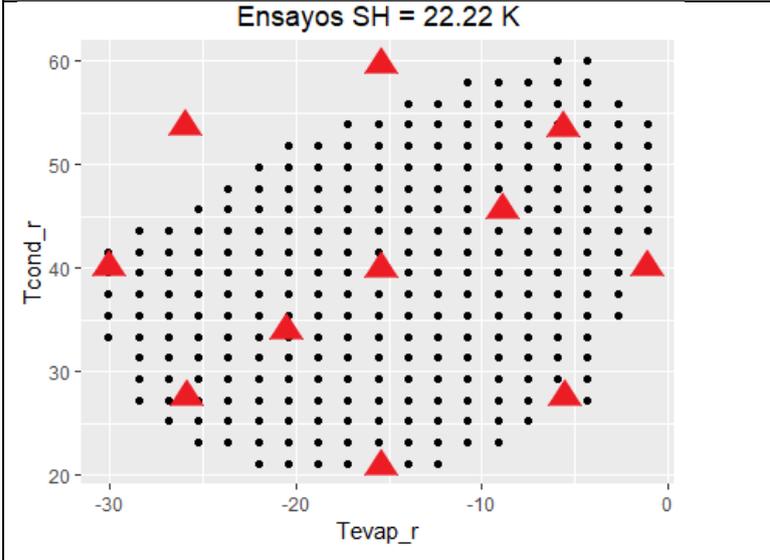
Regresión polinomio AHRI reducido Wc
Ensayos SH = 22.22 K



Regresión polinomio AHRI reducido mref
Ensayos SH = 22.22 K



Diseño CCD + 2 pts extra ortogonal SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI y SH22.22

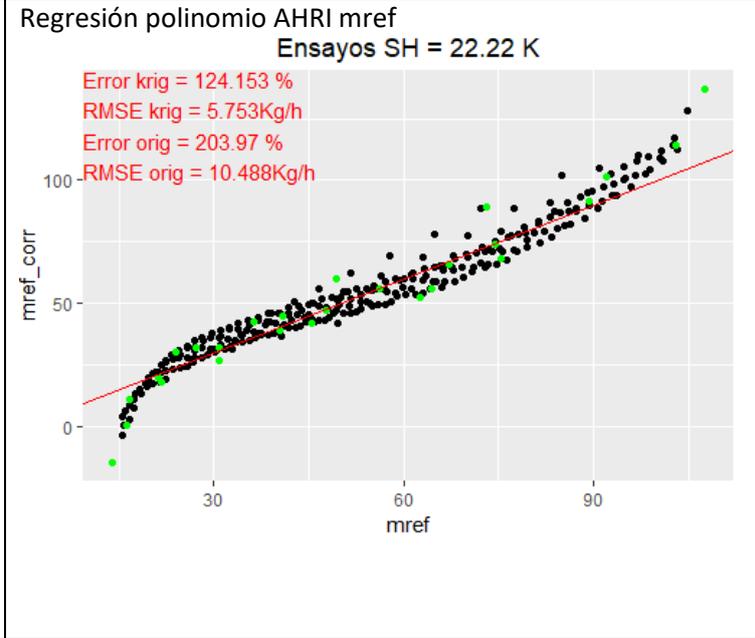
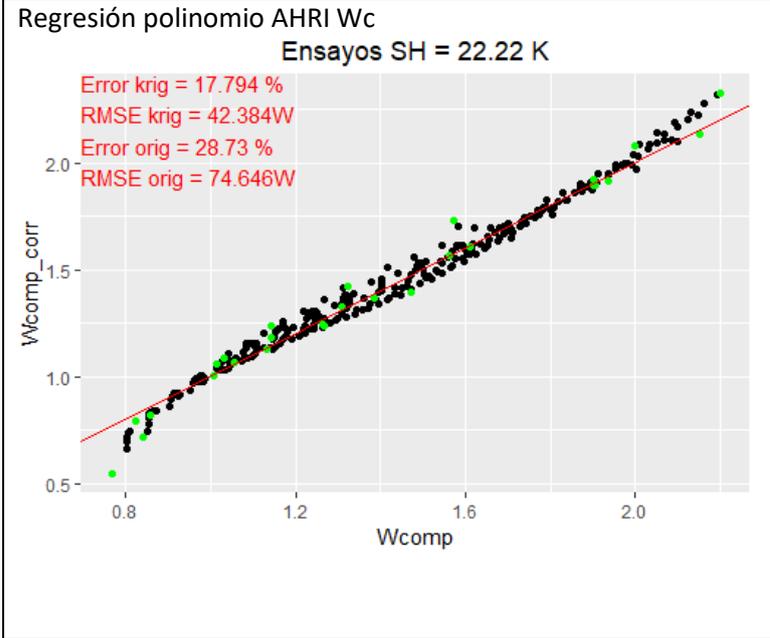
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	4.727e+00	1.081e+00	4.375	0.143
Tevap_r	1.726e-01	5.682e-02	3.037	0.203
Tcond_r	-2.154e-01	6.643e-02	-3.242	0.190
I(Tevap_r^2)	4.102e-03	1.691e-03	2.426	0.249
I(Tcond_r^2)	5.258e-03	1.408e-03	3.734	0.167
I(Tevap_r^3)	5.580e-05	2.072e-05	2.692	0.226
I(Tcond_r^3)	-3.828e-05	1.005e-05	-3.810	0.163
Tevap_r:Tcond_r	-5.213e-03	1.707e-03	-3.053	0.202
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-4.367e-05	1.891e-05	-2.309	0.260
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	6.409e-05	1.470e-05	4.360	0.144

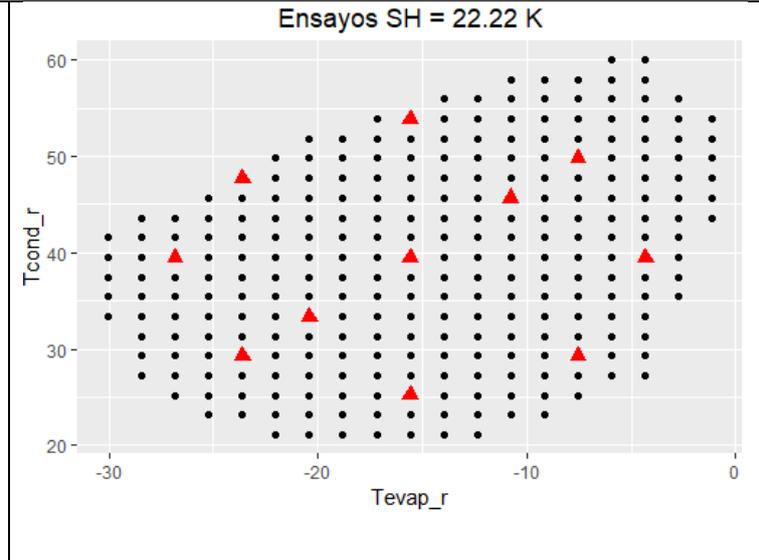
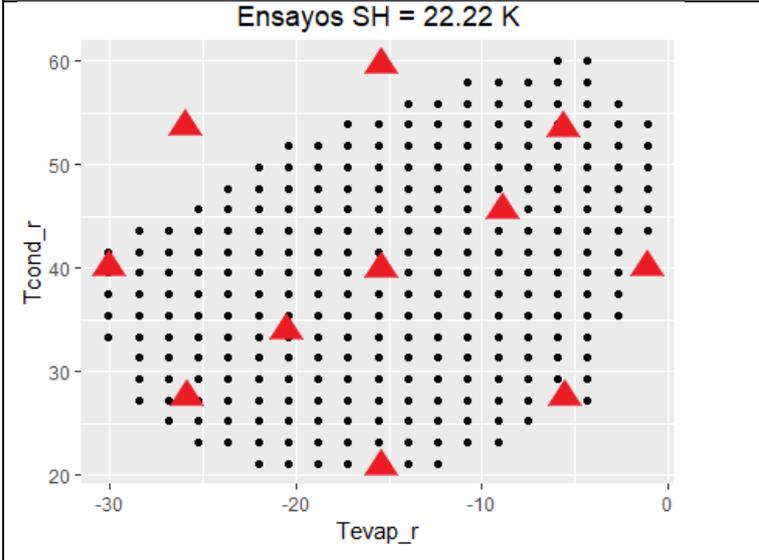
Coefficientes de mref para AHRI y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	761.533348	118.752085	6.413	0.0985
Tevap_r	40.520606	6.244024	6.490	0.0973
Tcond_r	-37.644176	7.299425	-5.157	0.1219
I(Tevap_r^2)	1.048886	0.185837	5.644	0.1116
I(Tcond_r^2)	0.757345	0.154735	4.894	0.1283
I(Tevap_r^3)	0.011456	0.002277	5.030	0.1249
I(Tcond_r^3)	-0.005245	0.001104	-4.751	0.1321
Tevap_r:Tcond_r	-1.085516	0.187631	-5.785	0.1090
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-0.011449	0.002078	-5.509	0.1143
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	0.009190	0.001615	5.689	0.1108



Diseño CCD + 2 pts extra ortogonal SH22.22

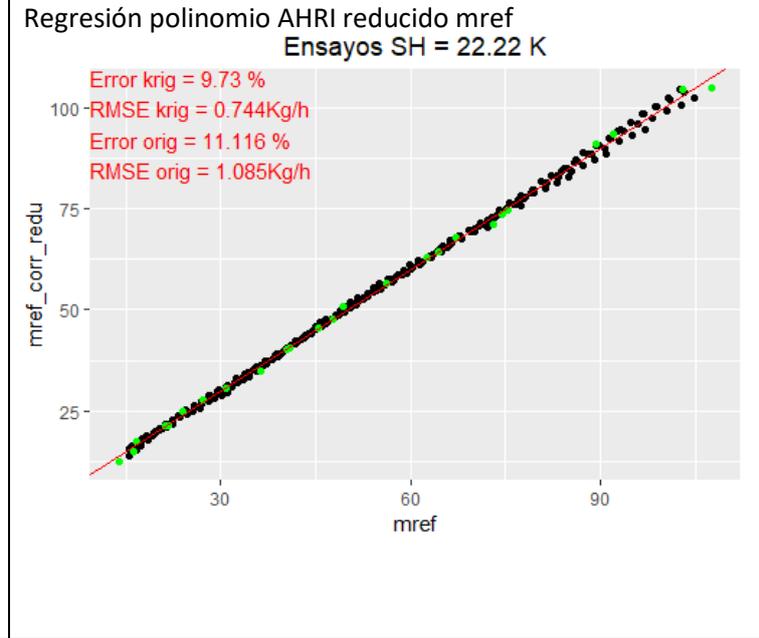
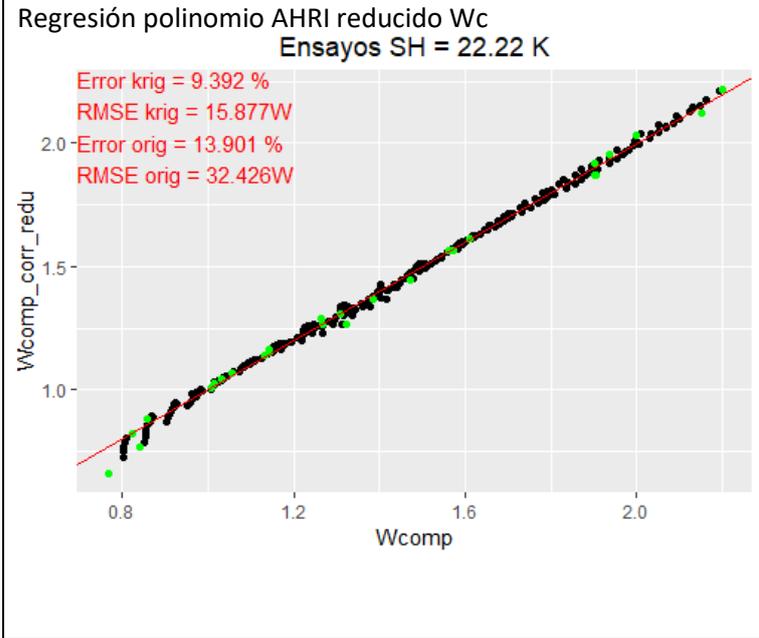


Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22
Coefficients:

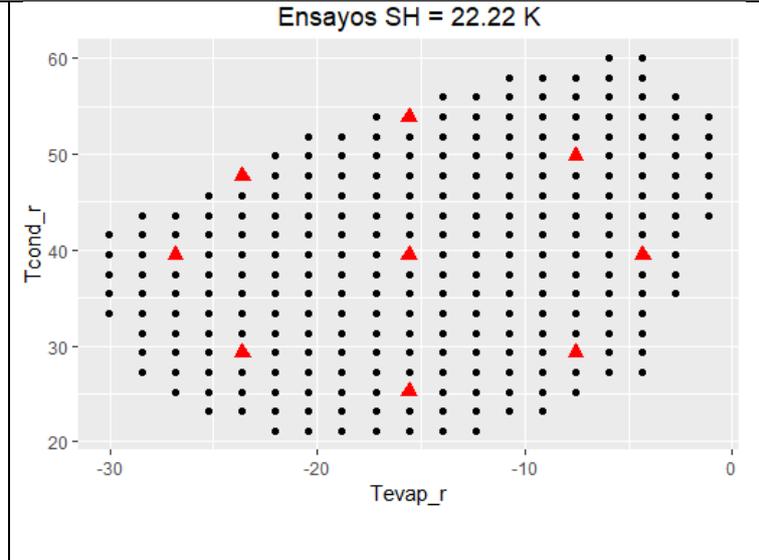
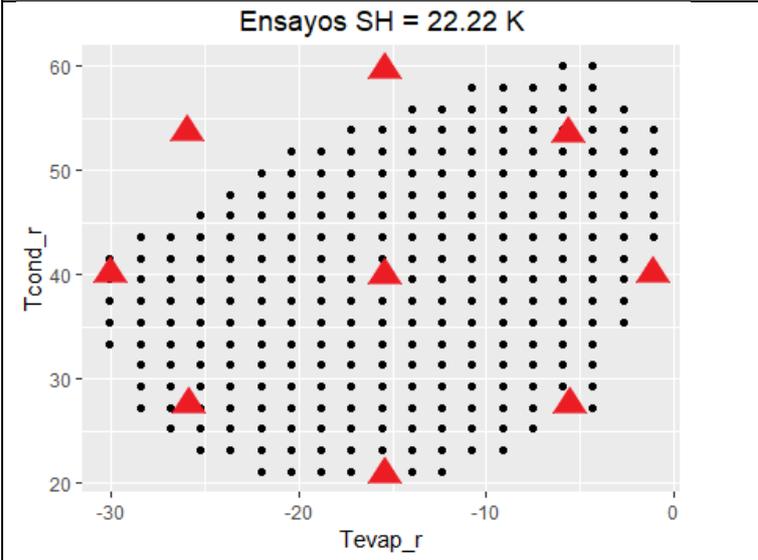
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	6.582e-01	1.566e-01	4.203	0.008465	**
Tevap_r	-9.208e-03	5.946e-03	-1.549	0.182145	
Tcond_r	4.428e-02	6.974e-03	6.350	0.001430	**
I(Tevap_r^2)	-2.089e-04	1.388e-04	-1.505	0.192739	
I(Tcond_r^2)	-2.676e-04	8.615e-05	-3.106	0.026658	*
Tevap_r:Tcond_r	1.119e-03	1.094e-04	10.222	0.000154	***

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	142.987270	9.938695	14.387	2.93e-05	***
Tevap_r	5.937804	0.377354	15.735	1.88e-05	***
Tcond_r	-0.530678	0.442605	-1.199	0.284251	
I(Tevap_r^2)	0.064978	0.008811	7.374	0.000721	***
I(Tcond_r^2)	-0.005114	0.005468	-0.935	0.392551	
Tevap_r:Tcond_r	-0.017377	0.006945	-2.502	0.054349	.



Diseño CCD ortogonal SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

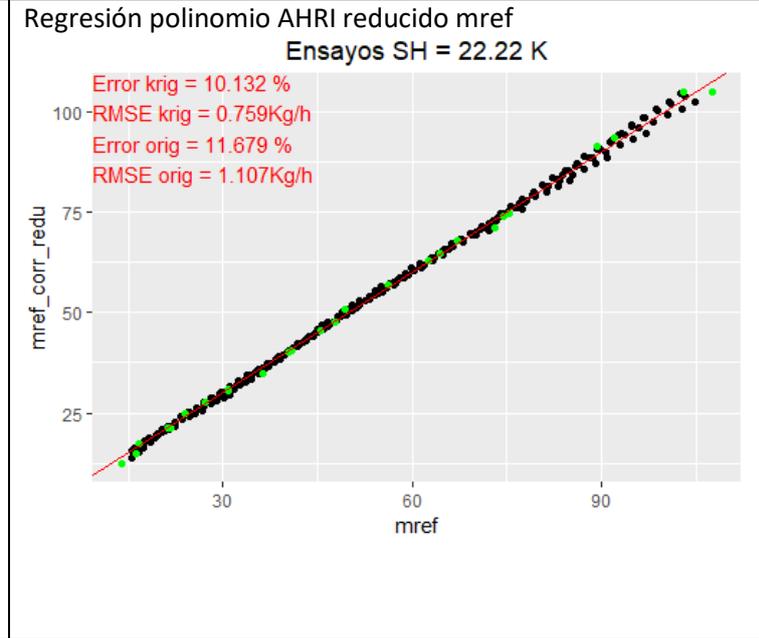
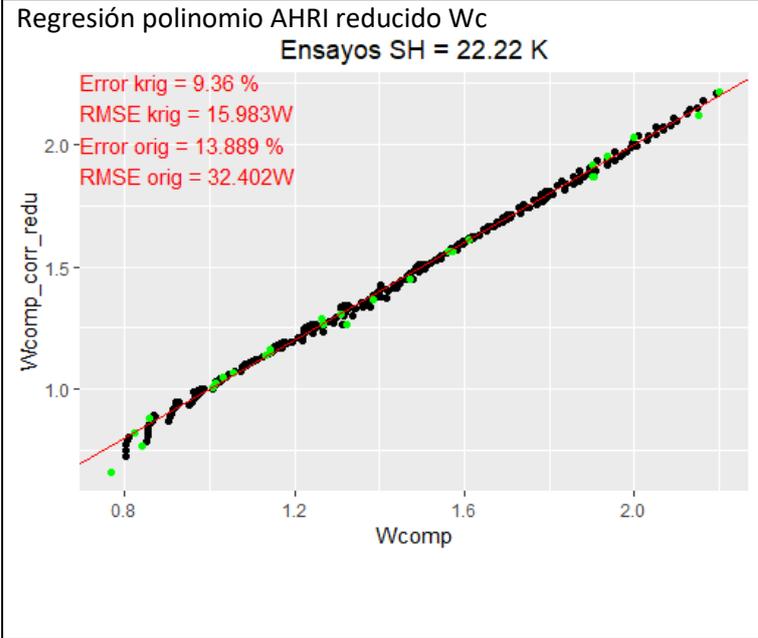
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.6478945	0.2391975	2.709	0.07325 .
Tevap_r	-0.0097201	0.0088471	-1.099	0.35218
Tcond_r	0.0447093	0.0105224	4.249	0.02389 *
I(Tevap_r^2)	-0.0002182	0.0002058	-1.060	0.36684
I(Tcond_r^2)	-0.0002733	0.0001275	-2.143	0.12147
Tevap_r:Tcond_r	0.0011220	0.0001425	7.873	0.00427 **

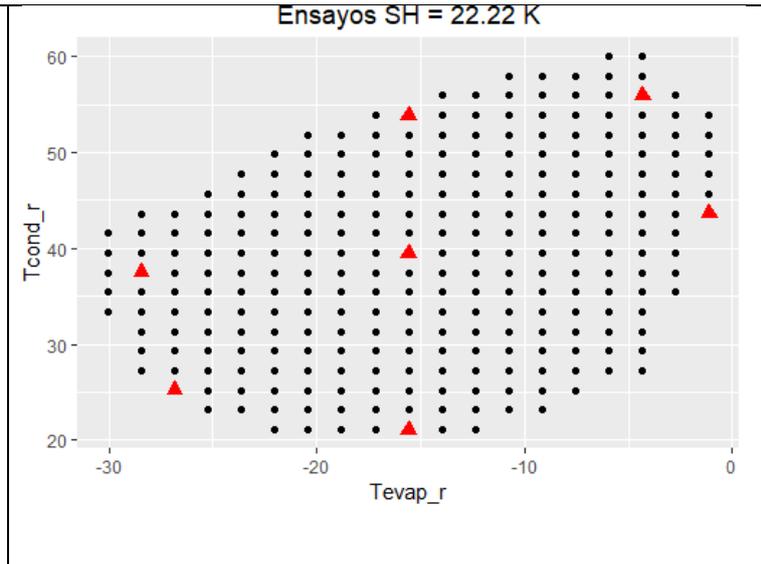
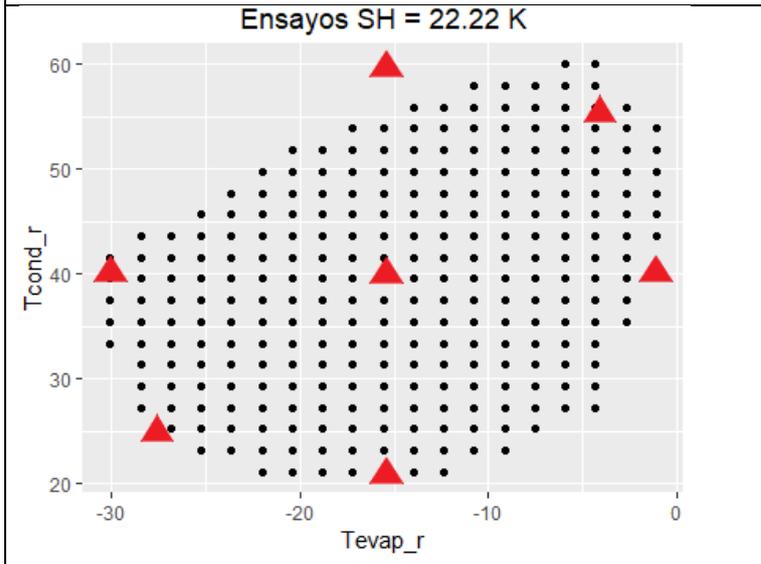
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	142.722144	15.378364	9.281	0.00265 **
Tevap_r	5.934920	0.568794	10.434	0.00188 **
Tcond_r	-0.518739	0.676501	-0.767	0.49902
I(Tevap_r^2)	0.064810	0.013232	4.898	0.01629 *
I(Tcond_r^2)	-0.005220	0.008199	-0.637	0.56963
Tevap_r:Tcond_r	-0.017340	0.009162	-1.893	0.15475



SCD SH22.22

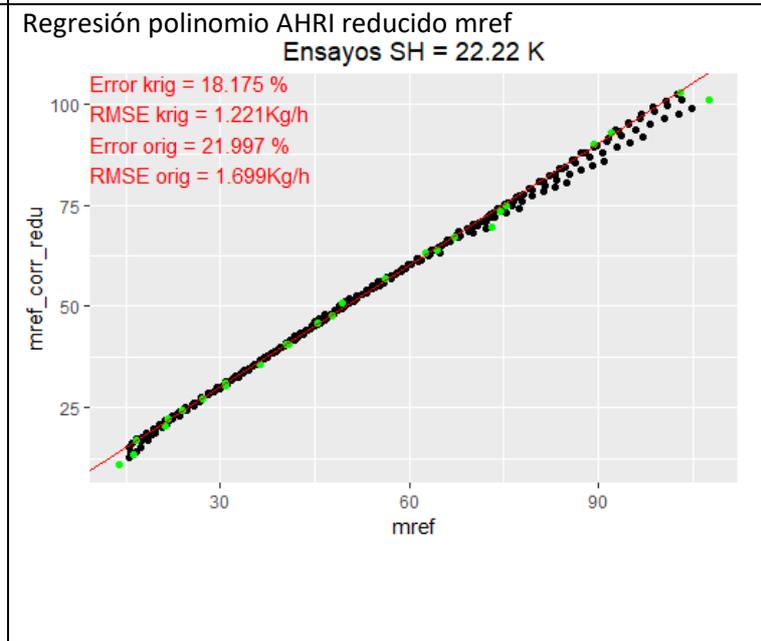
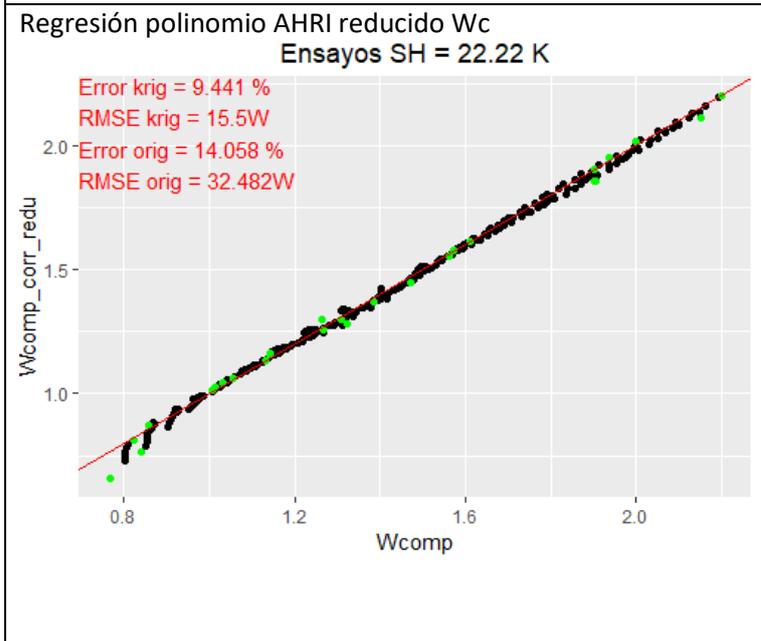


Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22
Coefficients:

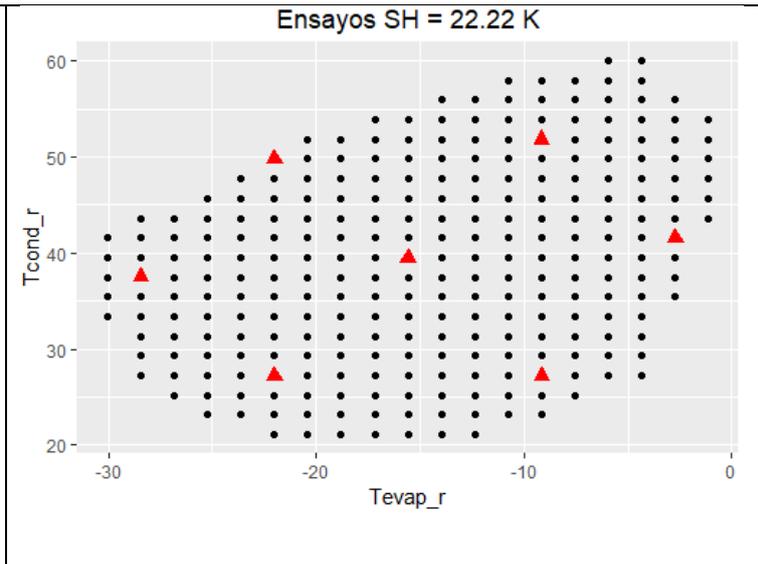
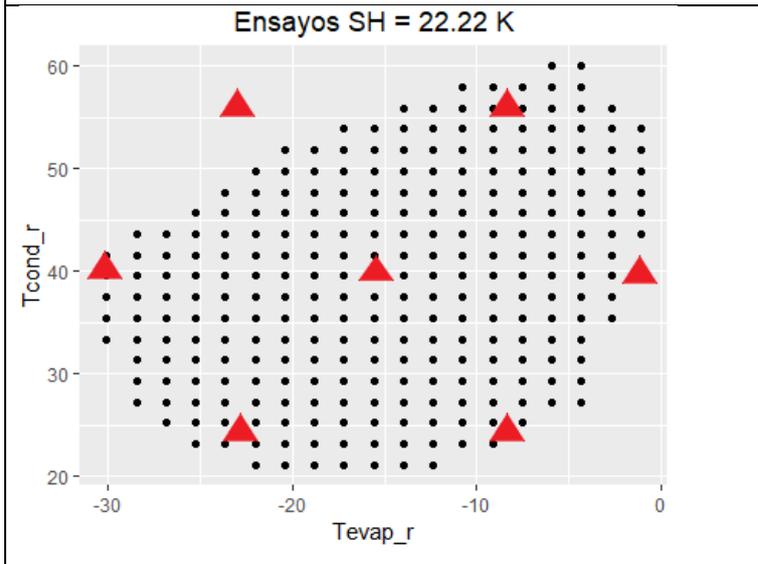
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.7692069	0.4565071	1.685	0.341
Tevap_r	-0.0062461	0.0210177	-0.297	0.816
Tcond_r	0.0394324	0.0177757	2.218	0.270
I(Tevap_r^2)	-0.0002099	0.0003104	-0.676	0.622
I(Tcond_r^2)	-0.0002229	0.0001823	-1.222	0.436
Tevap_r:Tcond_r	0.0010363	0.0003346	3.097	0.199

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	130.263618	2.823973	46.128	0.0138 *
Tevap_r	5.152519	0.130017	39.630	0.0161 *
Tcond_r	-0.215786	0.109961	-1.962	0.3000
I(Tevap_r^2)	0.055755	0.001920	29.038	0.0219 *
I(Tcond_r^2)	-0.006818	0.001128	-6.044	0.1044
Tevap_r:Tcond_r	-0.006169	0.002070	-2.980	0.2061



Hexa SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.7630794	0.3490853	2.186	0.273
Tevap_r	-0.0081756	0.0116417	-0.702	0.610
Tcond_r	0.0390691	0.0161564	2.418	0.250
I(Tevap_r^2)	-0.0002248	0.0002237	-1.005	0.498
I(Tcond_r^2)	-0.0002109	0.0001980	-1.065	0.480
Tevap_r:Tcond_r	0.0010696	0.0002003	5.340	0.118

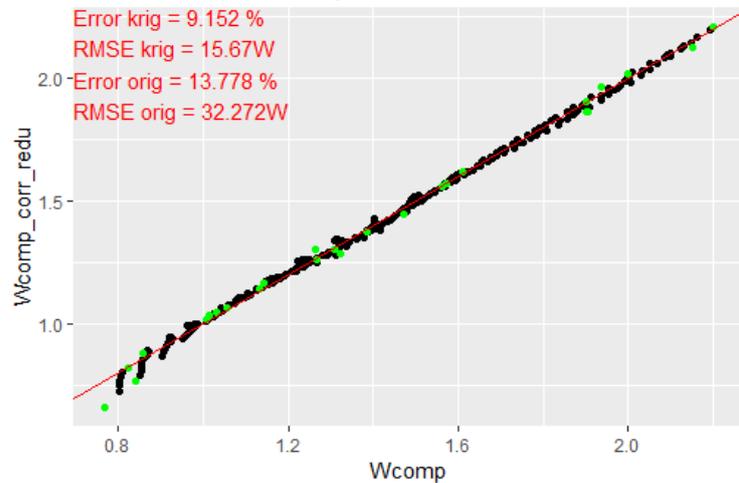
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.502e+02	9.321e+00	16.115	0.0395 *
Tevap_r	5.709e+00	3.109e-01	18.366	0.0346 *
Tcond_r	-9.621e-01	4.314e-01	-2.230	0.2683
I(Tevap_r^2)	5.806e-02	5.972e-03	9.722	0.0653 .
I(Tcond_r^2)	-3.405e-05	5.286e-03	-0.006	0.9959
Tevap_r:Tcond_r	-1.744e-02	5.349e-03	-3.261	0.1894

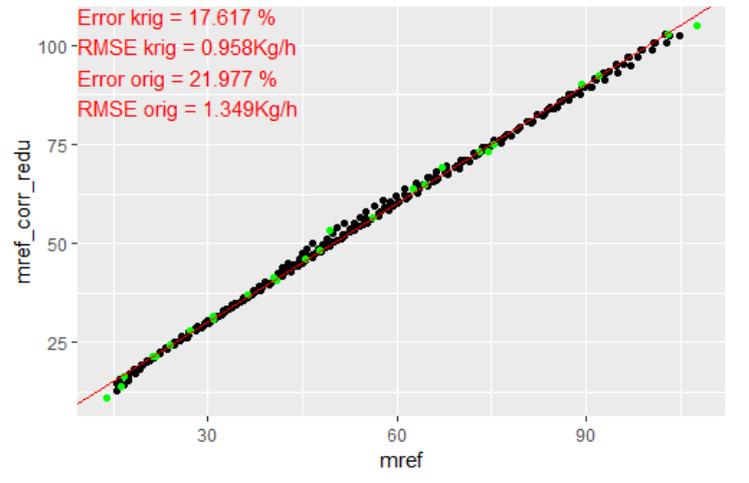
Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 22.22 K

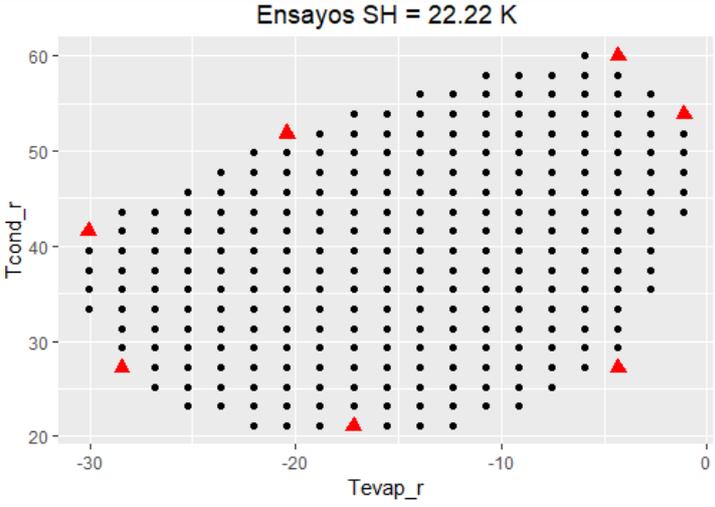


Regresión polinomio AHRI reducido mref

Ensayos SH = 22.22 K



Opt Federov 7 ptos "D" SH22.22

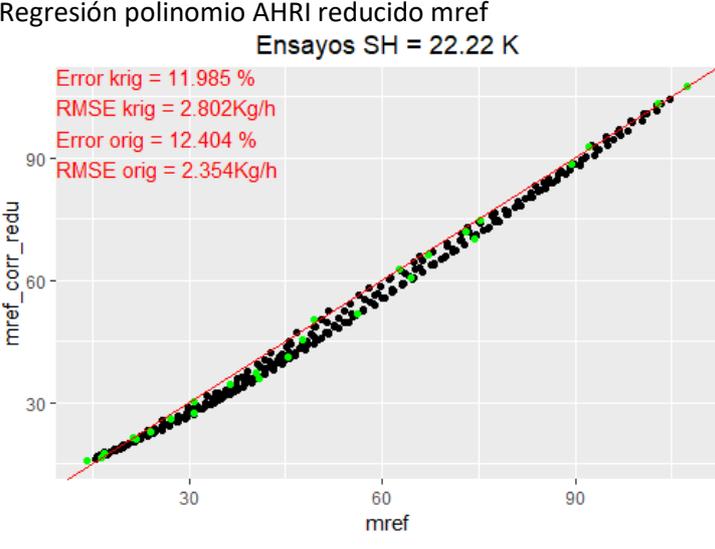
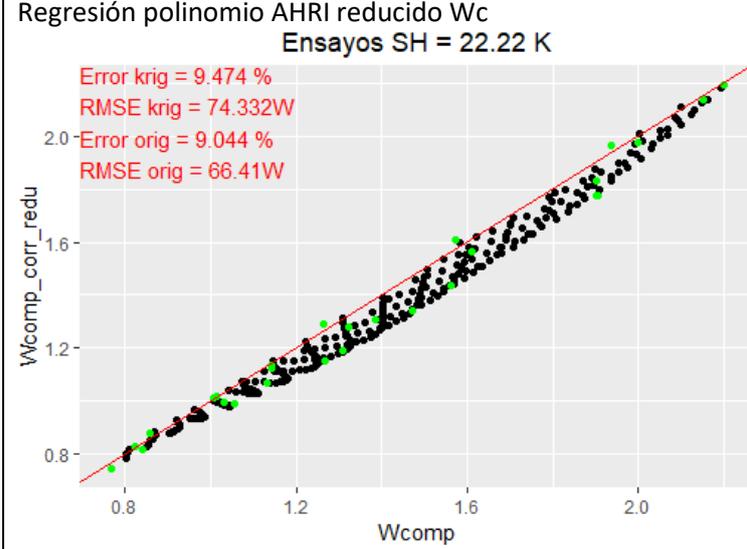


Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22
Coefficients:

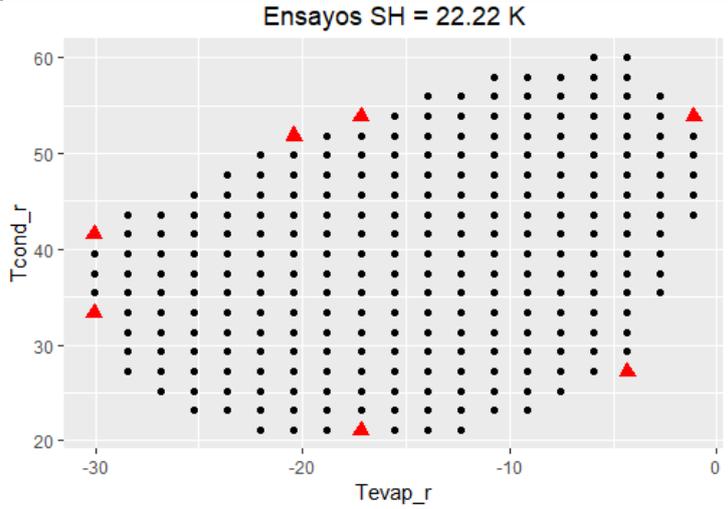
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.4844024	0.6103416	2.432	0.248
Tevap_r	0.0234739	0.0205444	1.143	0.458
Tcond_r	0.0068816	0.0293034	0.235	0.853
I(Tevap_r^2)	0.0004033	0.0004120	0.979	0.507
I(Tcond_r^2)	0.0001351	0.0003306	0.408	0.753
Tevap_r:Tcond_r	0.0007007	0.0002549	2.748	0.222

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	176.809686	27.870701	6.344	0.0995
Tevap_r	7.366291	0.938142	7.852	0.0806
Tcond_r	-1.975141	1.338113	-1.476	0.3791
I(Tevap_r^2)	0.091105	0.018812	4.843	0.1296
I(Tcond_r^2)	0.009924	0.015099	0.657	0.6298
Tevap_r:Tcond_r	-0.034793	0.011641	-2.989	0.2055



Opt Federov 7 ptos "A" SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

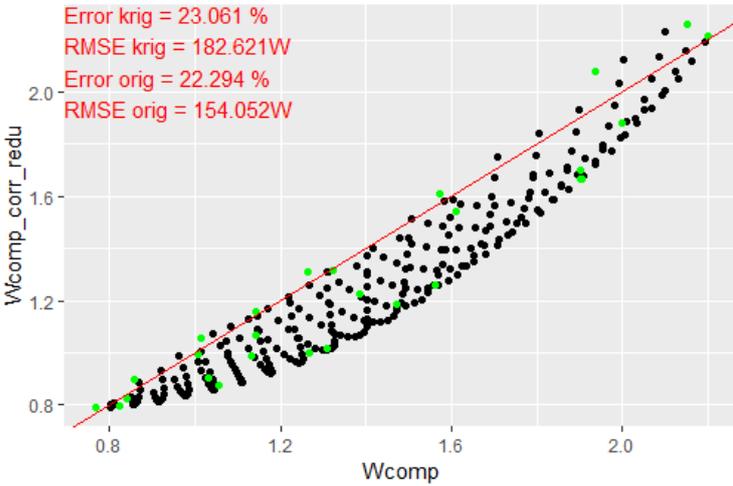
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.634e+00	9.880e-02	26.66	0.0239 *
Tevap_r	5.316e-02	2.821e-03	18.85	0.0337 *
Tcond_r	-5.207e-02	4.977e-03	-10.46	0.0607 .
I(Tevap_r^2)	1.069e-03	5.839e-05	18.31	0.0347 *
I(Tcond_r^2)	8.423e-04	5.888e-05	14.30	0.0444 *
Tevap_r:Tcond_r	3.924e-04	3.261e-05	12.03	0.0528 .

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

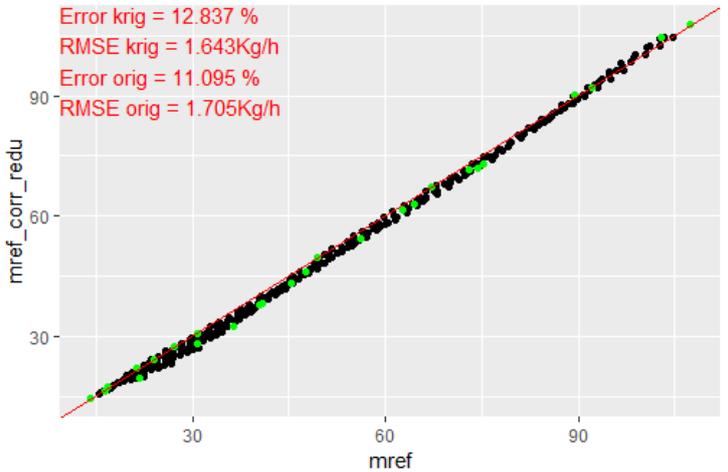
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	163.248277	23.321580	7.000	0.0903 .
Tevap_r	7.094568	0.665864	10.655	0.0596 .
Tcond_r	-1.246910	1.174689	-1.061	0.4810
I(Tevap_r^2)	0.080135	0.013782	5.815	0.1084
I(Tcond_r^2)	0.000804	0.013898	0.058	0.9632
Tevap_r:Tcond_r	-0.034871	0.007697	-4.530	0.1383

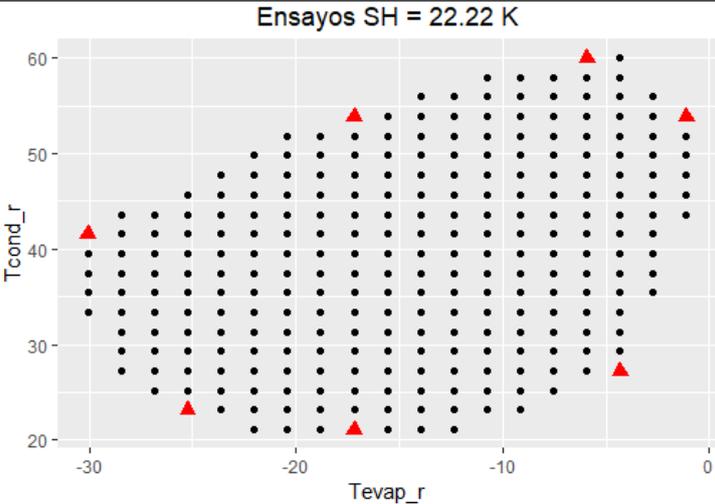
Regresión polinomio AHRI reducido Wc
Ensayos SH = 22.22 K



Regresión polinomio AHRI reducido mref
Ensayos SH = 22.22 K



Opt Federov 7 pto "I" SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

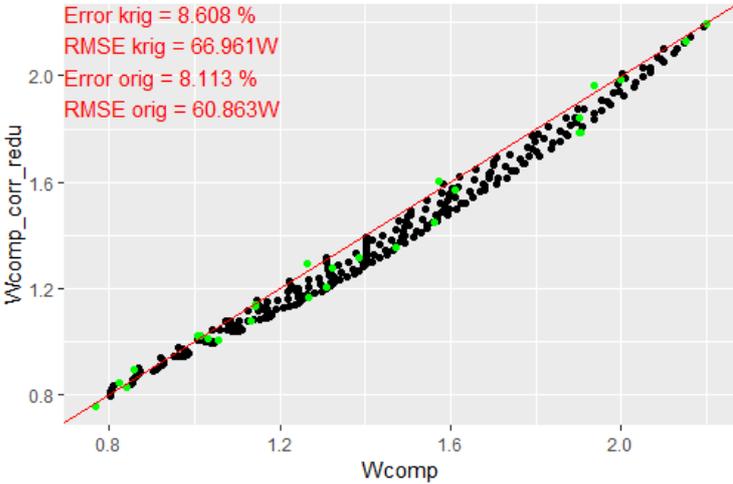
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.395e+00	5.043e-01	2.767	0.221
Tevap_r	2.119e-02	1.641e-02	1.291	0.420
Tcond_r	1.116e-02	2.428e-02	0.460	0.726
I(Tevap_r^2)	3.854e-04	3.263e-04	1.181	0.447
I(Tcond_r^2)	8.814e-05	2.749e-04	0.321	0.803
Tevap_r:Tcond_r	7.424e-04	2.083e-04	3.565	0.174

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

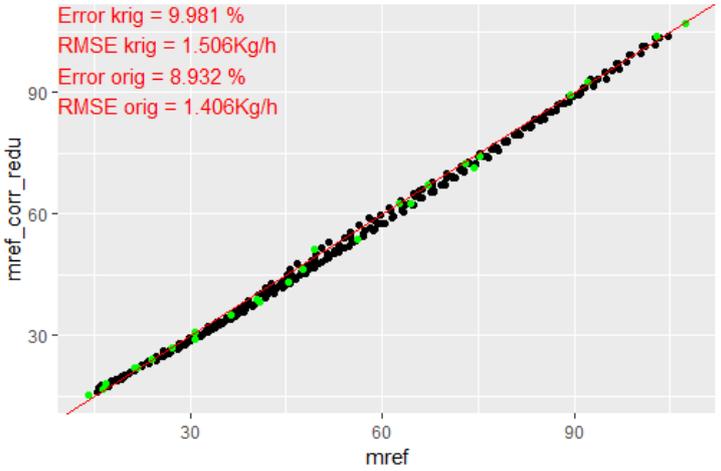
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	165.427728	42.397422	3.902	0.160
Tevap_r	6.866024	1.379724	4.976	0.126
Tcond_r	-1.460738	2.041583	-0.715	0.605
I(Tevap_r^2)	0.081399	0.027437	2.967	0.207
I(Tcond_r^2)	0.004225	0.023118	0.183	0.885
Tevap_r:Tcond_r	-0.029574	0.017511	-1.689	0.340

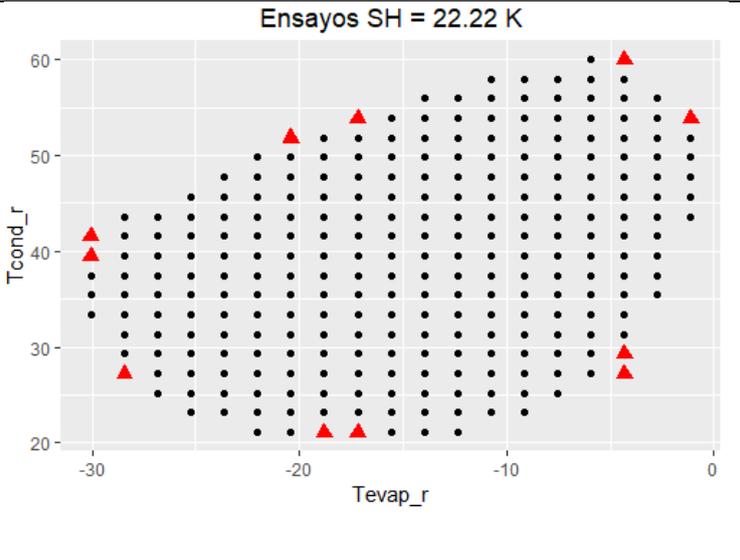
Regresión polinomio AHRI reducido Wc
Ensayos SH = 22.22 K



Regresión polinomio AHRI reducido mref
Ensayos SH = 22.22 K



Opt Federov 11 ptos "D" SH22.22

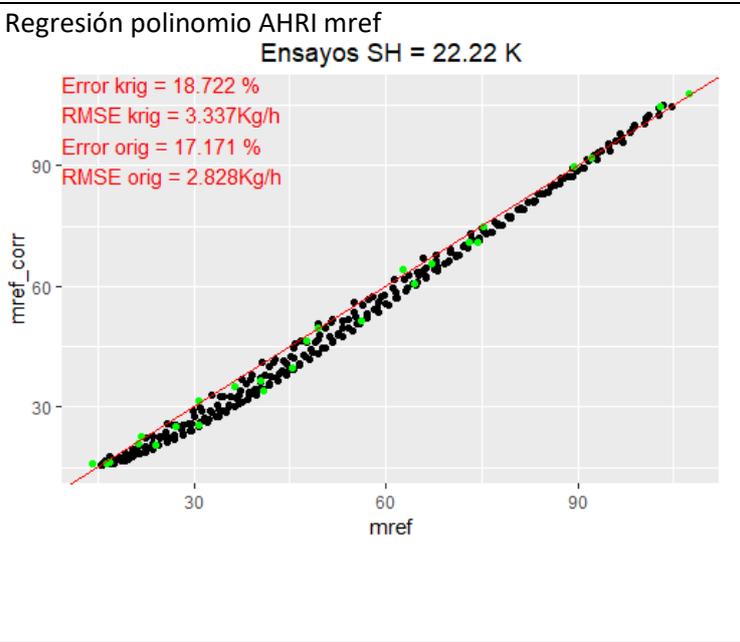
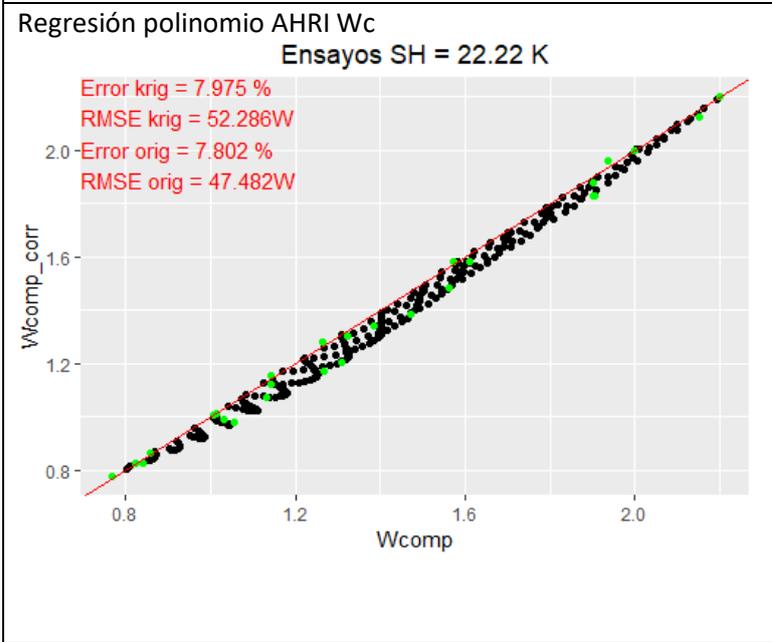


Coefficients de Wc para AHRI y SH22.22
Coefficients:

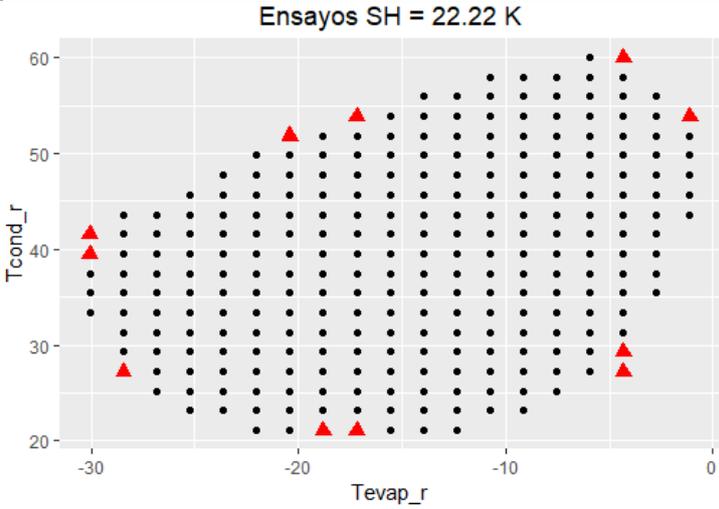
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	9.932e-01	1.718e-02	57.825	0.01101 *
Tevap_r	-3.698e-02	9.304e-04	-39.750	0.01601 *
Tcond_r	2.416e-02	1.182e-03	20.431	0.03113 *
I(Tevap_r^2)	-1.817e-03	2.502e-05	-72.634	0.00876 **
I(Tcond_r^2)	6.702e-05	2.653e-05	2.526	0.24000
I(Tevap_r^3)	-2.896e-05	4.847e-07	-59.737	0.01066 *
I(Tcond_r^3)	-1.542e-06	1.968e-07	-7.838	0.08079 .
Tevap_r:Tcond_r	2.202e-03	4.124e-05	53.401	0.01192 *
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	1.929e-05	3.027e-07	63.720	0.00999 **
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	-1.099e-05	4.669e-07	-23.543	0.02702 *

Coefficients de mref para AHRI y SH22.22
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.429e+02	1.369e+01	10.433	0.0608 .
Tevap_r	5.628e+00	7.417e-01	7.588	0.0834 .
Tcond_r	3.992e-01	9.426e-01	0.424	0.7450
I(Tevap_r^2)	6.332e-02	1.994e-02	3.175	0.1942
I(Tcond_r^2)	-4.001e-02	2.115e-02	-1.891	0.3096
I(Tevap_r^3)	-8.311e-04	3.864e-04	-2.151	0.2771
I(Tcond_r^3)	3.195e-04	1.569e-04	2.037	0.2906
Tevap_r:Tcond_r	5.411e-02	3.288e-02	1.646	0.3476
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-7.800e-05	2.413e-04	-0.323	0.8010
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	-1.198e-03	3.722e-04	-3.218	0.1918



Opt Federov 11 ptos "D" SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

coefficients:

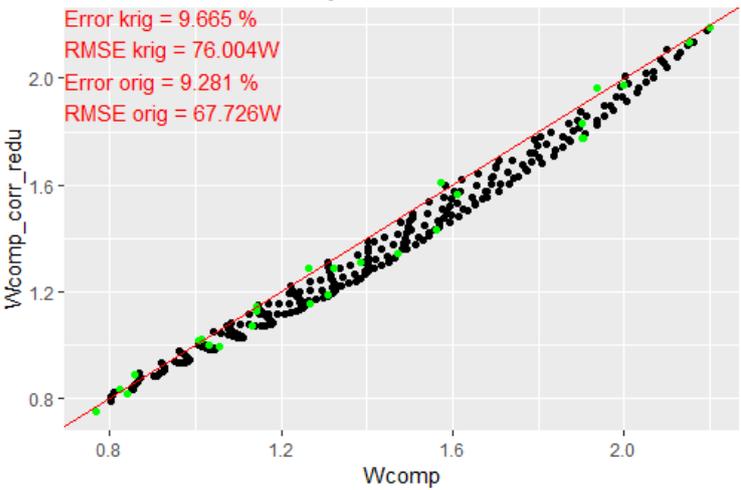
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.5155825	0.2654241	5.710	0.00230 **
Tevap_r	0.0240549	0.0087481	2.750	0.04032 *
Tcond_r	0.0054298	0.0126157	0.430	0.68483
I(Tevap_r^2)	0.0004217	0.0001628	2.591	0.04877 *
I(Tcond_r^2)	0.0001510	0.0001412	1.069	0.33386
Tevap_r:Tcond_r	0.0006966	0.0001164	5.983	0.00187 **

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

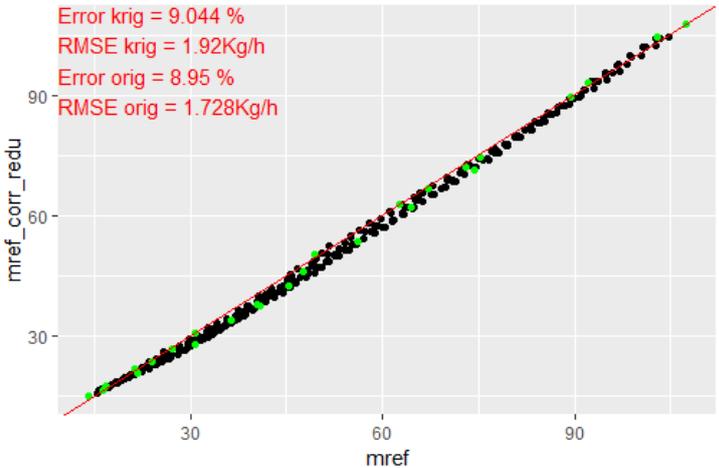
coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	169.327723	14.368334	11.785	7.74e-05 ***
Tevap_r	7.142206	0.473565	15.082	2.32e-05 ***
Tcond_r	-1.594535	0.682932	-2.335	0.066808 .
I(Tevap_r^2)	0.084929	0.008811	9.639	0.000204 ***
I(Tcond_r^2)	0.005501	0.007643	0.720	0.503918
Tevap_r:Tcond_r	-0.033033	0.006302	-5.242	0.003349 **

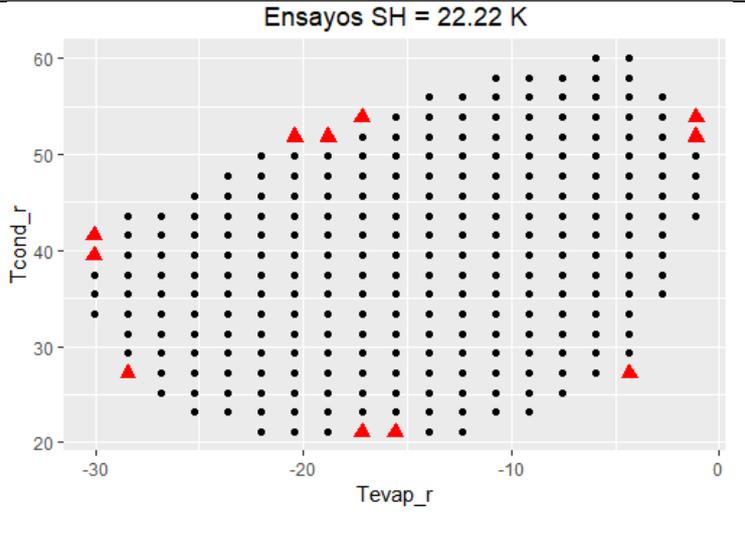
Regresión polinomio AHRI reducido Wc
Ensayos SH = 22.22 K



Regresión polinomio AHRI reducido mref
Ensayos SH = 22.22 K



Opt Federov 11 ptos "A" SH22.22

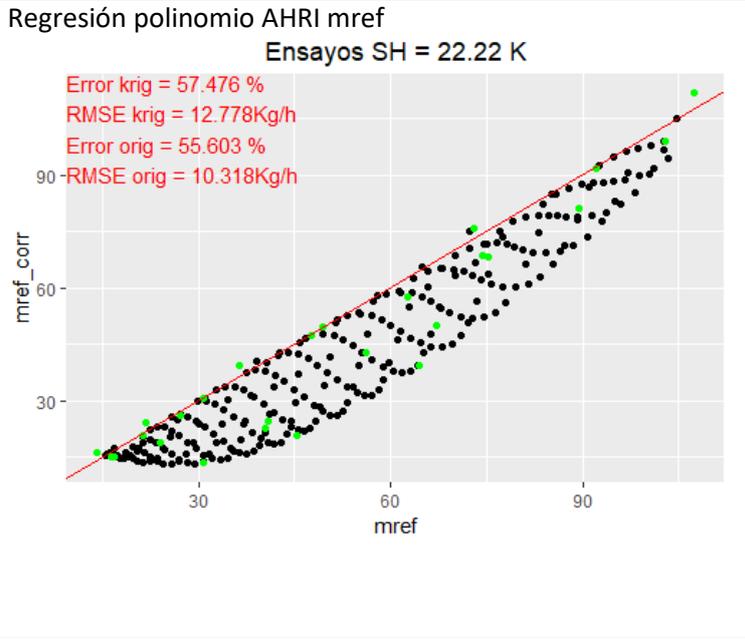
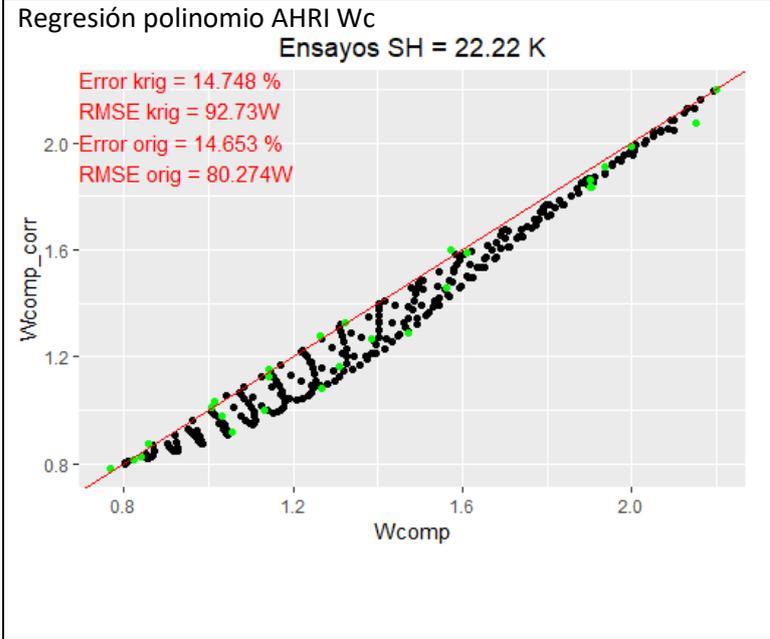


Coefficientes de Wc para AHRI y SH22.22
Coefficients:

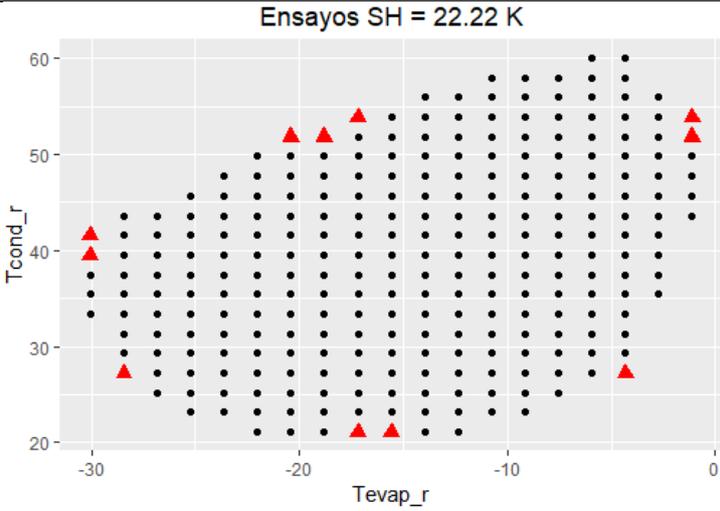
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3.212e+00	4.627e-01	6.941	0.0911
Tevap_r	3.685e-02	1.683e-02	2.190	0.2727
Tcond_r	-1.318e-01	3.132e-02	-4.208	0.1485
I(Tevap_r^2)	-7.386e-05	4.234e-04	-0.174	0.8901
I(Tcond_r^2)	3.652e-03	6.906e-04	5.288	0.1190
I(Tevap_r^3)	-2.373e-05	2.472e-06	-9.600	0.0661
I(Tcond_r^3)	-2.856e-05	4.985e-06	-5.729	0.1100
Tevap_r:Tcond_r	-1.305e-04	5.052e-04	-0.258	0.8391
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-1.331e-05	6.581e-06	-2.022	0.2924
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	6.225e-06	3.811e-06	1.633	0.3497

Coefficientes de mref para AHRI y SH22.22
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	6.121e+02	1.196e+02	5.119	0.123
Tevap_r	2.329e+01	4.348e+00	5.357	0.117
Tcond_r	-3.157e+01	8.094e+00	-3.901	0.160
I(Tevap_r^2)	4.843e-01	1.094e-01	4.426	0.141
I(Tcond_r^2)	6.668e-01	1.785e-01	3.736	0.166
I(Tevap_r^3)	1.421e-03	6.387e-04	2.225	0.269
I(Tcond_r^3)	-4.785e-03	1.288e-03	-3.715	0.167
Tevap_r:Tcond_r	-5.174e-01	1.306e-01	-3.963	0.157
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-6.977e-03	1.701e-03	-4.103	0.152
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	3.390e-03	9.849e-04	3.442	0.180



Opt Federov 11 ptos "A" SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.0129442	0.5159925	3.901	0.0114 *
Tevap_r	0.0369709	0.0147650	2.504	0.0542 .
Tcond_r	-0.0199705	0.0261375	-0.764	0.4793
I(Tevap_r^2)	0.0007090	0.0003053	2.322	0.0679 .
I(Tcond_r^2)	0.0004616	0.0003128	1.476	0.2000
Tevap_r:Tcond_r	0.0005730	0.0001690	3.390	0.0195 *

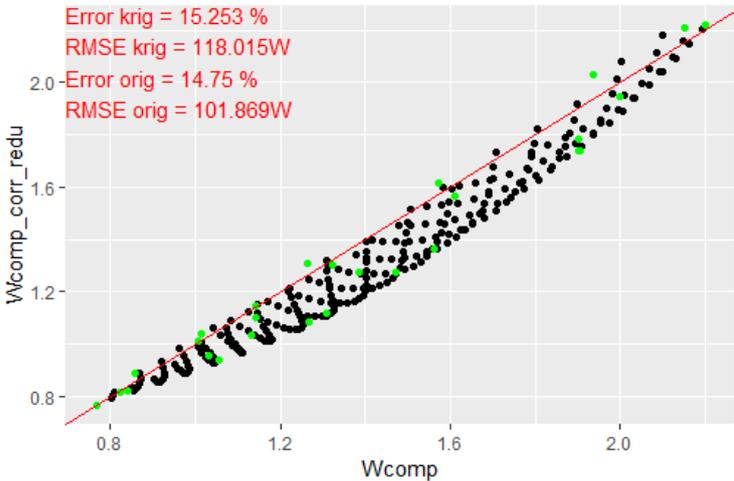
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	138.999930	20.898679	6.651	0.001159 **
Tevap_r	6.272683	0.598010	10.489	0.000136 ***
Tcond_r	-0.081201	1.058619	-0.077	0.941833
I(Tevap_r^2)	0.066464	0.012366	5.375	0.003003 **
I(Tcond_r^2)	-0.012674	0.012668	-1.000	0.363038
Tevap_r:Tcond_r	-0.024254	0.006847	-3.542	0.016520 *

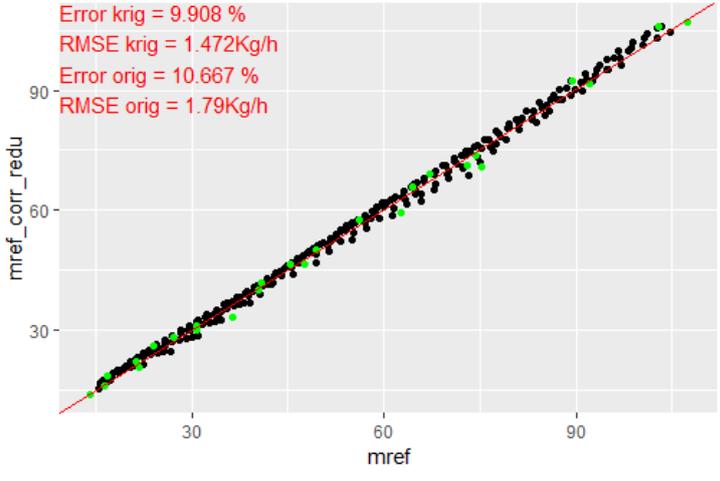
Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 22.22 K

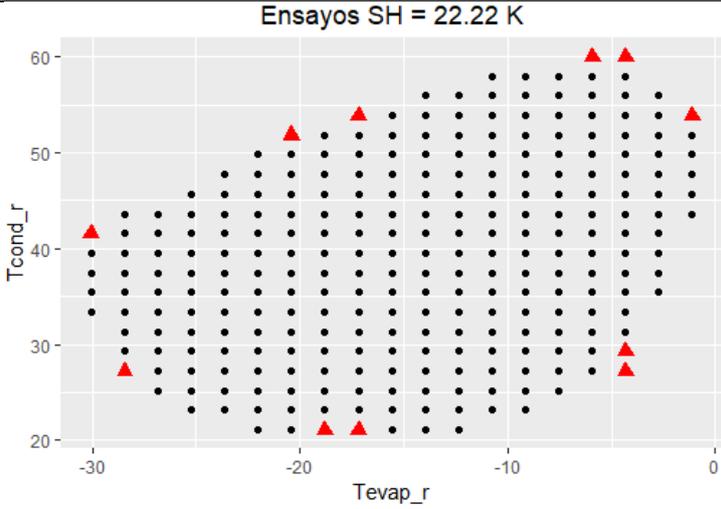


Regresión polinomio AHRI reducido mref

Ensayos SH = 22.22 K



Opt Federov 11 pto "I" SH22.22



Coefficients of Wc for AHRI and SH22.22

coefficients:

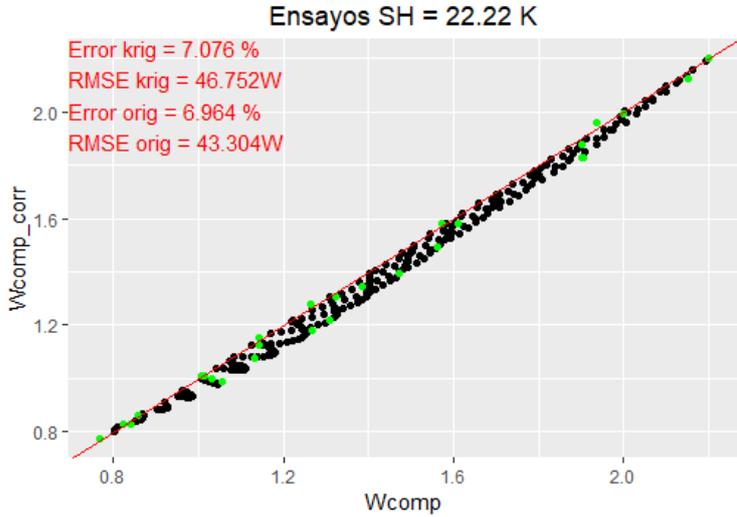
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.027e+00	4.766e-02	21.541	0.0295 *
Tevap_r	-3.243e-02	3.345e-03	-9.694	0.0654 .
Tcond_r	2.174e-02	3.422e-03	6.353	0.0994 .
I(Tevap_r^2)	-1.748e-03	5.664e-05	-30.866	0.0206 *
I(Tcond_r^2)	1.165e-04	7.655e-05	1.521	0.3702
I(Tevap_r^3)	-2.727e-05	1.112e-06	-24.523	0.0259 *
I(Tcond_r^3)	-1.843e-06	5.516e-07	-3.341	0.1851
Tevap_r:Tcond_r	1.935e-03	1.975e-04	9.797	0.0648 .
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	1.825e-05	1.040e-06	17.551	0.0362 *
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	-7.702e-06	2.380e-06	-3.236	0.1908

Coefficients of mref for AHRI and SH22.22

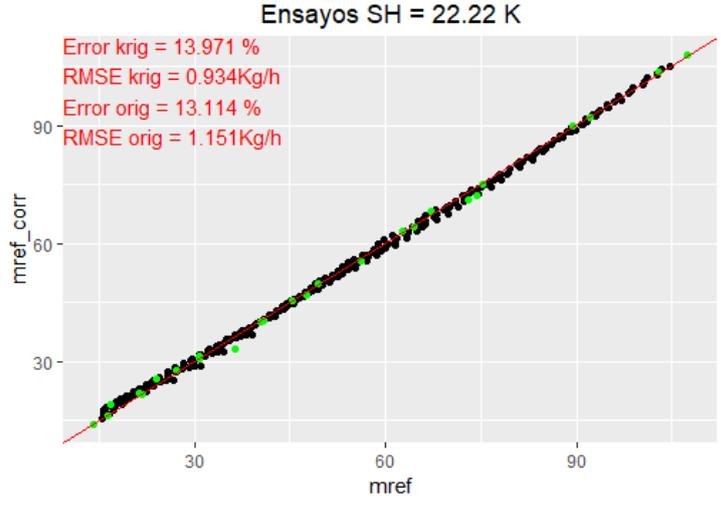
coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.603e+02	6.735e+01	2.381	0.253
Tevap_r	8.468e+00	4.727e+00	1.791	0.324
Tcond_r	-7.658e-01	4.837e+00	-0.158	0.900
I(Tevap_r^2)	1.176e-01	8.004e-02	1.469	0.380
I(Tcond_r^2)	-1.831e-02	1.082e-01	-0.169	0.893
I(Tevap_r^3)	4.697e-04	1.571e-03	0.299	0.815
I(Tcond_r^3)	2.067e-04	7.796e-04	0.265	0.835
Tevap_r:Tcond_r	-1.004e-01	2.792e-01	-0.360	0.780
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-6.337e-04	1.469e-03	-0.431	0.741
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	7.101e-04	3.363e-03	0.211	0.868

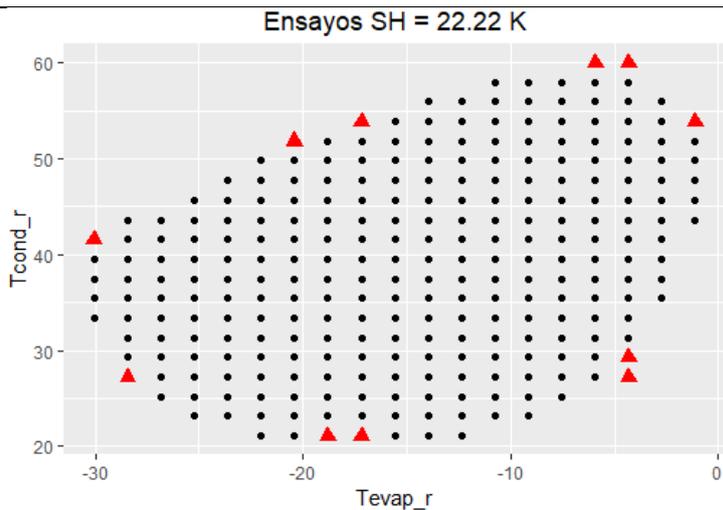
Regresión polinomio AHRI Wc



Regresión polinomio AHRI mref



Opt Federov 11 ptos "I" SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

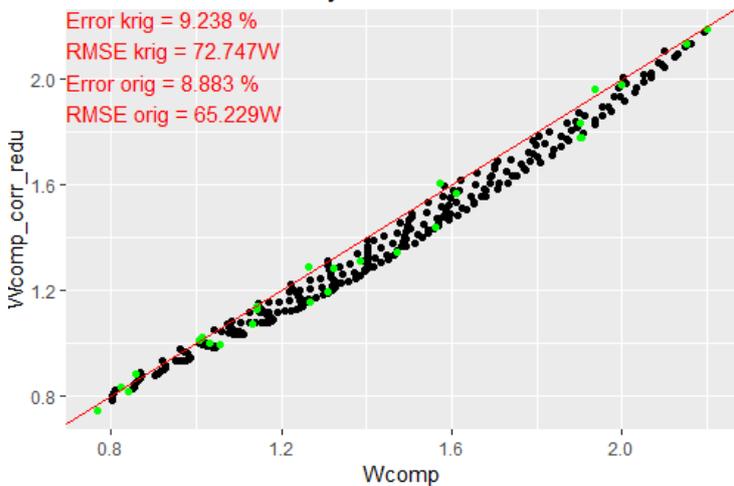
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	1.4765065	0.2428129	6.081	0.00174	**
Tevap_r	0.0226015	0.0083239	2.715	0.04201	*
Tcond_r	0.0072827	0.0114178	0.638	0.55164	
I(Tevap_r^2)	0.0003898	0.0001567	2.488	0.05529	.
I(Tcond_r^2)	0.0001297	0.0001263	1.028	0.35129	
Tevap_r:Tcond_r	0.0007128	0.0001110	6.420	0.00136	**

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

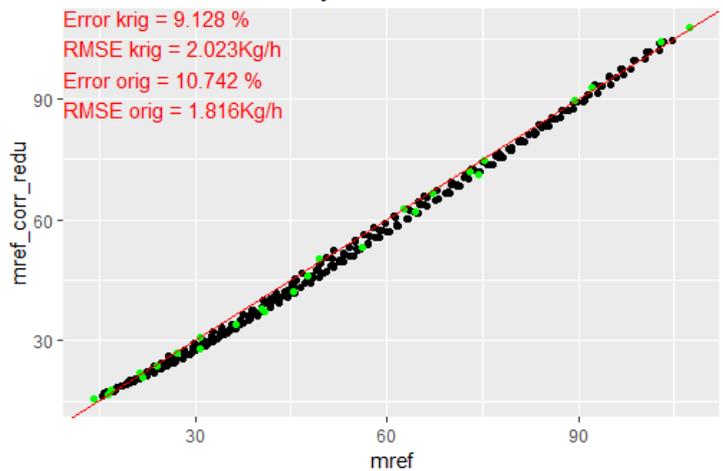
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	170.667832	12.621425	13.522	3.96e-05	***
Tevap_r	7.213106	0.432678	16.671	1.42e-05	***
Tcond_r	-1.652635	0.593498	-2.785	0.038693	*
I(Tevap_r^2)	0.086659	0.008143	10.642	0.000127	***
I(Tcond_r^2)	0.006130	0.006563	0.934	0.393149	
Tevap_r:Tcond_r	-0.033763	0.005771	-5.850	0.002066	**

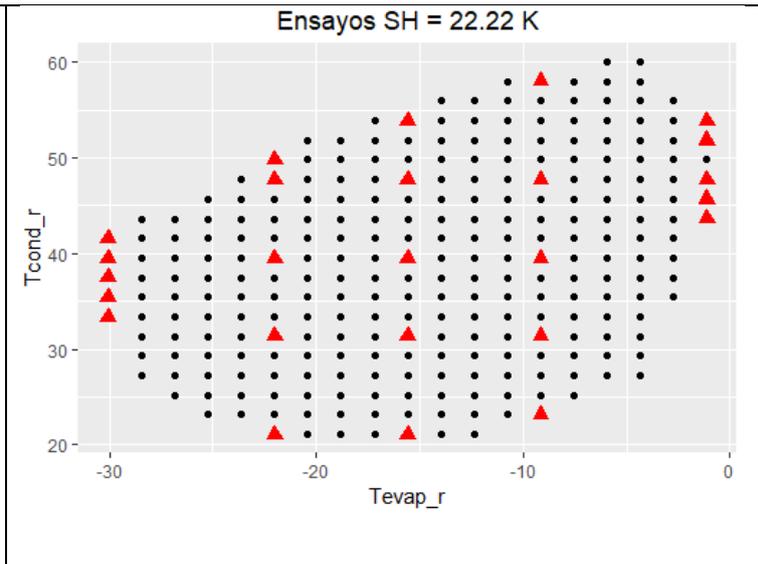
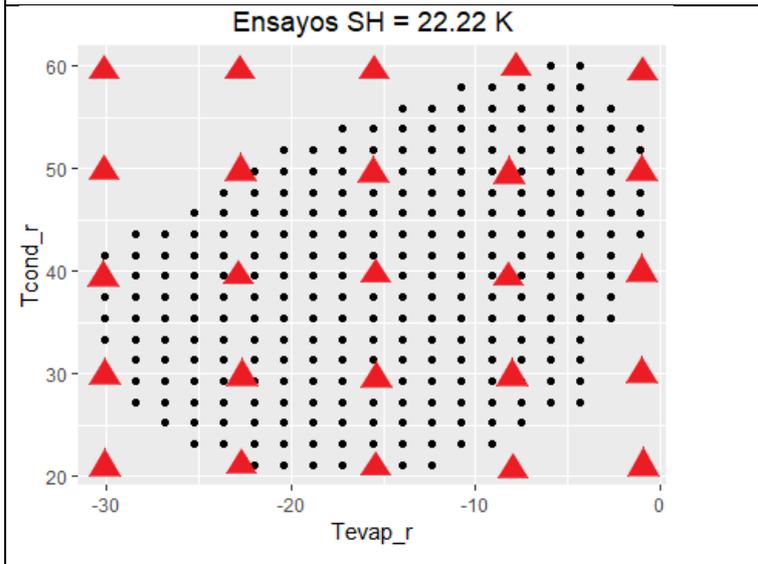
Regresión polinomio AHRI reducido Wc
Ensayos SH = 22.22 K



Regresión polinomio AHRI reducido mref
Ensayos SH = 22.22 K



Diseño 5 niveles SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	5.731e-01	2.520e-01	2.274	0.03809 *
Tevap_r	-5.022e-02	1.590e-02	-3.158	0.00650 **
Tcond_r	4.282e-02	1.645e-02	2.603	0.01998 *
I(Tevap_r^2)	-2.469e-03	4.440e-04	-5.561	5.45e-05 ***
I(Tcond_r^2)	-1.981e-04	3.693e-04	-0.537	0.59945
I(Tevap_r^3)	-2.860e-05	4.883e-06	-5.857	3.16e-05 ***
I(Tcond_r^3)	-3.503e-07	2.788e-06	-0.126	0.90170
Tevap_r:Tcond_r	1.759e-03	5.352e-04	3.287	0.00500 **
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	2.459e-05	6.516e-06	3.773	0.00184 **
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	-4.243e-07	4.994e-06	-0.085	0.93342

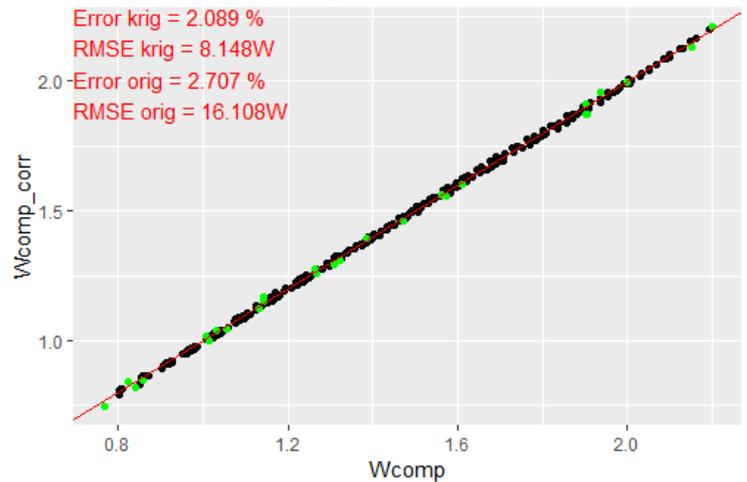
Coefficientes de mref para AHRI y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.554e+02	1.812e+01	8.578	3.61e-07 ***
Tevap_r	6.022e+00	1.143e+00	5.267	9.49e-05 ***
Tcond_r	-1.279e+00	1.183e+00	-1.082	0.296
I(Tevap_r^2)	4.010e-02	3.192e-02	1.256	0.228
I(Tcond_r^2)	7.078e-03	2.655e-02	0.267	0.793
I(Tevap_r^3)	-4.443e-04	3.511e-04	-1.266	0.225
I(Tcond_r^3)	-6.003e-05	2.005e-04	-0.299	0.769
Tevap_r:Tcond_r	-3.626e-02	3.847e-02	-0.943	0.361
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	6.638e-05	4.685e-04	0.142	0.889
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	2.046e-04	3.590e-04	0.570	0.577

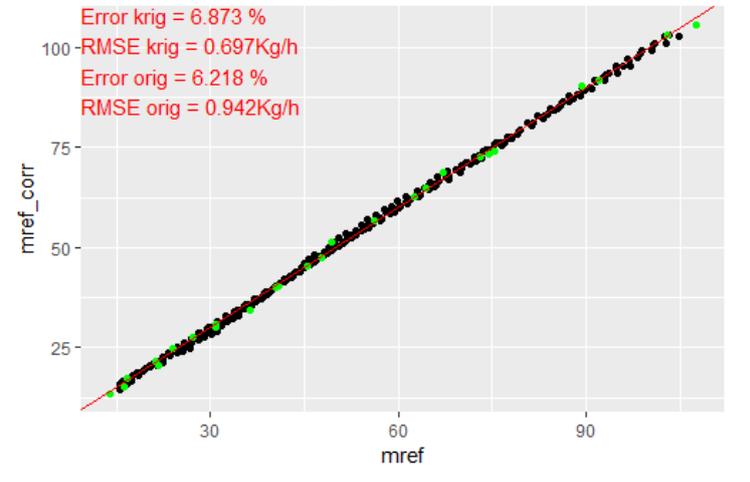
Regresión polinomio AHRI Wc

Ensayos SH = 22.22 K

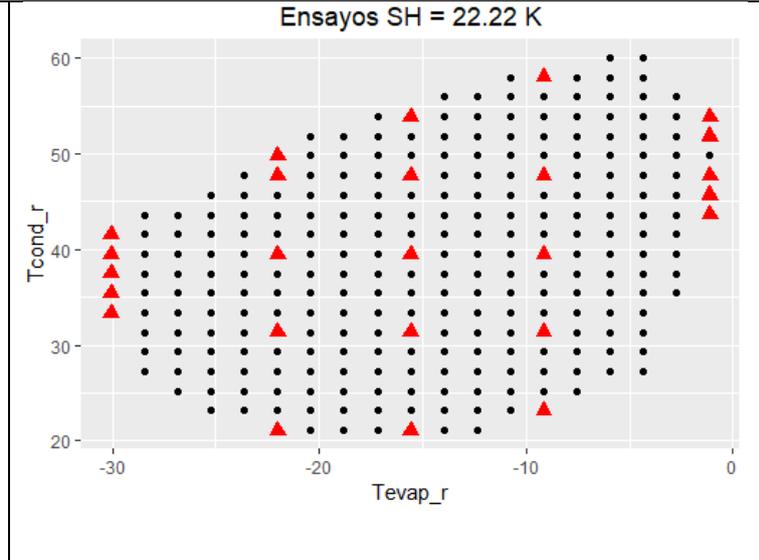
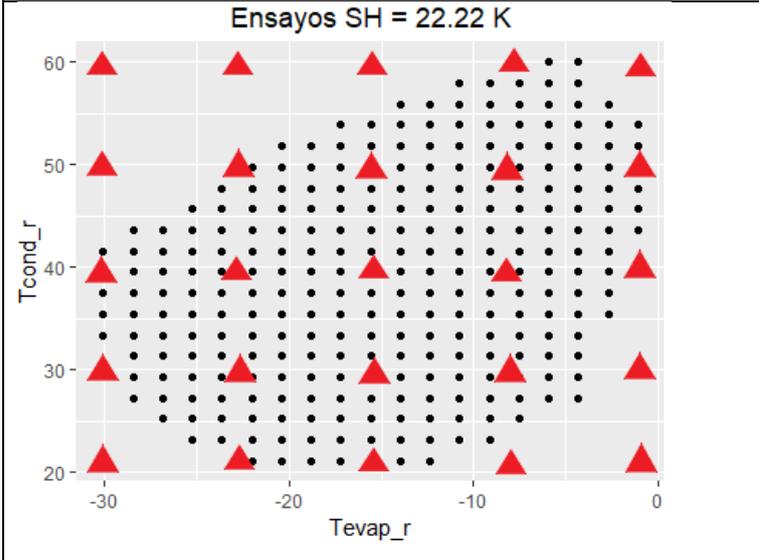


Regresión polinomio AHRI mref

Ensayos SH = 22.22 K



Diseño 5 niveles SH22.22

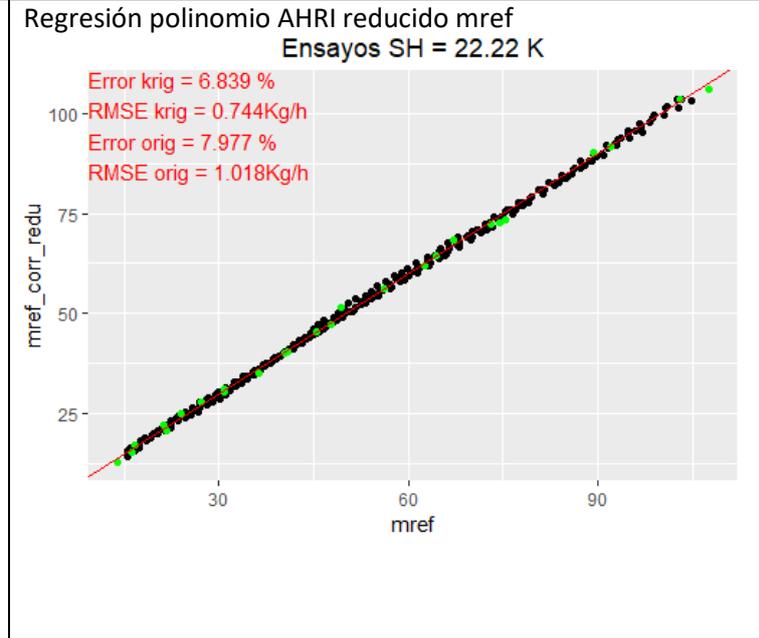
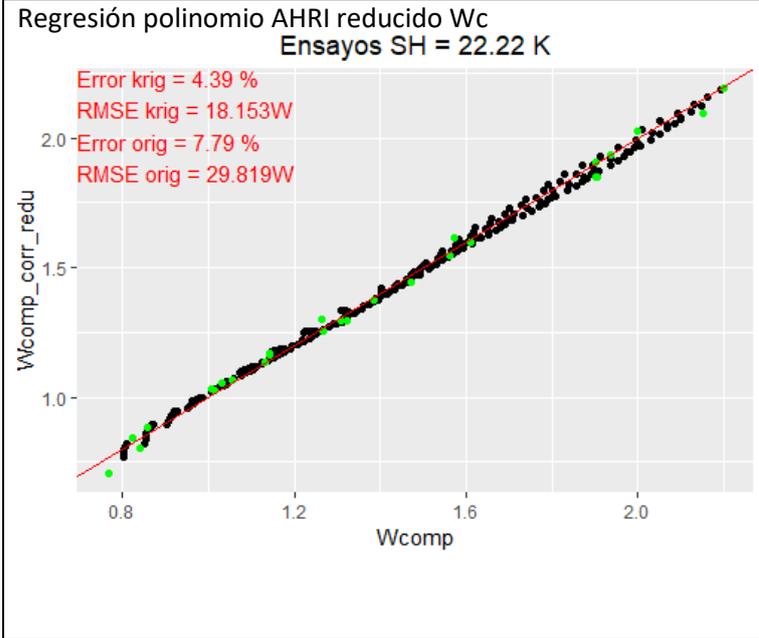


Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22
coefficients:

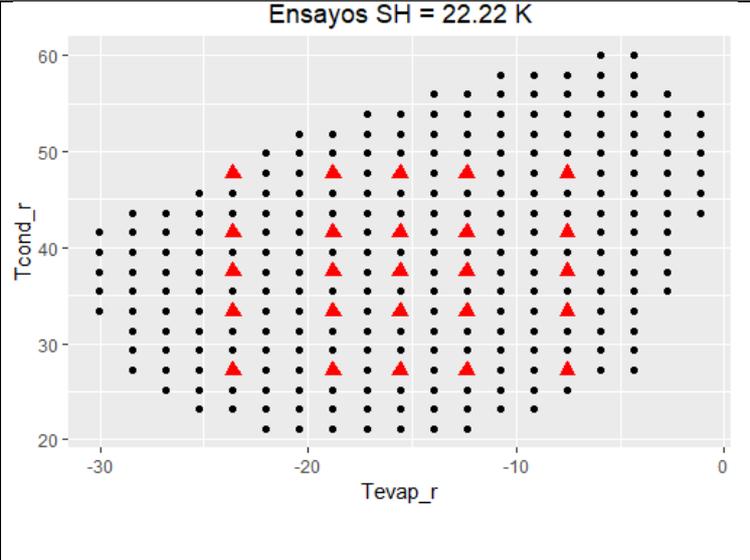
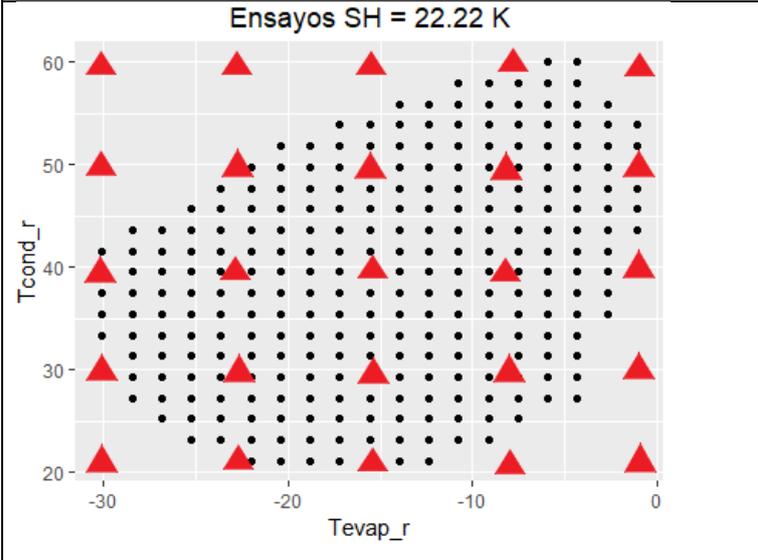
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	9.308e-01	9.833e-02	9.465	1.27e-08 ***
Tevap_r	3.650e-03	4.467e-03	0.817	0.423951
Tcond_r	3.481e-02	3.964e-03	8.781	4.09e-08 ***
I(Tevap_r^2)	-4.389e-05	5.869e-05	-0.748	0.463684
I(Tcond_r^2)	-1.938e-04	4.323e-05	-4.483	0.000255 ***
Tevap_r:Tcond_r	9.014e-04	7.487e-05	12.039	2.45e-10 ***

Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	151.655868	3.672104	41.299	< 2e-16 ***
Tevap_r	6.191311	0.166802	37.118	< 2e-16 ***
Tcond_r	-0.887320	0.148015	-5.995	9.08e-06 ***
I(Tevap_r^2)	0.065472	0.002192	29.873	< 2e-16 ***
I(Tcond_r^2)	-0.002121	0.001614	-1.314	0.205
Tevap_r:Tcond_r	-0.024264	0.002796	-8.678	4.90e-08 ***



Diseño 5 niveles ortogonal SH22.22

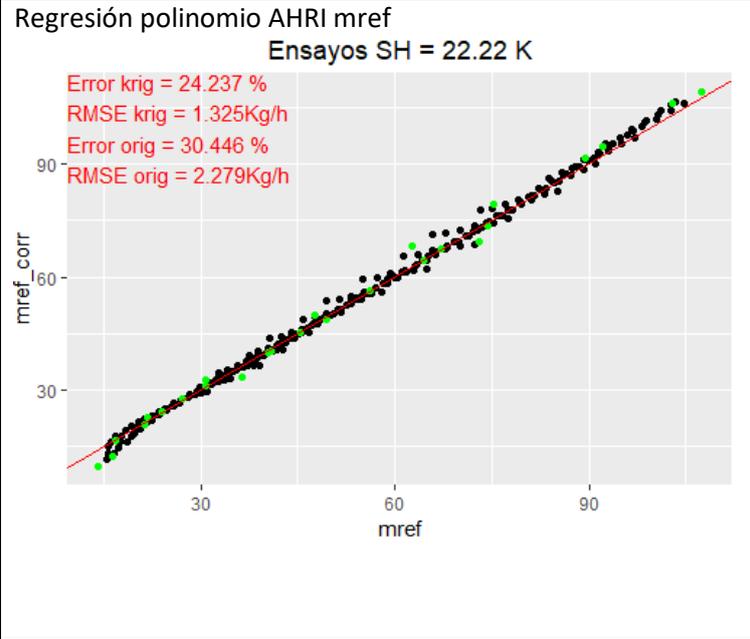
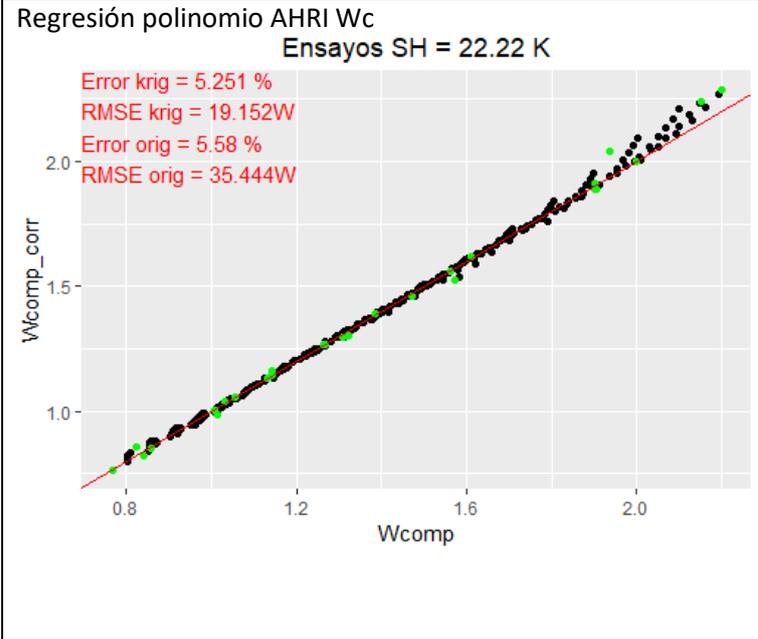


Coefficientes de Wc para AHRI y SH22.22
Coefficients:

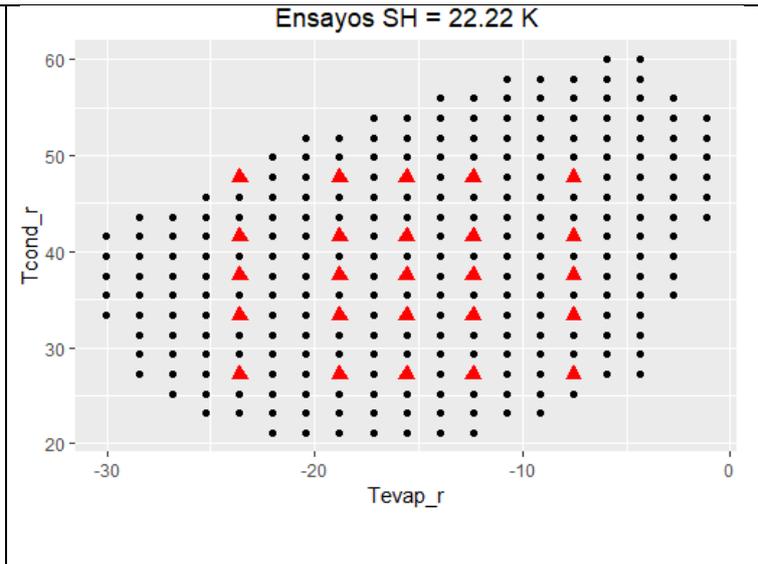
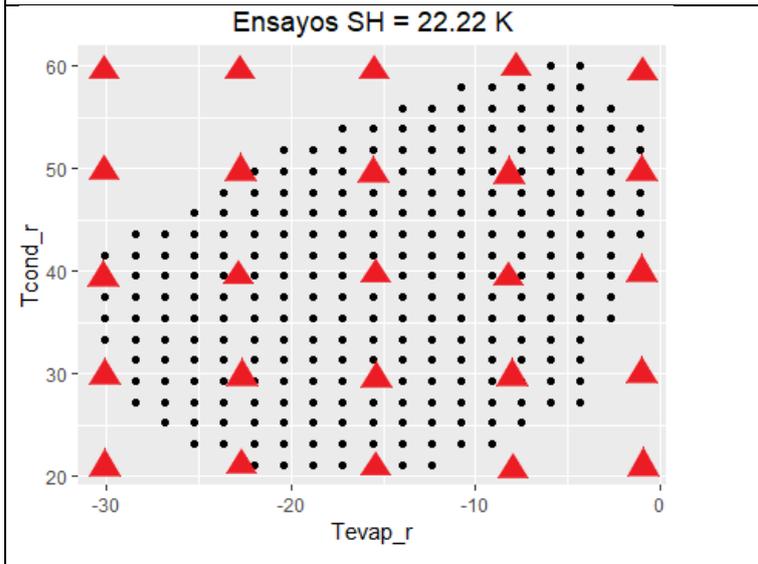
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	5.074e-01	3.206e-01	1.582	0.134409
Tevap_r	-5.231e-02	1.311e-02	-3.989	0.001184 **
Tcond_r	4.471e-02	2.538e-02	1.762	0.098486 .
I(Tevap_r^2)	-2.852e-03	6.233e-04	-4.575	0.000364 ***
I(Tcond_r^2)	-3.056e-04	6.754e-04	-0.453	0.657383
I(Tevap_r^3)	-3.037e-05	1.229e-05	-2.471	0.025950 *
I(Tcond_r^3)	1.914e-06	5.961e-06	0.321	0.752619
Tevap_r:Tcond_r	1.350e-03	4.235e-04	3.188	0.006108 **
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	3.204e-05	6.335e-06	5.058	0.000141 ***
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	9.858e-06	4.977e-06	1.981	0.066267 .

Coefficientes de mref para AHRI y SH22.22
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.458e+02	2.451e+01	5.949	2.67e-05 ***
Tevap_r	9.450e+00	1.002e+00	9.429	1.08e-07 ***
Tcond_r	7.473e-01	1.940e+00	0.385	0.70545
I(Tevap_r^2)	1.793e-01	4.764e-02	3.763	0.00188 **
I(Tcond_r^2)	-5.875e-02	5.162e-02	-1.138	0.27292
I(Tevap_r^3)	9.338e-04	9.393e-04	0.994	0.33589
I(Tcond_r^3)	5.457e-04	4.556e-04	1.198	0.24961
Tevap_r:Tcond_r	-1.055e-01	3.236e-02	-3.260	0.00528 **
Tcond_r:I(Tevap_r^2)	-1.685e-03	4.842e-04	-3.481	0.00335 **
Tevap_r:I(Tcond_r^2)	4.590e-04	3.804e-04	1.207	0.24626



Diseño 5 niveles ortogonal SH22.22



Coefficientes de Wc para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	7.367e-01	7.100e-02	10.376	2.90e-09	***
Tevap_r	-7.858e-03	3.048e-03	-2.578	0.01841	*
Tcond_r	4.152e-02	3.456e-03	12.013	2.54e-10	***
I(Tevap_r^2)	-2.309e-04	7.215e-05	-3.200	0.00472	**
I(Tcond_r^2)	-2.440e-04	4.454e-05	-5.479	2.76e-05	***
Tevap_r:Tcond_r	1.090e-03	5.394e-05	20.216	2.62e-14	***

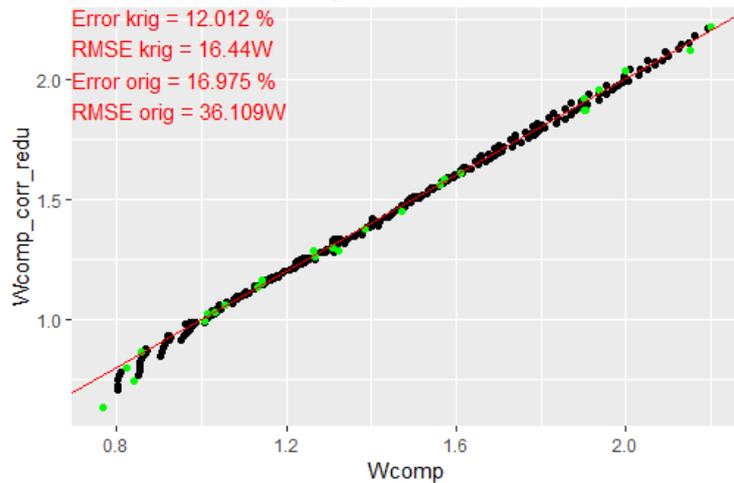
Coefficientes de mref para AHRI reducido y SH22.22

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	146.770495	4.242440	34.596	< 2e-16	***
Tevap_r	6.230553	0.182096	34.216	< 2e-16	***
Tcond_r	-0.607314	0.206510	-2.941	0.00839	**
I(Tevap_r^2)	0.072432	0.004311	16.801	7.37e-13	***
I(Tcond_r^2)	-0.004537	0.002661	-1.705	0.10454	
Tevap_r:Tcond_r	-0.018554	0.003223	-5.756	1.51e-05	***

Regresión polinomio AHRI reducido Wc

Ensayos SH = 22.22 K



Regresión polinomio AHRI reducido mref

Ensayos SH = 22.22 K

