

Cuadernos de I+D+i

26

Canal 
de Isabel II

Análisis de la influencia de
variables explicativas en los
modelos de rotura de tuberías

© Canal de Isabel II 2018

Autores

Luis Garrote de Marcos
Sergio Díaz de Andrés
Rafael Garrote de Marcos
Patricia Gómez Martínez

Dirección del estudio

Patricia Gómez Martínez

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración e implicación de D. Francisco Cubillo en el planteamiento y desarrollo de este proyecto, y a Dña. Soledad Canal por el esfuerzo en los trabajos de corrección y maquetación, ambos pertenecientes a Canal de Isabel II.

ISSN de la edición impresa: 2254-8955

ISSN de la edición en soporte electrónico: 2340-1818

Depósito Legal: M-5982-2018



26

Análisis de la influencia de variables explicativas
en los modelos de rotura de tuberías

ÍNDICE



Exclusión de Responsabilidad

Las afirmaciones recogidas en el presente documento reflejan la opinión de los autores y no necesariamente la de Canal de Isabel II.

Tanto Canal de Isabel II como los autores de este documento declinan todo tipo de responsabilidad sobrevenida por cualquier perjuicio que pueda derivarse a cualesquiera instituciones o personas que actúen confiadas en el contenido de este documento, o en las opiniones vertidas por sus autores.

Presentación

Los cuadernos de I+D+i de Canal de Isabel II forman parte de la visión sobre gestión del conocimiento de la empresa y del desarrollo de su Estrategia de I+D+i 2017-2020.

Son elemento de difusión de proyectos e iniciativas desarrollados y auspiciados desde la Empresa para la innovación en las áreas relacionadas con el servicio de agua en el entorno urbano.

Exponen las diferentes problemáticas abordadas en cada proyecto junto con los resultados obtenidos. La intención al difundirlos mediante estas publicaciones es compartir las experiencias y conocimientos adquiridos con todo el sector de servicios de agua, con la comunidad científica y con cuantos desarrollan labores de investigación e innovación. La publicación de estos cuadernos pretende contribuir a la mejora y eficiencia de la gestión del agua y, en consecuencia, a la calidad del servicio prestado a los ciudadanos.

Los títulos aparecidos en la colección de Cuadernos de I+D+i son los que figuran en la tabla siguiente.

TÍTULOS EN LA COLECCIÓN DE CUADERNOS DE I+D+I

Nº colección	Año	Cuadernos Investigación, Desarrollo e Innovación publicados
1	2007	Transferencias de derechos de agua entre demandas urbanas y agrarias. El caso de la Comunidad de Madrid
2	2008	Identificación de rachas y tendencias hidrometeorológicas en el ámbito del sistema de Canal de Isabel II
3	2009	Participación de Canal de Isabel II en el Proyecto Internacional de Eficiencia en la Gestión (IDMF)
4	2008	Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid
5	2008	El agua virtual y la huella hidrológica en la Comunidad de Madrid
6	2008	Estudio de potenciales de ahorro de agua en usos residenciales de interior
7	2008	Investigación sobre potenciales de eficiencia con el empleo de lavavajillas
8	2010	Precisión de la medida de los consumos individuales de agua en la Comunidad de Madrid
9	2010	Proyecto de investigación para la definición y evaluación de la aplicabilidad de un bioensayo para la determinación de la toxicidad del agua utilizando embriones de pez Cebra
10	2010	Eficiencia en el uso del agua en jardinería en la Comunidad de Madrid
11	2010	Técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica para la evaluación de la demanda de agua para usos de exterior en la Comunidad de Madrid
12	2010	Estudio sobre la dinámica de cianotoxinas en dos embalses de abastecimiento de Canal de Isabel II
13	2011	Desarrollo de un sistema de validación, estimación y predicción de consumos horarios por sectores para la red de distribución de Canal de Isabel II
14	2011	Seguimiento de la consolidación del desarrollo urbano en la Comunidad de Madrid mediante técnicas de teledetección
15	2012	Experiencias para la recuperación del fósforo de las aguas residuales en forma de Estruvita en Canal de Isabel II
16	2012	Integración de la predicción meteorológica en los módulos de gestión del sistema de abastecimiento de Canal de Isabel II, mediante modelos de aportación diaria
17	2012	Mejora de la capacidad de pronóstico de aportaciones mensuales y estacionales en el ámbito de Canal de Isabel II
18	2013	Aportación de nutrientes desde la cuenca al embalse de Pinilla. Incidencia en el proceso de eutrofización
19	2013	Un nuevo criterio para el cálculo del caudal de agua residual urbana

<i>Nº colección</i>	<i>Año</i>	<i>Cuadernos Investigación, Desarrollo e Innovación publicados</i>
20	2014	Gestión de Ideas en Canal de Isabel II de Isabel II: la experiencia <i>GENYAL</i>
21	2014	Investigación sobre técnicas para la medición de subsidencias relacionadas con la explotación de acuíferos
22	2015	Régimen de precipitaciones en la Cuenca del Lozoya y adyacentes
23	2016	Estudio de observabilidad para la estimación del estado hidráulico de la red sectorizada de abastecimiento
24	2016	Estudio de casuística y modos de fallo en tuberías, acometidas y conjuntos de medida de la Comunidad de Madrid
25	2017	Sistema de reconocimiento de patrones para identificación de usos finales del agua en consumos domésticos

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Página
EXCLUSIÓN DE RESPONSABILIDAD	4
PRESENTACIÓN	5
TÍTULOS EN LA COLECCIÓN DE CUADERNOS DE I+D+I	6
RESUMEN EJECUTIVO	12
Ficha Técnica	13
1. INTRODUCCIÓN	14
2. METODOLOGÍA	14
2.1. Metodología de construcción de modelos	15
2.2. Metodología de validación de modelos	17
3. RESULTADOS	18
3.1. Acometidas	18
3.2. Red de Distribución	20
3.3. Red Estratégica	21
3.4. Elementos	23
4. CONCLUSIÓN	24
1. PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO	25
1.1. DATOS DE PARTIDA	27
1.2. VARIABLES ANALIZADAS	28
1.3. CONSTRUCCIÓN DE MODELOS	30
1.3.1. Modelos de una variable	31
1.3.2. Múltiples variables explicativas	33
1.3.3. Modelos analizados	34
1.4. VALIDACIÓN DE MODELOS	35
1.5. ESTRUCTURA DEL TRABAJO	38
2. ANÁLISIS INICIAL DE MODELOS DE ROTURA	39
2.1. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	40
2.1.1. Datos disponibles	40
2.1.2. Metodología de validación	41
2.1.3. Ámbitos de estudio	41
2.2. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO	44
2.3. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE UNA VARIABLE	44
2.3.1. Acometidas	44
2.3.2. Red de Distribución	48
2.3.3. Red Estratégica	52
2.3.4. Elementos	56

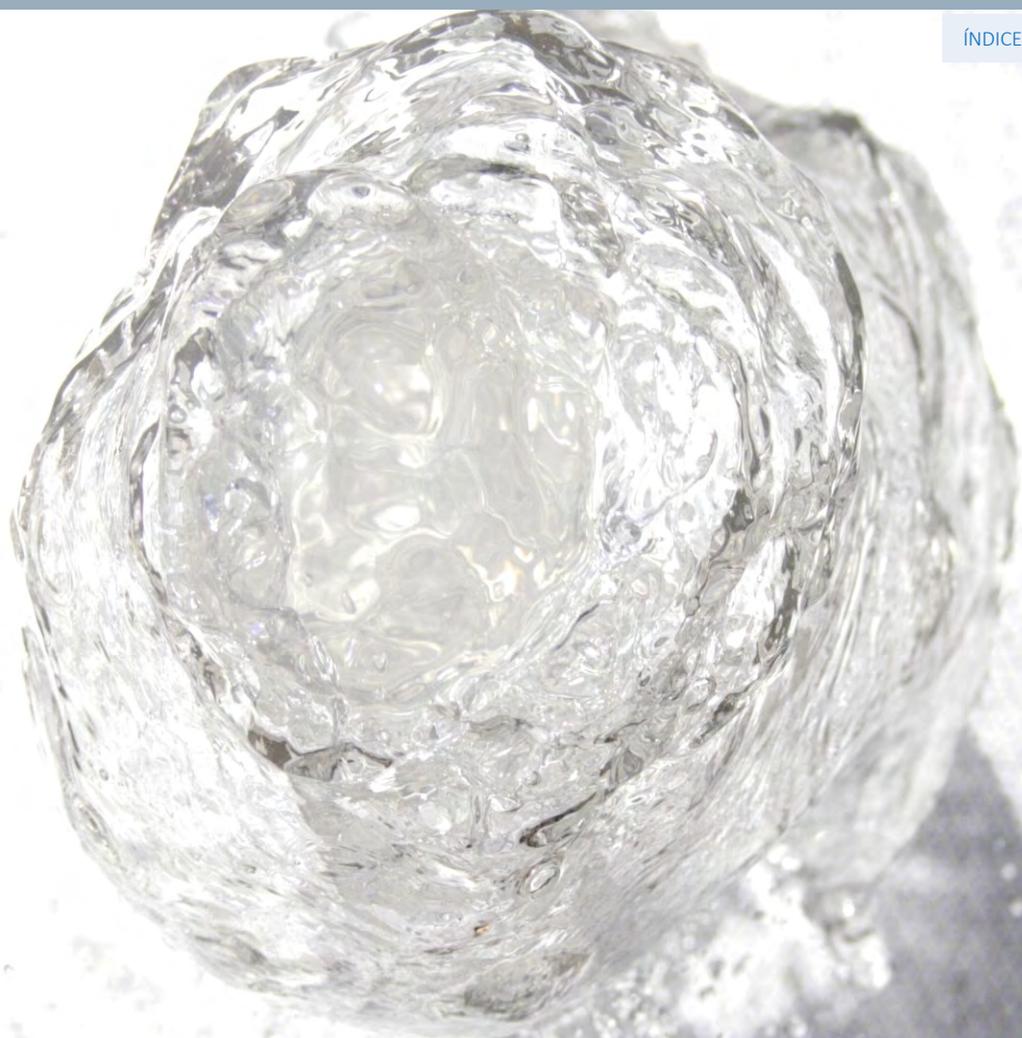
2.4.	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE DOS VARIABLES	58
2.4.1.	Acometidas	59
2.4.2.	Red de Distribución	61
2.4.3.	Red Estratégica	66
2.4.4.	Elementos	71
2.4.5.	Resumen	74
2.5.	CONCLUSIONES	75
3.	ANÁLISIS DE LA VALIDACIÓN	76
3.1.	PLANTEAMIENTO	77
3.2.	ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	77
3.2.1.	Comparación Cualitativa	78
3.2.2.	Comparación Cuantitativa	92
3.3.	ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE LAS ZONAS DE VALIDACIÓN	101
3.3.1.	Comparación Cualitativa	101
3.3.2.	Comparación Cuantitativa	119
3.3.3.	Conclusión	127
3.4.	ANÁLISIS DEL PERIODO DE VALIDACIÓN	127
3.4.1.	Comparación en dos periodos	128
3.4.2.	Comparación Cuantitativa	145
3.5.	PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN	158
4.	ANÁLISIS DE MODELOS DE ROTURA	159
4.1.	MODELOS DE ORDEN CERO	160
4.2.	MODELOS DE UNA VARIABLE	160
4.2.1.	Acometidas	160
4.2.2.	Red de Distribución	163
4.2.3.	Red Estratégica	164
4.2.4.	Elementos	166
4.3.	MODELOS DE DOS VARIABLES CONJUNTAS	167
4.3.1.	Acometidas	168
4.3.2.	Red de Distribución	172
4.3.3.	Red Estratégica	176
4.3.4.	Elementos	180
4.3.5.	Resumen	184
4.4.	MODELOS DE DOS VARIABLES INDEPENDIENTES	167
4.4.1.	Acometidas	185
4.4.2.	Red de Distribución	190
4.4.3.	Red Estratégica	194
4.4.4.	Elementos	198
4.4.5.	Resumen	202

4.5.	MODELOS DE DOS VARIABLES CONJUNTAS Y UNA INDEPENDIENTE	203
4.5.1.	Acometidas	204
4.5.2.	Red de Distribución	208
4.5.3.	Red Estratégica	213
4.5.4.	Elementos	217
4.5.5.	Resumen	221
4.6.	MODELOS DE TRES VARIABLES INDEPENDIENTES	222
4.6.1.	Acometidas	222
4.6.2.	Red de Distribución	225
4.6.3.	Red Estratégica	230
4.6.4.	Elementos	234
4.6.5.	Resumen	239
4.7.	MODELOS DE DOS VARIABLES CONJUNTAS Y DOS INDEPENDIENTES	240
4.7.1.	Acometidas	240
4.7.2.	Red de Distribución	244
4.7.3.	Red Estratégica	249
4.7.4.	Elementos	253
4.7.5.	Resumen	257
4.8.	MODELOS DE CUATRO VARIABLES INDEPENDIENTES	258
4.8.1.	Acometidas	258
4.8.2.	Red de Distribución	262
4.8.3.	Red Estratégica	266
4.8.4.	Elementos	270
4.8.5.	Resumen	274
4.9.	MODELOS DE DOS VARIABLES CONJUNTAS Y TRES INDEPENDIENTES	275
4.9.1.	Acometidas	275
4.9.2.	Red de Distribución	279
4.9.3.	Red Estratégica	283
4.9.4.	Elementos	288
4.9.5.	Resumen	292
4.10.	MODELOS DE CINCO VARIABLES INDEPENDIENTES	293
4.10.1.	Acometidas	293
4.10.2.	Red de Distribución	296
4.10.3.	Red Estratégica	301
4.10.4.	Elementos	305
4.10.5.	Resumen	309

5.	CONCLUSIONES	310
5.1.	MEJORES OPCIONES	311
5.1.1.	Acometidas	311
5.1.2.	Red de Distribución	312
5.1.3.	Red Estratégica	313
5.1.4.	Elementos	314
5.2.	DESAGREGACIÓN DE VARIABLES	315
5.2.1.	Acometidas	315
5.2.2.	Red de Distribución	316
5.2.3.	Red Estratégica	317
5.2.4.	Elementos	318
ANEXOS		320
ANEXO 1.	VARIABLES ANALIZADAS	321
ANEXO 2.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	326
ANEXO 3.	ÍNDICE DE FIGURAS	346
ANEXO 4.	ÍNDICE DE TABLAS	346

Resumen Ejecutivo

ÍNDICE



Ficha Técnica

Título del proyecto	Modelo de vida útil de infraestructuras para el abastecimiento de agua
Línea de investigación	Gestión estratégica de infraestructuras
Unidades de Canal de Isabel II implicadas	Subdirección I+D+i
Participación externa	Consultoría de Ingeniería Hidráulica, S.L.
Objeto y justificación del proyecto	Análisis estadístico de la influencia de variables explicativas en los modelos de rotura de la red de abastecimiento de Canal de Isabel II, a partir del comportamiento de la infraestructura en servicio. Con el objetivo final de construir modelos de vida útil de los componentes de la red, se busca cuantificar la influencia que tienen las variables explicativas en la capacidad predictiva de los modelos y así valorar su inclusión en el desarrollo de los mismos.
Contribución al estado del arte	Este trabajo aporta un estudio justificado, basado exclusivamente en la evidencia científica, sobre los factores que deben tenerse en cuenta en el desarrollo de un modelo estadístico de ocurrencia de roturas, cuantificando su influencia en la capacidad predictiva del modelo resultante.
Resumen del desarrollo del proyecto e hitos relevantes	<p>El trabajo realizado comprende, en una primera fase, el estudio de los fallos producidos en la red de abastecimiento de Canal de Isabel II. Para ello se ha recopilado la información de incidencias de roturas en un periodo de aproximadamente 5 años, para cuatro subconjuntos de la red: red de distribución, red estratégica, acometidas, y elementos. A partir de esta información se ha podido caracterizar cuantitativamente la probabilidad de ocurrencia de las roturas en un periodo de tiempo para cada subconjunto de estudio identificado.</p> <p>En primer lugar, se han seleccionado un número considerable de variables de análisis, se ha comprobado que éstas tienen una influencia estadísticamente significativa como factores explicativos de las roturas y a partir de ellas se ha planteado una metodología para la construcción de modelos predictivos de rotura. Así los modelos se han estructurado a partir de un número creciente de variables explicativas.</p> <p>Posteriormente, mediante un análisis de sensibilidad se ha definido un procedimiento de ajuste y validación que se ha aplicado a la totalidad de los modelos generados. Este proceso de validación ha permitido evaluar, mediante un criterio cuantitativo, la calidad de los modelos según su capacidad para predecir los fallos.</p>
Resumen de resultados obtenidos	A través de esta metodología se han podido identificar las variables explicativas más adecuadas para la construcción de los modelos predictivos de roturas, así como seleccionar el modelo óptimo en función del número de variables que intervienen para los siguientes subconjuntos de la red de abastecimiento: red de distribución, red estratégica, acometidas y elementos. Con este conocimiento se hace posible el desarrollo de modelos de vida útil para cada subconjunto de la red.
Líneas de Investigación abiertas para la continuación de los trabajos	<p>Desarrollo de vida útil de las infraestructuras de abastecimiento basado en la predicción del fallo.</p> <p>Estudio de transitorios hidráulicos en la red de abastecimiento, con el fin de cuantificar su influencia en la ocurrencia de los fallos y en el deterioro de la red.</p> <p>Desarrollo de un sistema de evaluación del deterioro de la red de abastecimiento de Canal de Isabel II.</p>

Resumen Ejecutivo

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta un estudio sistemático de la influencia de las variables explicativas utilizadas en los modelos de rotura de componentes de la red de Canal de Isabel II. El objeto del estudio es la generación del conocimiento necesario para el desarrollo de un modelo de análisis de vida útil de los componentes de la red de abastecimiento basado en evidencia científica, obtenida mediante el análisis estadístico y conceptual del comportamiento de la infraestructura en servicio.

El estudio se basa en datos de incidencias recopilados durante un periodo de más de cuatro años que han permitido caracterizar cuantitativamente la probabilidad de ocurrencia de roturas en los cuatro ámbitos analizados: **Acometidas, Red de Distribución, Red Estratégica y Elementos**. Para cada ámbito se recopiló los valores de hasta once variables explicativas, cuyo comportamiento se analizó en profundidad. En un análisis previo se concluyó que prácticamente la totalidad de variables explicativas tenían una influencia estadísticamente significativa en la ocurrencia de roturas.

Dado que no es viable realizar un modelo que considere simultáneamente todas las variables, el trabajo se ha planteado como la definición de una metodología que permita la selección del modelo más apropiado entre todos los posibles. El planteamiento metodológico consiste en formular un conjunto amplio de modelos y plantear un procedimiento de selección que permita discernir cuál es el modelo más apropiado.

2. METODOLOGÍA

La metodología aplicada se estructura en dos partes: la construcción de los modelos de rotura a partir de variables explicativas y la validación de los modelos para identificar aquellos que presentan un mejor comportamiento. A continuación, se resumen los pasos esenciales seguidos en cada parte.

2.1. Metodología de construcción de modelos

El análisis realizado se ha basado en la comparación de la función de distribución de probabilidad de ocurrencia de las variables explicativas en dos casos: en la base de datos genérica que describe las características de la instalación y en la base de datos de incidencias que describe las características de los componentes que han fallado. Esta comparación permite determinar cómo se modifica la probabilidad de rotura a partir de la información disponible sobre las variables explicativas que se consideren mediante una inferencia bayesiana.

En la formulación empleada se define un suceso A: "Ocurre un fallo en el sistema" y se determina su probabilidad de ocurrencia en el intervalo de observación, $P(A)$, mediante la expresión:

$$P(A) = \frac{N_f}{N_T}$$

Siendo N_f el número de fallos registrados en la muestra disponible y N_T el número total de componentes del sistema o la longitud total de tubería en la muestra.

Si se selecciona una variable explicativa, X , puede definirse el suceso B: "La variable explicativa X está comprendida en el intervalo $[x_1, x_2]$ ", cuya probabilidad de ocurrencia, $P(B)$, se obtiene a partir de la función de distribución de la variable x entre la totalidad de componentes:

$$P(B) = F_X(x_2) - F_X(x_1)$$

Donde $F_X(x)$ es la función de distribución de la variable explicativa x entre la totalidad de los componentes.

En este caso puede estimarse la probabilidad de que se produzca un fallo en el componente, sabiendo que para él la variable explicativa adopta un valor en $[x_1, x_2]$, $P(A|B)$. Esta probabilidad se estima utilizando la fórmula de Bayes:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

Donde $P(B|A)$ es la probabilidad de que la variable explicativa tenga un valor en $[x_1, x_2]$ en un elemento que se ha roto. Esta probabilidad se estima a partir de la función de distribución de la variable explicativa de los componentes que han fallado.

$$P(B|A) = F_{XF}(x_2) - F_{XF}(x_1)$$

Donde $F_{XF}(x)$ es la función de distribución de la variable explicativa x entre los componentes que han fallado.

A partir de la expresión anterior se calcula la probabilidad de que ocurra un fallo entre los componentes en los que la variable explicativa se encuentra en el intervalo $[x_1, x_2]$, $P(A|B)$:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} = \frac{F_{EF}(x_2) - F_{EF}(x_1)}{F_E(x_2) - F_E(x_1)} \frac{N_f}{N_T} = P_R P(A)$$

Donde P_R es la “relación de probabilidad”, definida como el cociente entre la probabilidad de que la variable explicativa tome un valor en el intervalo $[x_1, x_2]$ en los componentes que han fallado y la probabilidad de que la variable explicativa tome un valor en el intervalo $[x_1, x_2]$ en el conjunto de los componentes. P_R es el factor por el que debe multiplicarse a la probabilidad genérica $P(A)$ para obtener la probabilidad de que se rompa un elemento cuya variable explicativa está en el intervalo en $[x_1, x_2]$. Si P_R es superior a uno, la probabilidad genérica de rotura se incrementa como consecuencia de la variable explicativa. En caso contrario se disminuye.

Este planteamiento se ha aplicado a las variables explicativas consideradas (material, diámetro, uso del suelo, etc.), estimado las funciones de distribución de las variables a partir de la información contenida en las bases de datos genérica y de roturas.

Para estimar la probabilidad de fallo conjunta en función de varias variables explicativas (por ejemplo, edad y diámetro) debe determinarse la función de distribución de probabilidad del conjunto de variables explicativas. Si las variables son independientes la función de densidad conjunta es el producto de las funciones de densidad marginales de cada una de las variables. En ese caso la probabilidad de rotura se obtiene multiplicando la probabilidad genérica por el producto de las relaciones de probabilidad de cada una de las variables explicativas:

$$P(A|B) = P_{R1} \cdot P_{R2} \cdot \dots \cdot P_{Rk} \cdot P(A)$$

Donde las P_{Ri} son las relaciones de probabilidad de cada una de las variables explicativas. En el estudio se ha planteado el análisis de todas las variables disponibles, consideradas independientes.

Si existe dependencia, es necesario estimar la función de distribución conjunta. Dado que en este caso el tratamiento matemático es más complejo y se incrementa la necesidad de datos de observación, el análisis se ha limitado a grupos de dos variables, ya que el número de incidencias registradas no permite el estudio simultáneo de más variables. El resto de variables se han incorporado haciendo la hipótesis de independencia con respecto a las variables conjuntas.

En este caso la expresión a aplicar es:

$$P(A|B) = P_{R1-2} \cdot P_{R3} \cdot \dots \cdot P_{Rk} \cdot P(A)$$

Donde la P_{R1-2} es la relación de probabilidad de las dos variables analizadas conjuntamente y las restantes P_{Ri} son las relaciones de probabilidad de las variables independientes.

En cada ámbito se han construido modelos considerando un número creciente de variables, organizados en dos grupos. En el primer grupo se han considerado dos variables conjuntamente y el resto de variables independientes. En el segundo grupo se han considerado todas las variables independientes. Dado que el número de combinaciones es potencialmente muy elevado se ha estructurado el estudio en dos fases. En una primera fase se realiza un análisis sistemático, explorando exhaustivamente la totalidad del espacio de búsqueda constituido por modelos sencillos de una o dos variables. En la segunda fase se analizan únicamente los modelos que resultan de combinar los diez mejores modelos obtenidos en la fase anterior con todas las variables restantes en cada ámbito. De esta manera, la exploración del espacio de modelos es una búsqueda jerárquica del óptimo.

2.2. Metodología de validación de modelos

El procedimiento de validación permite evaluar cuantitativamente la capacidad predictiva de un modelo construido en función de una serie determinada de variables explicativas. Por tanto, la validación de los modelos se realiza a partir de la comparación del número de roturas previsto por el modelo (N_p) y el número de roturas observado (N_o) para un periodo de análisis. Los modelos se aplican a un número M de muestras de componentes extraídas del sistema general. Cada muestra está formada por los componentes incluidos en un cuadrado de centro y tamaño (lado L) aleatorios.

La calidad del modelo se evalúa a partir de los pares de valores (N_p^i , N_o^i) obtenidos en cada muestra i . Se realiza un ajuste por regresión lineal entre los valores obligando a su paso por el origen de coordenadas y se obtienen los dos parámetros de calidad:

- Pendiente m de la recta de regresión.
- Coeficiente de correlación R^2 .

Ambos parámetros son tanto mejores cuanto más se aproximen a la unidad. La calidad global del modelo se cuantifica mediante un parámetro conjunto, r , que es la distancia del punto representativo del modelo al punto ideal (1, 1). Si la pendiente (de la recta de ajuste) es igual a p y la dispersión (coeficiente de correlación) es igual a c , el parámetro global de calidad, r , es igual a:

$$r = \sqrt{(p - 1)^2 + (c - 1)^2}$$

Con este planteamiento se ha definido el procedimiento de validación de modelos a partir de un estudio previo de sensibilidad en el que se ha analizado la influencia de los parámetros fundamentales del procedimiento: el número M de muestras seleccionadas, el lado L de los cuadrados y los periodos de construcción y validación de los modelos. En este estudio se ha concluido que el factor más determinante es el periodo de construcción y validación de los modelos.

El procedimiento de validación definitivamente adoptado consiste en generar una muestra de 500 unidades, de tamaño comprendido entre 10 y 100 Kilómetros. Los modelos se han ajustado a los datos de los cuatro años disponibles (2011, 2012, 2013 y 2014). Cada modelo así construido se ha evaluado en los tres años restantes. De este modo se dispone de 12 valores de parámetros de calidad para cada una de las combinaciones de variables seleccionadas.

El modelo preferible es el que presente un mejor comportamiento global para los 12 casos analizados. El mejor comportamiento global se define en función del parámetro global de calidad, que es la distancia al punto óptimo (pendiente de la recta de ajuste igual a 1 y coeficiente de correlación igual a 1). En cada caso se tienen 12 valores de los parámetros de calidad, p, c y r. La selección se ha realizado considerando el valor medio de los radios de calidad:

$$R = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} r_i$$

3. RESULTADOS

Seguidamente se presentan los resultados obtenidos en los cuatro ámbitos de análisis considerados. Las tablas de resultados incluyen las variables explicativas que proporcionan los mejores resultados globales, junto con el valor del radio medio obtenido en cada caso.

3.1. Acometidas

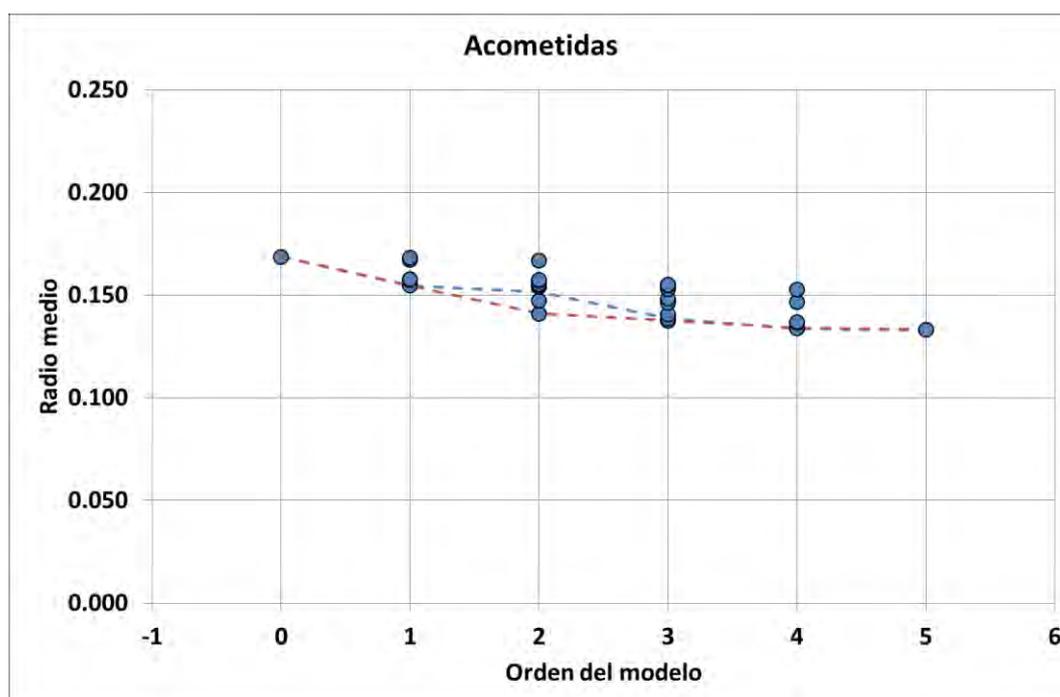
Los resultados obtenidos en Acometidas se presentan en las tablas 1 y 2 y en la Figura 1. En la Tabla 1 se incluyen los modelos con dos variables consideradas conjuntamente y el resto independientes. En la Tabla 2 los modelos con todas las variables independientes. En la Figura 1 se comparan los valores de radio medio obtenido por los mejores modelos en cada tipo.

TABLA 1. RESUMEN DE RESULTADOS EN ACOMETIDAS PARA MODELOS CON DOS VARIABLES CONSIDERADAS CONJUNTAMENTE Y EL RESTO INDEPENDIENTES

Orden	Variables conjuntas	Variables independientes	Radio medio
0			0.169
1	Profundidad		0.155
2	Diámetro - Profundidad		0.151
3	Diámetro - Terreno	Año	0.139
4	Terreno - Profundidad	Diámetro - Año	0.134
5	Terreno - Profundidad	Diámetro - Año – Uso del Suelo	0.133

TABLA 2. RESUMEN DE RESULTADOS EN ACOMETIDAS PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES

Orden	VARIABLES INDEPENDIENTES	Radio medio
0		0.169
1	Profundidad	0.155
2	Diámetro - Año	0.141
3	Diámetro - Año - Terreno	0.138
4	Diámetro – Año - Terreno - Profundidad	0.134
5	Diámetro – Año - Terreno - Profundidad – Uso del Suelo	0.133

FIGURA 1. EVOLUCIÓN DEL RADIO MEDIO OBTENIDO EN ACOMETIDAS, EN FUNCIÓN DEL ORDEN DE LOS MODELOS

Azul: modelos con dos variables consideradas conjuntamente y el resto independientes.

Rojo: modelos con todas las variables independientes

En Acometidas se ha obtenido una mejora progresiva, a medida que se incrementa el orden de los modelos, aunque la mejora es ligera con relación al modelo sin variables explicativas y el incremento conseguido disminuye rápidamente. Los modelos de orden cuatro y cinco contienen las mismas combinaciones variables y sus indicadores de calidad son también muy similares entre sí. Dado que estos modelos tienen resultados equivalentes resulta lógico escoger el más sencillo de entre los cuatro: el de cuatro variables independientes, formado por la combinación de diámetro, año, terreno y profundidad.

3.2. Red de Distribución

En el caso de la Red de Distribución los resultados se presentan en las tablas 3 y 4 y en la Figura 2. En la Tabla 3 se incluyen los modelos, con dos variables, consideradas conjuntamente y el resto independientes. En la Tabla 4, los modelos con todas las variables independientes. En la Figura 2 se comparan los valores de radio medio obtenido por los mejores modelos en cada tipo.

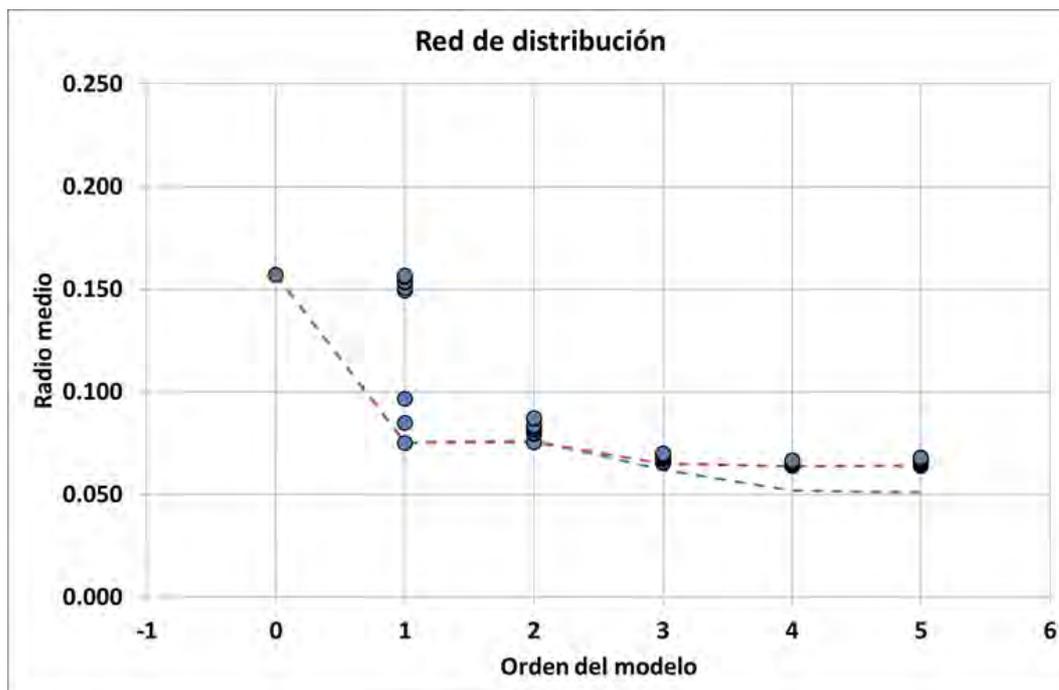
TABLA 3. RESUMEN DE RESULTADOS EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA MODELOS CON DOS VARIABLES CONSIDERADAS CONJUNTAMENTE Y EL RESTO INDEPENDIENTES

Orden	VARIABLES conjuntas	VARIABLES independientes	Radio medio
0			0.157
1	Diámetro		0.075
2	Diámetro - Transitorios		0.075
3	Diámetro - Transitorios	Presión Mínima	0.060
4	Diámetro - Año	Presión Media - Profundidad	0.052
5	Diámetro - Material	Profundidad - Velocidad Media - Velocidad Máxima	0.051

TABLA 4. RESUMEN DE RESULTADOS EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES

Orden	VARIABLES independientes	Radio medio
0		0.157
1	Diámetro	0.075
2	Diámetro - Terreno	0.076
3	Diámetro – Terreno - Presión Minina	0.065
4	Diámetro - Terreno –Presión Mínima - Velocidad Máxima	0.064
5	Diámetro - Terreno - Presión Mínima – Velocidad Máxima – Velocidad Mínima	0.064

En la Red de Distribución se consigue una mejora muy significativa empleando variables explicativas. La diferencia entre el radio medio del modelo inicial y el radio medio del modelo, considerando una variable explicativa, es muy importante. A partir de ahí hay una cierta variedad de variables y los incrementos que se consiguen son menores, especialmente en el caso de variables independientes. El diámetro es la única variable común en todas las configuraciones óptimas. El terreno está presente en todas las combinaciones de variables independientes, pero no aparece en el otro grupo. Los modelos de orden cuatro y cinco son los que mejores parámetros de calidad presentan, pero son significativamente mejores los indicadores de calidad, en el caso de dos variables conjuntas, que en el de todas las variables independientes. Los modelos de dos variables conjuntas, con dos o tres variables adicionales independientes, se consideran equivalentes y puede elegirse cualquiera de ellos.

FIGURA 2. EVOLUCIÓN DEL RADIO MEDIO OBTENIDO EN RED DE DISTRIBUCIÓN, EN FUNCIÓN DEL ORDEN DE LOS MODELOS

Azul: modelos con dos variables consideradas conjuntamente y el resto independientes.

Rojo: modelos con todas las variables independientes

3.3. Red Estratégica

Los resultados obtenidos para la Red Estratégica se presentan en la Tabla 5 (modelos con dos variables consideradas conjuntamente y el resto independientes) y Tabla 6 (modelos con todas las variables independientes). En la Figura 3 se comparan los valores de radio medio obtenido por los mejores modelos en cada tipo.

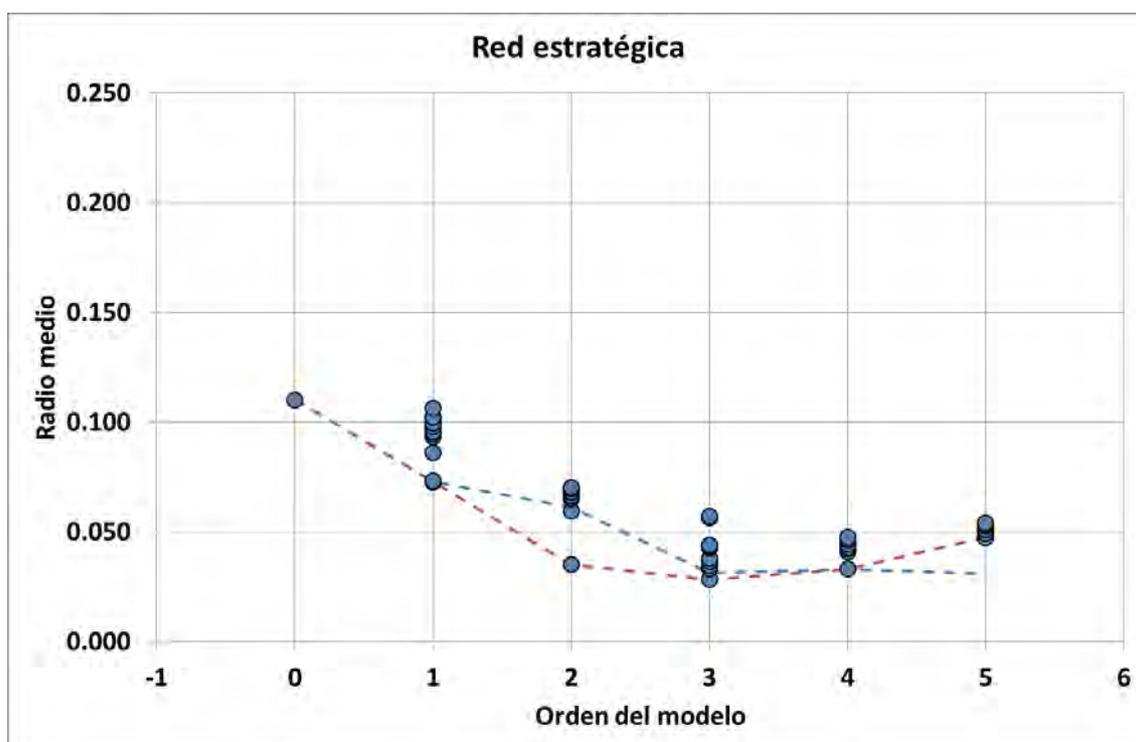
TABLA 5. RESUMEN DE RESULTADOS EN RED ESTRATÉGICA PARA MODELOS CON DOS VARIABLES CONSIDERADAS CONJUNTAMENTE Y EL RESTO INDEPENDIENTES

Orden	VARIABLES CONJUNTAS	VARIABLES INDEPENDIENTES	Radio medio
0			0.110
1	Material		0.073
2	Material - Profundidad		0.061
3	Material - Presión Mínima	Diámetro	0.031
4	Diámetro - Velocidad Mínima	Material - Velocidad Máxima	0.033
5	Material - Presión Máxima	Diámetro - Velocidad Máxima - Velocidad Mínima	0.031

TABLA 6. RESUMEN DE RESULTADOS EN RED ESTRATÉGICA PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES

Orden	Variables independientes	Radio medio
0		0.110
1	Material	0.073
2	Diámetro - Material	0.035
3	Diámetro – Material – Uso del Suelo	0.028
4	Diámetro - Material -Uso del Suelo- Profundidad	0.033
5	Diámetro - Material - Velocidad Media - Velocidad Máxima - Velocidad Mínima	0.047

En la Red Estratégica se produce un incremento significativo de rendimiento desde el orden cero al orden dos. Los modelos que proporcionan mejores indicadores de calidad son los de orden tres, puesto que para órdenes superiores los indicadores de calidad empeoran. Todos tienen valores de calidad similares, con una ligera ventaja a favor del modelo de tres variables independientes. Resulta muy llamativo que la variable *año*, no intervenga en ninguna combinación, lo que puede sugerir que las roturas en la Red Estratégica no son debidas al envejecimiento de la tubería, sino a otros factores de deterioro más vinculados al material o al diámetro.

FIGURA 3. EVOLUCIÓN DEL RADIO MEDIO OBTENIDO EN LA RED ESTRATÉGICA, EN FUNCIÓN DEL ORDEN DE LOS MODELOS

Azul: modelos con dos variables consideradas conjuntamente y el resto independientes.
Rojo: modelos con todas las variables independientes

3.4. Elementos

Los resultados obtenidos en *Elementos* se presentan en las tablas 7 y 8 y en la Figura 4. La Tabla 7 presenta los modelos con dos variables consideradas conjuntamente y el resto independientes. La Tabla 8 los modelos con todas las variables independientes. En la Figura 4 se comparan los valores de radio medio obtenido por los mejores modelos, en cada tipo.

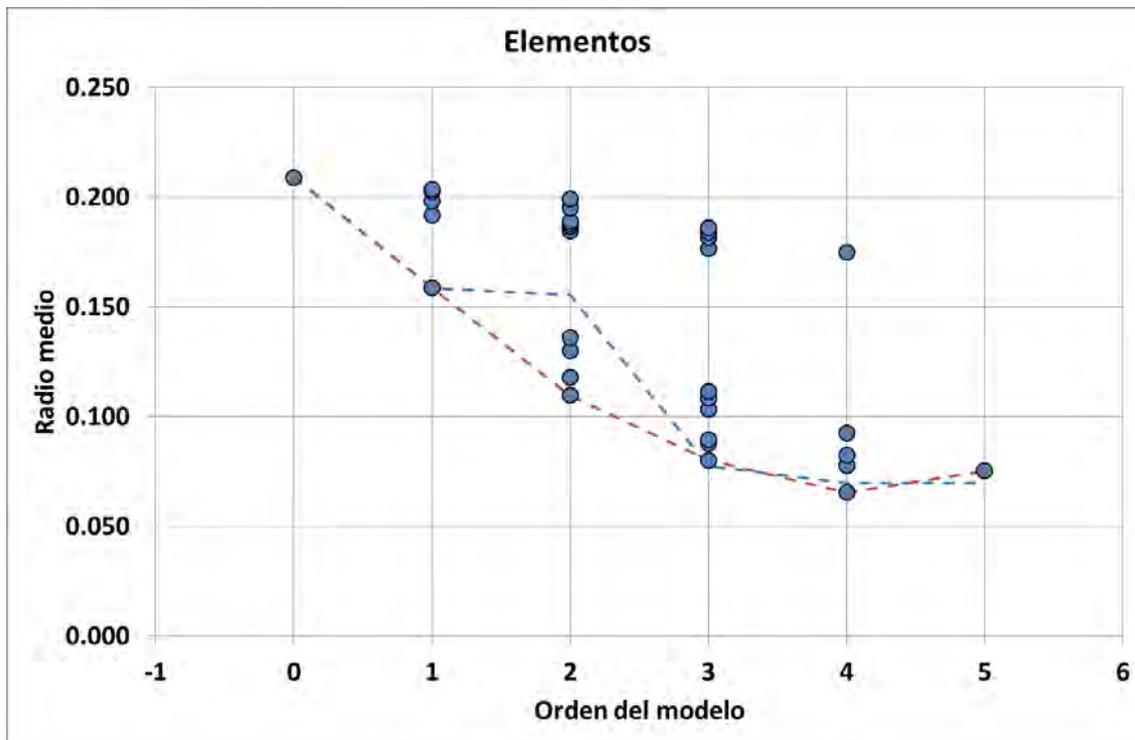
TABLA 7. RESUMEN DE RESULTADOS EN ELEMENTOS PARA MODELOS CON DOS VARIABLES CONSIDERADAS CONJUNTAMENTE Y EL RESTO INDEPENDIENTES

Orden	Variables conjuntas	Variables independientes	Radio medio
0			0.209
1	Año		0.159
2	Año - Uso del Suelo		0.156
3	Diámetro - Ubicación	Año	0.078
4	Diámetro - Profundidad	Año- Ubicación	0.070
5	Año-Uso del Suelo	Diámetro - Profundidad - Ubicación	0.070

TABLA 8. RESUMEN DE RESULTADOS EN ELEMENTOS PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES

Orden	Variables independientes	Radio medio
0		0.209
1	Año	0.159
2	Año - Diámetro	0.110
3	Año - Diámetro - Profundidad	0.080
4	Año - Diámetro - Profundidad - Ubicación	0.065
5	Año- Diámetro – Profundidad - Ubicación –Uso del Suelo	0.075

En el caso de *Elementos* los modelos con todas las variables independientes presentan mejor comportamiento que los modelos en los que se consideran dos de ellas conjuntamente. Las variables **Año** y **Diámetro** aparecen en casi todas las combinaciones óptimas. El mejor resultado se obtiene con el modelo de cuatro variables independientes, donde a **Año** y **Diámetro** se añaden las variables **Profundidad** y **Ubicación**.

FIGURA 4. EVOLUCIÓN DEL RADIO MEDIO OBTENIDO EN ELEMENTOS EN FUNCIÓN DEL ORDEN DE LOS MODELOS

Azul: modelos con dos variables consideradas conjuntamente y el resto independientes.

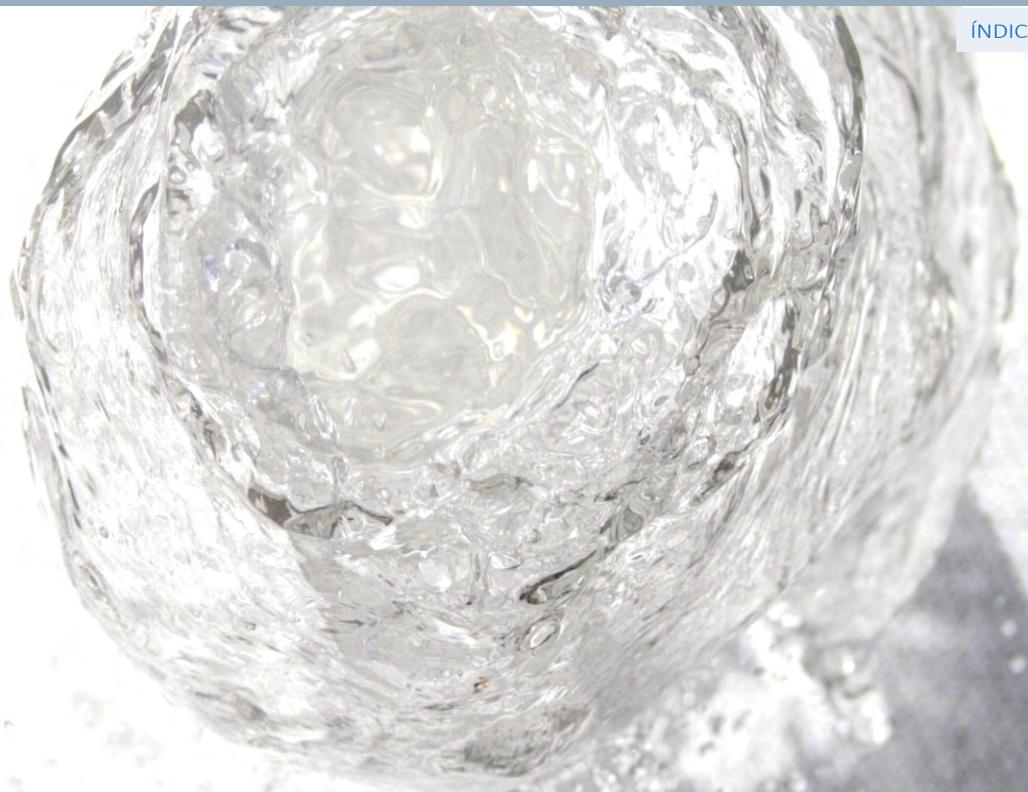
Rojo: modelos con todas las variables independientes

4. CONCLUSIÓN

Se considera que los objetivos de la investigación se han cumplido satisfactoriamente. Se ha recopilado la información correspondiente a incidencias de rotura, durante un periodo significativo. Se ha propuesto una metodología de análisis que ha permitido elaborar modelos de probabilidad de rotura para la totalidad de componentes de la red. Estos modelos se han estructurado a partir de un número creciente de variables explicativas. Se ha definido un modelo complejo para proceder al ajuste y validación de todos los modelos generados y se ha definido un procedimiento para identificar los modelos óptimos en función del número de variables que intervienen. Finalmente, se han comparado los resultados obtenidos y se han deducido las conclusiones correspondientes con relación a las variables explicativas más adecuadas para la construcción de modelos.

En conjunto se considera que el conocimiento generado con el trabajo realizado puede servir de base para el desarrollo de modelos de vida útil. Sin embargo, las conclusiones de este estudio no deben considerarse definitivas, ya que, junto al análisis cuantitativo de validación de modelos deben tenerse en cuenta otras circunstancias, tales como valorar la cantidad y calidad de los datos empleados en la construcción de los modelos o dar preferencia a los modelos cuyo planteamiento se considere más razonable.

1. Planteamiento del trabajo



PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO

La comprensión de los factores que intervienen en el deterioro de los componentes de las redes de tuberías es un paso esencial para establecer una política adecuada de gestión de activos que minimice los impactos que las incidencias producen sobre el servicio y rentabilice la inversión en reposición. Los síntomas del deterioro pueden ser muy variados: aumento de las fugas de agua, disminución de la capacidad hidráulica de las tuberías, empeoramiento de la calidad del agua, pero el más fácil de identificar y analizar es la frecuencia de roturas en las redes de distribución de agua (Pelletier, et al., 2003).

Un gran número de autores han analizado las causas de rotura en las redes de distribución de agua y han desarrollado modelos descriptivos y predictivos. Shamir & Howard (1979) clasifican las razones de las roturas en cuatro categorías: calidad y edad de la tubería, medioambiente que rodea a la tubería, calidad del equipo de instalación y condiciones de servicio, como la presión y los transitorios. Davies et. al (2001) analizan los factores de deterioro estructurales en tuberías de saneamiento, clasificándolos en factores de construcción, factores externos locales y otros factores. Los factores de deterioro también pueden clasificarse en físicos, ambientales y de mantenimiento.

Estos factores de deterioro se han incluido en una enorme variedad de modelos predictivos de roturas de tubería. Según Wang et al., 2009, dichos modelos pueden clasificarse en dos grupos principales. En el primer grupo se encuentran los modelos que consideran un número limitado de factores, como, tasa de roturas, longitud y edad, para explicar el deterioro. En modelo clásico de Shamir y Howard (1979) es un ejemplo de este tipo. Son modelos que predicen el número esperado de roturas en función del tiempo para un tramo específico de tubería de características determinadas. En el segundo grupo se encuentran modelos que incorporan un mayor número de factores, como edad, diámetro, presión, longitud, material o tipo de suelo. Los modelos de este grupo utilizan distintas técnicas de análisis para incorporar la información proporcionada por las variables explicativas seleccionadas. En algunos casos se pretende describir los procesos físicos que determinan los procesos de deterioro estructural de las tuberías, pero este enfoque requiere de datos que normalmente no están disponibles, por lo que queda limitado a grandes tuberías de interés estratégico (Rajani & Kleiner, 2001). La mayor parte de modelos se basan en algún tipo de planteamiento estadístico, estimando el número esperado de roturas en función de un conjunto de variables explicativas (Rostum, 2000, Yamijala, 2007) a partir de los registros históricos de roturas acaecidas en la red. Según Kleiner & Rajani (2001), las técnicas que se emplean son diversas: peligrosidad proporcional, procesos de Poisson (Economou, 2010), vida acelerada (Lei, 1997), enfoque de Markov o diagnóstico Bayesiano (Dridi et al., 2009; Watson et al., 2004). Una posibilidad alternativa son los modelos basados en técnicas no convencionales de inferencia, como, por ejemplo, las técnicas de aprendizaje (Berardi et al., 2008, Xu et al., 2011), las redes neuronales (Achim et al., 2007) o la minería de datos.

Los modelos de rotura de tuberías resultan imprescindibles en los planes de gestión de activos de las compañías que presentan el servicio de abastecimiento de agua (Engelhardt et al, 2000). Las decisiones relativas a la planificación de las operaciones de renovación de la red deben basarse en un conocimiento objetivo de la tasa esperada de roturas y su correspondiente influencia en la interrupción del servicio (Hong et al., 2006). Sin embargo, del estudio de la literatura disponible sobre el tema no puede deducirse con facilidad cuáles son los factores que deben tenerse en cuenta en un modelo estadístico de ocurrencia de roturas y es necesario cuantificar la influencia de determinadas variables, en los ratios de fallo de la red (Gómez Martínez et al., 2017). La mayor parte de los estudios determinan las variables a incluir en los modelos *a priori*, bien a partir de la experiencia del modelador o simplemente como consecuencia de la disponibilidad de datos.

En el trabajo que se presenta en este cuaderno de investigación se ha abordado el estudio sistemático de las variables explicativas en los modelos de rotura de tuberías de la red de Canal de Isabel II, con la finalidad de cuantificar la influencia que tienen en la capacidad predictiva del modelo resultante y valorar su inclusión en los modelos de vida útil que dan soporte a la planificación de las operaciones de renovación de la red.

1.1. DATOS DE PARTIDA

El estudio realizado se centra en la caracterización de fallos en las infraestructuras de abastecimiento de agua de la Comunidad de Madrid que dependen de Canal de Isabel II. El ámbito analizado son las redes de distribución de agua, incluyendo acometidas y elementos singulares de regulación (válvulas). No se han analizado otros componentes, como las estaciones de tratamiento, estaciones elevadoras, obra civil, canales en lámina libre e instrumentos de medida (contadores y caudalímetros).

Los datos del estudio se han tomado de los sistemas de gestión de bases de datos y de información geográfica de Canal de Isabel II. En concreto se han utilizado cinco fuentes fundamentales de información:

- Sistema de información geográfica corporativo de Canal de Isabel II (GAMBA), en el que se encuentran caracterizados todos los elementos del sistema de abastecimiento incluyendo su ubicación geográfica.
- Sistema de gestión de avisos, incidencias, trabajos y mantenimiento de elementos de la red (GAYTA), donde se registran en formato de base de datos los distintos tipos de sucesos (avisos, incidencias, trabajos, etc.) relacionados con anomalías en el servicio.
- Base de datos que mantiene Canal de Isabel II en la que se recoge la información recopilada en las visitas de inspección que se realizan con motivo de roturas en tuberías y acometidas, denominada "BBDD" (Canal de Isabel II, 2017).
- Resultados del modelo numérico de comportamiento hidráulico de la red de distribución, que proporciona valores de las variables hidráulicas básicas (presión y velocidad), en todos los componentes de la red bajo distintas hipótesis de servicio.
- Coberturas de sistema de información geográfica de la Comunidad de Madrid relativas al tipo de terreno (Mapa Geológico Digital Continuo GEODE, realizado por el Instituto Geológico y Minero de España) y al Uso del Suelo (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España SIOSE, coordinado por el Instituto Geográfico Nacional y el Centro Nacional de Información Geográfica)

El análisis se ha dividido en cuatro ámbitos

- 💧 Acometidas: 607.360 acometidas domiciliarias de la red
- 💧 Red de distribución: 14.176 Kilómetros de tuberías de distribución
- 💧 Red estratégica: 3.297 Kilómetros de tuberías principales de transporte
- 💧 Elementos: 210.095 elementos singulares (fundamentalmente válvulas)

En la Tabla 9 se presenta el número de incidencias registradas en el periodo de datos disponible para el estudio, que abarca desde el 1 de noviembre de 2010, hasta el 2 de septiembre de 2015. Se incluyen las incidencias totales y aquéllas en las que ha sido posible identificar el elemento que ha sufrido la incidencia.

TABLA 9. DATOS DISPONIBLES

Ámbito	Número o longitud de componentes	Número de roturas	Número de roturas identificadas
Acometidas	607.360	33.299	25.886
Red de distribución	14.176 km	11.905	9.438
Red estratégica	3.297 km	410	410
Elementos	201.095	1.701	901

1.2. VARIABLES ANALIZADAS

El conjunto de variables seleccionadas para el análisis se divide en tres grupos: variables físicas, ambientales e hidráulicas. En un primer grupo se incluyen tres variables explicativas que presentan una relación evidente con los fenómenos de rotura y están incluidas en las bases de datos de incidencias y roturas. Dichas variables son las siguientes:

- Año de instalación (A)
- Diámetro (D)
- Material (M)

Estos datos están disponibles en las tablas consultadas en una proporción significativa de los registros, aunque también son frecuentes los casos en los que no se dispone de información completa.

El segundo grupo está integrado por las variables ambientales, que describen el entorno en el que se ha emplazado el componente. Se han considerado las siguientes variables:

- Tipo de terreno (T)
- Uso del Suelo y exposición al tráfico (U)
- Profundidad de enterramiento (Pr)
- Ubicación (para las válvulas) (Ub)

Los valores de estas variables se han deducido a partir de la información geográfica que se tiene sobre el emplazamiento de los componentes, mediante superposición con las coberturas ambientales disponibles. Se trata, por tanto, de variables derivadas, que no figuran directamente en la base de datos de Canal de Isabel II.

El último grupo de variables está formado factores hidráulicos relativos a las condiciones de servicio de los componentes:

- Presión (máxima, media y mínima) de trabajo (P_x , P_m , P_n)
- Velocidad (máxima, media y mínima) del agua (V_x , V_m , V_n)
- Variaciones de presión y/o transitorios (I_t)

Estas variables se han deducido a partir del análisis de los resultados del modelo de simulación hidráulica de la red y, en el caso del indicador de transitorios, a partir de los registros de maniobras.

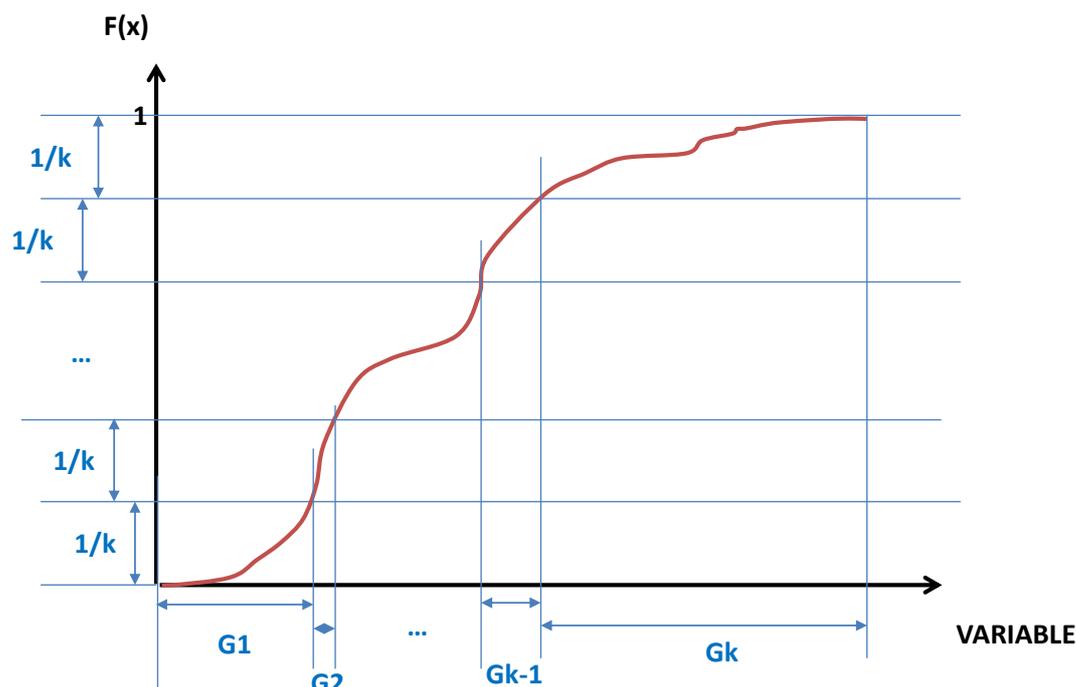
Desde el punto de vista numérico, el conjunto de variables analizadas es heterogéneo. Según el tipo de información, las variables se clasifican en tres grupos:

- Variables cualitativas (M, T, U, U_b)
- Variables numéricas discretas (D, A)
- Variables numéricas continuas (P_x , P_m , P_n , V_x , V_m , V_n , Pr, I_t)

Dado que la heterogeneidad de las variables dificulta su tratamiento automatizado, se han unificado los tipos definiendo un dominio discreto ordenado. En el caso de las variables cualitativas los valores se han ordenado en función de su frecuencia de ocurrencia, comenzando por los valores más frecuentes. En el caso de las variables continuas (presión, velocidad y profundidad) se han discretizado definiendo unos intervalos de clasificación. Las presiones se han clasificado en intervalos de 5 m, las velocidades en intervalos de 0,01 m/s (V_n) y 0,02 m/s (V_x y V_m) y las profundidades en intervalos de 0,1 m. Se ha comprobado que las funciones de distribución de las variables continuas resultan prácticamente idénticas a las variables discretas correspondientes.

En el cálculo de modelos de rotura se ha trabajado con distintas discretizaciones de los valores de las variables, considerando un número de intervalos entre 2 y 10, y también la máxima resolución disponible de las variables. Las discretizaciones se han definido intentando que el número de elementos en las distintas categorías establecidas sea similar. Para ello, se ha partido de la función de distribución de la variable $F(x)$, como se muestra en la Figura 5. Si se quieren definir k intervalos se toman fracciones de tamaño $1/k$ en el valor de la función de distribución y se determina el valor correspondiente de la variable, definiendo así los intervalos, G_i .

FIGURA 5. METODOLOGÍA DE DISCRETIZACIÓN DE VARIABLES



1.3. CONSTRUCCIÓN DE MODELOS

Para la construcción de los modelos de rotura se ha definido un procedimiento que permite pronosticar la tasa de roturas esperable, en un subconjunto de los elementos componentes del sistema, durante un plazo determinado. La selección de los elementos puede corresponder a criterios geográficos (por ejemplo, roturas en un sector) o a la tipología de los componentes con vistas a plantear operaciones de mantenimiento o reposición (por ejemplo, tuberías de fundición de diámetro inferior a 300 mm y fecha de instalación anterior a 1970). En una fase posterior se definen los modelos de vida útil, cuyo objetivo es determinar la probabilidad esperada de rotura para cada uno de los componentes de la red.

El proceso de construcción de los modelos de rotura se basa en la comparación de las funciones de distribución de las variables explicativas en la base de datos genérica que describe el sistema y la base de datos de roturas. Se pretende estimar la probabilidad de ocurrencia de roturas basándose en las observaciones. Se parte de la teoría de fiabilidad de componentes, aplicable a un sistema complejo como la red de distribución de Canal de Isabel II. El modelo de rotura se construye para un determinado ámbito (un tipo de componente, una zona de la red delimitada por criterios operativos, etc.). En dicho ámbito existe una población de componentes susceptibles de fallo. La población de componentes tiene una composición determinada en términos de ciertas variables explicativas (edad, material, diámetro, etc.). Se trata de construir un modelo predictivo que permita estimar la probabilidad de ocurrencia de fallos en el ámbito seleccionado en un periodo de tiempo determinado a partir de conocimiento del comportamiento histórico de los componentes.

Se realiza la hipótesis básica de que la probabilidad de fallo de un componente, en un periodo de tiempo, es expresable en términos de un conjunto reducido de variables explicativas y es independiente del emplazamiento del componente.

Si se considera un modo de fallo determinado, los mecanismos que conducen al fallo de los componentes pueden entenderse como un fenómeno complejo y ser tratados como una caja negra, que se caracteriza mediante su comportamiento a lo largo del tiempo. Esto permite el tratamiento del problema en función del tiempo como única variable.

La probabilidad de fallo puede determinarse a partir de observaciones. Para ello se dispone del análisis del comportamiento de la población de la red de Canal de Isabel II durante el periodo de tiempo analizado (algo más de 5 años). Si se supone que durante este periodo no ha variado sustancialmente la variable explicativa de los fallos, se puede plantear una inferencia bayesiana, como se detalla a continuación.

1.3.1. Modelos de una variable

Se considera la muestra global de componentes en la zona y la muestra de componentes que han fallado. Se definen los dos sucesos siguientes para el intervalo de tiempo de observación:

Suceso A: Ocurre un fallo en el sistema

La probabilidad de que ocurra un fallo en el sistema en el intervalo de observación, $P(A)$, se puede estimar a partir de la expresión:

$$P(A) = \frac{N_f}{N_T}$$

Donde N_f es el número de fallos registrados en la muestra y N_T es el número de componentes del sistema.

Si el sistema está formado por tramos de tubería, la expresión se transforma en:

$$P(A) = \frac{N_f}{L_T}$$

Donde L_T es la longitud total de tubería en la muestra. En este último caso la probabilidad de rotura viene expresada en número de roturas esperadas por unidad de longitud de tubería.

Si se toma una muestra formada por todos los elementos se tiene un modelo sin variables explicativas (modelo de orden cero), que corresponde a la probabilidad genérica de fallo $P(A)$. En este caso se estima una probabilidad de rotura "a priori", sin disponer de información adicional que pueda mejorar la estimación de la probabilidad.

Si se selecciona una variable como variable explicativa, la muestra estará compuesta por los elementos en los que esa variable alcance un rango de valores determinado. Esta circunstancia define un suceso:

Suceso B: La variable explicativa x de los componentes está comprendida en el intervalo $[x_1, x_2]$

La probabilidad de que la variable explicativa esté comprendida en el intervalo $[x_1, x_2]$, $P(B)$, se obtiene a partir de la función de distribución de la variable x entre la totalidad de componentes:

$$P(B) = F_x(x_2) - F_x(x_1)$$

Donde $F_x(x)$ es la función de distribución de la variable explicativa x entre la totalidad de los componentes.

En este caso puede estimarse la probabilidad de que se produzca un fallo en el componente, sabiendo que para él la variable explicativa adopta un valor en $[x_1, x_2]$, $P(A|B)$. Esta probabilidad se estima utilizando la fórmula de Bayes:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

Donde $P(B|A)$ es la probabilidad de que la variable explicativa tenga un valor en $[x_1, x_2]$ en un elemento que se ha roto. Esta probabilidad se estima fácilmente analizando la función de distribución de la variable explicativa de los componentes que han fallado.

$$P(B|A) = F_{xF}(x_2) - F_{xF}(x_1)$$

Donde $F_{xF}(x)$ es la función de distribución de la variable explicativa x entre los componentes que han fallado.

Por tanto, llegamos a la expresión que nos permite calcular la probabilidad de que ocurra un fallo entre los componentes en los que la variable explicativa se encuentra en el intervalo $[x_1, x_2]$, $P(A|B)$:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} = \frac{F_{EF}(x_2) - F_{EF}(x_1)}{F_E(x_2) - F_E(x_1)} \frac{N_f}{N_T}$$

La ecuación anterior puede expresarse como:

$$P(A|B) = P_R P(A)$$

Donde P_R es la "relación de probabilidad", definida como el cociente entre la probabilidad de que la variable explicativa tome un valor en el intervalo $[x_1, x_2]$ en los componentes que han fallado y la probabilidad de que la variable explicativa tome un valor en el intervalo $[x_1, x_2]$ en el conjunto de los componentes.

$$P_R = \frac{P(B|A)}{P(B)} = \frac{F_{EF}(x_2) - F_{EF}(x_1)}{F_E(x_2) - F_E(x_1)}$$

P_R es el factor por el que debe multiplicarse a la probabilidad genérica para obtener la probabilidad de que se rompa un elemento cuya variable explicativa está en el intervalo en $[x_1, x_2]$. Si P_R es superior a uno, la probabilidad genérica de rotura se incrementa como consecuencia de la variable explicativa. En caso contrario se disminuye.

Este planteamiento puede aplicarse a cualquier variable explicativa que se seleccione (material, diámetro, uso del suelo, etc.), simplemente calculando las funciones de distribución de las variables. Dichas funciones de distribución pueden determinarse a partir de la información contenida en las bases de datos genérica y de roturas, bien ajustando una función de distribución teórica paramétrica o estimando empíricamente a partir de los datos una función de distribución no paramétrica.

1.3.2. Múltiples variables explicativas

En el caso de que se quiera estimar la probabilidad de fallo conjunta, en función de varias variables explicativas (por ejemplo, edad y diámetro), deberá determinarse la función de distribución de probabilidad del conjunto de variables explicativas. Para ello debe verificarse primero si las variables son dependientes, estudiando, en el ejemplo, si la probabilidad de fallo en función de la edad se ve afectada por el tipo de material. Si no se ve afectada, el problema es sencillo, puesto que la función de densidad conjunta será el producto de las funciones de densidad marginales. En ese caso la probabilidad de rotura se obtiene multiplicando la probabilidad genérica por el producto de las relaciones de probabilidad de cada una de las variables explicativas:

$$P(A|B) = P_{R1} \cdot P_{R2} \cdot \dots \cdot P_{Rk} \cdot P(A)$$

Donde las P_{Ri} son las relaciones de probabilidad de cada una de las variables explicativas. En el estudio se ha planteado el análisis de todas las variables disponibles, consideradas independientes.

Si existe dependencia, es necesario estimar la función de distribución conjunta, lo que añade complejidad al tratamiento matemático e incrementa la necesidad de datos de observación. En el caso de variables dependientes se ha limitado el análisis a los grupos de dos variables, ya que el número de incidencias registradas no permite el estudio simultáneo de más variables. El resto de variables se han incorporado haciendo la hipótesis de independencia con respecto a las variables conjuntas. En este caso la expresión a aplicar es:

$$P(A|B) = P_{R1-2} \cdot P_{R3} \cdot \dots \cdot P_{Rk} \cdot P(A)$$

donde la P_{R1-2} es la relación de probabilidad de las dos variables analizadas conjuntamente y las restantes P_{Ri} son las relaciones de probabilidad de las variables independientes. Las variables independientes suponen una atenuación o agravamiento de la probabilidad de rotura determinada por las variables conjuntas. Esto equivale a suponer, por ejemplo, que la presión mínima de trabajo modifica la probabilidad de rotura con respecto a la que se estima sin tener en cuenta las variaciones de presión.

1.3.3. Modelos analizados

En este trabajo se ha formulado un conjunto amplio de posibles modelos empleando una gran variedad de variables explicativas con la finalidad de seleccionar el conjunto de variables que resulte más adecuado para la construcción de modelos de vida útil. En este contexto, podemos considerar que un tipo de modelo se define mediante tres parámetros:

- **a:** Número de variables que se analizan conjuntamente.
- **b:** Número de variables que se analizan independientemente.
- **c:** Número de intervalos en que se agrupan las variables.

Por ejemplo:

- Un modelo tipo (2,0,10) se basa en dos variables analizadas conjuntamente y clasificadas en 10 categorías.
- Un modelo tipo (2,1,5) se basa en tres variables, de las que dos se analizan conjuntamente y una tercera se considera independiente, clasificadas en 5 categorías.

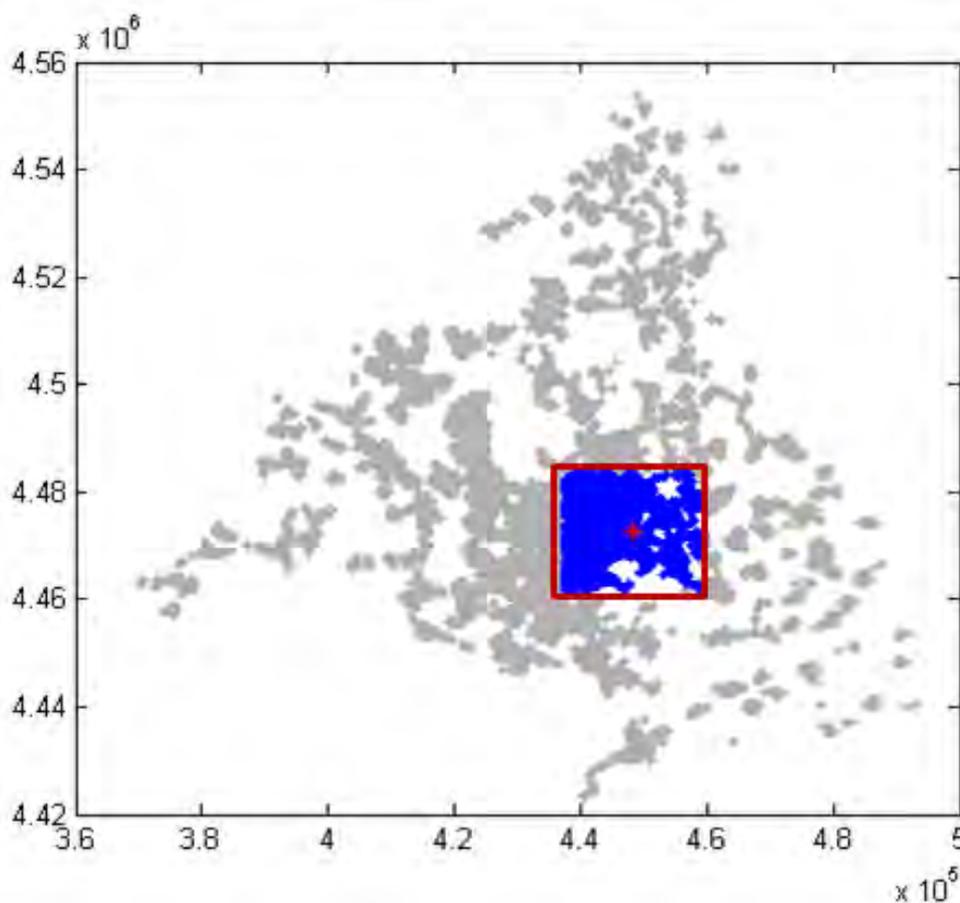
Denominaremos orden del modelo al número de variables explicativas que se consideran. Es la suma de los dos primeros números que describen el modelo. Dentro de cada tipo se pueden plantear diferentes modelos, seleccionando las distintas variables que intervienen. Dado que el número de combinaciones es potencialmente muy elevado se ha estructurado el estudio en dos fases.

En una primera fase se realiza un análisis sistemático, explorando exhaustivamente la totalidad del espacio de búsqueda constituido por modelos sencillos (de una, o dos variables). En esta primera fase se analiza también la metodología de validación de modelos, definiendo los criterios con los que se realiza la comparación. Como resultado de la primera fase se selecciona un conjunto más restringido de modelos que se toma como base para el planteamiento de modelos más elaborados (donde intervienen más de dos variables).

1.4. VALIDACIÓN DE MODELOS

Con objeto de disponer de un criterio objetivo para la comparación de modelos se ha definido un procedimiento de validación de modelos, que se describe a continuación. La validación de los modelos se realiza a partir de la comparación del número de roturas previsto por el modelo (N_p) y el número de roturas observado (N_o) en el periodo de validación. Dado que se trata de variables aleatorias, los modelos se evalúan con un número M de muestras extraídas del sistema general. La extracción de muestras sigue un criterio geográfico, considerando zonas de la red en torno a un punto central aleatorio con un tamaño comprendido entre un límite mínimo (L_{min}) y un límite máximo (L_{max}), con el criterio de contener al menos N_e elementos. La Figura 6 ilustra la selección de los elementos (representados en azul) pertenecientes a una muestra de tamaño L centrada en el punto marcado en rojo.

FIGURA 6. EJEMPLO DE MUESTRA DE LADO L



La calidad del modelo se evalúa a partir de los pares de valores (N_p^i , N_o^i) obtenidos en cada muestra i . Se realiza un ajuste por regresión lineal entre los valores obligando a su paso por el origen de coordenadas y se obtienen los dos parámetros de calidad:

- Pendiente m de la recta de regresión, que será tanto mejor cuanto más se aproxime a la unidad.
- Coeficiente de correlación R^2 , que será tanto mejor cuanto más se aproxime a la unidad.

La interpretación gráfica de los parámetros de calidad del ajuste se muestra en la Figura 7.

La calidad global del modelo se cuantifica mediante un parámetro conjunto, que es la distancia del punto representativo del modelo al punto ideal (1, 1). La Figura 8 ilustra esta idea, representando gráficamente los resultados comparados de modelos construidos combinando el diámetro con distintas variables. Puede apreciarse claramente que los mejores resultados se obtienen para las combinaciones de diámetro con año (en rojo) y diámetro con material (en magenta).

Si se desea puede definirse un coeficiente de ponderación α que ajuste el peso relativo de cada uno de los dos parámetros de calidad empleados, por ejemplo, representando $(m, \alpha R^2)$.

Mediante este procedimiento puede disponerse de un criterio cuantitativo que permita determinar la calidad de cada uno de los modelos elaborados, facilitando su comparación y la elección del modelo más apropiado.

FIGURA 7. INTERPRETACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AJUSTE

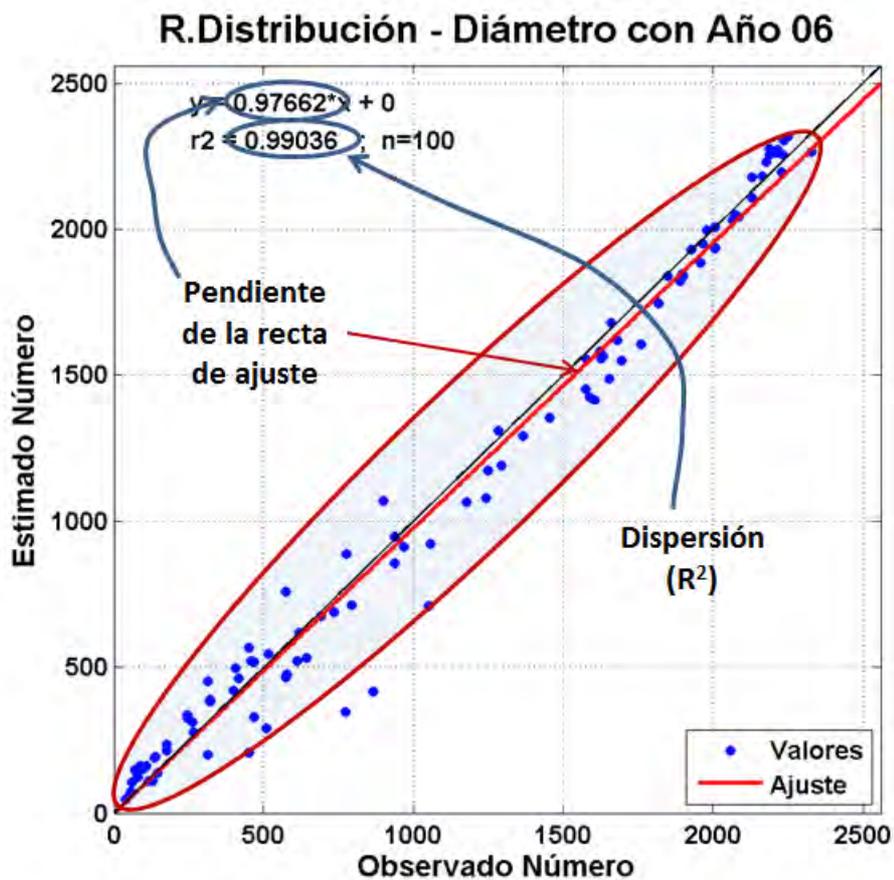
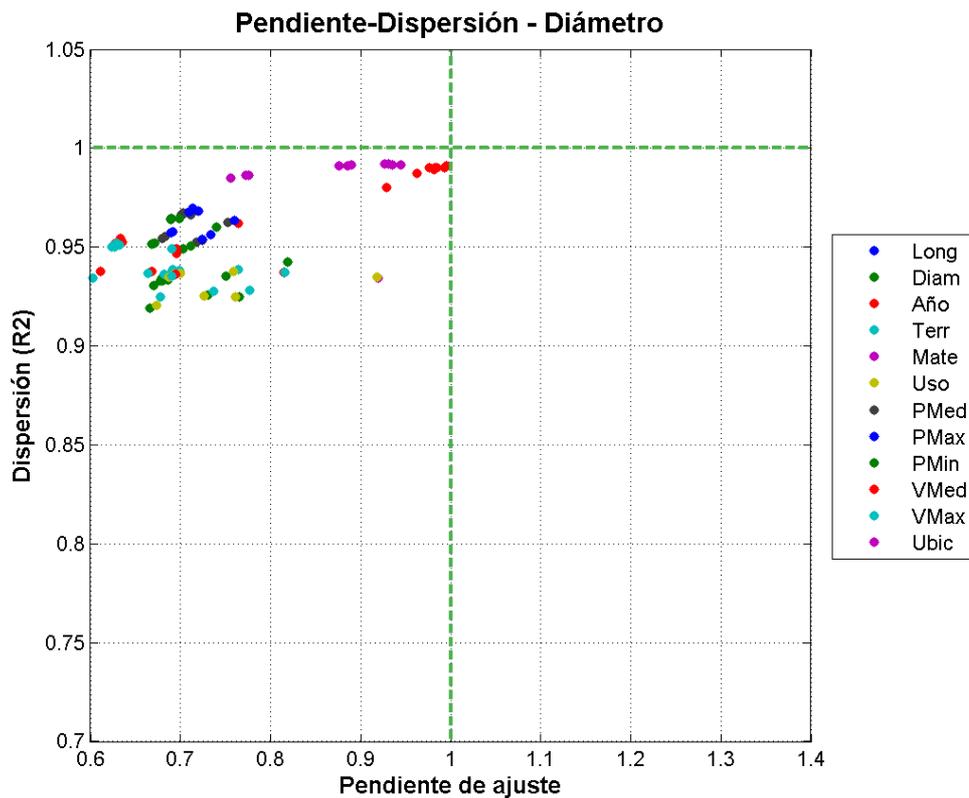


FIGURA 8. INTERPRETACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AJUSTE. COMPARACIÓN



Para reforzar la validación se han realizado estudios de sensibilidad, cuya finalidad es estimar la incertidumbre de los resultados de validación. Se ha analizado la sensibilidad de la validación a los siguientes factores:

- Tamaño (número de zonas) de la muestra.
- Tamaño de las zonas que componen la muestra.
- Periodo de validación.

El estudio del tamaño de la muestra se ha realizado considerando el valor obtenido para los indicadores de calidad en función del número de elementos de la muestra. Se ha realizado un análisis con tamaños de muestra comprendidos entre 20 y 100 unidades.

El estudio del tamaño de las zonas que componen la muestra se ha realizado variando los límites de tamaño (L_{\min} y L_{\max}), considerando en todos ellos el mismo número mínimo de elementos N_e .

El estudio del periodo de validación se ha realizado descomponiendo el periodo total de datos en cuatro años completos. Se ha realizado el estudio comparando los resultados obtenidos con distintas combinaciones de periodos de ajuste y validación.

1.5. ESTRUCTURA DEL TRABAJO

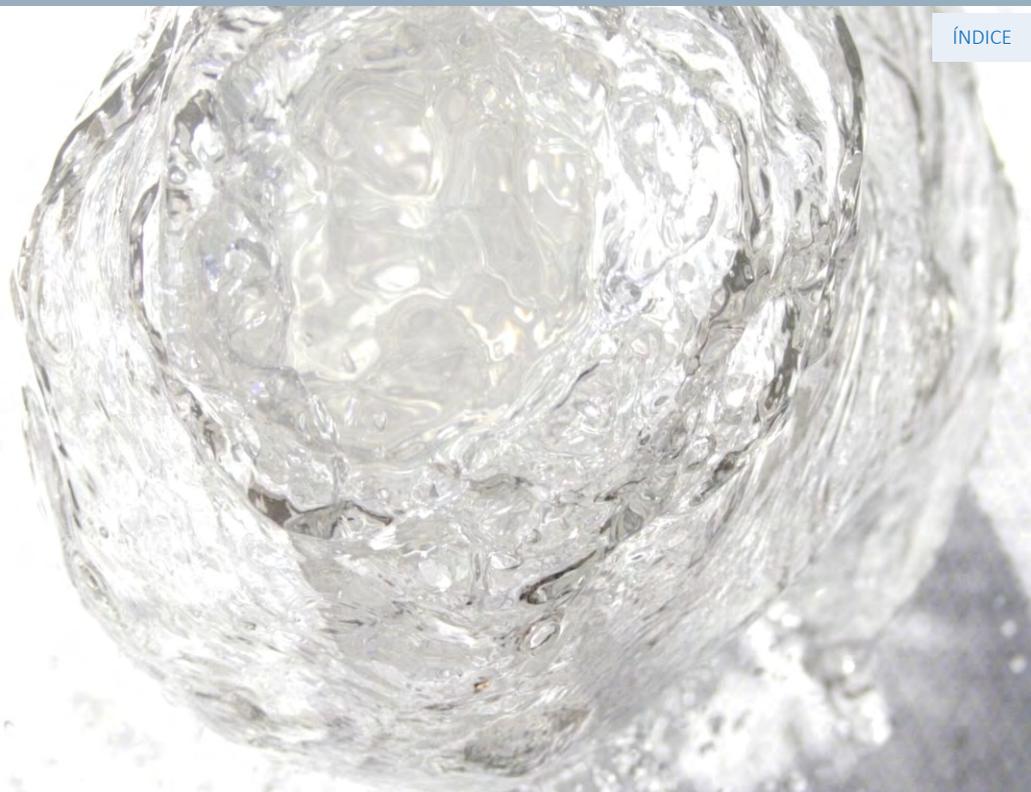
En el capítulo 2 se presenta un análisis inicial de los modelos de una y dos variables, realizado con la finalidad de encajar el problema y definir la metodología. A la vista de los resultados del análisis inicial, en el capítulo 4 se presenta un estudio de sensibilidad del proceso de validación, del que se deducen los requisitos que debe cumplir el procedimiento de validación definitivamente adoptado. En el capítulo 5 se presenta el análisis de la totalidad de modelos con el procedimiento de validación definitivo.

En cada uno de los cuatro sistemas considerados se han estudiado modelos de hasta cinco variables con un máximo de dos variables consideradas conjuntamente.

Finalmente, en el capítulo 6 se presentan las conclusiones del trabajo.

2. Análisis Inicial de Modelos de Rotura

[ÍNDICE](#)



En este capítulo se presenta un análisis inicial de los modelos de rotura elaborados, considerando una o dos variables explicativas. Este análisis se ha realizado con la finalidad de validar la metodología de elaboración de modelos y de disponer de información básica para poder definir el procedimiento definitivo de validación de modelos.

2.1. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

2.1.1. Datos disponibles

Los datos disponibles comprenden el periodo de 1 de noviembre de 2010 a 2 de septiembre de 2015. Se ha dividido el total de datos disponibles en dos periodos de la misma longitud (2,42 años):

- Periodo de ajuste: de 1 de noviembre de 2010 a 2 de abril de 2013.
- Periodo de validación: de 3 de abril de 2013 a 2 de septiembre de 2015.

En la Tabla 10 se presenta el número de incidencias registradas en las bases de datos, en los periodos de ajuste y validación en cada ámbito de estudio. Se incluyen las incidencias totales y aquellas en las que ha sido posible identificar el elemento que ha sufrido la incidencia.

TABLA 10. NÚMERO DE INCIDENCIAS REGISTRADAS EN EL PERIODO DE DATOS

Ámbito	AJUSTE			VALIDACIÓN		
	Número de roturas	Número de roturas identificadas	% de roturas identificadas	Número de roturas	Número de roturas identificadas	% de roturas identificadas
Acometidas	17.880	14.068	78,68	15.419	11.848	76,84
Red de Distribución	6.347	4.355	68,61	5.558	5.083	91,45
Red Estratégica	200	200	100,00	210	210	100
Elementos	938	385	41,04%	763	516	67,63

Como puede apreciarse en la Tabla 10 el número de incidencias no es idéntico en los periodos de ajuste y validación. La diferencia entre ambas cifras da una indicación de la precisión que puede esperarse de los modelos de rotura. También debe resaltarse que la fracción de incidencias en las que no se puede identificar el elemento que la ha sufrido es, salvo en el caso de la red estratégica, muy significativa y varía fuertemente entre el periodo de ajuste y validación. Esta circunstancia se tiene en cuenta en la elaboración de modelos, ya que éstos se construyen únicamente a partir de las incidencias identificadas.

Para tenerlo en cuenta, la probabilidad de rotura obtenida directamente en el cálculo a partir de las incidencias identificadas se multiplica por el cociente entre el número total de roturas y el número de roturas identificadas. Este factor de corrección puede dar lugar a errores importantes si la fracción de incidencias identificadas varía a lo largo del tiempo.

2.1.2. Metodología de validación

La validación se realiza aplicando el modelo a 100 muestras de elementos seleccionadas con un criterio geográfico. Se identifica un centro mediante la elección aleatoria de un componente de la red. A partir del centro se toman los componentes situados en un rectángulo de lado L , siendo una variable aleatoria uniformemente distribuida entre un valor mínimo de $L_{\min}=10.000$ m y un valor máximo de $L_{\max}=40.000$ m. Si el número de elementos incluidos en la zona de análisis es inferior a 1000 se rechaza esa muestra.

En cada muestra se estima el número previsto de roturas en el periodo de validación mediante la multiplicación de la probabilidad de rotura por la tasa estimada de rotura según cada modelo.

2.1.3. Ámbitos de estudio

El análisis se realiza en cuatro ámbitos diferentes:

- Acometidas
- Red de distribución
- Red estratégica
- Elementos singulares

La Figura 9 representa las variables explicativas utilizadas en los modelos de las diferentes categorías.

FIGURA 9. VARIABLES ANALIZADAS EN CADA UNO DE LOS ÁMBITOS

	Acometida	Distribución	Estratégica	Elemento
Diámetro, D	●	●	●	●
Año de instalación, A	●	●	●	●
Material, M		●	●	
Tipo de terreno, T	●	●		●
Uso del suelo, S	●	●	●	●
Tipo de Ubicación, U				●
Profundidad, Pr	●	●	●	●
Presión máxima, Px		●	●	
Presión media, Pm		●	●	
Presión mínima, Pn		●	●	
Velocidad máxima, Vx		●	●	
Velocidad media, Vm		●	●	
Velocidad mínima, Vn		●	●	
Indicador Transitorios, It		●	●	

2.2. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO

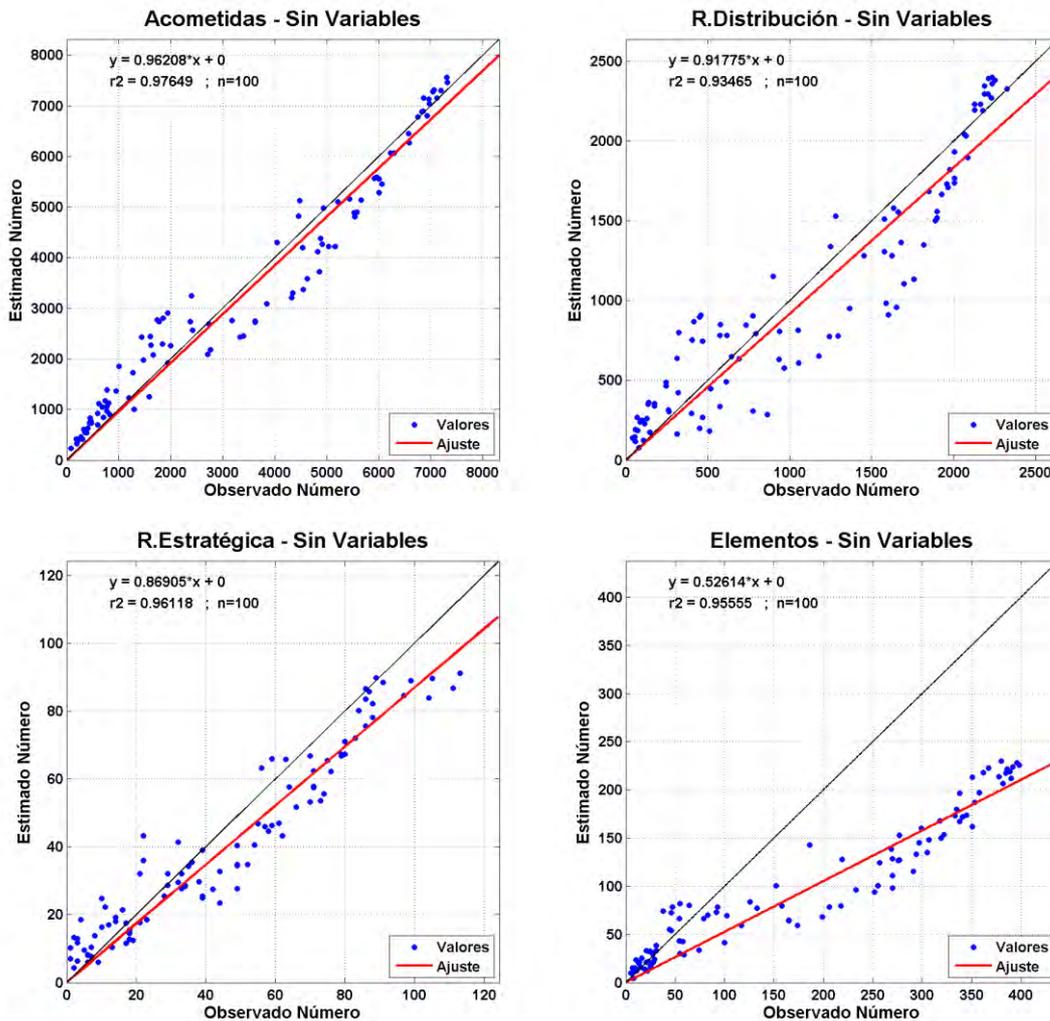
El modelo de orden cero se construye a partir de los datos directos de incidencias, puesto que no utiliza variables explicativas. Los resultados de los cálculos se presentan en la Tabla 11. La tasa esperada de roturas se obtiene dividiendo el número de incidencias identificadas por el tamaño de la muestra (en unidades para acometidas y elementos, y en Kilómetros para las redes de tuberías) y por la duración en años del periodo de ajuste. Esta cifra se puede multiplicar por el factor de corrección para obtener la tasa de roturas totales.

TABLA 11. MODELO DE ORDEN CERO

Ámbito	Tamaño (nº ó km)	Número de roturas identificadas	Tasa de roturas (10-3/año o 10-3/km año)	Factor de corrección	Tasa total de roturas (10-3/año ó 10-3/km año)
Acometidas	607.360	14.068	9,570	1,271	12,163
Red de Distribución	14.172	4.355	126,930	1,457	184,988
Red Estratégica	3.297	200	25,064	1,000	25,064
Elementos	201.095	385	0,757	2,436	1,845

La validación del modelo se realiza a partir de la tasa de roturas sin el factor de corrección, ya que se consideran únicamente las roturas identificadas. En la Figura 10 se presentan los resultados de la validación del modelo de orden cero, en los cuatro ámbitos en estudio.

FIGURA 10. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO



En los gráficos puede apreciarse que los resultados son aceptablemente buenos en acometidas y en las redes de tuberías y son bastante pobres en el caso de los elementos. Esta circunstancia viene motivada por el hecho de que en la serie de datos disponibles el número de incidencias registradas en el periodo de ajuste es una fracción muy pequeña (del orden del 41%) del número total de incidencias, mientras que en el periodo de validación el porcentaje sube hasta el 67%. Por este motivo el modelo estima un número de roturas en el periodo de validación que es muy inferior al realmente observado.

La Tabla 12 muestra los parámetros de calidad del modelo de orden cero. Estos parámetros deben servir de referencia para los análisis posteriores. Los modelos que empleen variables explicativas deben mejorar estos parámetros de calidad.

TABLA 12. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN CERO

Ámbito	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio
Acometidas	0.962	0.976	0.045
Red de Distribución	0.918	0.934	0.105
Red Estratégica	0.869	0.961	0.137
Elementos	0.526	0.956	0.476

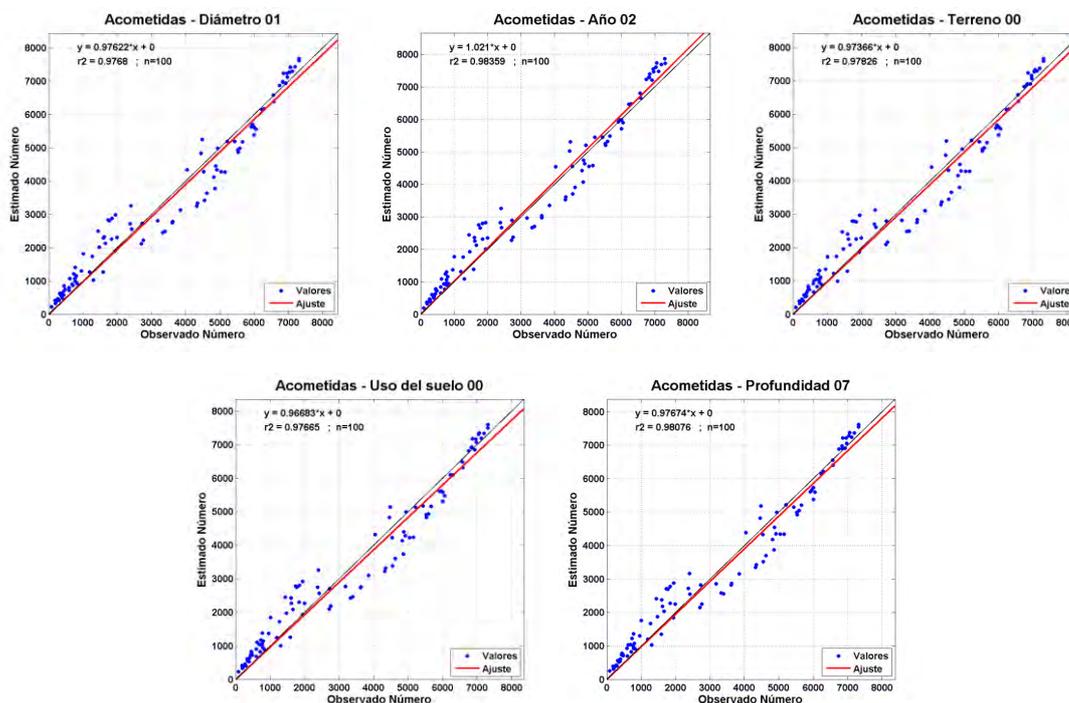
2.3. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE UNA VARIABLE

Seguidamente se presentan los resultados obtenidos para los modelos de una variable. Se han validado los modelos construidos utilizando distintas agregaciones de componentes, de uno a diez intervalos y un modelo con la máxima desagregación posible.

2.3.1. Acometidas

Inicialmente se presentan las nubes de puntos que comparan el número de roturas estimado mediante cada modelo con el número real de roturas observado en el periodo de validación. Los resultados que se presentan corresponden a la desagregación que produce el mejor resultado en el cálculo.

FIGURA 11. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS



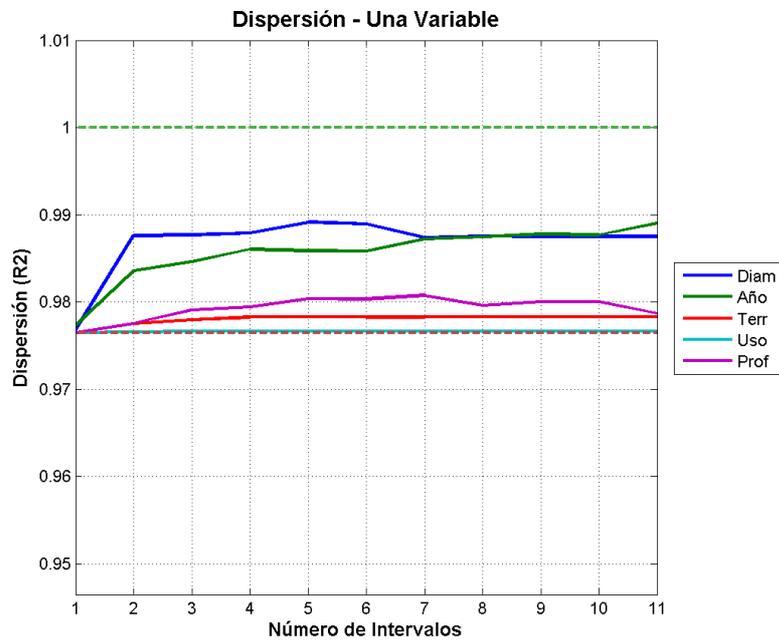
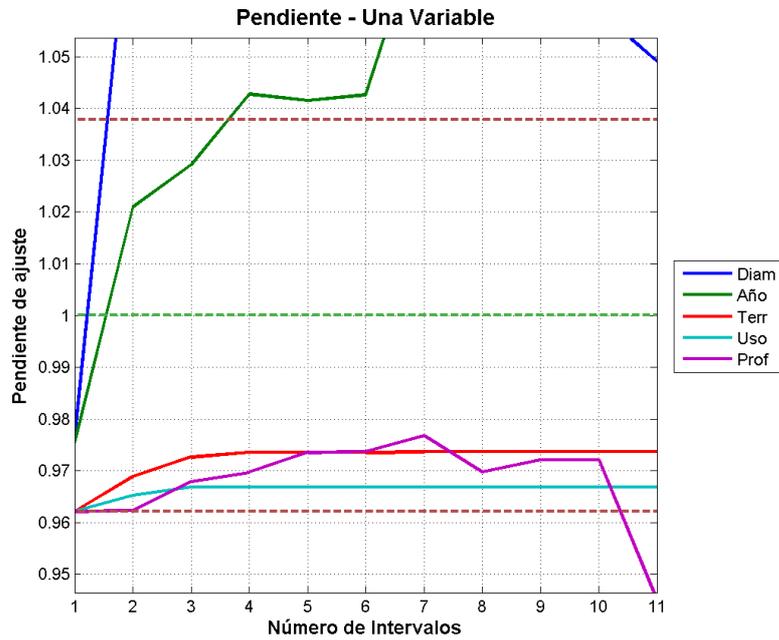
A continuación, se presenta la Tabla 13 con los parámetros de calidad obtenidos en la validación de modelos de una variable en acometidas. Se representan los valores correspondientes a la desagregación que proporcionan los mejores resultados en cada variable. El valor cero indica que se emplea la máxima desagregación posible.

TABLA 13. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS

Variable	Desagregación	Pendiente	Coficiente R ²	Radio
Diámetro	1	0.976	0.977	0.033
Año	2	1.021	0.984	0.027
Terreno	0	0.974	0.978	0.034
Uso del Suelo	0	0.967	0.977	0.041
Profundidad	7	0.977	0.981	0.030

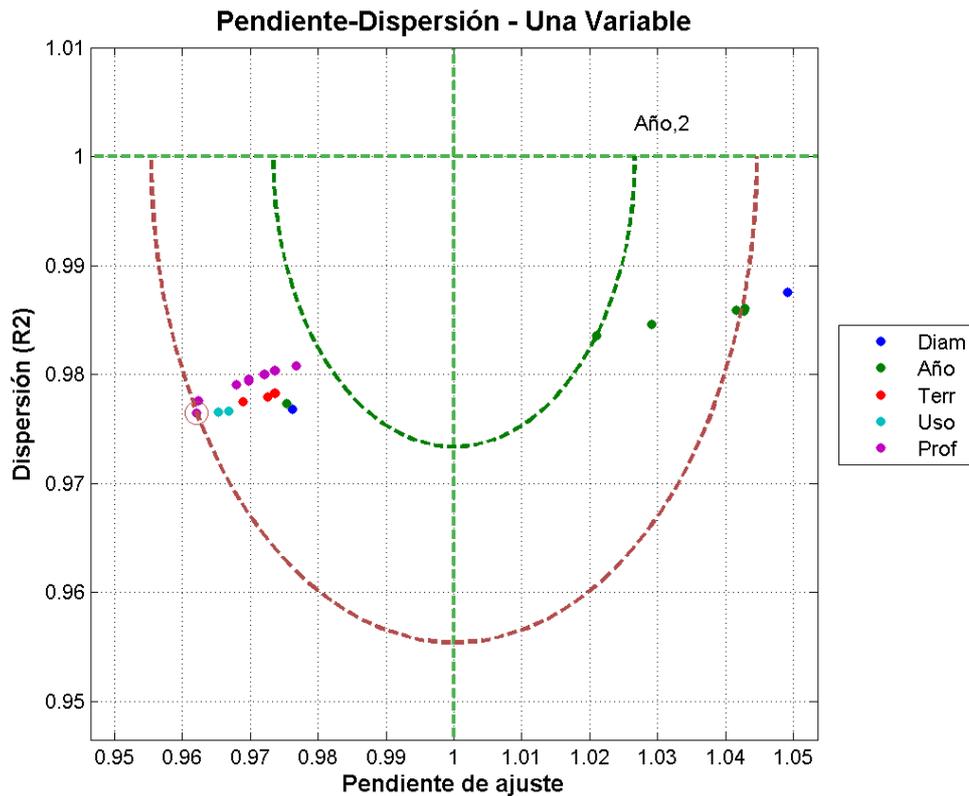
Finalmente, en la Figura 12 se presentan los gráficos resumen de los resultados obtenidos. Para cada variable se representa el valor de los parámetros de calidad (pendiente de la recta de ajuste y coeficiente de correlación) en función del número de intervalos empleados en el cálculo (el valor 11 corresponde al cálculo realizado, empleando la máxima desagregación posible). Se representan también, en color marrón los valores de los parámetros de calidad obtenidos en el modelo de orden cero, que sirve de referencia.

FIGURA 12. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS



A continuación, la Figura 13 presenta el gráfico final, donde los pares de valores de los parámetros de calidad se representan como un punto en el espacio (pendiente, coeficiente de regresión). Se ha marcado, en color marrón, la circunferencia que pasa por el punto correspondiente al cálculo realizado con el modelo de orden cero. Se ha marcado en verde la circunferencia que pasa por el mejor resultado obtenido, que corresponde a la variable: *año de instalación*, empleando dos intervalos en el cálculo.

FIGURA 13. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS



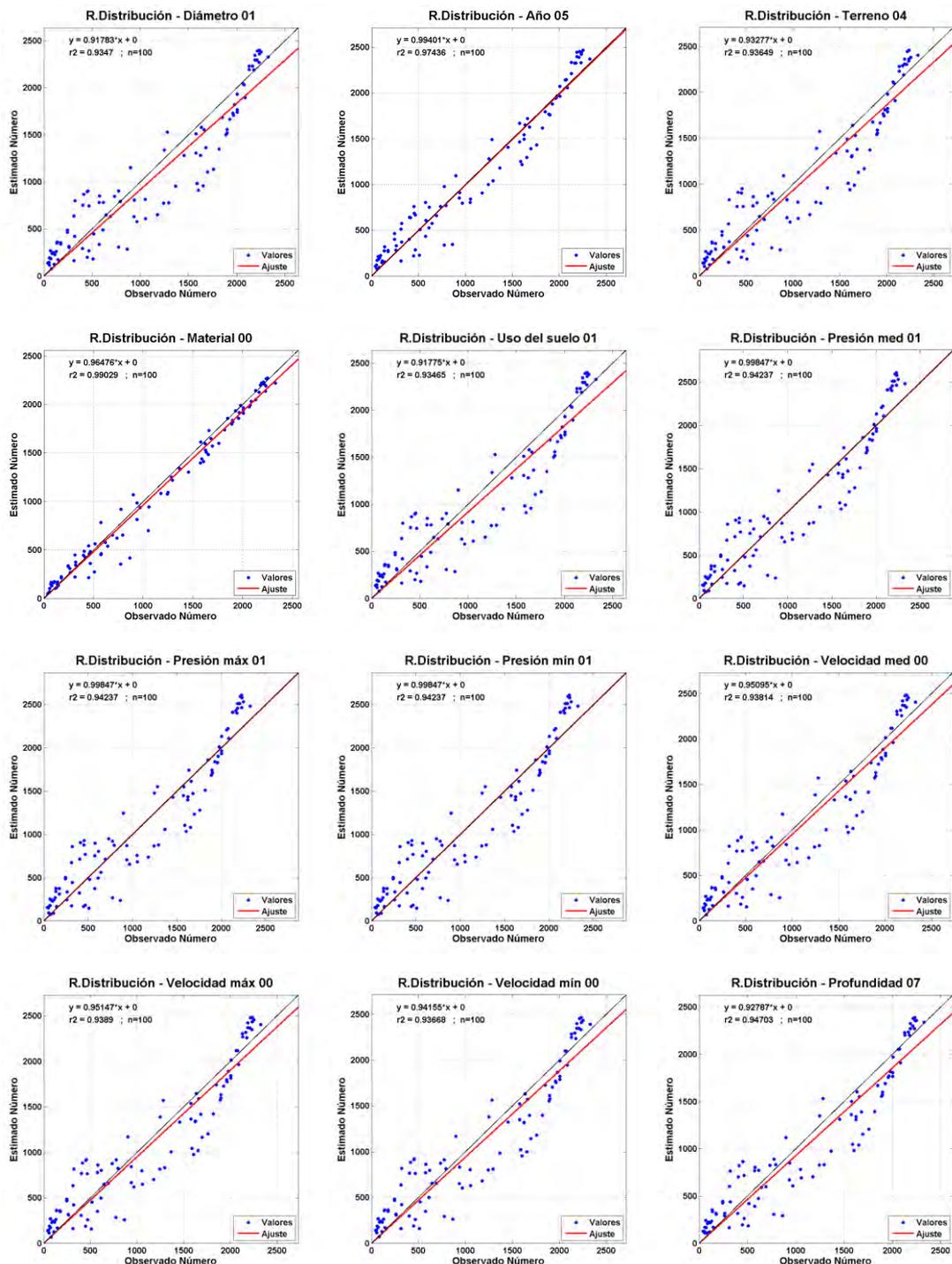
Los puntos comprendidos entre la circunferencia marrón y la circunferencia verde representan modelos en los que se obtienen mejores valores de los parámetros de calidad que en el caso del modelo de referencia (orden cero).

Aunque el mejor resultado se obtiene con la variable *año de instalación*, es de destacar que las prestaciones de este modelo se degradan rápidamente a medida que se desagrega en más intervalos. Sin embargo, el modelo basado en la profundidad es más robusto, ya que todos los intervalos de desagregación presentan resultados mejores que el modelo de referencia.

2.3.2. Red de Distribución

Inicialmente se presentan las nubes de puntos que comparan el número de roturas estimado mediante cada modelo, con el número real de roturas observado en el periodo de validación. Los resultados en la Figura 14 corresponden a la desagregación que produce el mejor resultado en el cálculo.

FIGURA 14. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN



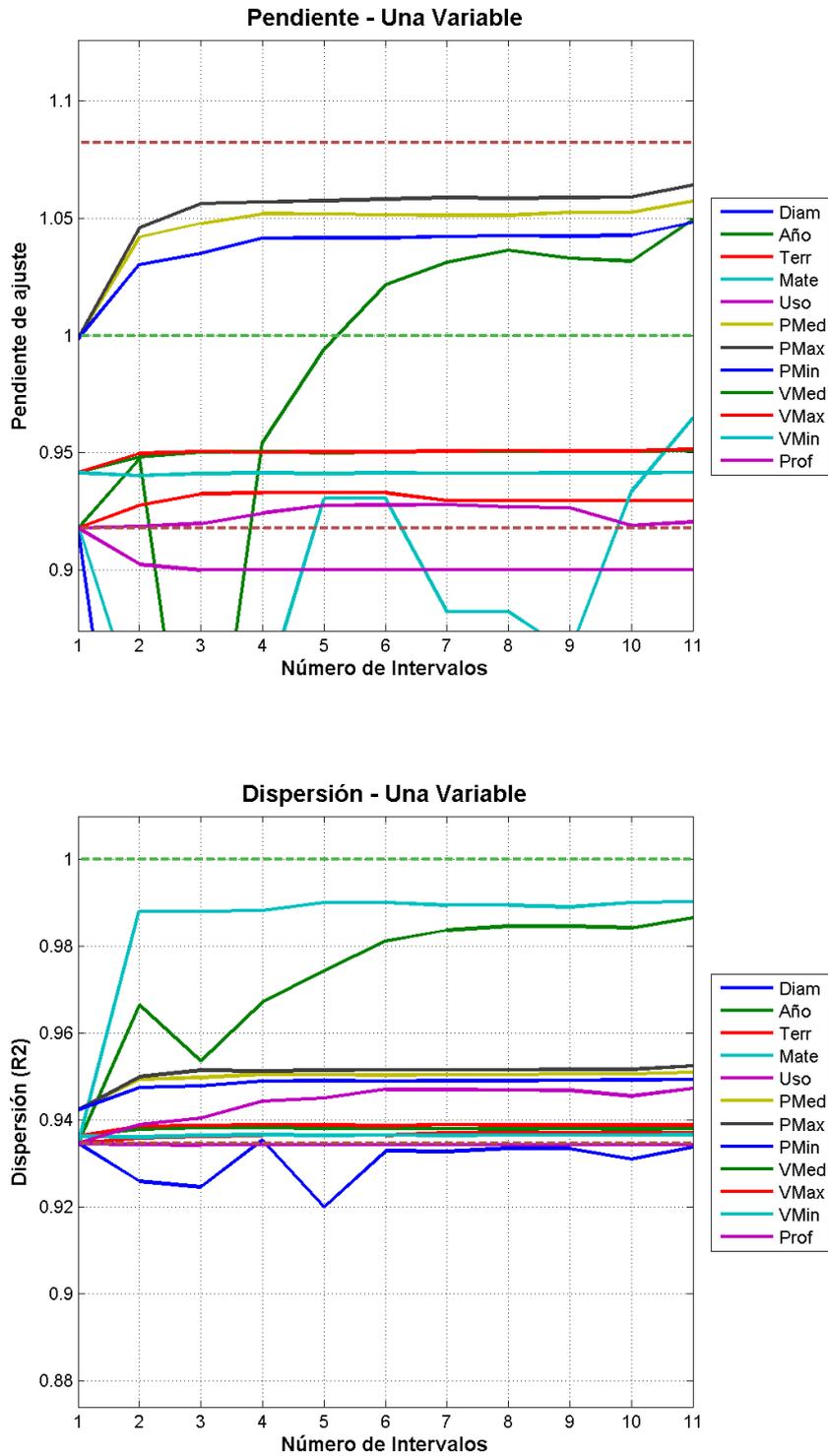
Seguidamente se presenta la Tabla 14 con los parámetros de calidad obtenidos en la validación de modelos de una variable en la red de distribución. Se representan los valores correspondientes a la desagregación que proporcionan los mejores resultados en cada variable. El valor cero indica que se emplea la máxima desagregación posible.

TABLA 14. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

<i>Variable</i>	<i>Desagregación</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Coficiente R²</i>	<i>Radio</i>
Diámetro	1	0.918	0.935	0.105
Año	5	0.994	0.974	0.026
Terreno	4	0.933	0.936	0.092
Material	0	0.965	0.990	0.037
Uso del Suelo	1	0.918	0.935	0.105
Presión Media	1	0.998	0.942	0.058
Presión Máxima	1	0.998	0.942	0.058
Presión Mínima	1	0.998	0.942	0.058
Velocidad Media	0	0.951	0.938	0.079
Velocidad Máxima	0	0.951	0.939	0.078
Velocidad Mínima	0	0.942	0.937	0.086
Profundidad	7	0.928	0.947	0.089

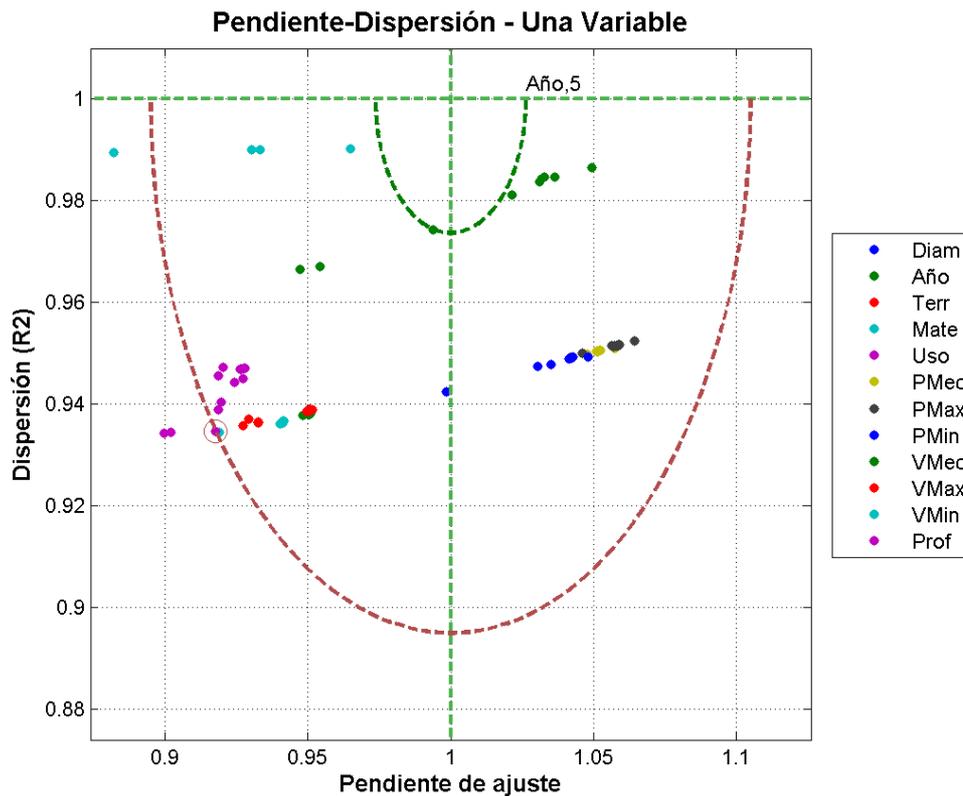
Finalmente, en la Figura 15 se presentan los gráficos resumen de los resultados obtenidos. Para cada variable se representa el valor de los parámetros de calidad (pendiente de la recta de ajuste y coeficiente de correlación) en función del número de intervalos empleados en el cálculo (el valor 11 corresponde al cálculo realizado empleando la máxima desagregación posible). Se representan también, en color marrón, los valores de los parámetros de calidad obtenidos en el modelo de orden cero, que sirve de referencia.

FIGURA 15. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN



En la Figura 16 se presenta el gráfico final, donde los pares de valores de los parámetros de calidad se representan como un punto en el espacio (pendiente, coeficiente de regresión). Se ha marcado en marrón la circunferencia que pasa por el punto correspondiente al cálculo realizado con el modelo de orden cero y, en verde, la circunferencia que pasa por el mejor resultado obtenido, que corresponde a la variable **año de instalación** empleando cinco intervalos en el cálculo.

FIGURA 16. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

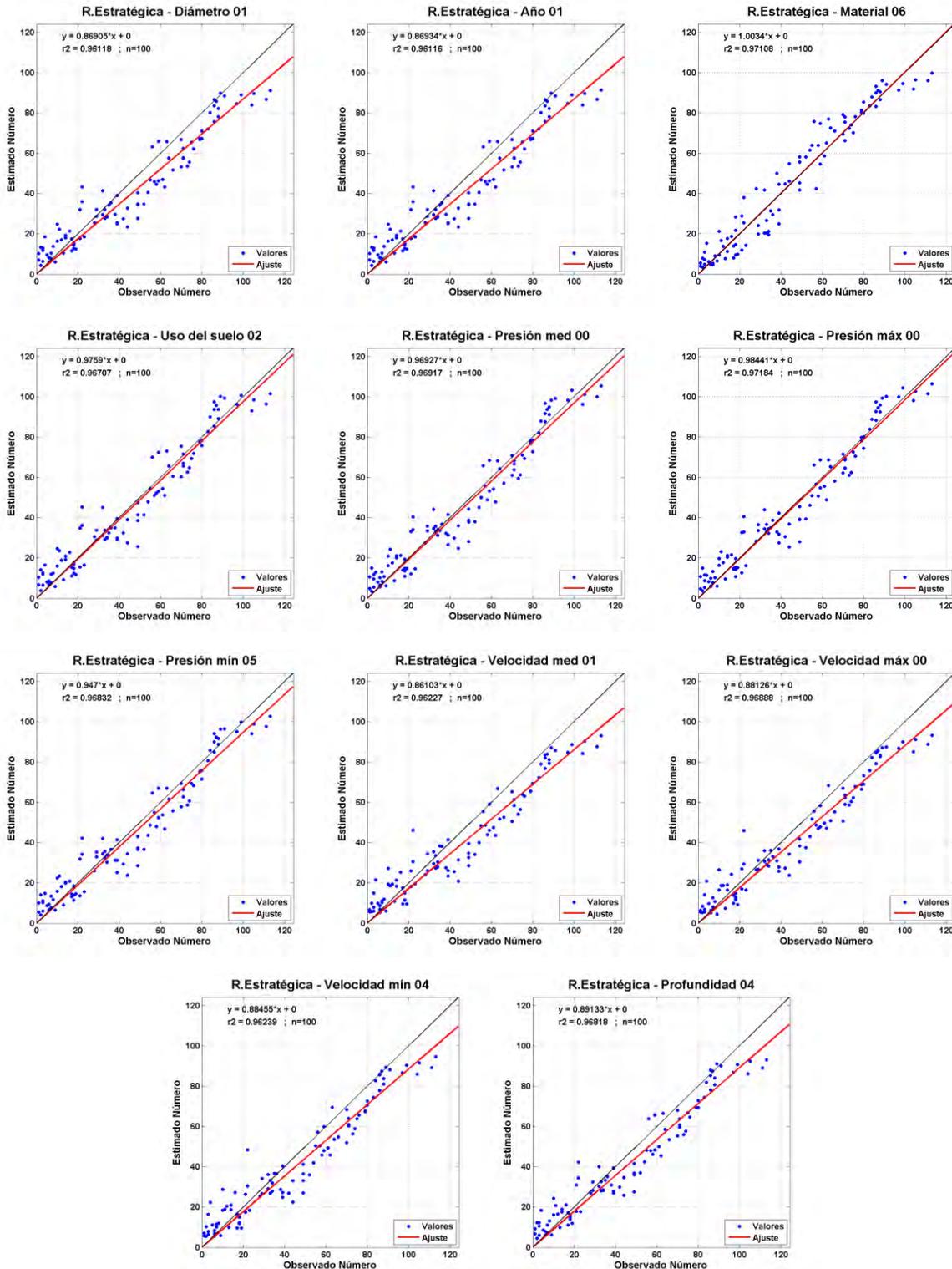


Los puntos comprendidos entre la circunferencia marrón y la circunferencia verde representan modelos en los que se obtienen mejores valores de los parámetros de calidad que en el caso del modelo de referencia (orden cero). En principio, puede considerarse que los modelos cuyos resultados se encuentran próximos al punto que corresponde al valor de referencia (marcado con un círculo marrón) aportan poco valor añadido al modelo de referencia. Aquéllos que se encuentran alejados y mejoran el resultado, como es el caso de **Año** o **Material**, pueden tener mejor capacidad predictiva basada en las variables explicativas. También se comprueba que se da el caso de que hay cinco variables para las que el mejor resultado se obtiene con una desagregación en un intervalo. Esto implica que la variable tiene un comportamiento muy malo al emplearla como predictor, ya que el mejor resultado se obtiene cuando no se consideran los valores de dicha variable. Esto sucede para **Diámetro**, **Uso del Suelo** y las tres variables de Presión de trabajo. El hecho de que los valores obtenidos sean distintos de los del modelo de referencia se debe al porcentaje de valores desconocidos de estas variables en las bases de datos.

2.3.3. Red Estratégica

Inicialmente se presentan las nubes de puntos que comparan el número de roturas estimado mediante cada modelo con el número real de roturas observado en el periodo de validación. Los resultados que se presentan en la Figura 17 corresponden a la desagregación que produce el mejor resultado en el cálculo.

FIGURA 17. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA



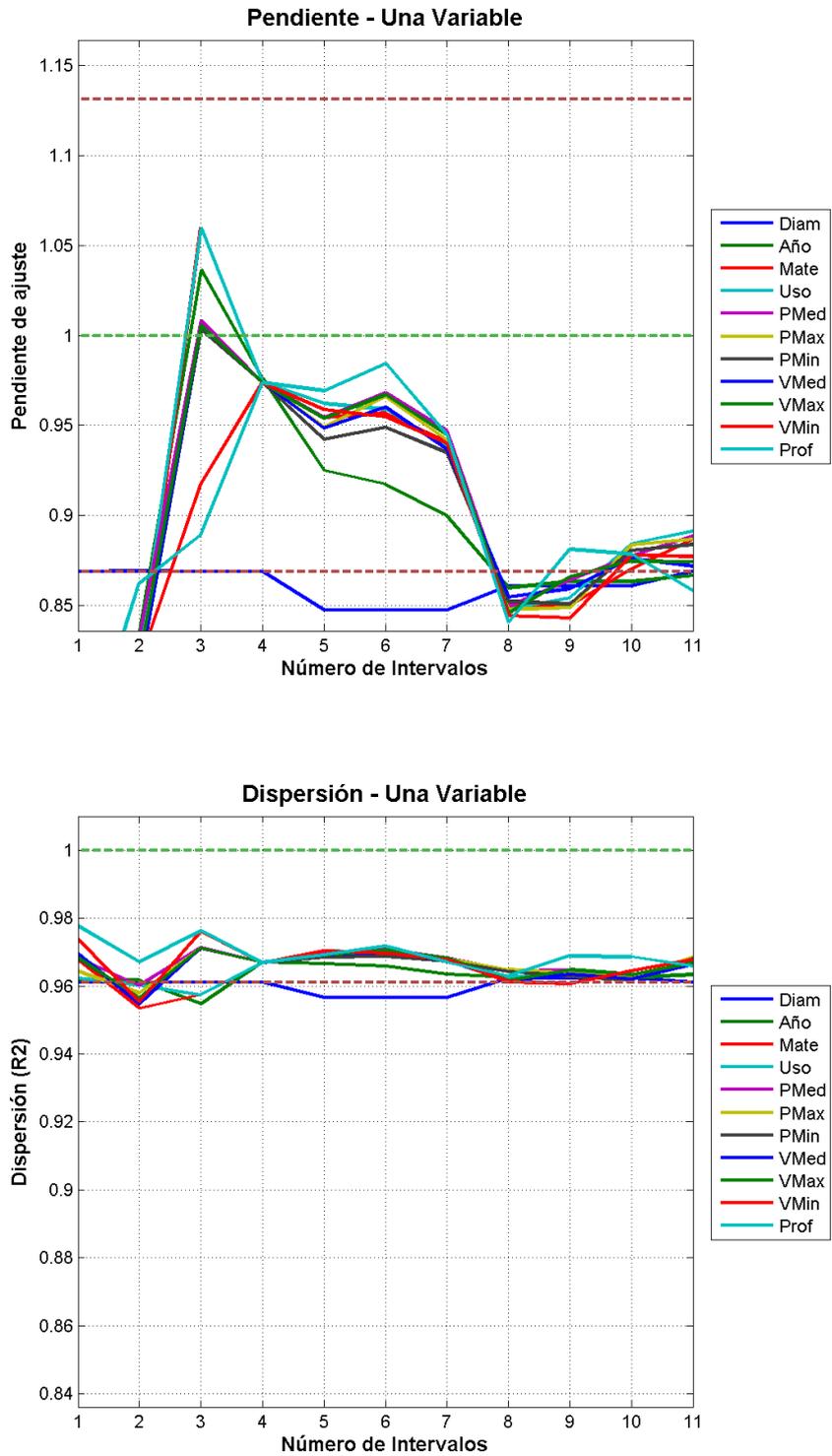
A continuación, la Tabla 15 presenta los parámetros de calidad obtenidos en la validación de modelos de una variable en la red estratégica. Se representan los valores correspondientes a la desagregación que proporcionan los mejores resultados en cada variable. El valor cero indica que se emplea la máxima desagregación posible.

TABLA 15. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA

<i>Variable</i>	<i>Desagregación</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Coficiente R²</i>	<i>Radio</i>
Diámetro	1	0.869	0.961	0.137
Año	1	0.869	0.961	0.136
Terreno	6	1.003	0.971	0.029
Material	2	0.976	0.967	0.041
Uso del Suelo	0	0.969	0.969	0.044
Presión Media	0	0.984	0.972	0.032
Presión Máxima	5	0.947	0.968	0.062
Presión Mínima	1	0.861	0.962	0.144
Velocidad Media	0	0.881	0.969	0.123
Velocidad Máxima	4	0.885	0.962	0.121
Velocidad Mínima	4	0.891	0.968	0.113
Profundidad	1	0.869	0.961	0.137

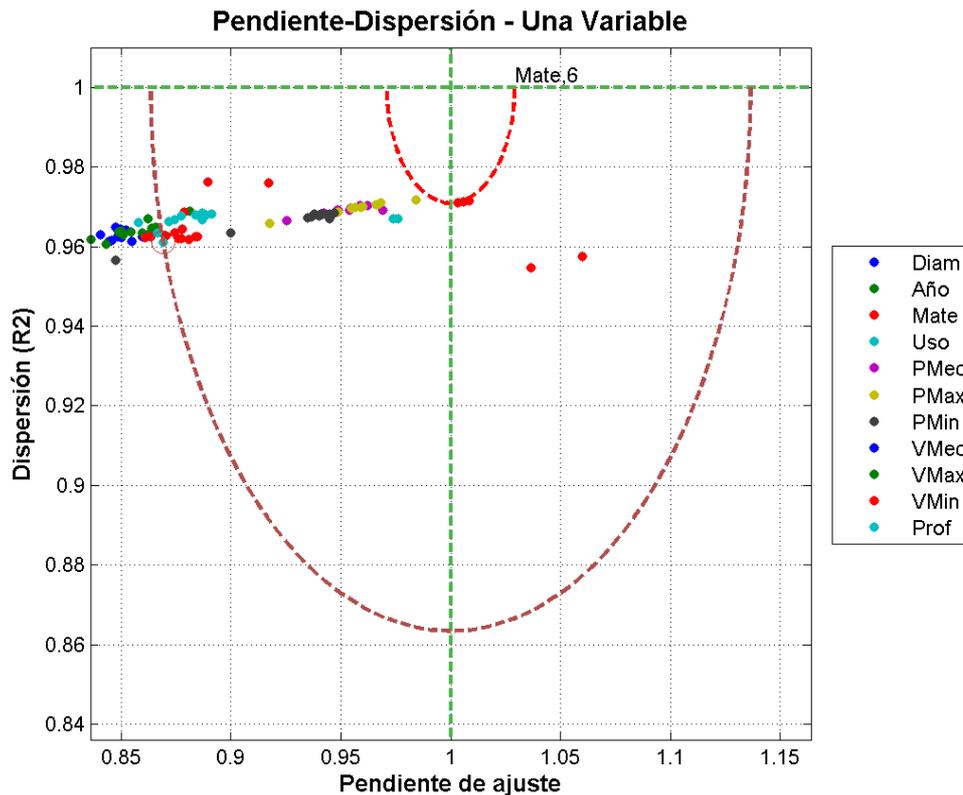
Finalmente, en la Figura 18 se presentan los gráficos resumen de los resultados obtenidos. Para cada variable se representa el valor de los parámetros de calidad (pendiente de la recta de ajuste y coeficiente de correlación) en función del número de intervalos empleados en el cálculo (el valor 11 corresponde al cálculo realizado empleando la máxima desagregación posible). Se representan también, en color marrón, los valores de los parámetros de calidad obtenidos en el modelo de orden cero, que sirve de referencia.

FIGURA 18. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA



La Figura 19 presenta el gráfico final, donde los pares de valores de los parámetros de calidad se representan como un punto en el espacio (pendiente, coeficiente de regresión). Se ha marcado, en marrón, la circunferencia que pasa por el punto correspondiente al cálculo realizado con el modelo de orden cero y, en rojo, la circunferencia que pasa por el mejor resultado obtenido, que corresponde a la variable **Material** empleando seis intervalos en el cálculo.

FIGURA 19. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA



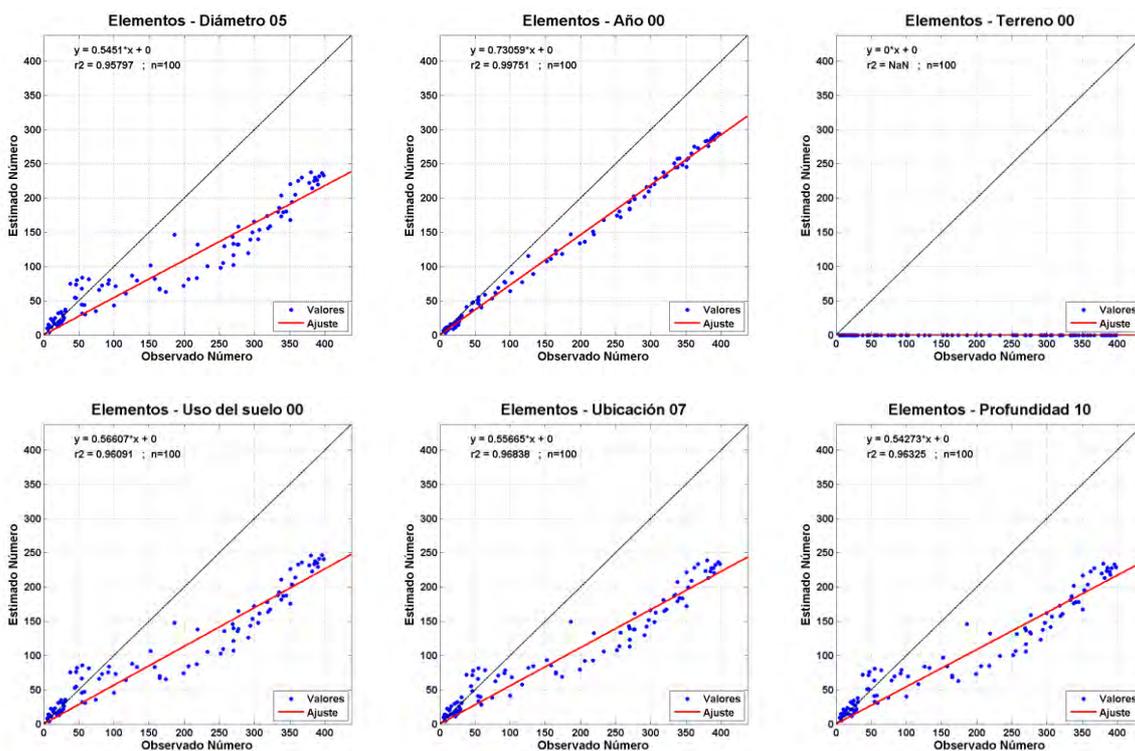
Los puntos comprendidos entre la circunferencia marrón y la circunferencia roja representan modelos en los que se obtienen mejores valores de los parámetros de calidad que en el caso del modelo de referencia (orden cero).

Todas las variables presentan un comportamiento similar, tendiendo a agruparse junto a los valores de referencia. La variable **Material** es la que presenta un comportamiento más característico.

2.3.4. Elementos

Inicialmente se presentan las nubes de puntos que comparan el número de roturas estimado mediante cada modelo con el número real de roturas observado en el periodo de validación. Los resultados que se presentan en la Figura 20 corresponden a la desagregación que produce el mejor resultado en el cálculo.

FIGURA 20. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS



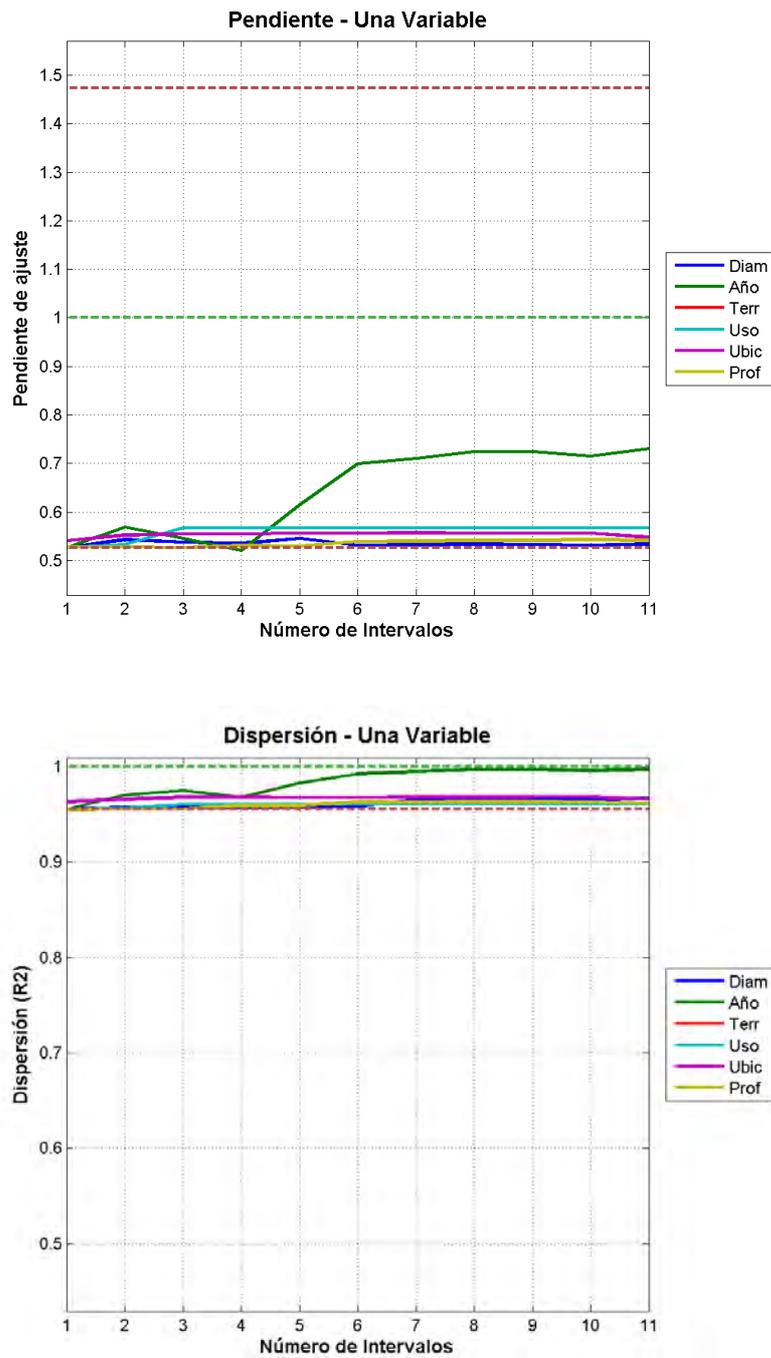
La Tabla 16 presenta los parámetros de calidad obtenidos en la validación de modelos de una variable en elementos. Se representan los valores correspondientes a la desagregación que proporcionan los mejores resultados en cada variable. El valor cero indica que se emplea la máxima desagregación posible.

TABLA 16. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS

Variable	Desagregación	Pendiente	Coficiente R ²	Radio
Diámetro	5	0.545	0.958	0.457
Año	0	0.731	0.998	0.269
Uso del Suelo	0	0.566	0.961	0.436
Ubicación	7	0.557	0.968	0.444
Profundidad	10	0.543	0.963	0.459

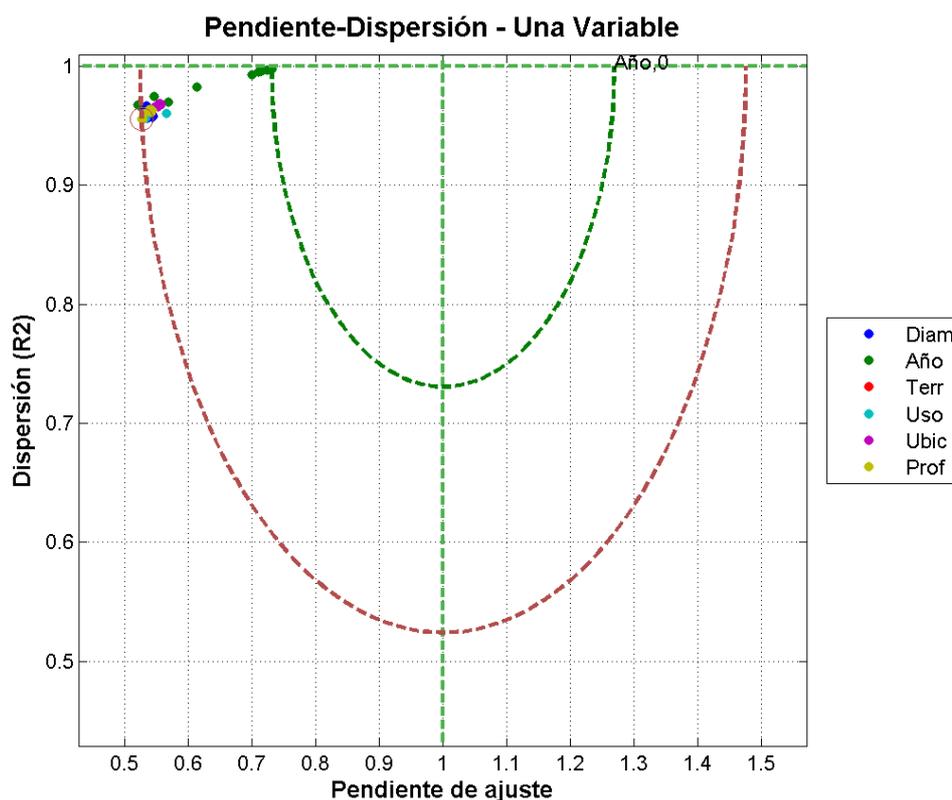
Finalmente, en la Figura 21, se presentan los gráficos resumen de los resultados obtenidos. Para cada variable se representa el valor de los parámetros de calidad (pendiente de la recta de ajuste y coeficiente de correlación) en función del número de intervalos empleados en el cálculo (el valor 11 corresponde al cálculo realizado empleando la máxima desagregación posible). Se representan también, en color marrón, los valores de los parámetros de calidad obtenidos en el modelo de orden cero, que sirve de referencia.

FIGURA 21. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS



A continuación, en la Figura 22 se presenta el gráfico final, donde los pares de valores de los parámetros de calidad se representan como un punto en el espacio (pendiente, coeficiente de regresión). Se ha marcado, en marrón, la circunferencia que pasa por el punto correspondiente al cálculo realizado con el modelo de orden cero y, en verde, la circunferencia que pasa por el mejor resultado obtenido, que corresponde a la variable: *año de instalación* empleando la máxima desagregación posible en el cálculo.

FIGURA 22. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS



Los puntos comprendidos entre la circunferencia marrón y la circunferencia verde representan modelos en los que se obtienen mejores valores de los parámetros de calidad que en el caso del modelo de referencia (orden cero). Salvo en el caso de la variable. *año de instalación*, el resto de las variables presentan un resultado muy similar al modelo de referencia, cuyas prestaciones son muy malas debido a la incidencia que tienen las roturas no identificadas.

2.4. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE DOS VARIABLES

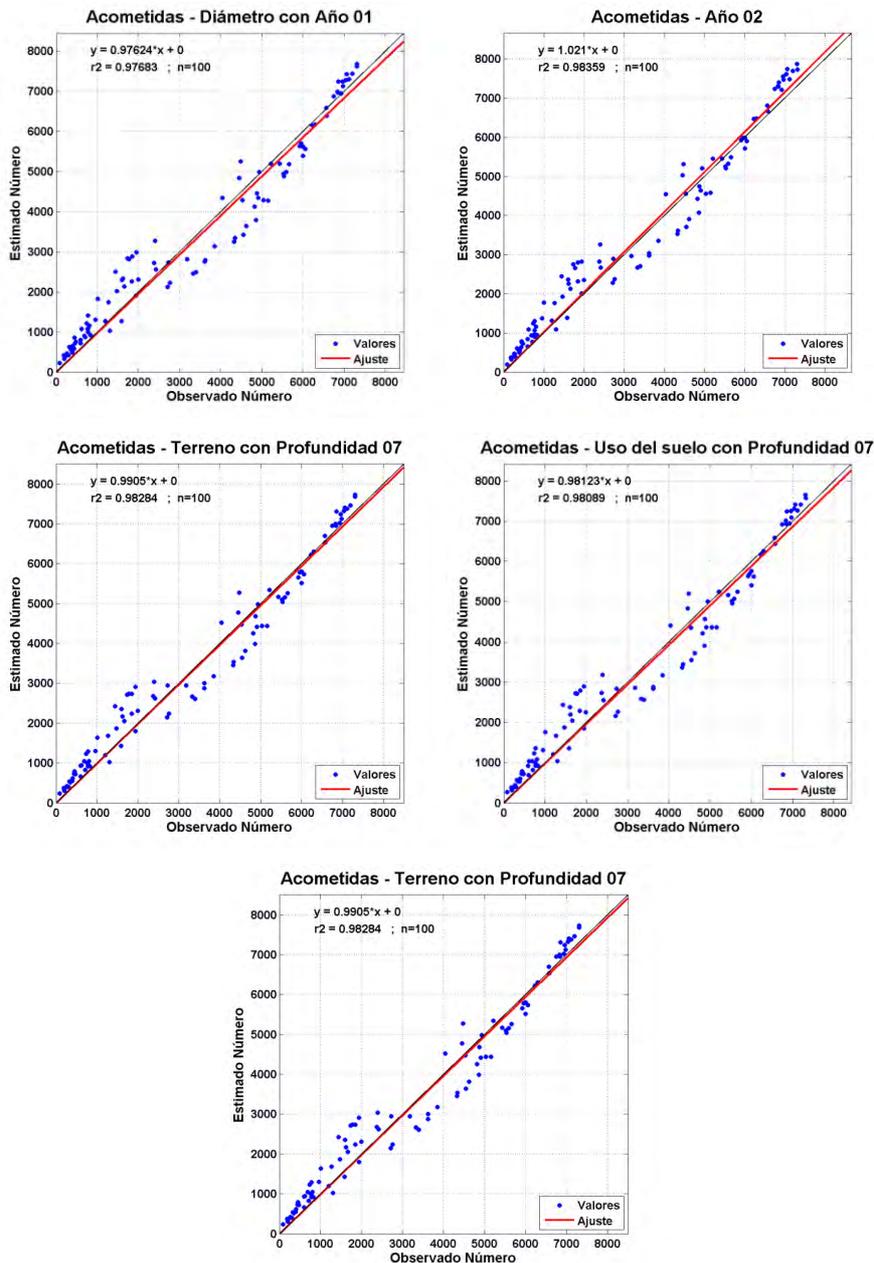
En esta sección se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de dos variables consideradas conjuntamente. Al igual que en el caso anterior, los modelos construidos se han validado utilizando distintas agregaciones de componentes, de uno a diez intervalos y un modelo con la máxima desagregación posible. En todos los casos se ha utilizado el mismo nivel de desagregación para las dos variables del modelo.

Se presentan los gráficos finales de comparación donde los pares de valores de los parámetros de calidad se representan como un punto en el espacio (pendiente, coeficiente de regresión). Se ha marcado, en marrón, la circunferencia que pasa por el punto correspondiente al cálculo realizado con el modelo de orden cero y, en el color correspondiente a la variable, la circunferencia que pasa por el mejor resultado obtenido en el modelo de orden uno con esa variable. Finalmente, se ha marcado la circunferencia correspondiente al mejor valor de la variable combinada, indicando la variable de que se trata y el nivel de desagregación.

2.4.1. Acometidas

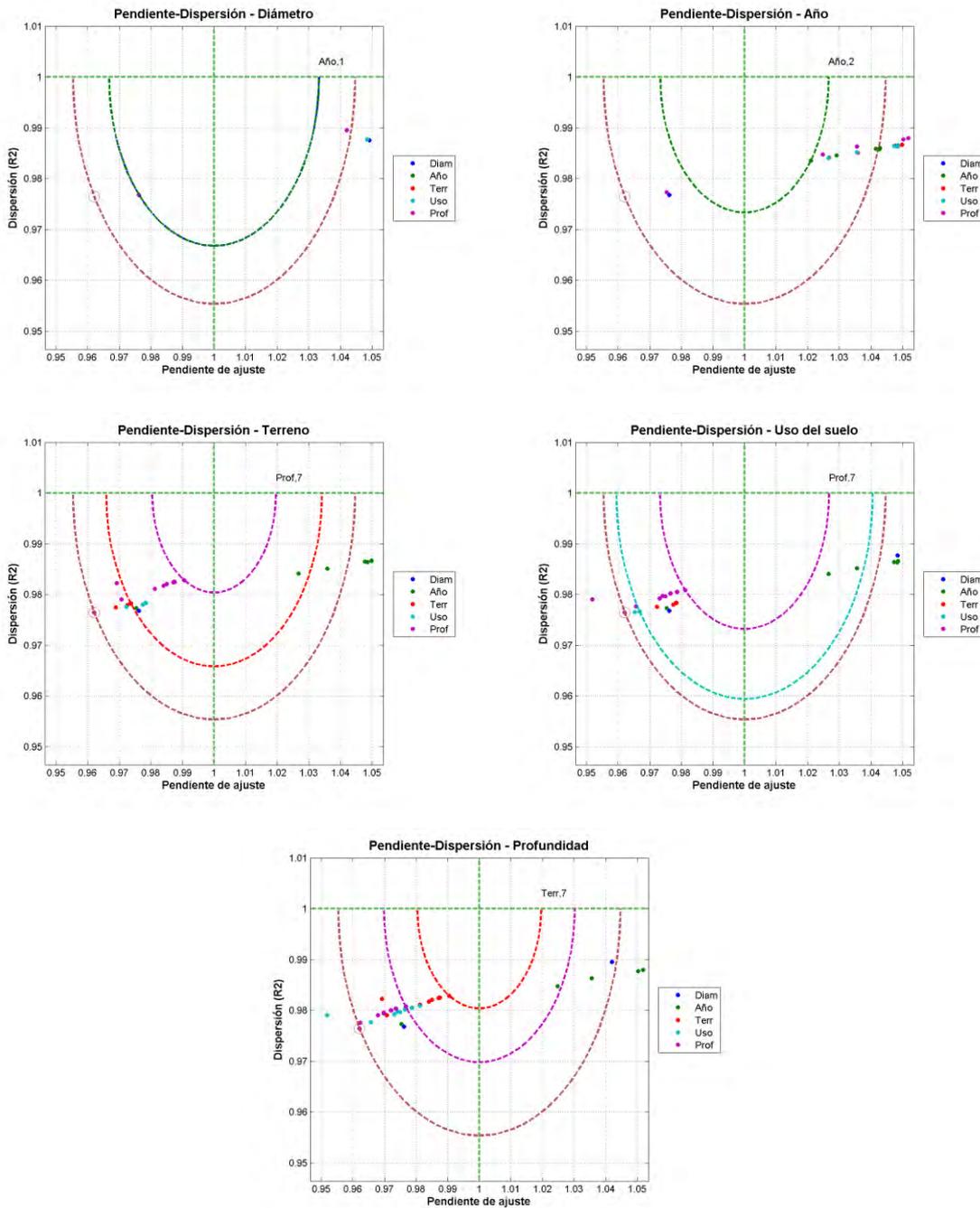
La Figura 23 presenta los resultados de la validación de los modelos, de orden dos, en Acometidas.

FIGURA 23. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS



Seguidamente se presentan, en la Figura 24, los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden dos en Acometidas.

FIGURA 24. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS



Como puede apreciarse en las variables **Diámetro** y **Año** de instalación no se consigue mejora con el modelo de orden dos. Sin embargo, en las variables **Terreno**, **Uso del Suelo** y **Profundidad** sí se mejora el modelo de orden uno. En **Terreno** y **Uso del Suelo** se obtiene el mejor resultado al combinarlas con **Profundidad** y en **Profundidad** al combinarla con **Terreno**.

A continuación, se presenta la Tabla 17 que resume los resultados óptimos para Acometidas.

TABLA 17. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS

Variable 1	Variable 2	Desagregación	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio
Diámetro	Año	1	0.976	0.977	0.033
Año	Año	2	1.021	0.984	0.027
Terreno	Profundidad	7	0.991	0.983	0.020
Uso del Suelo	Profundidad	7	0.981	0.981	0.027
Profundidad	Terreno	7	0.991	0.983	0.020

2.4.2. Red de Distribución

Seguidamente se presentan las figuras 25 a 27 con los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden dos en la Red de Distribución.

FIGURA 25. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN-1

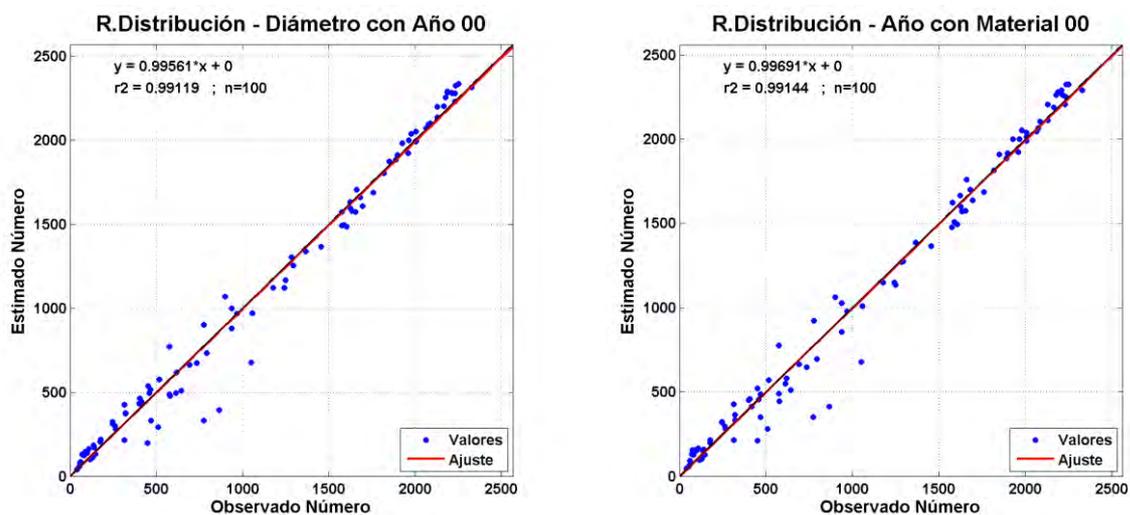


FIGURA 26. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN-2

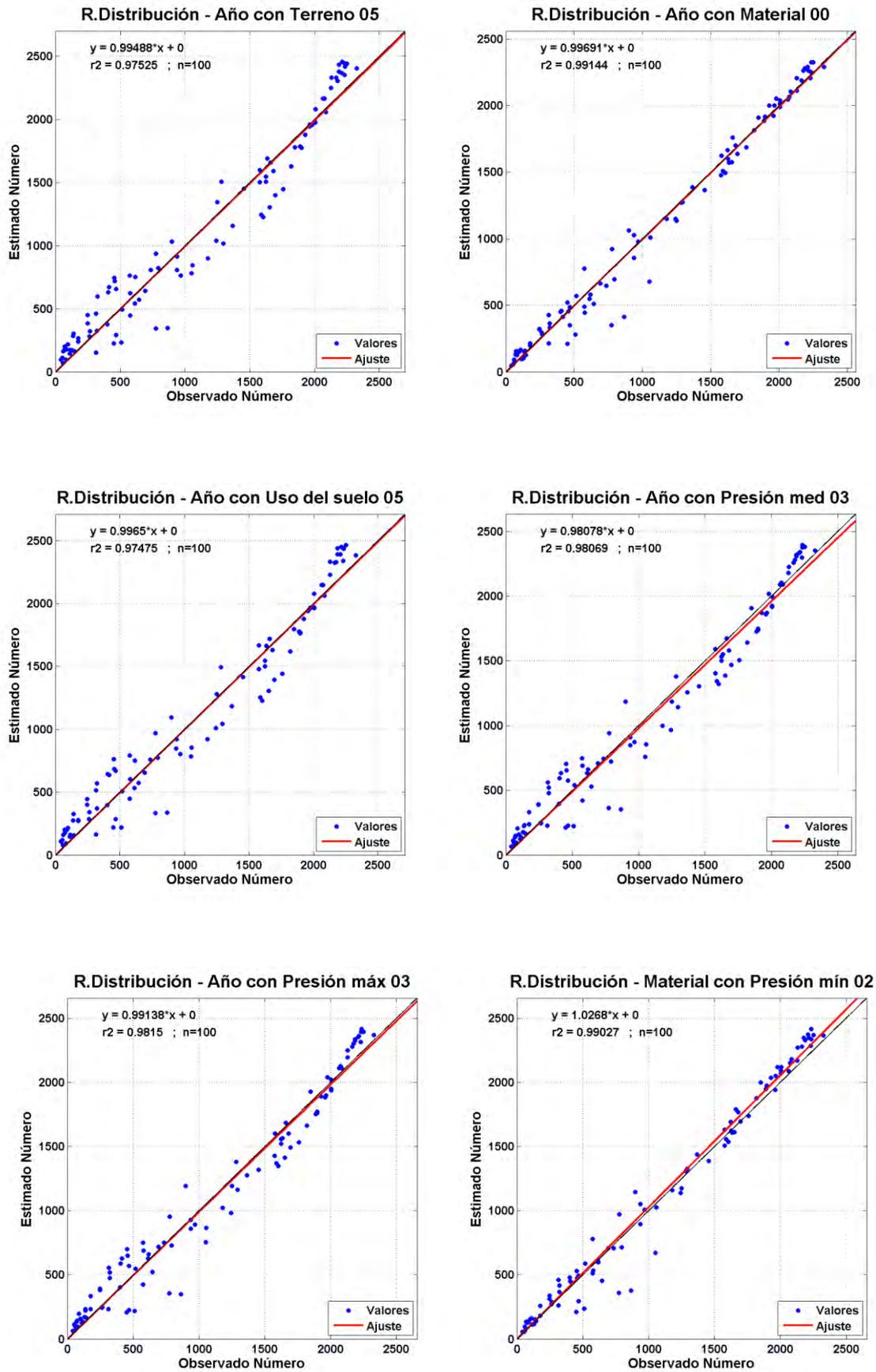
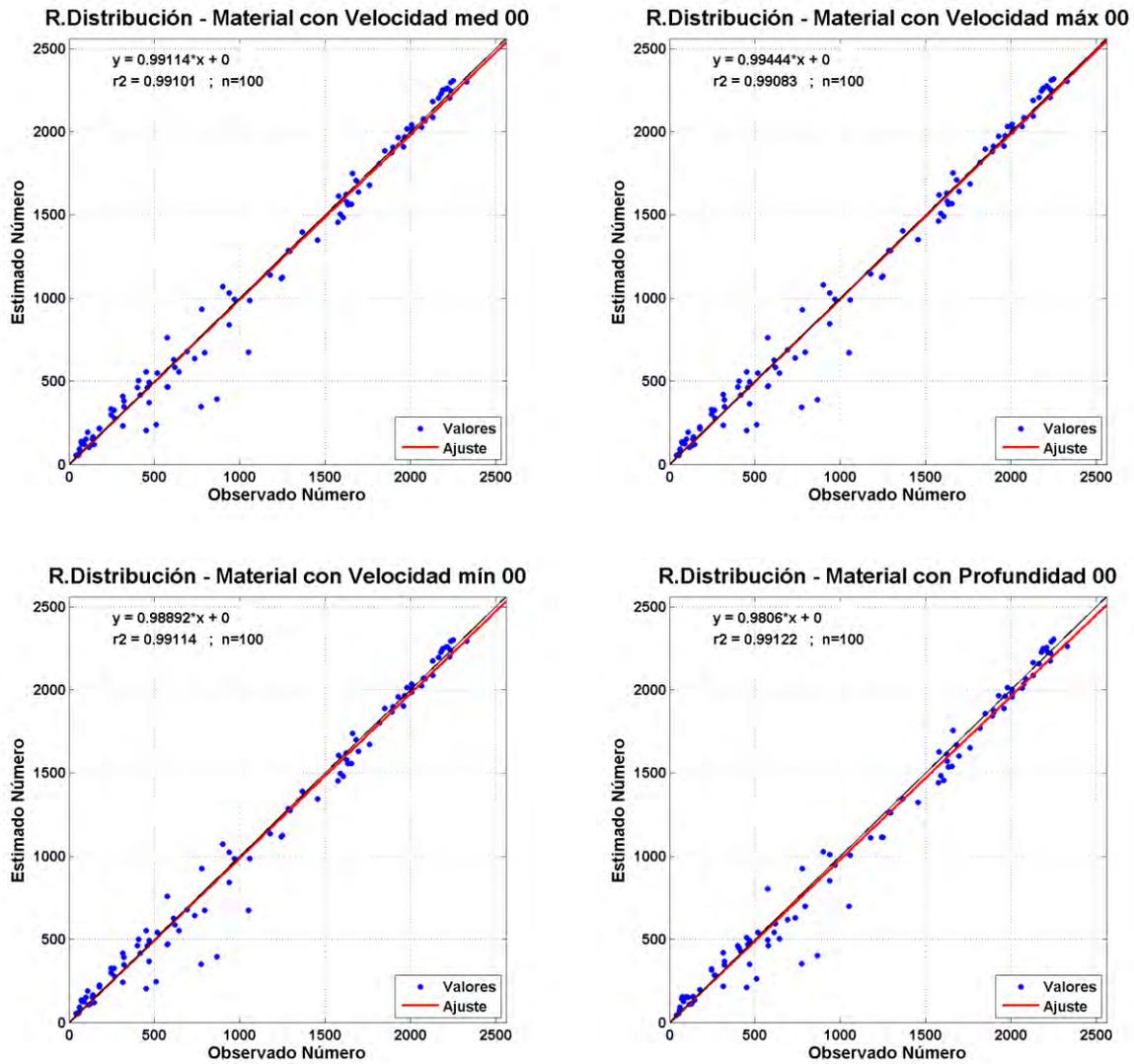


FIGURA 27. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN-3



Seguidamente se presenta en las figuras 28 y 29 el resumen de resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden dos en la Red de Distribución.

FIGURA 28. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN-1

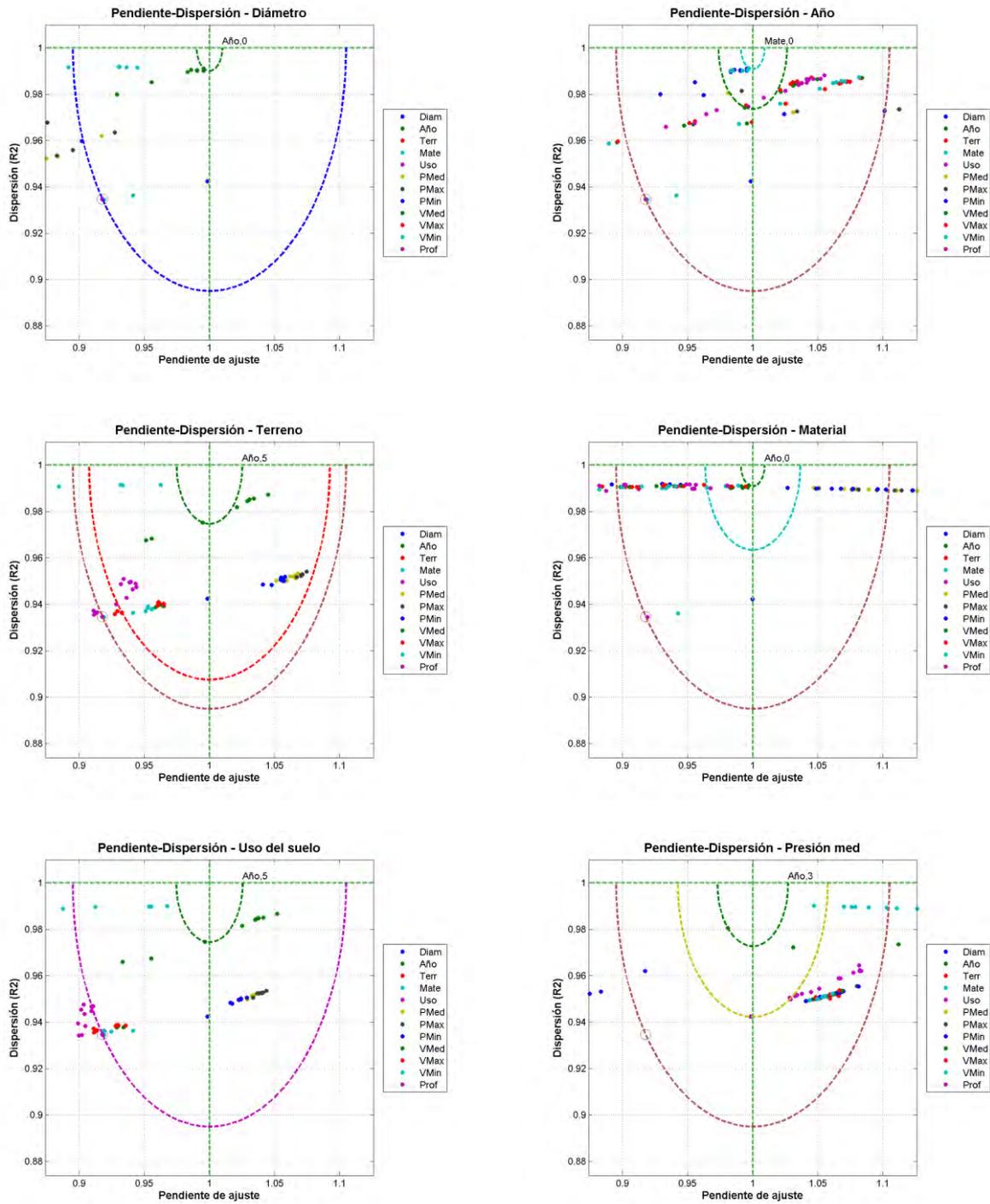
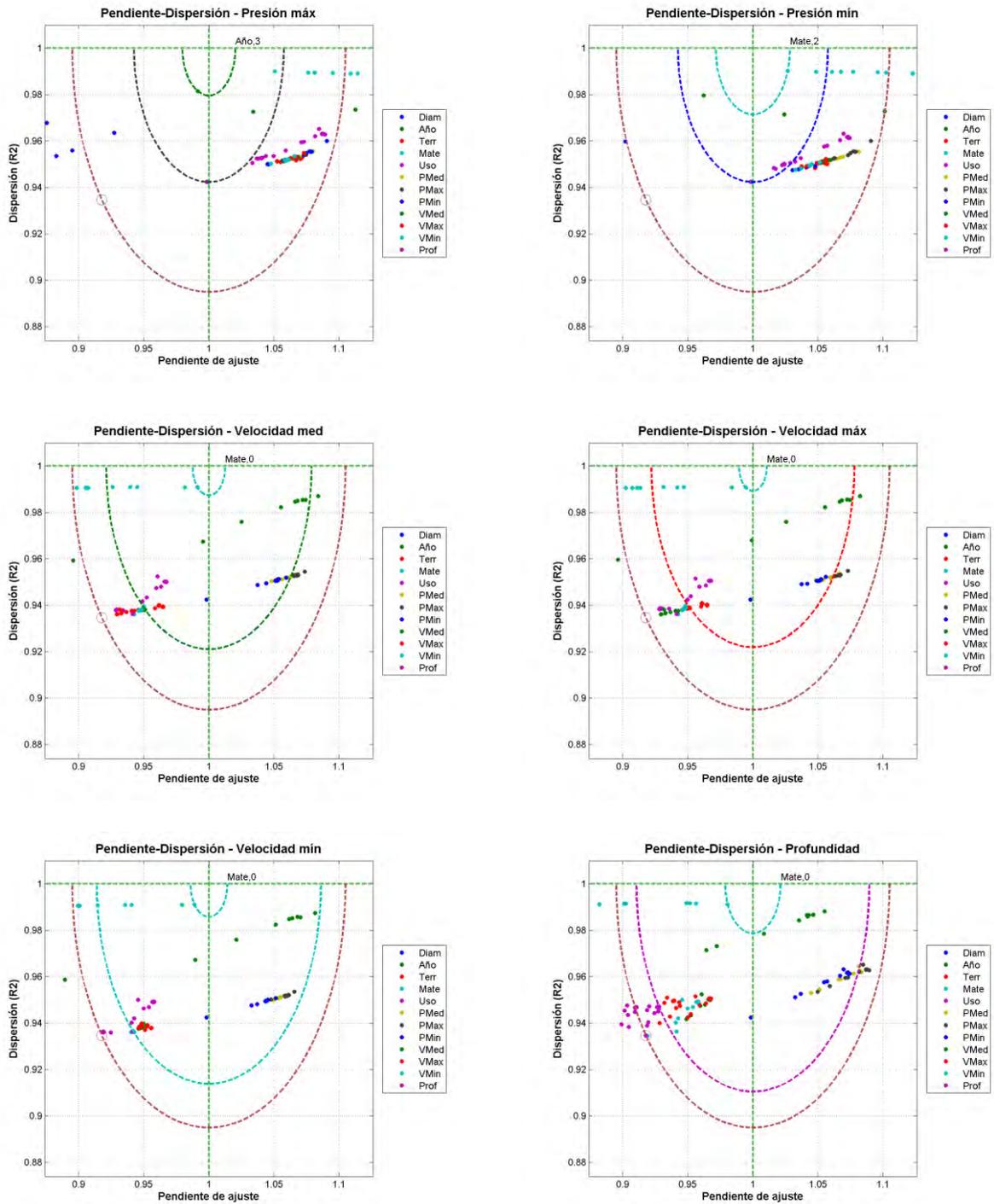


FIGURA 29. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN-2



En todas las variables se consigue mejora en el rendimiento con el modelo de orden dos. En la mayor parte de los casos el mejor resultado se obtiene al combinar la variable original con *año de instalación* o *material*. Únicamente en el caso de *año* de instalación la mejora se obtiene con *material*.

A continuación, se presenta la Tabla 18 que resume los resultados óptimos para la Red de Distribución.

TABLA 18. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>	<i>Desagregación</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Coficiente R²</i>	<i>Radio</i>
Diámetro	Año	0	0.996	0.991	0.010
Año	Material	0	0.997	0.991	0.009
Terreno	Año	5	0.995	0.975	0.025
Material	Año	0	0.997	0.991	0.009
Uso del Suelo	Año	5	0.996	0.975	0.025
Presión Media	Año	3	0.981	0.981	0.027
Presión Máxima	Año	3	0.991	0.981	0.020
Presión Mínima	Material	2	1.027	0.990	0.029
Velocidad Media	Material	0	0.991	0.991	0.013
Velocidad Máxima	Material	0	0.994	0.991	0.011
Velocidad Mínima	Material	0	0.989	0.991	0.014
Profundidad	Material	0	0.981	0.991	0.021

El mejor resultado global se obtiene con la combinación de **año de instalación** y **material**. Siguen, a poca distancia, las combinaciones de **diámetro** y **año**; **material** y **velocidad máxima**.

Los peores resultados se obtienen con las tres variables de **presión** y con la variable **terreno**.

2.4.3. Red Estratégica

Seguidamente se presentan, en las figuras 30 y 31, los resultados obtenidos en la validación de los modelos, de orden dos, en la Red Estratégica.

FIGURA 30. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA-1

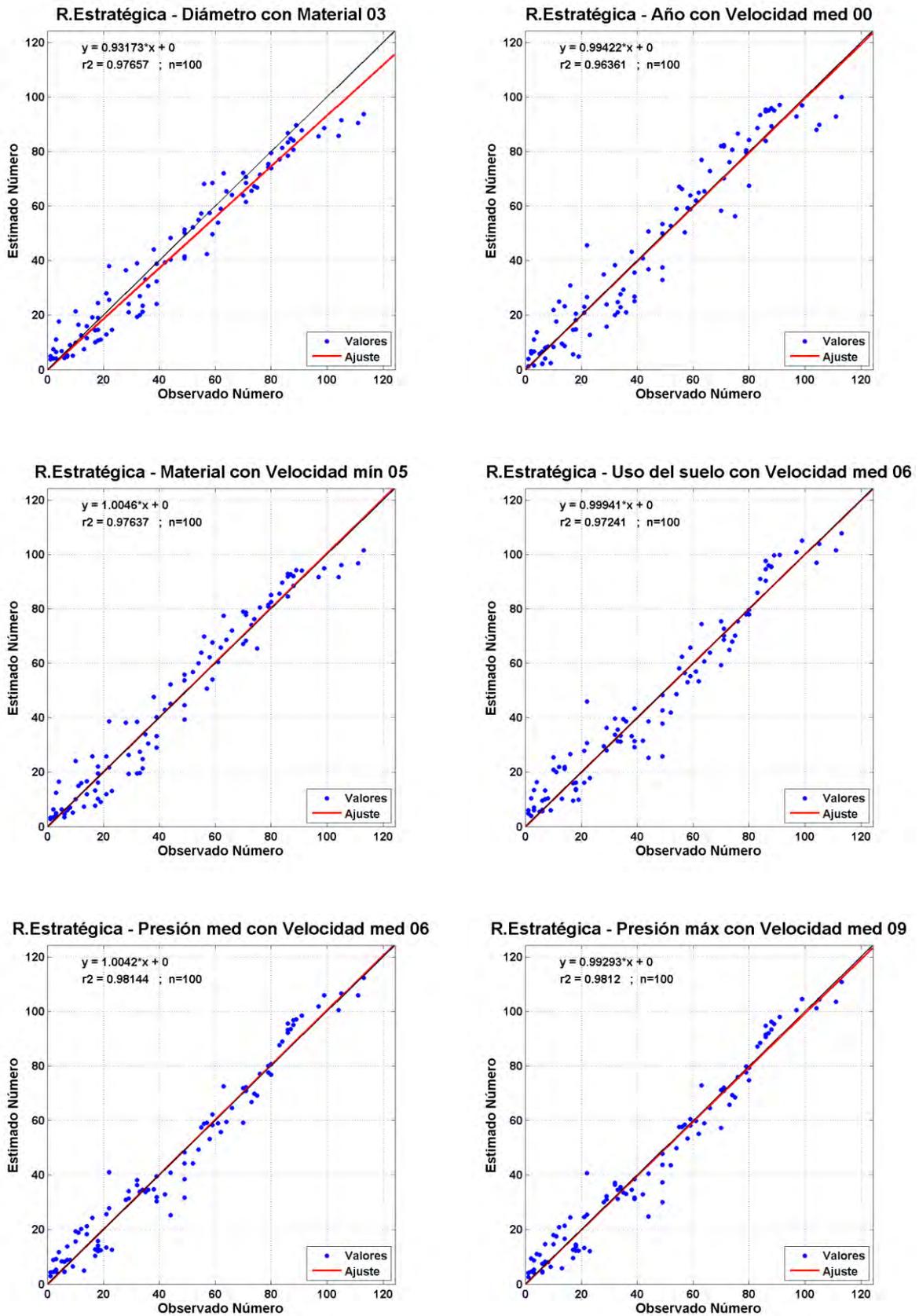
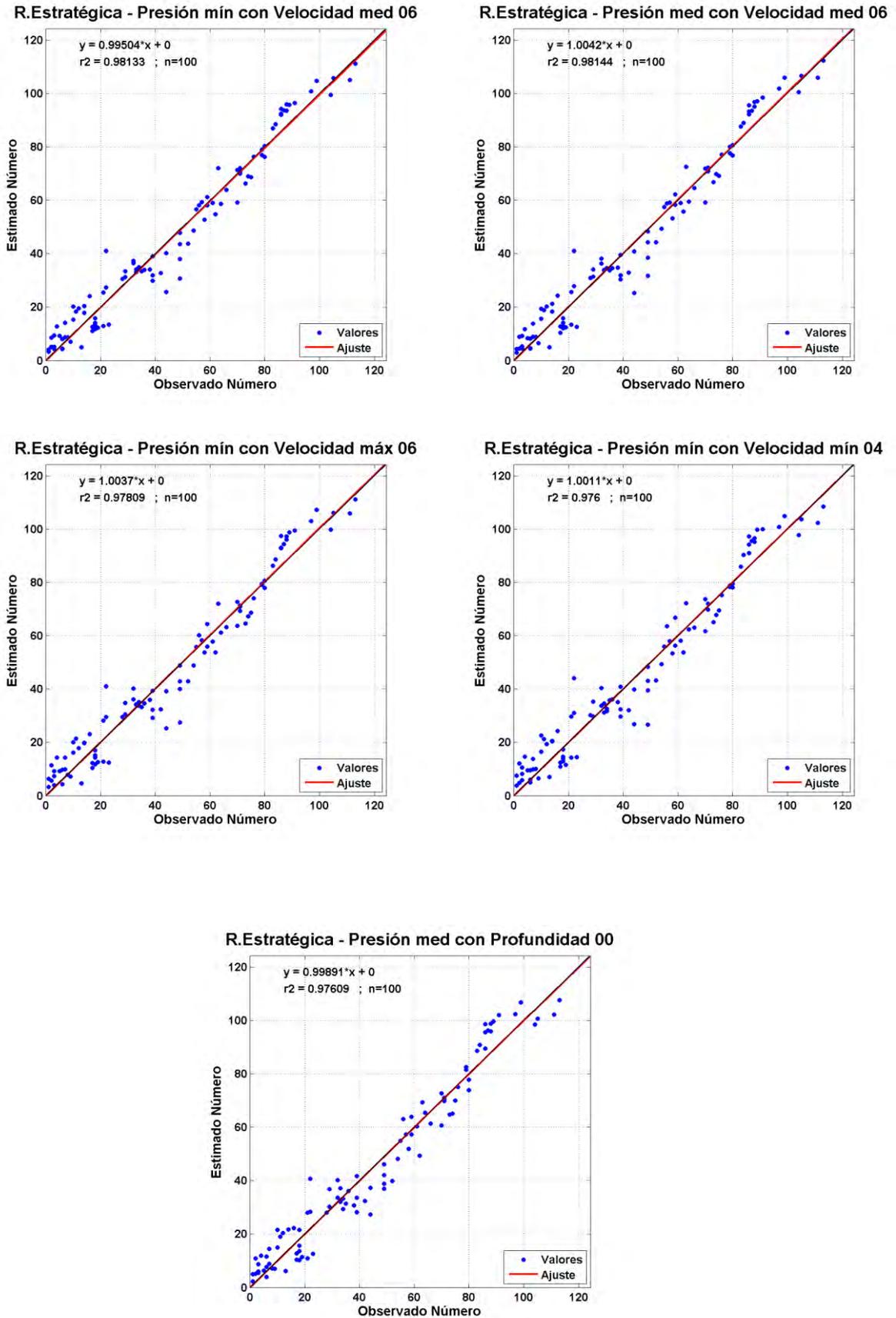


FIGURA 31. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA-2



A continuación, se presenta en las figuras 32 y 33 el resumen de los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden dos en la Red Estratégica.

FIGURA 32. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA-1

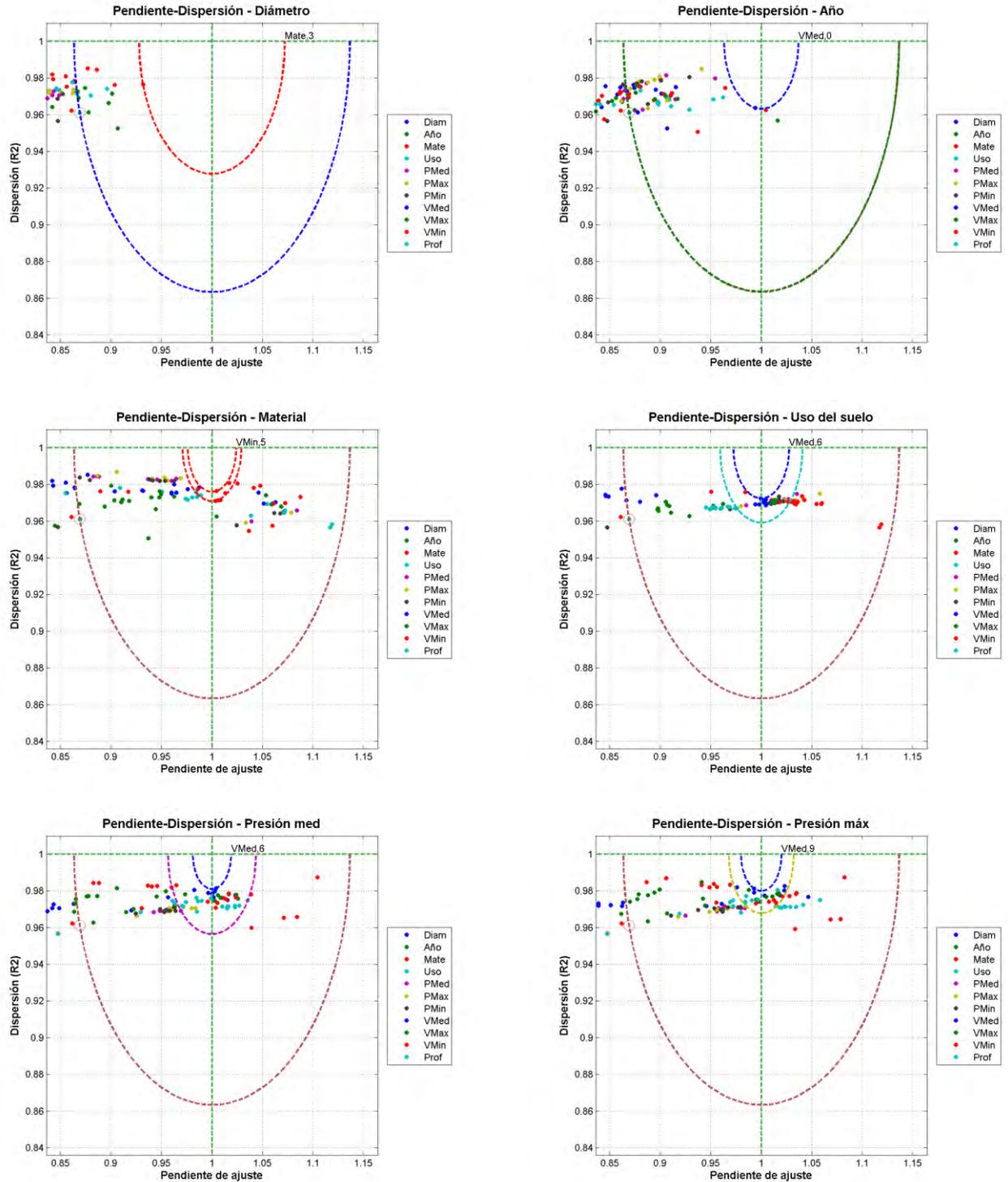
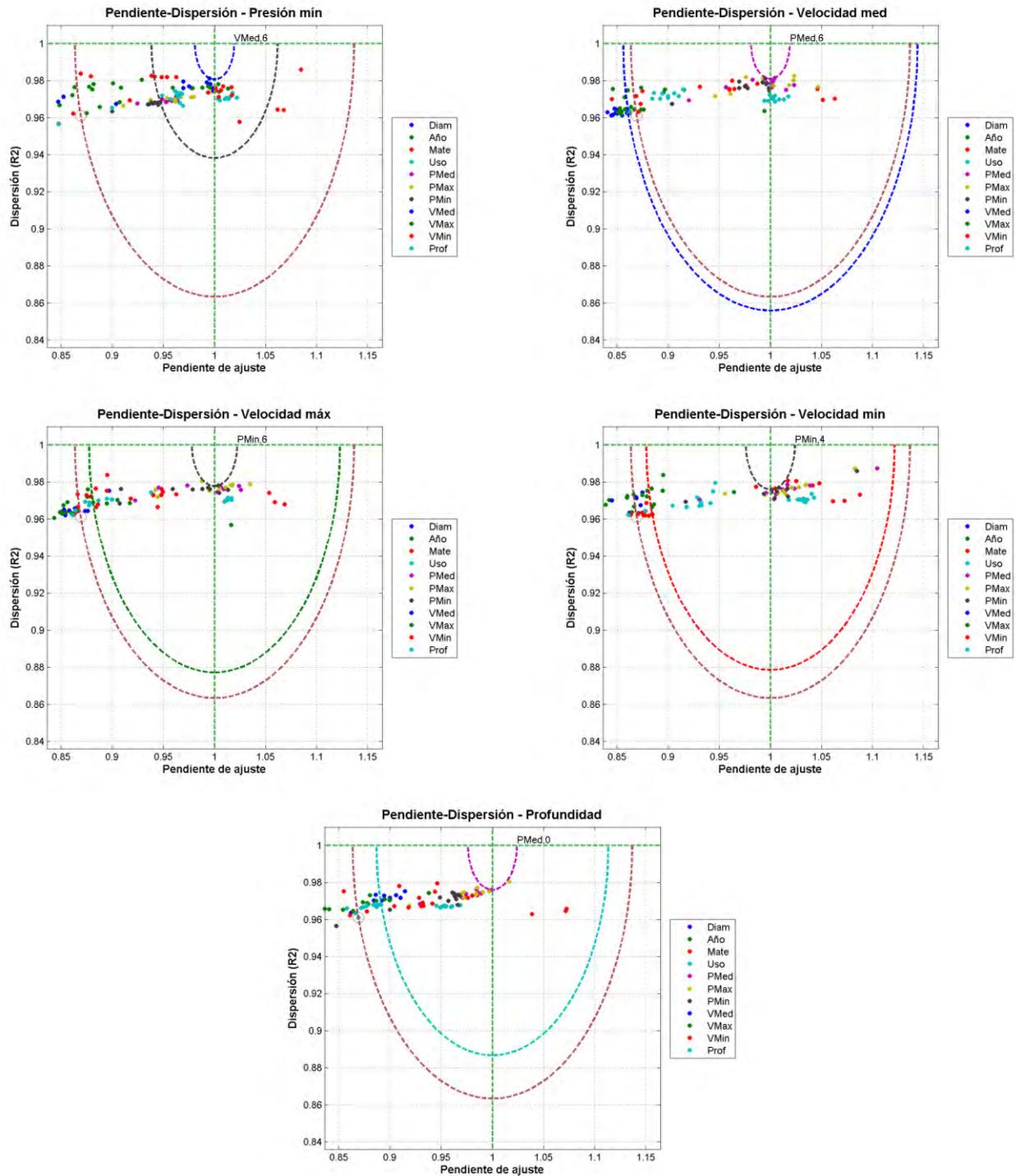


FIGURA 33. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA-2



En todas las variables se consigue mejora en el rendimiento con el modelo de orden dos. En la mayor parte de los casos el mejor resultado se obtiene al combinar la variable original con *año de instalación* o *material*. Únicamente en el caso de *año de instalación* la mejora se obtiene con *material*.

Seguidamente se presenta la Tabla 19 que resume los resultados óptimos para la Red Estratégica.

TABLA 19. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE ESTRATÉGICA

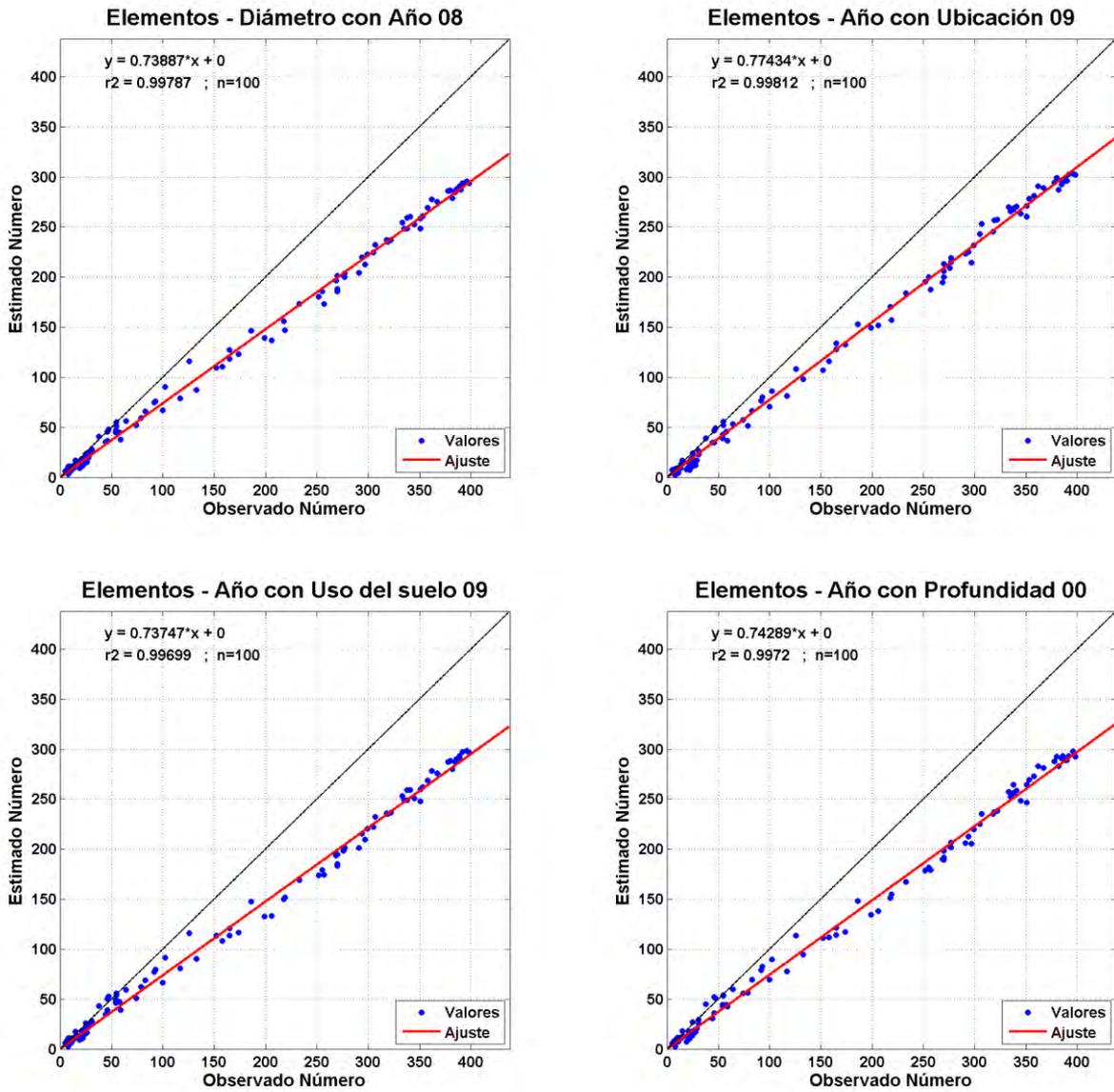
<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>	<i>Desagregación</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Coefficiente R²</i>	<i>Radio</i>
Diámetro	Material	3	0.932	0.977	0.072
Año	Velocidad Media	0	0.994	0.964	0.037
Material	Velocidad Mínima	5	1.005	0.976	0.024
Uso del Suelo	Velocidad Media	6	0.999	0.972	0.028
Presión Media	Velocidad Media	6	1.004	0.981	0.019
Presión Máxima	Velocidad Media	9	0.993	0.981	0.020
Presión Mínima	Velocidad Media	6	0.995	0.981	0.019
Velocidad Media	Presión Media	6	1.004	0.981	0.019
Velocidad Máxima	Presión Mínima	6	1.004	0.978	0.022
Velocidad Mínima	Presión Mínima	4	1.001	0.976	0.024
Profundidad	Presión Media	0	0.999	0.976	0.024
Profundidad	Material	0	0.981	0.991	0.021

El mejor resultado global se obtiene con la combinación de variables de presión y velocidad (Presión media y Velocidad media y Presión mínima y Velocidad media), seguido a poca distancia por la combinación de Profundidad y Material. Los peores resultados se obtienen con la combinación de Diámetro y Material. Resulta destacable que los comportamientos de los modelos de la red de distribución y la red estratégica son muy diferentes entre sí.

2.4.4. Elementos

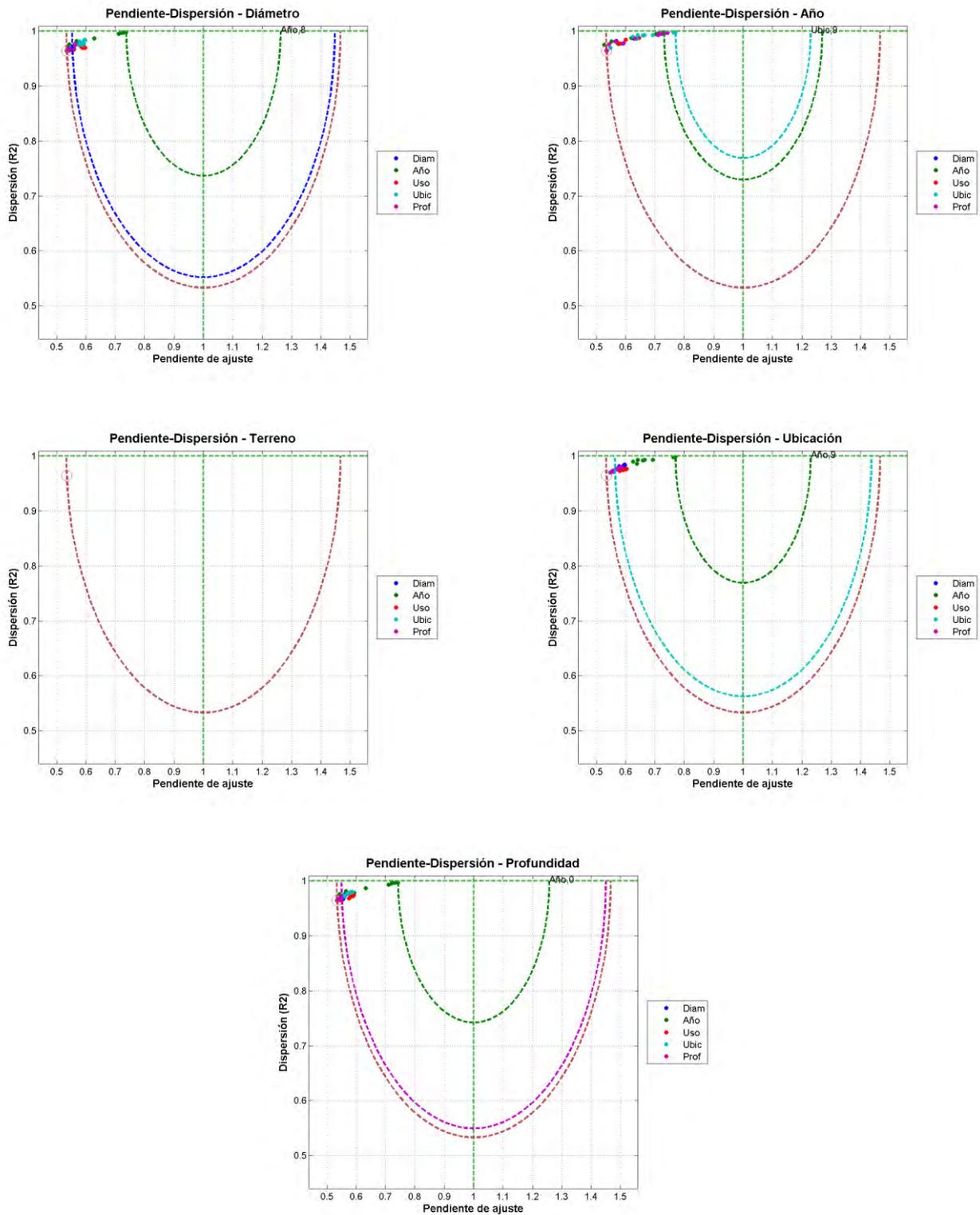
A continuación, en la Figura 34 se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos, de orden dos, en *Elementos*.

FIGURA 34. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS



A continuación, en la Figura 35, se presenta el resumen de los resultados obtenidos en la validación de los modelos, de orden dos, en *Elementos*.

FIGURA 35. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS



En todas las variables se consigue mejora con el modelo de orden dos. La variable: *año de instalación* interviene en todas las combinaciones óptimas.

Seguidamente se presenta la Tabla 20 que resume los resultados óptimos para *Elementos*.

TABLA 20. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS

<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>	<i>Desagregación</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Coefficiente R²</i>	<i>Radio</i>
Diámetro	Año	8	0.739	0.998	0.261
Año	Ubicación	9	0.774	0.998	0.226
Uso del Suelo	Año	0	0.743	0.998	0.257
Ubicación	Año	9	0.774	0.998	0.226
Profundidad	Año	0	0.743	0.997	0.257

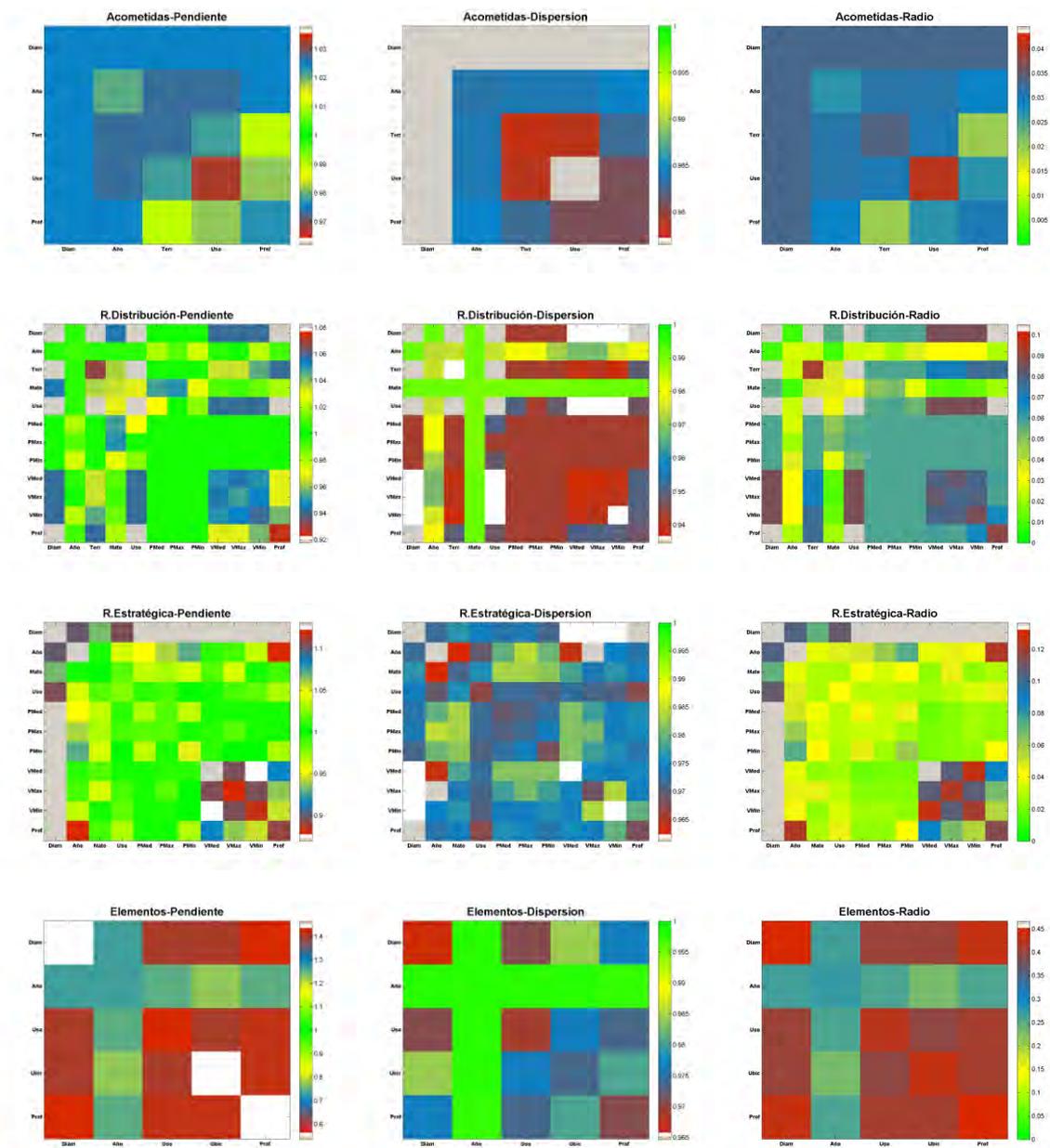
2.4.5. Resumen

En la Figura 36 siguiente se resumen los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden uno y dos.

Para cada ámbito se presentan tres gráficos que recogen los valores de parámetros de calidad de los mejores modelos obtenidos:

- pendiente (izquierda),
- dispersión (centro) y
- radio (derecha).

FIGURA 36. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE VALIDACIÓN PARA LOS CUATRO ÁMBITOS ANALIZADOS



2.5. CONCLUSIONES

La metodología de análisis expuesta permite identificar los modelos que presentan un mejor comportamiento. Sin embargo, dado el gran número de alternativas posibles, cabe la duda de si el proceso de análisis empleado es suficientemente robusto, es decir, si el modelo óptimo lo seguirá siendo si se modifican algunos de los aspectos del análisis. Por ello, se ha realizado un estudio de sensibilidad a los factores de los que depende el proceso de validación de los modelos.

3. Análisis de la Validación

ÍNDICE



3.1. PLANTEAMIENTO

El análisis de la versión inicial de los modelos globales plantea la cuestión de hasta qué punto las conclusiones están condicionadas por el procedimiento de validación seguido. Dado que los modelos presentan incertidumbre, la evaluación de su comportamiento basada en una única muestra de validación puede conducir a conclusiones erróneas. Por este motivo, una vez se ha definido el procedimiento de análisis se ha planteado la realización de un estudio comparativo aplicando distintos procedimientos de validación. El objetivo final es responder a las siguientes preguntas:

- ¿Qué tamaño debe tener la muestra para que los resultados de la validación sean representativos?
- ¿Qué influencia tiene en los resultados la dimensión de las zonas analizadas en la validación?
- ¿Qué influencia tiene en los resultados el periodo elegido para la construcción y validación del modelo?

Una vez respondidas estas cuestiones se podrá plantear un procedimiento de análisis que minimice, en la medida de lo posible, la dependencia de los resultados en el método de validación elegido.

El procedimiento seguido ha sido la realización de análisis de sensibilidad. Se ha repetido el procedimiento aplicado para el análisis inicial de las variables globales, modificando algunos aspectos de la validación y se ha estudiado su influencia en la elección de los modelos más apropiados. Como referencia se ha tomado el resultado final del estudio, que se resume en los gráficos de prestaciones comparadas de los distintos modelos. Se entenderá que el procedimiento de validación es robusto si sus resultados no cambian en función de los parámetros elegidos.

En los apartados siguientes se presentan los resultados de los análisis realizados.

3.2. ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

En el análisis del tamaño de la muestra se ha estudiado la influencia que tiene en los resultados el número de muestras consideradas en la validación. Este es un parámetro importante desde el punto de vista computacional, ya que el tiempo de cálculo es directamente proporcional al número de elementos que tiene la muestra de validación.

Inicialmente se ha trabajado con una muestra de 100 valores. El análisis se ha realizado considerando un número creciente de valores de la muestra, calculando cómo varían los parámetros de calidad en función del tamaño de la muestra.

3.2.1. Comparación Cualitativa

Se presenta, en primer lugar, una comparación cualitativa de los resultados para un conjunto de variables significativas. Se compara el gráfico de ajuste obtenido con la muestra inicial de 100 unidades y el obtenido con la muestra de 500 unidades. En ambos casos se ha tomado como periodo de ajuste el comprendido entre 01/11/2010 y 02/04/2013. El periodo de validación fue el comprendido entre 03/04/2013 y 02/09/2015. El tamaño de los elementos ha oscilado entre $L_{\min}=10.000$ m y $L_{\max}=40.000$ m.

Acometidas

Se comparan inicialmente los resultados de los modelos que producen el mejor ajuste para el tamaño de muestra de 100 unidades y de 500 unidades. La Tabla 21 presenta los modelos de orden uno y la Tabla 22 los modelos de orden dos.

TABLA 21. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS

Variable	Muestra de 100 unidades				Muestra de 500 unidades			
	Desagreg.	Pendiente	Coefficiente R^2	Radio	Desagreg.	Pendiente	Coefficiente R^2	Radio
Diámetro	1	0.976	0.977	0.033	1	0.987	0.981	0.023
Año	2	1.021	0.984	0.027	1	0.986	0.981	0.023
Terreno	0	0.974	0.978	0.034	0	0.984	0.982	0.024
Uso del Suelo	0	0.967	0.977	0.041	0	0.977	0.981	0.030
Profundidad	7	0.977	0.981	0.030	7	0.987	0.984	0.021

TABLA 22. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS

Variable	Muestra de 100 unidades					Muestra de 500 unidades				
	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R^2	Radio	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R^2	Radio
Diámetro	Año	1	0.976	0.977	0.033	Año	1	0.987	0.981	0.023
Año	Año	2	1.021	0.984	0.027	Diámetro	1	0.987	0.981	0.023
Terreno	Profundidad	7	0.991	0.983	0.020	Profundidad	7	1.001	0.986	0.014
Uso del Suelo	Profundidad	7	0.981	0.981	0.027	Profundidad	7	0.991	0.984	0.018
Profundidad	Terreno	7	0.991	0.983	0.020	Terreno	7	1.001	0.986	0.014

Como se aprecia en las tablas 21 y 22, los resultados son cualitativamente muy parecidos. Las combinaciones de variables que producen los mejores modelos son similares, aunque existen algunas variaciones. A continuación, en las figuras 37 a 40, se presentan los gráficos de ajuste de algunas de estas combinaciones (las que presentan mejores parámetros de calidad).

FIGURA 37. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)

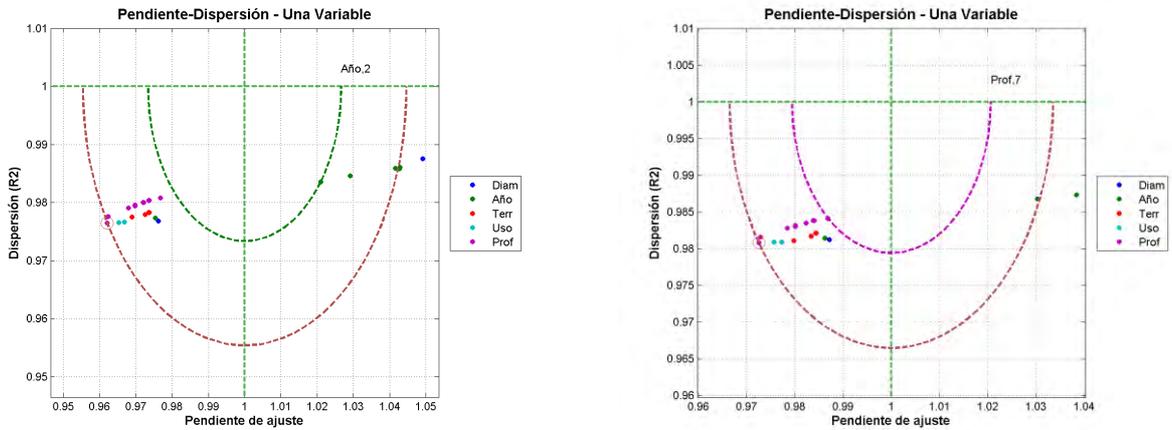


FIGURA 38. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)

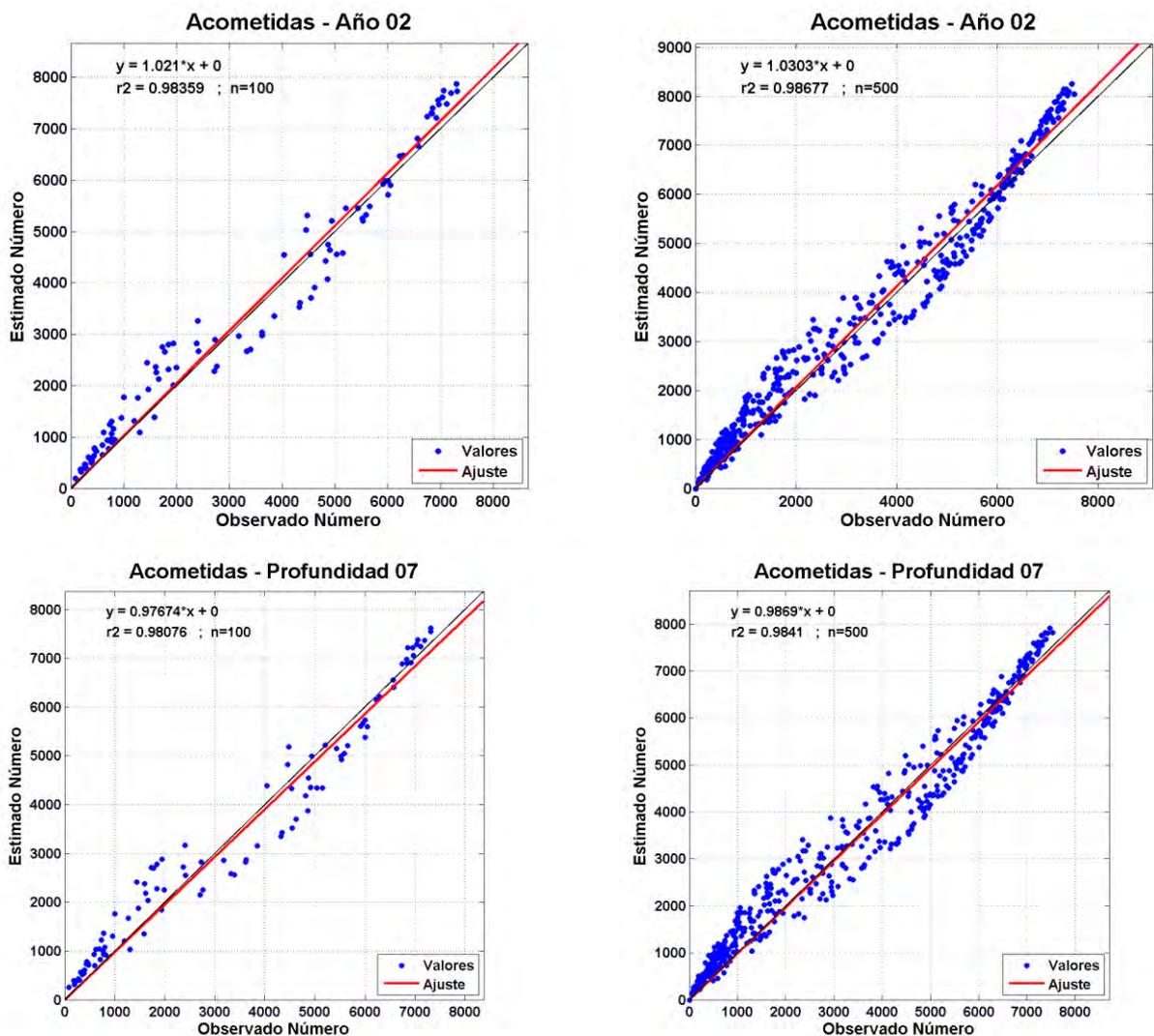


FIGURA 39. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)

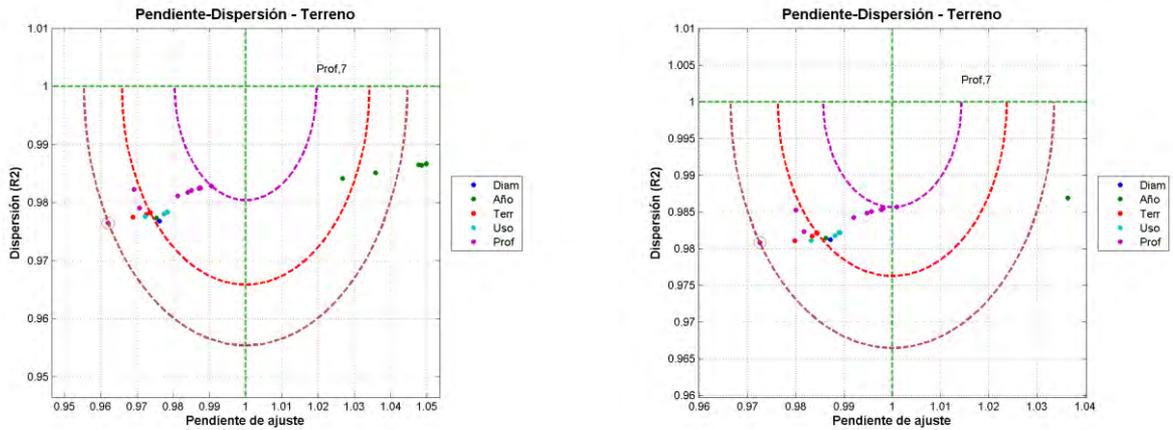
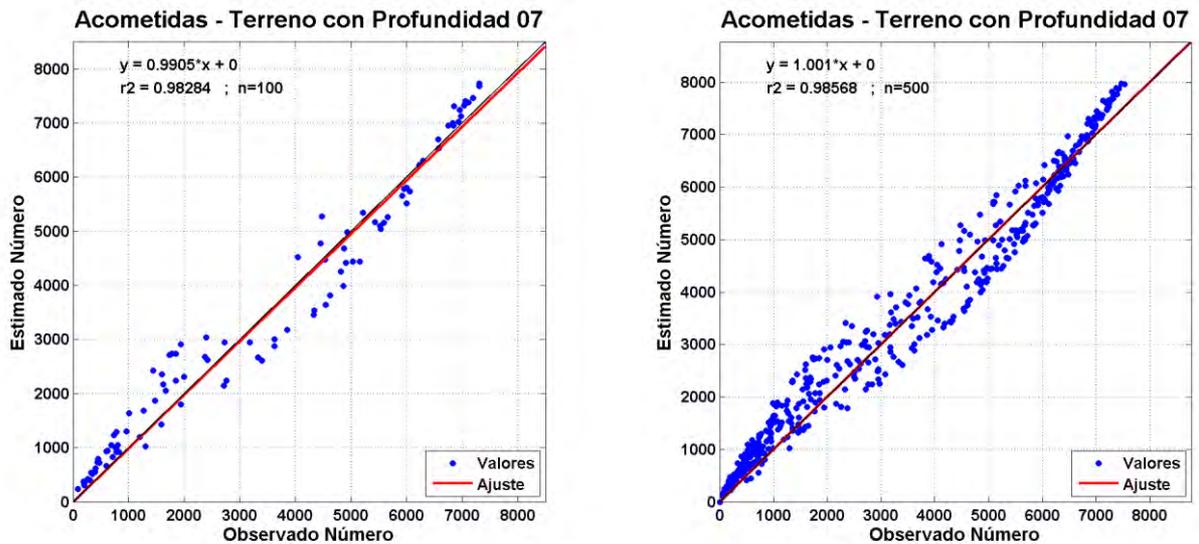


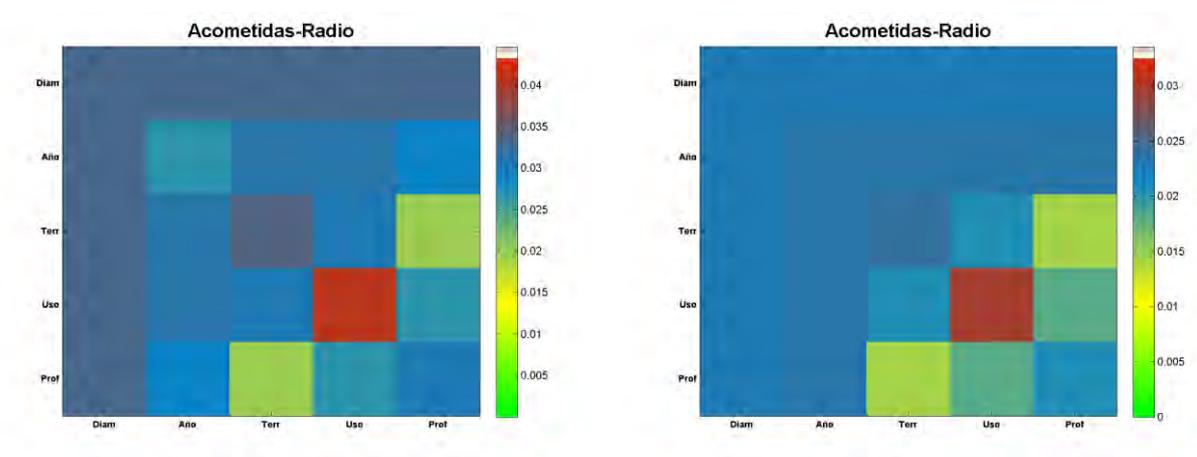
FIGURA 40. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)



Finalmente, en la Figura 41 se comparan los gráficos resumen de resultados, que presentan el valor del parámetro de calidad para todas las combinaciones de variables.

En la escala de colores se ha empleado como referencia el parámetro de calidad obtenido en el modelo de orden cero, que es ligeramente diferente en ambos casos. Puede verse que el comportamiento cualitativo es similar.

FIGURA 41. COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN ACOMETIDAS PARA VALIDACIÓN DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)



Red de Distribución

Al igual que en el caso de Acometidas, inicialmente se comparan los resultados obtenidos con los modelos que producen el mejor ajuste para el tamaño de muestra de 100 unidades y de 500 unidades. La Tabla 23 presenta los modelos de orden uno y la Tabla 24 los modelos de orden dos.

TABLA 23. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO, PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

Variable	Muestra de 100 unidades				Muestra de 500 unidades			
	Desagreg.	Pendiente	Coficiente R ²	Radio	Desagreg.	Pendiente	Coficiente R ²	Radio
Diámetro	1	0.918	0.935	0.105	1	0.938	0.948	0.081
Año	5	0.994	0.974	0.026	5	1.006	0.979	0.021
Terreno	4	0.933	0.936	0.092	4	0.953	0.949	0.069
Material	0	0.965	0.990	0.037	0	0.966	0.990	0.035
Uso del Suelo	1	0.918	0.935	0.105	1	0.938	0.948	0.081
Presión Media	1	0.998	0.942	0.058	1	1.018	0.953	0.051
Presión Máxima	1	0.998	0.942	0.058	1	1.018	0.953	0.051
Presión Mínima	1	0.998	0.942	0.058	1	1.018	0.953	0.051
Velocidad Media	0	0.951	0.938	0.079	0	0.971	0.950	0.058
Velocidad Máxima	0	0.951	0.939	0.078	0	0.971	0.951	0.057
Velocidad Mínima	0	0.942	0.937	0.086	0	0.961	0.949	0.064
Profundidad	7	0.928	0.947	0.089	7	0.947	0.957	0.068

TABLA 24. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS, PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

Variable	Muestra de 100 unidades					Muestra de 500 unidades				
	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio
Diámetro	Año	0	0.996	0.991	0.010	Año	0	0.996	0.991	0.010
Año	Material	0	0.997	0.991	0.009	Material	0	0.998	0.991	0.009
Terreno	Año	5	0.995	0.975	0.025	Año	5	1.009	0.980	0.022
Material	Año	0	0.997	0.991	0.009	Año	0	0.998	0.991	0.009
Uso del Suelo	Año	5	0.996	0.975	0.025	Año	5	1.009	0.980	0.022
Presión Media	Año	3	0.981	0.981	0.027	Año	3	0.988	0.983	0.021
Presión Máxima	Año	3	0.991	0.981	0.020	Año	3	0.998	0.983	0.017
Presión Mínima	Material	2	1.027	0.990	0.029	Material	2	1.028	0.991	0.029
Velocidad Media	Material	0	0.991	0.991	0.013	Material	0	0.991	0.991	0.013
Velocidad Máxima	Material	0	0.994	0.991	0.011	Material	0	0.994	0.991	0.011
Velocidad Mínima	Material	0	0.989	0.991	0.014	Material	0	0.989	0.991	0.014
Profundidad	Material	0	0.981	0.991	0.021	Material	0	0.983	0.991	0.020

Al igual que en el caso de **Acometidas**, los resultados son cualitativamente muy parecidos. Las combinaciones variables que producen los mejores modelos son similares, aunque existen algunas variaciones.

En las figuras 42 a 45 siguientes se presentan los gráficos de ajuste de algunas de estas combinaciones (las que presentan mejores parámetros de calidad).

FIGURA 42. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISRIBUCIÓN, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)

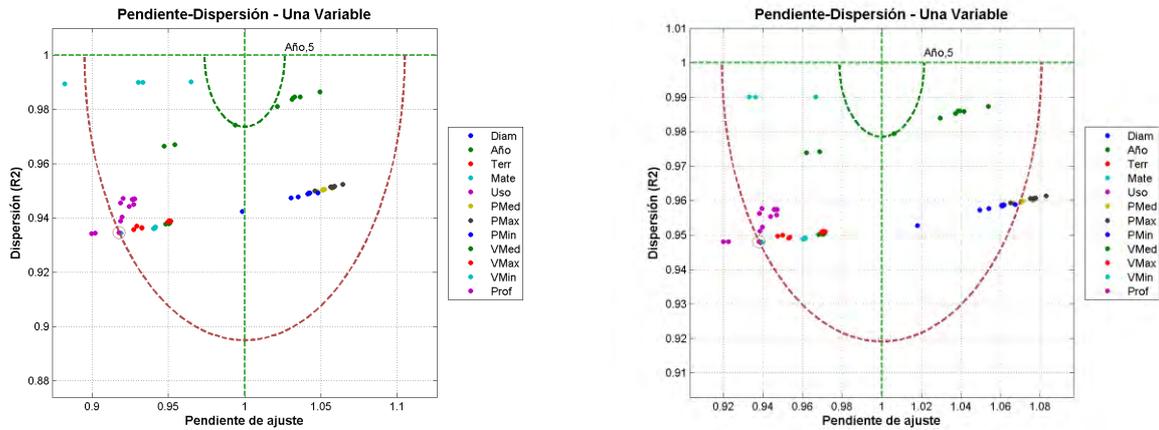


FIGURA 43. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO, PARA RED DE DISRIBUCIÓN, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)

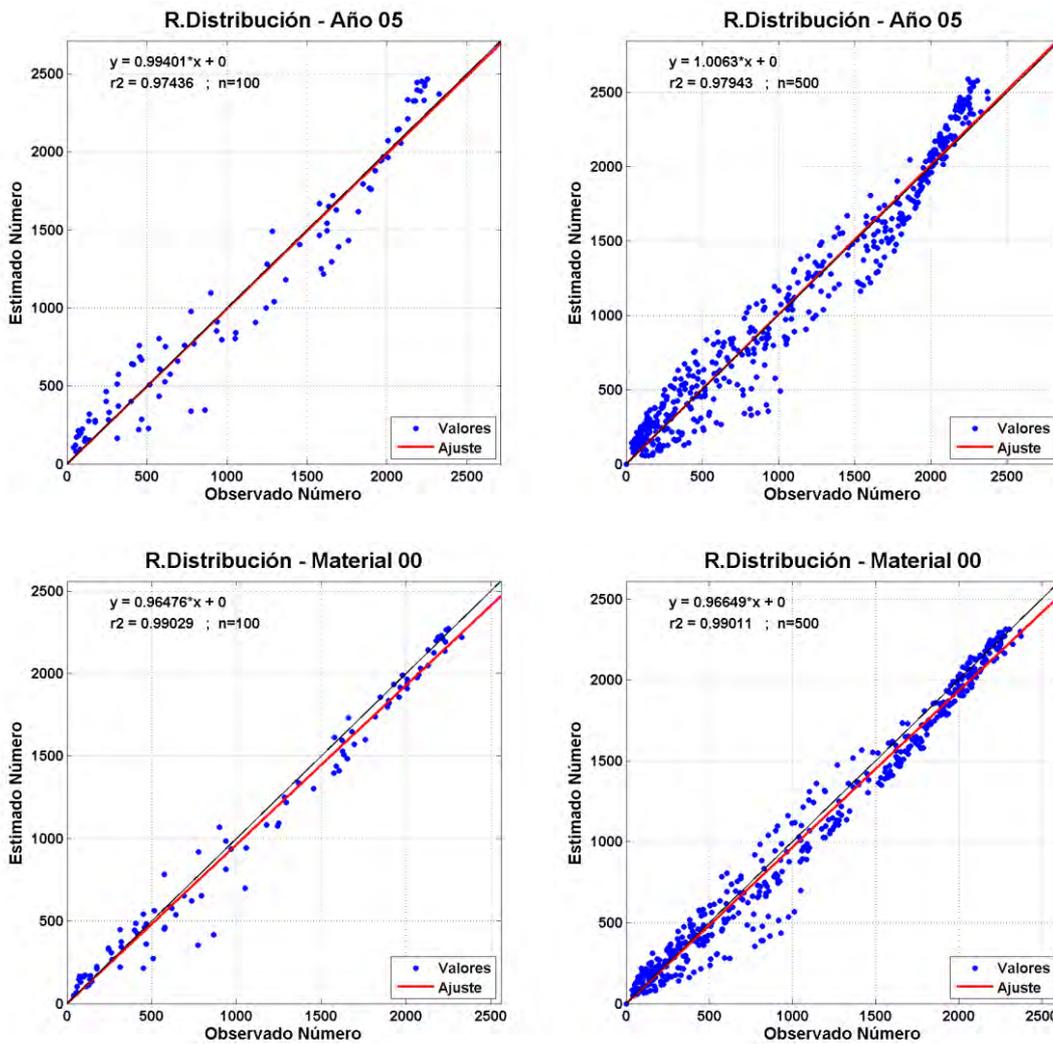


FIGURA 44. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS, PARA RED DE DISRIBUCIÓN, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)

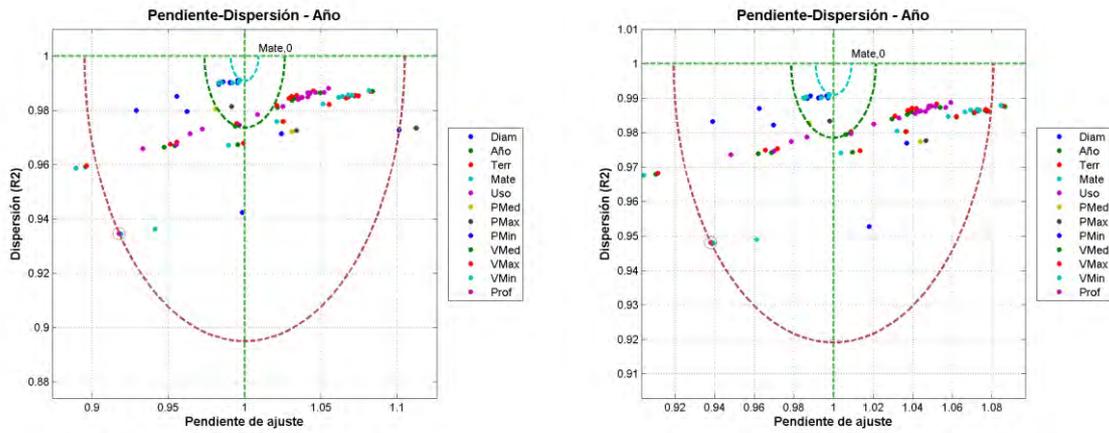
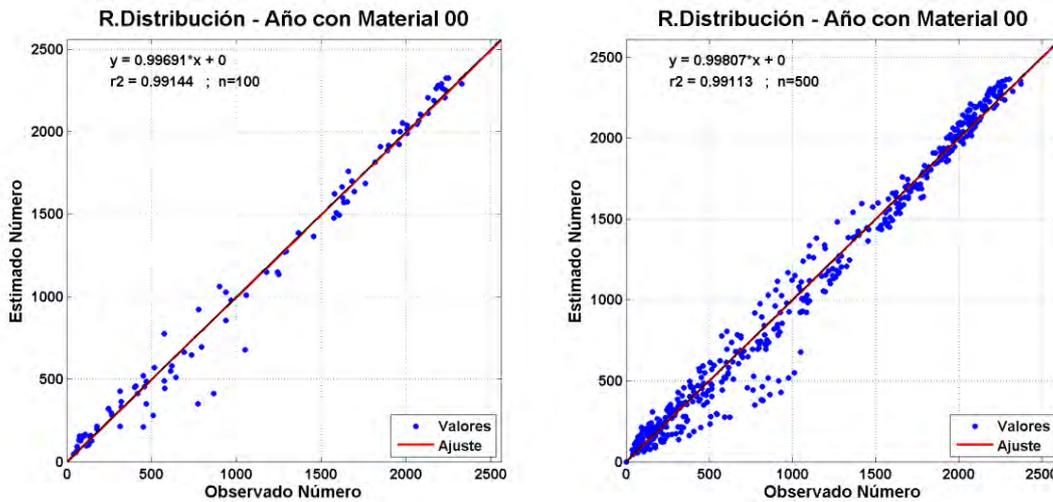


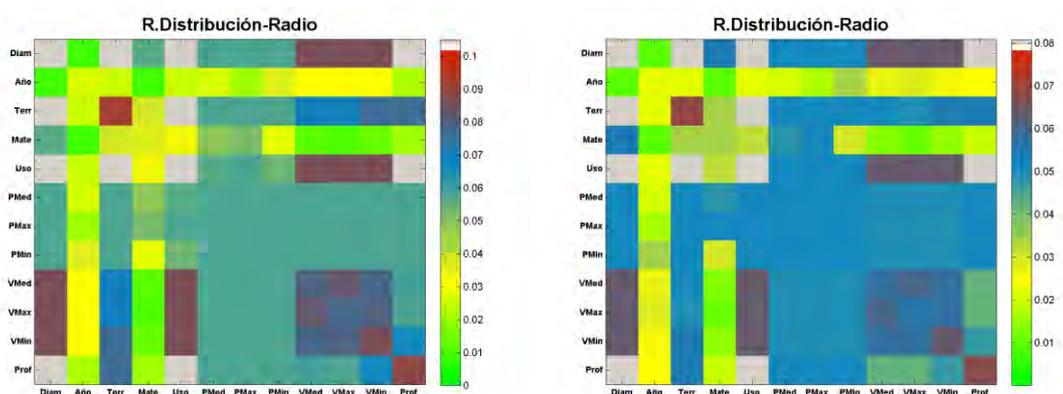
FIGURA 45. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS, PARA RED DE DISRIBUCIÓN, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)



Finalmente, en la Figura 46 se comparan los gráficos resumen de resultados, que presentan el valor del parámetro de calidad para todas las combinaciones de variables.

En la escala de colores se ha empleado como referencia el parámetro de calidad obtenido en el modelo de orden cero, que es ligeramente diferente en ambos casos. Puede verse que el comportamiento cualitativo es similar.

FIGURA 46. COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA VALIDACIÓN, CON TAMAÑO DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)



Red Estratégica

Las tablas siguientes presentan la comparación de los resultados obtenidos con los modelos que producen el mejor ajuste, para el tamaño de muestra de 100 unidades y de 500 unidades.

La Tabla 25 presenta los modelos de orden uno y la Tabla 26 los modelos de orden dos.

TABLA 25. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO, PARA RED ESTRATÉGICA

Variable	Muestra de 100 unidades				Muestra de 500 unidades			
	Desagreg.	Pendiente	Coficiente R ²	Radio	Desagreg.	Pendiente	Coficiente R ²	Radio
Diámetro	1	0.869	0.961	0.137	1	0.870	0.960	0.136
Año	1	0.869	0.961	0.136	1	0.870	0.960	0.136
Material	6	1.003	0.971	0.029	5	0.998	0.967	0.033
Uso del Suelo	2	0.976	0.967	0.041	2	0.974	0.965	0.044
Presión Media	0	0.969	0.969	0.044	0	0.973	0.971	0.040
Presión Máxima	0	0.984	0.972	0.032	0	0.989	0.973	0.029
Presión Mínima	5	0.947	0.968	0.062	5	0.951	0.969	0.058
Velocidad Media	1	0.861	0.962	0.144	1	0.860	0.959	0.146
Velocidad Máxima	0	0.881	0.969	0.123	0	0.879	0.961	0.127
Velocidad Mínima	4	0.885	0.962	0.121	4	0.884	0.957	0.124
Profundidad	4	0.891	0.968	0.113	4	0.893	0.967	0.112

TABLA 26. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS, PARA RED ESTRATÉGICA

Variable	Muestra de 100 unidades					Muestra de 500 unidades				
	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio
Diámetro	Material	3	0.932	0.977	0.072	Material	3	0.925	0.971	0.081
Año	Velocidad Media	0	0.994	0.964	0.037	Material	2	1.003	0.962	0.039
Material	Velocidad Mínima	5	1.005	0.976	0.024	Velocidad Mínima	8	1.010	0.976	0.026
Uso del Suelo	Velocidad Media	6	0.999	0.972	0.028	Presión Mínima	3	1.006	0.970	0.031
Presión Media	Velocidad Media	6	1.004	0.981	0.019	Velocidad Media	5	0.999	0.978	0.022
Presión Máxima	Velocidad Media	9	0.993	0.981	0.020	Profundidad	10	0.990	0.978	0.024
Presión Mínima	Velocidad Media	6	0.995	0.981	0.019	Velocidad Máxima	6	1.001	0.976	0.024
Velocidad Media	Presión Media	6	1.004	0.981	0.019	Presión Media	5	0.999	0.978	0.022
Velocidad Máxima	Presión Mínima	6	1.004	0.978	0.022	Presión Media	5	1.002	0.976	0.024
Velocidad Mínima	Presión Mínima	4	1.001	0.976	0.024	Material	8	1.010	0.976	0.026
Profundidad	Presión Media	0	0.999	0.976	0.024	Presión Media	0	1.000	0.976	0.024

En este caso los resultados varían más que en **Acometidas** o **Red de Distribución**. El motivo es que el número de roturas es comparativamente inferior, por lo que los resultados son estadísticamente menos representativos. A pesar de ello, hay muchas combinaciones variables que producen los mejores modelos en ambos casos.

Seguidamente se presentan las figuras 47 a 50 de ajuste de algunas de estas combinaciones (las que presentan mejores parámetros de calidad).

FIGURA 47. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)

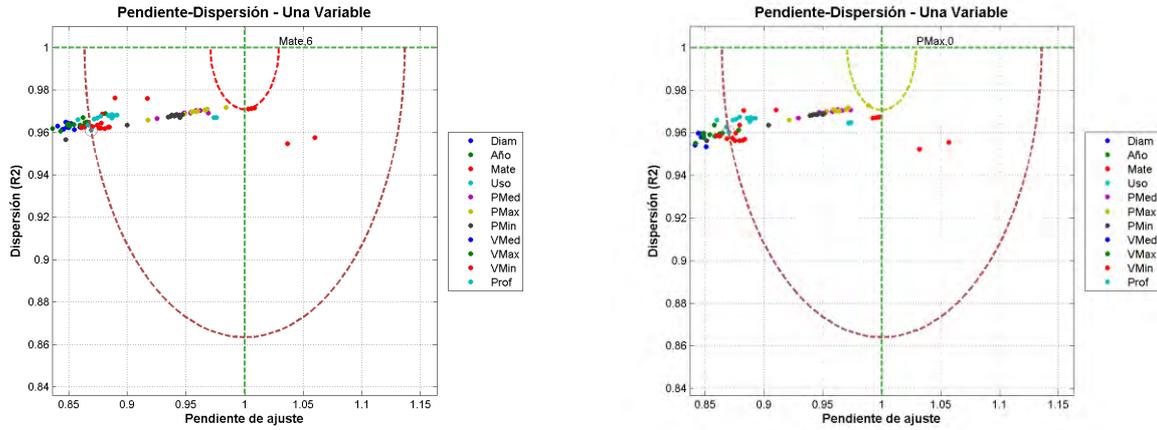


FIGURA 48. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)

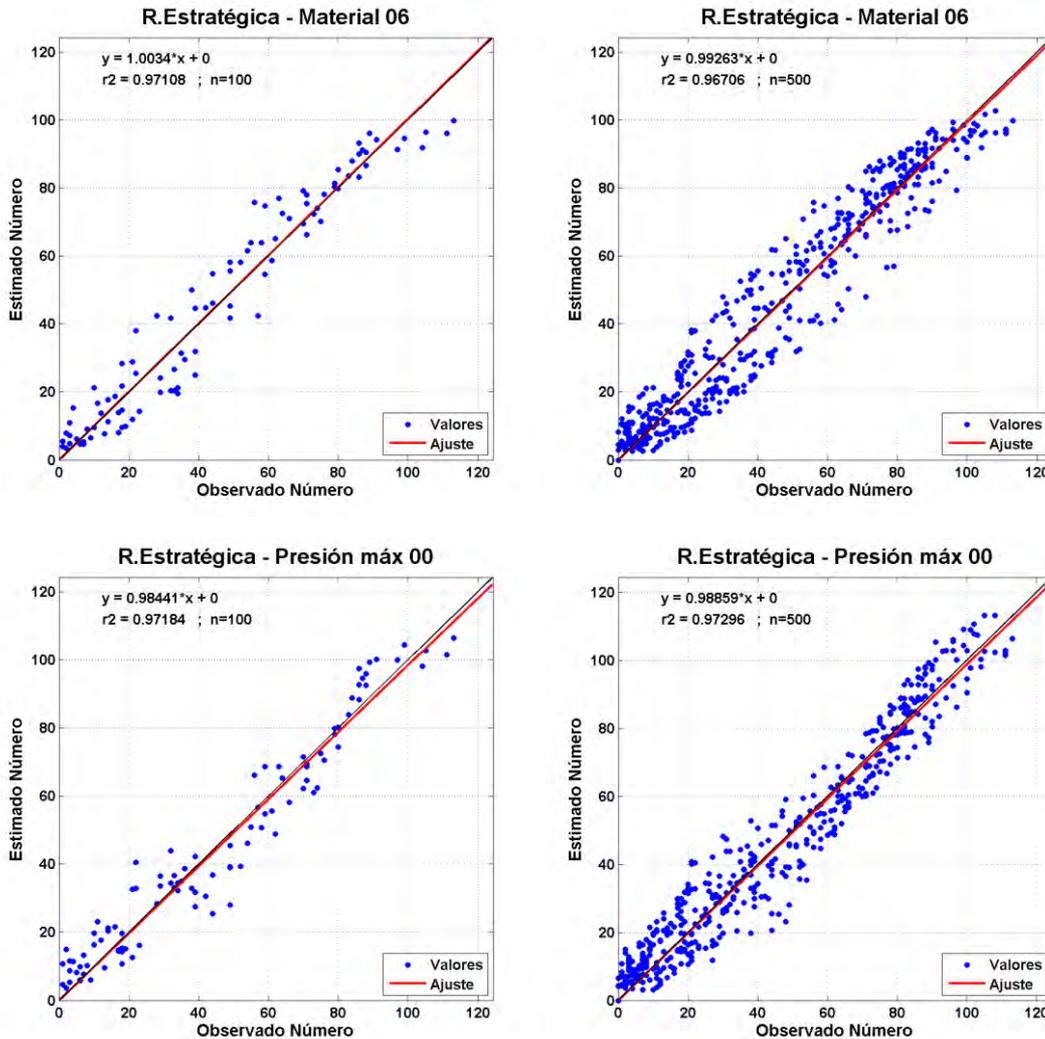


FIGURA 49. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)

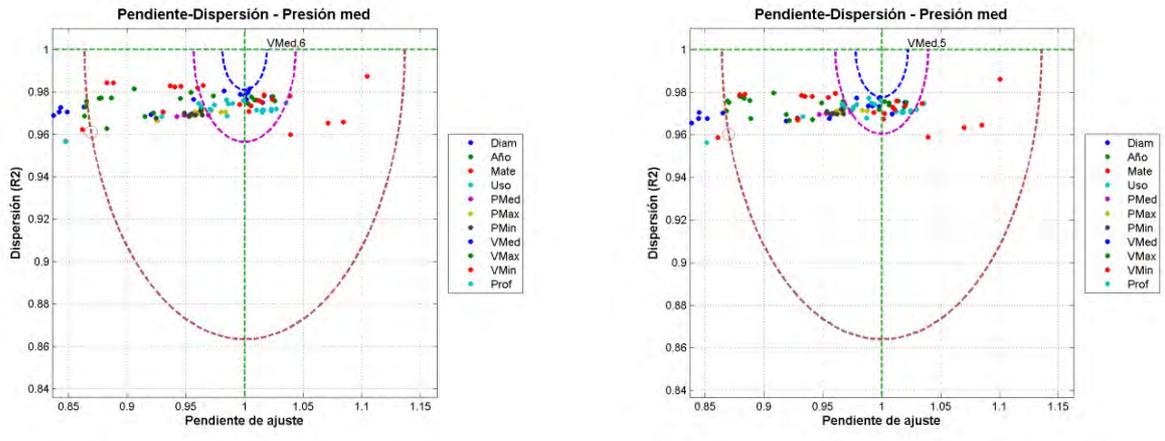
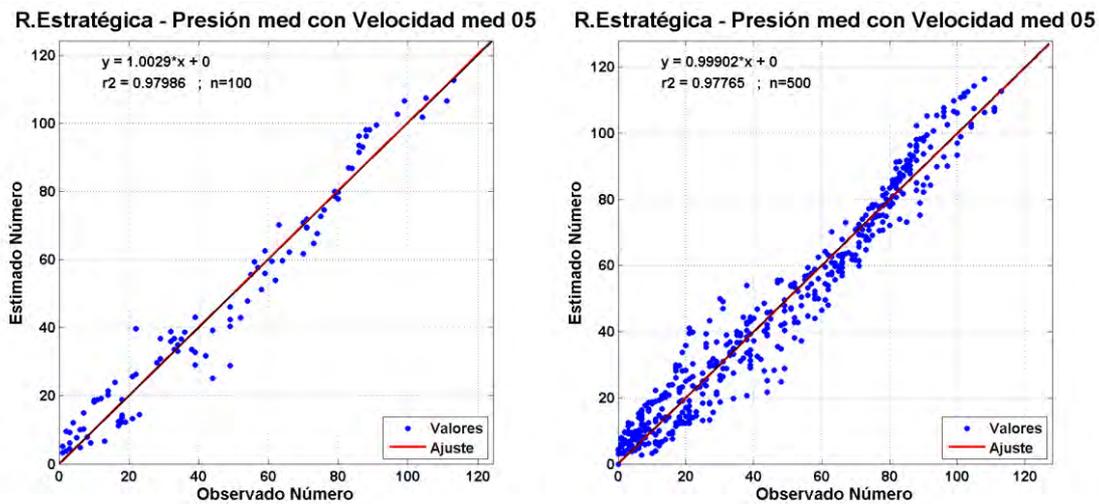


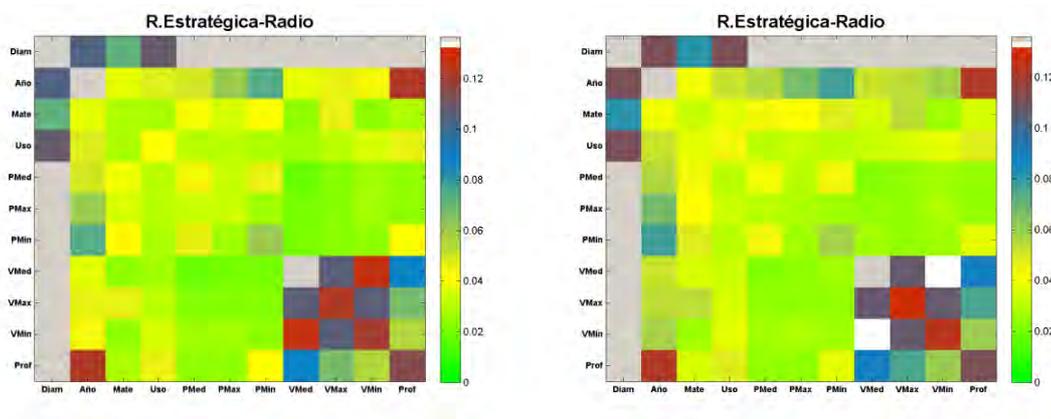
FIGURA 50. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)



Finalmente, en la Figura 51 se comparan los gráficos resumen de resultados, que presentan el valor del parámetro de calidad para todas las combinaciones de variables.

En la escala de colores se ha empleado como referencia el parámetro de calidad obtenido en el modelo de orden cero, que es ligeramente diferente en ambos casos. Puede verse que el comportamiento cualitativo es similar.

FIGURA 51. COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN RED ESTRATÉGICA PARA VALIDACIÓN, CON TAMAÑO DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)



Elementos

Las dos tablas siguientes comparan los resultados de los modelos que producen el mejor ajuste para el tamaño de muestra de 100 unidades y de 500 unidades.

La Tabla 27 presenta los modelos de orden uno y la Tabla 28 los modelos de orden dos.

TABLA 27. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO, PARA ELEMENTOS

Variable	Muestra de 100 unidades				Muestra de 500 unidades			
	Desagreg.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio	Desagreg.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio
Diámetro	5	0.545	0.958	0.457	5	0.553	0.967	0.448
Año	0	0.731	0.998	0.269	0	0.730	0.998	0.270
Uso del Suelo	0	0.566	0.961	0.436	0	0.574	0.969	0.427
Ubicación	7	0.557	0.968	0.444	7	0.563	0.974	0.437
Profundidad	10	0.543	0.963	0.459	10	0.551	0.970	0.450

TABLA 28. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS, PARA ELEMENTOS

Variable	Muestra de 100 unidades					Muestra de 500 unidades				
	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio
Diámetro	Año	8	0.739	0.998	0.261	Año	8	0.737	0.998	0.263
Año	Ubicación	9	0.774	0.998	0.226	Ubicación	9	0.769	0.998	0.231
Uso del Suelo	Año	0	0.743	0.998	0.257	Año	0	0.743	0.998	0.257
Ubicación	Año	9	0.774	0.998	0.226	Año	9	0.769	0.998	0.231
Profundidad	Año	0	0.743	0.997	0.257	Año	0	0.742	0.997	0.258

Como se aprecia en las anteriores tablas 27 y 28, los resultados son cualitativamente muy parecidos. Las combinaciones variables que producen los mejores modelos son idénticas, aunque existen algunas variaciones en los valores de los parámetros. Los gráficos de ajuste de algunas de estas combinaciones (las que presentan mejores parámetros de calidad) se ilustran en las figuras 52 a 55.

FIGURA 52. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)

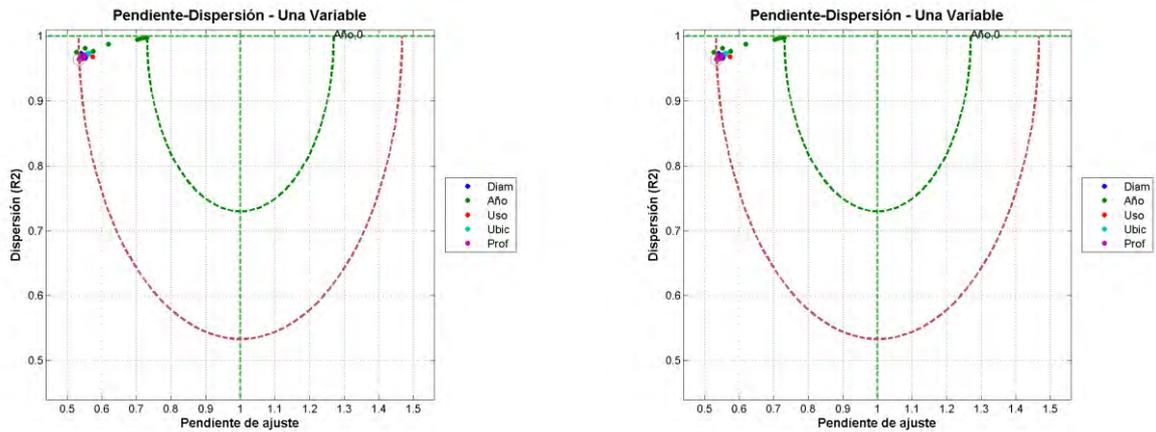


FIGURA 53. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)

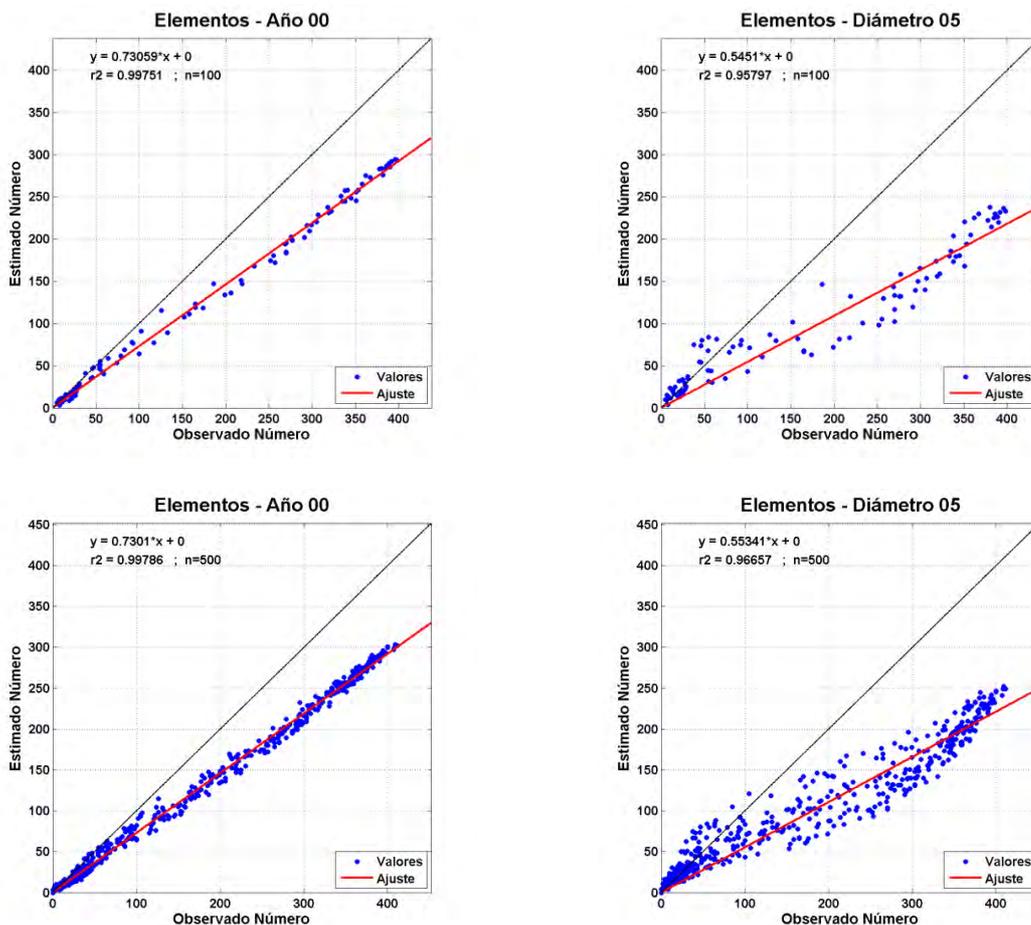


FIGURA 54. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)

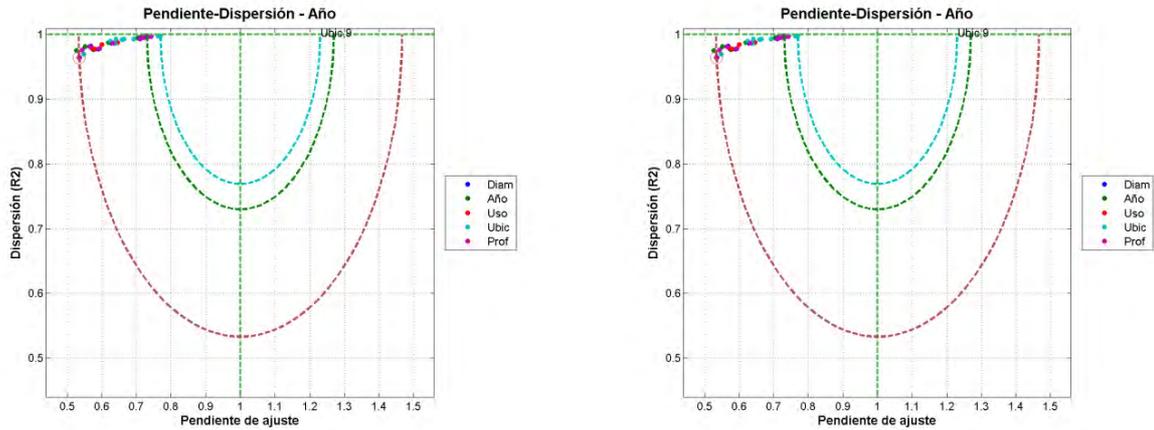
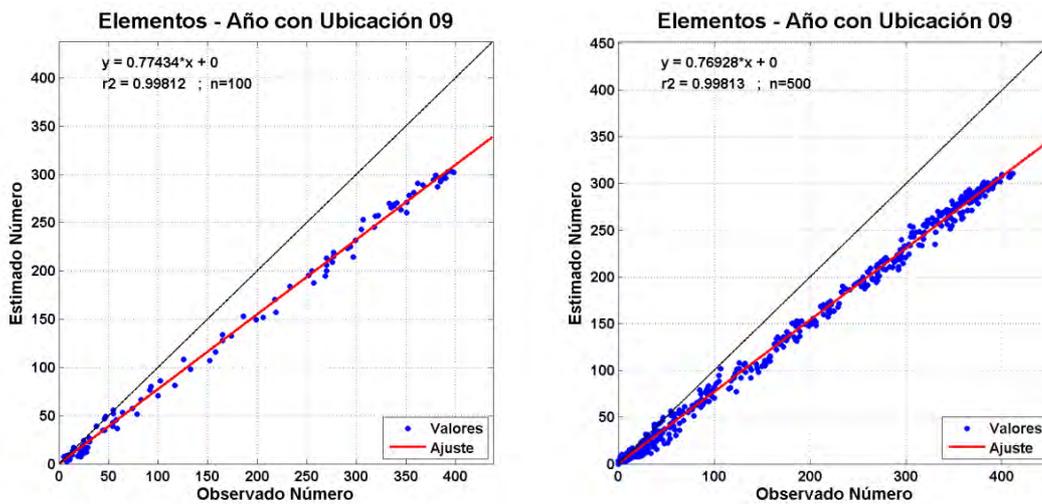


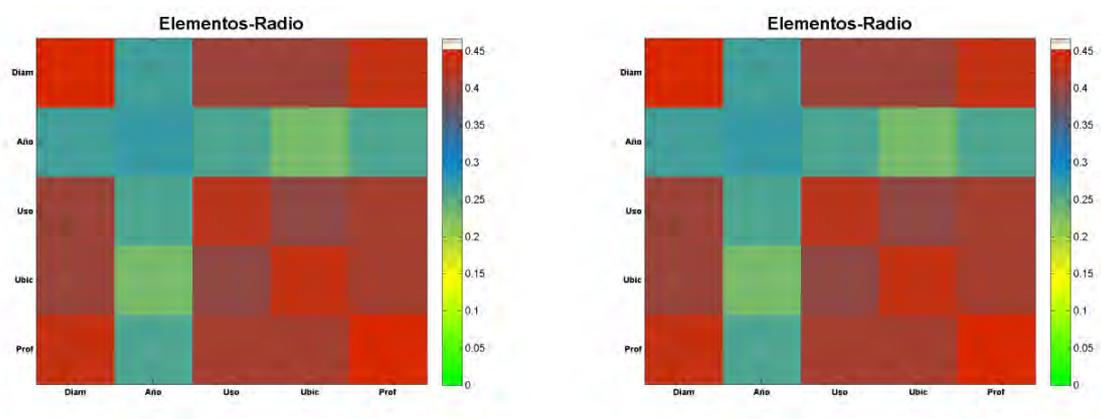
FIGURA 55. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)



Finalmente, en la Figura 56 se comparan los gráficos resumen de resultados, que presentan el valor del parámetro de calidad para todas las combinaciones de variables.

En la escala de colores se ha empleado como referencia el parámetro de calidad obtenido en el modelo de orden cero, que es ligeramente diferente en ambos casos. Puede verse que el comportamiento cualitativo es similar.

FIGURA 56. COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN ELEMENTOS PARA VALIDACIÓN CON TAMAÑO DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)



Conclusión

La conclusión de la comparación cualitativa es que, en líneas generales, se obtienen resultados muy coincidentes en los análisis realizados con muestras de 100 y 500 elementos.

Excepto en el caso de la **Red Estratégica**, donde el número de roturas es comparativamente más bajo, los resultados que se obtienen sugieren las mismas combinaciones de variables como modelos más adecuados, tanto en el caso de modelos de orden uno, como en el de modelos de orden dos. Esto quiere decir que un tamaño de muestra de 100 unidades puede ser suficiente para estimar la calidad de un modelo, aunque lógicamente, el tamaño de muestra de 500 unidades proporciona una mayor precisión.

3.2.2. Comparación Cuantitativa

La comparación cuantitativa ha consistido en el análisis de los parámetros de calidad de la validación en función del tamaño de la muestra. Dado el gran número de modelos y combinaciones de variables que pueden darse, este análisis se ha centrado en una selección de ellos.

Se ha representado el valor de los parámetros de calidad (pendiente, dispersión y radio) en función del tamaño de la muestra. En cada variable se ha elegido la desagregación que proporciona el mejor resultado. En cada sistema se presentan todas las variables en el caso de modelos de orden uno y las dos variables que presentan mejor resultado en los modelos de orden dos.

En los gráficos de las figuras 57 a 65 las líneas discontinuas en marrón representan los valores de los parámetros de calidad obtenidos con el modelo de referencia de orden cero, para un tamaño de la muestra de 500 elementos.

Acometidas

FIGURA 57. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ACOMETIDAS-1

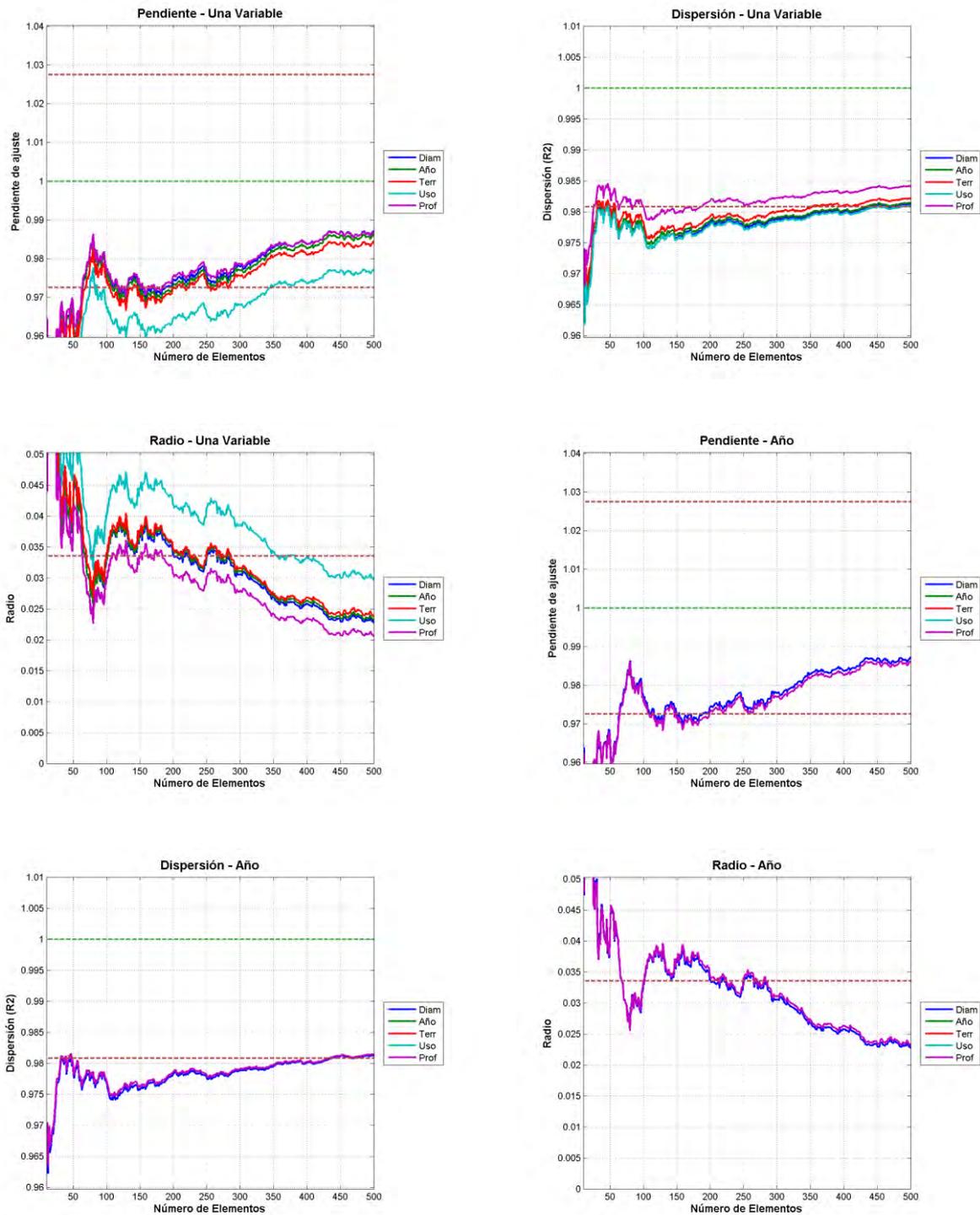
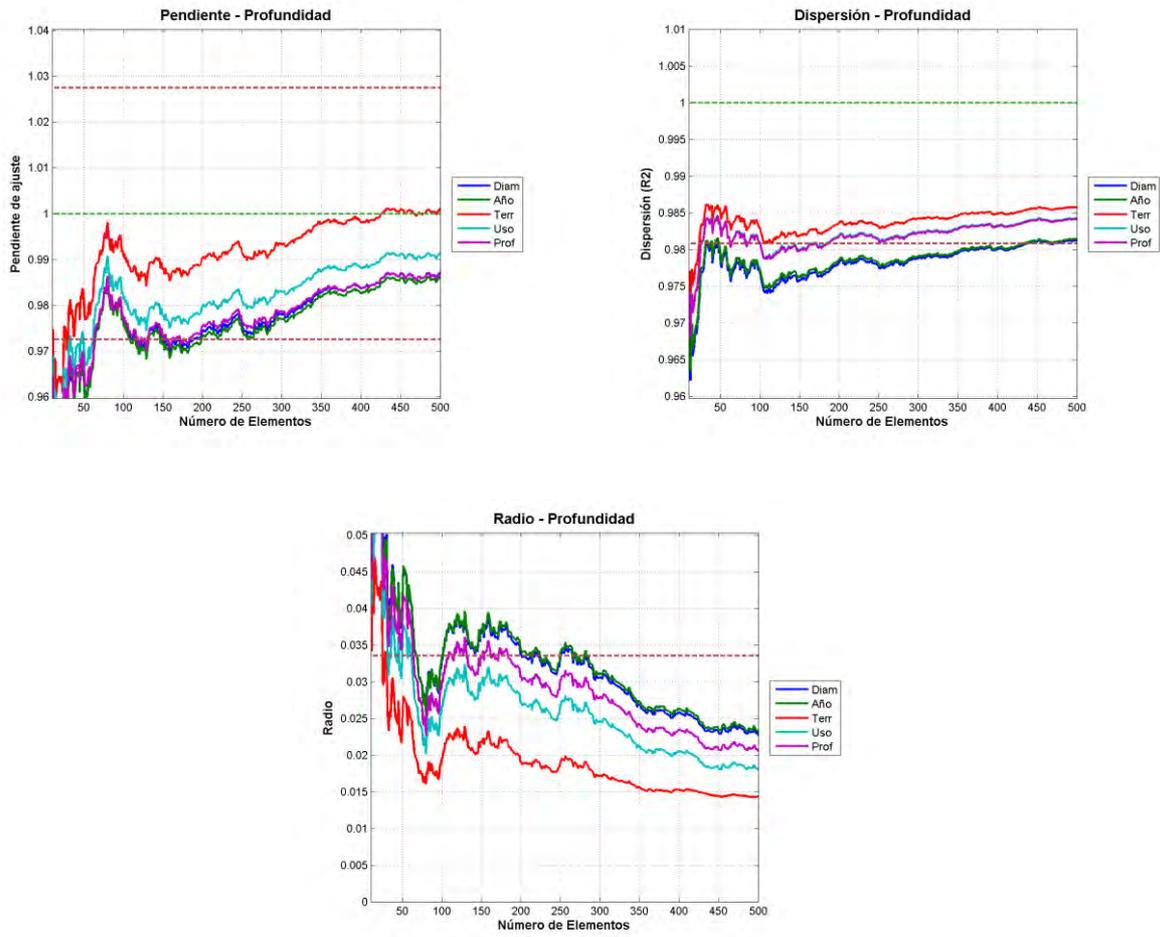


FIGURA 58. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ACOMETIDAS-2



Red de Distribución

FIGURA 59. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED DE DISTRIBUCIÓN-1

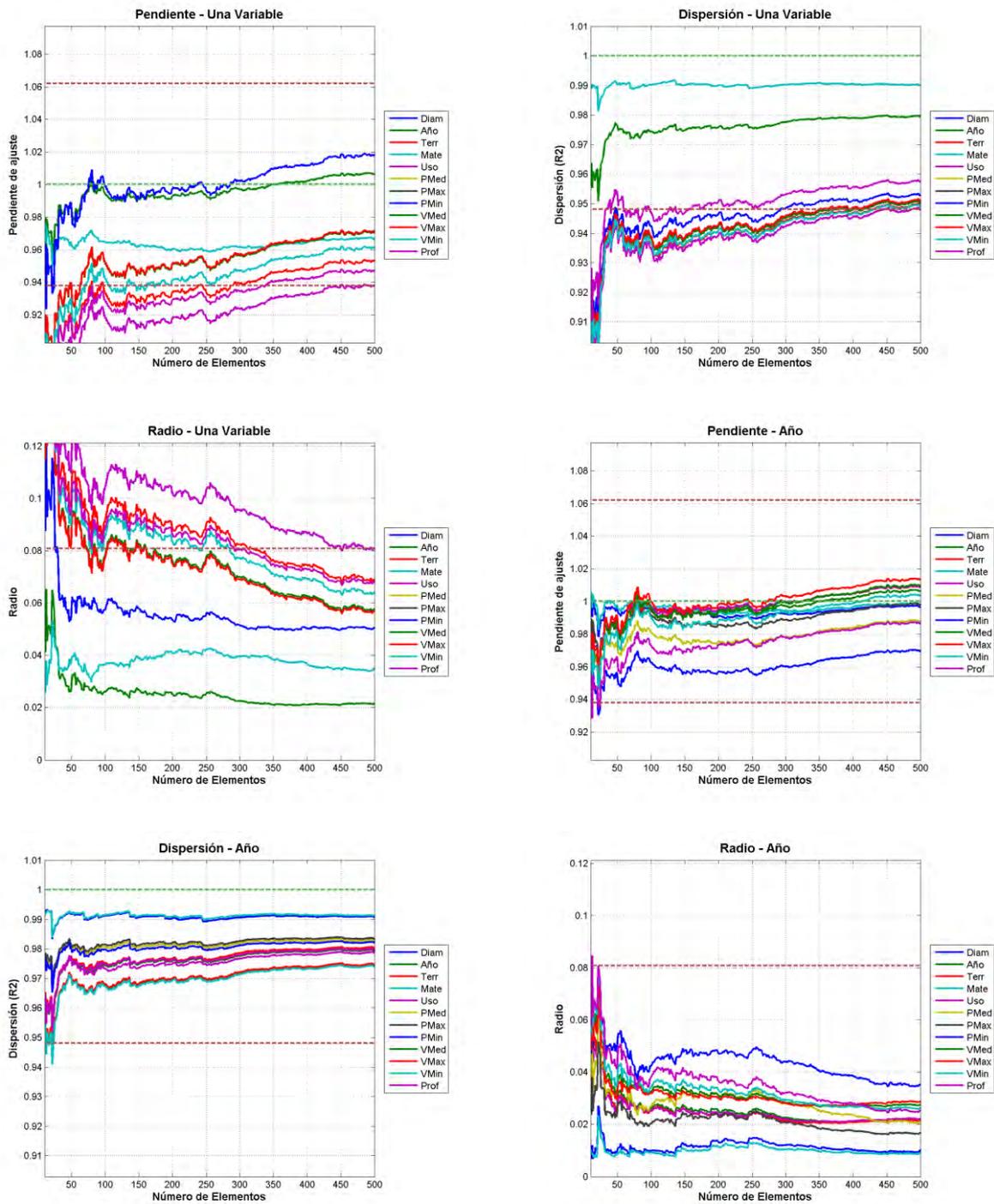
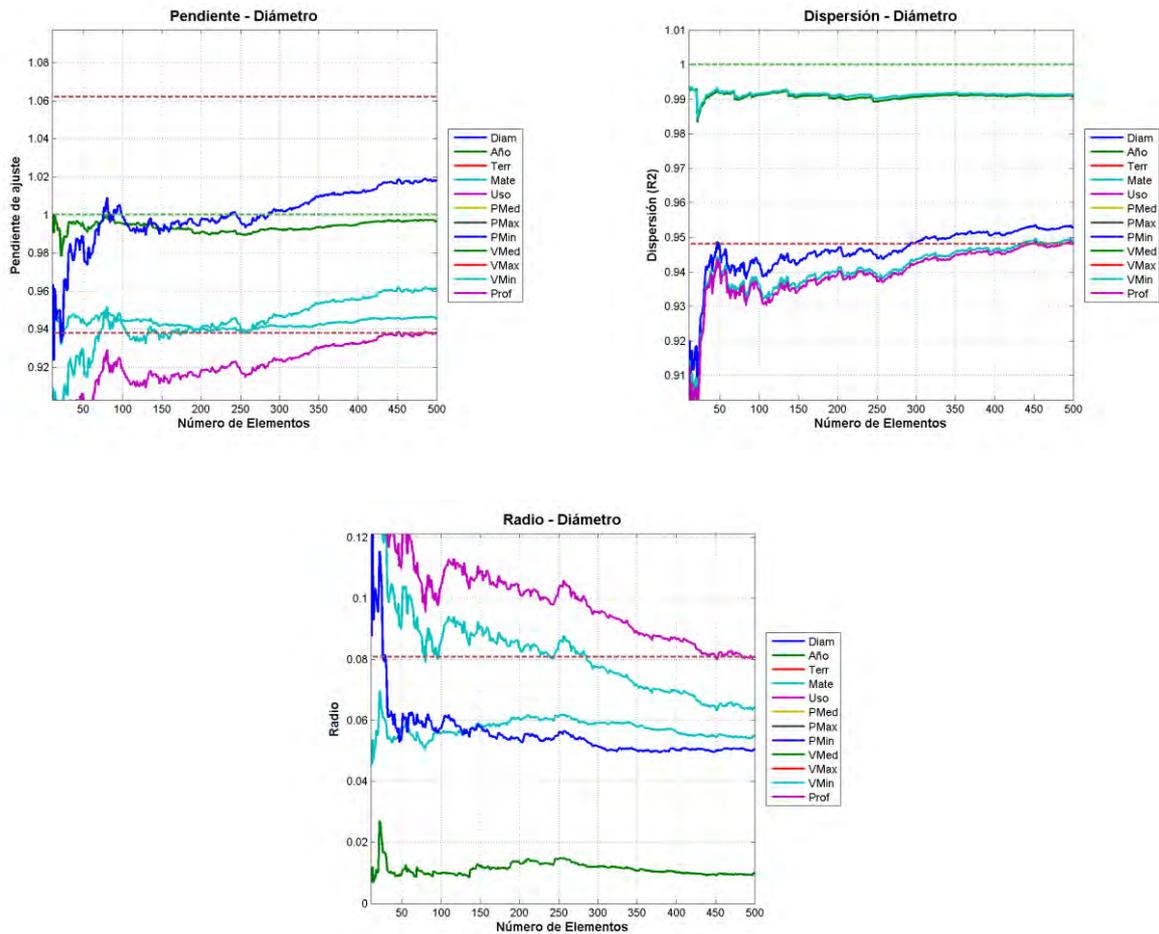


FIGURA 60. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED DE DISTRIBUCIÓN-2



Red Estratégica

FIGURA 61. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED ESTRATÉGICA-1

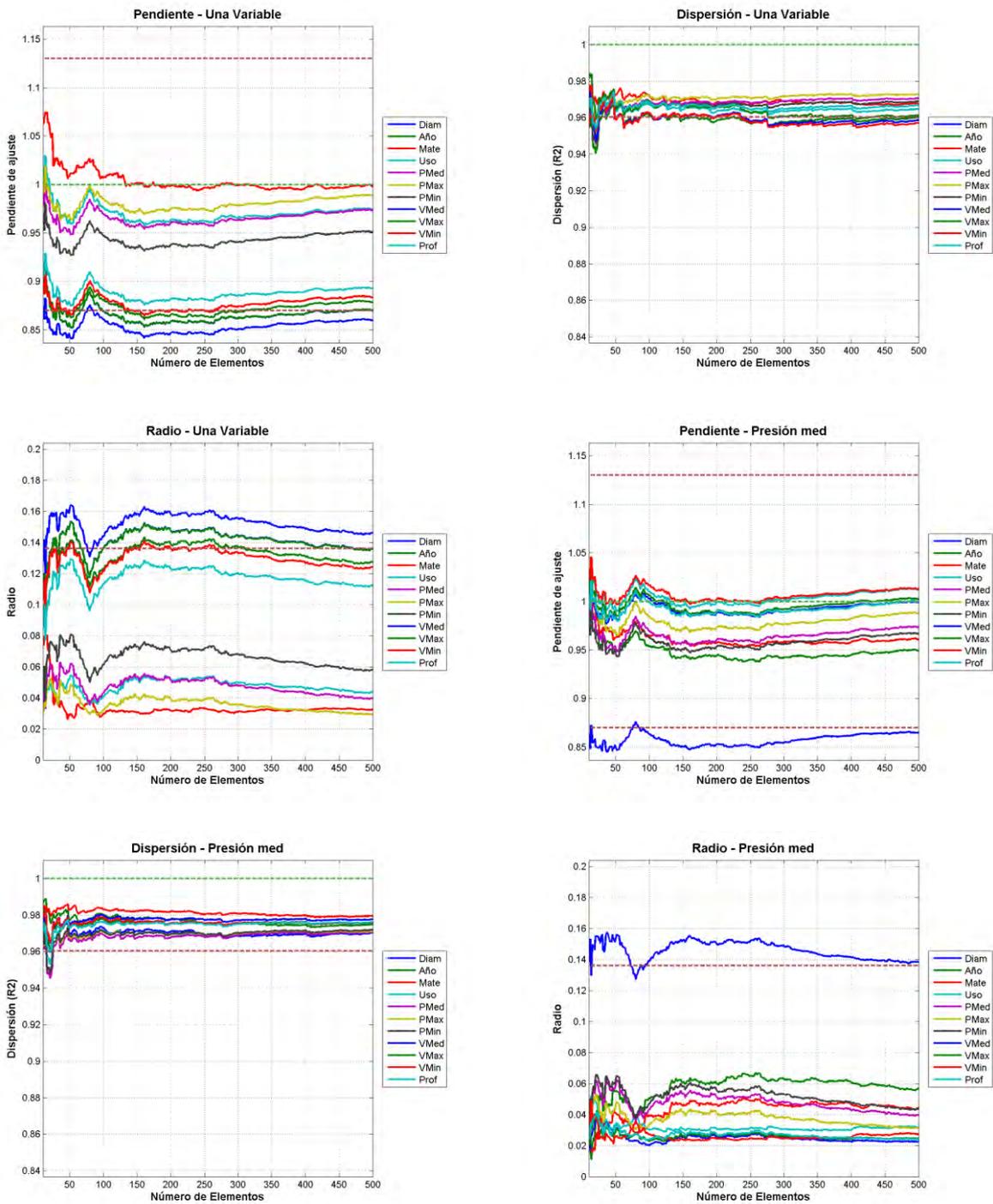
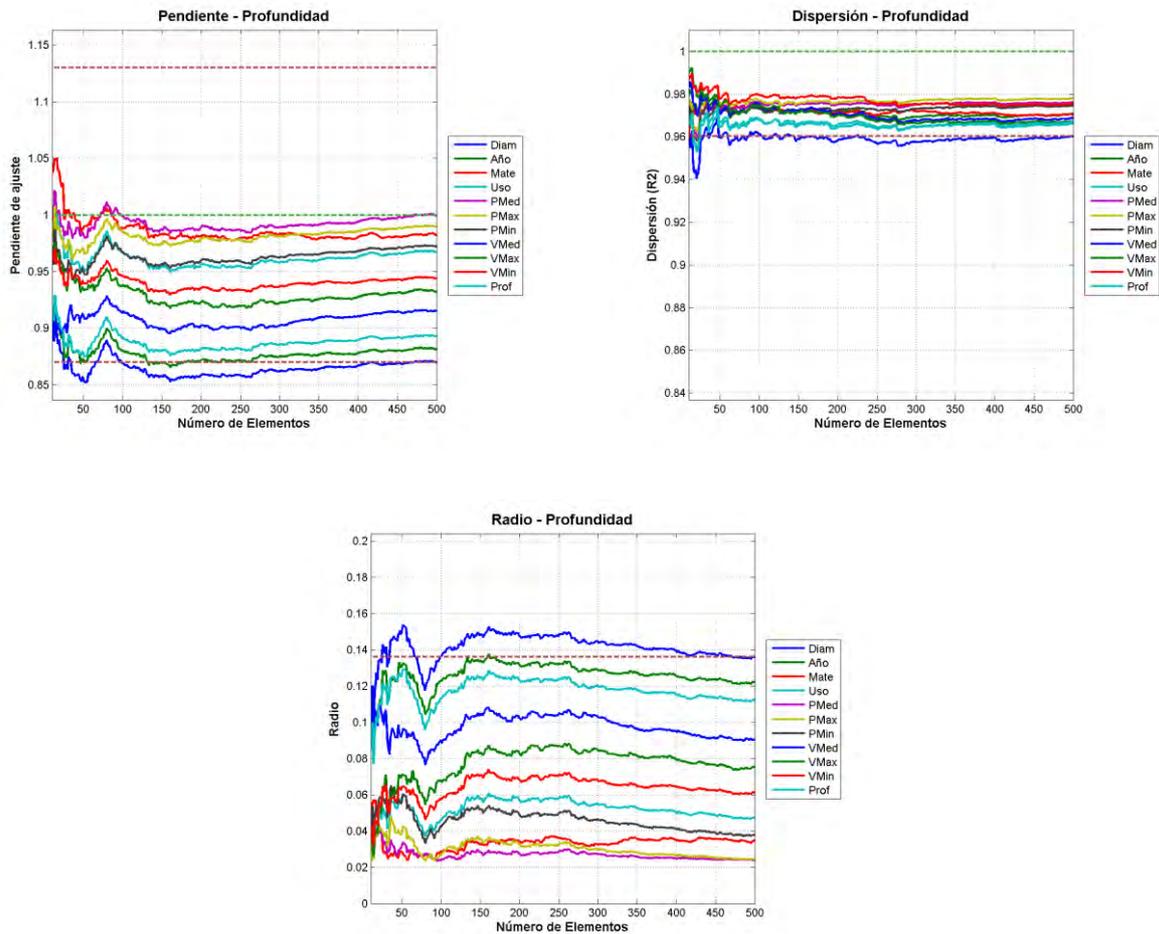


FIGURA 62. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED ESTRATÉGICA-2



Elementos

FIGURA 63. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ELEMENTOS-1

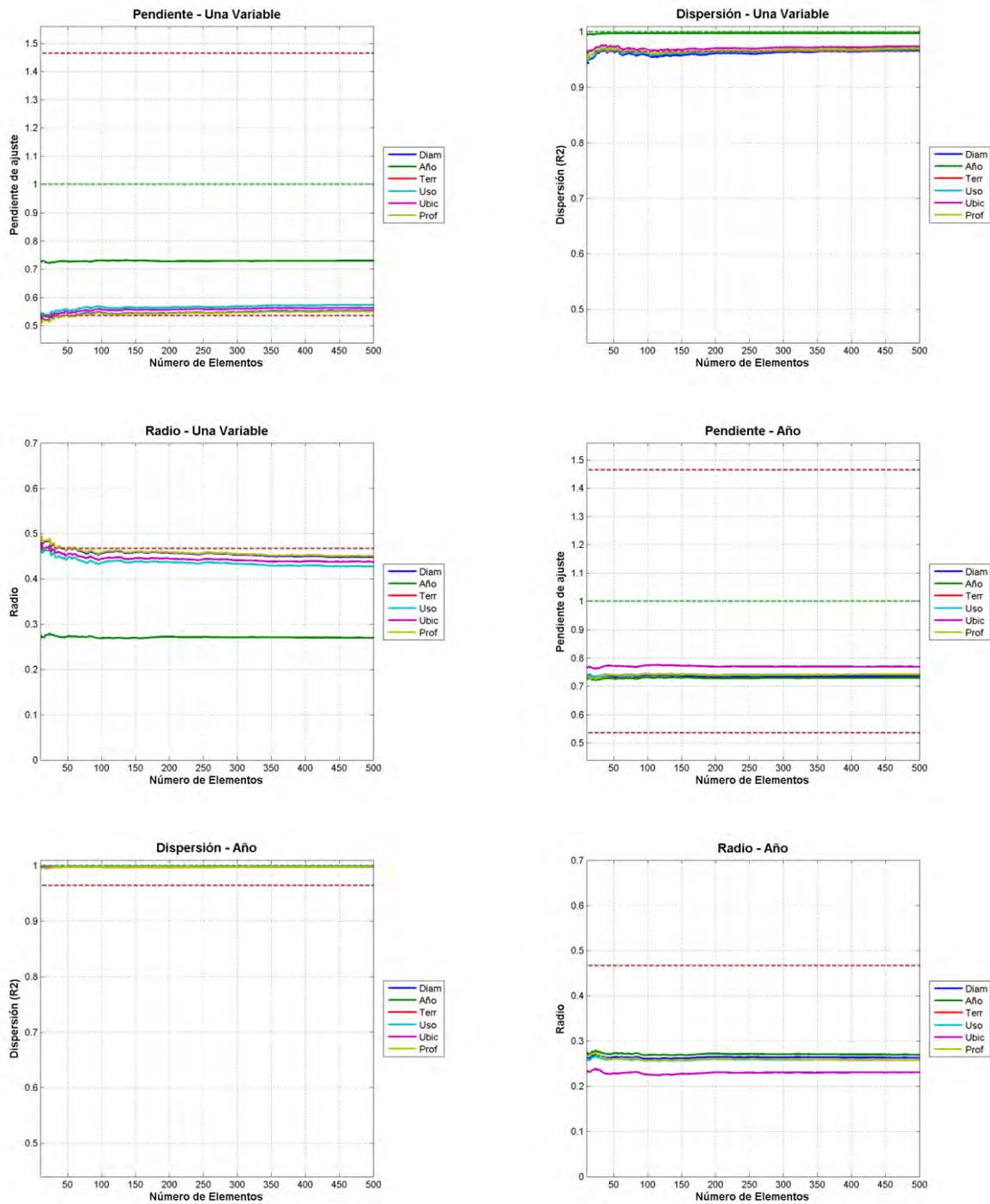


FIGURA 64. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ELEMENTOS-2

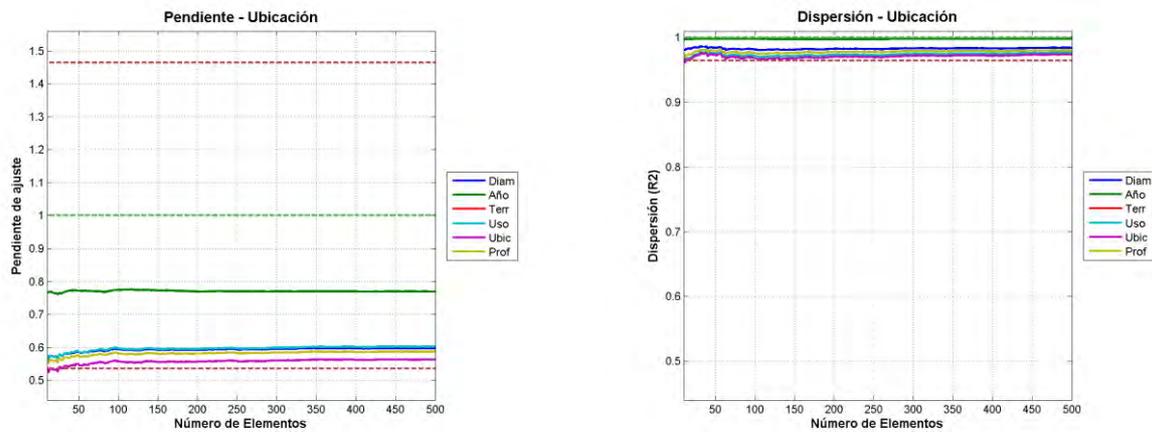
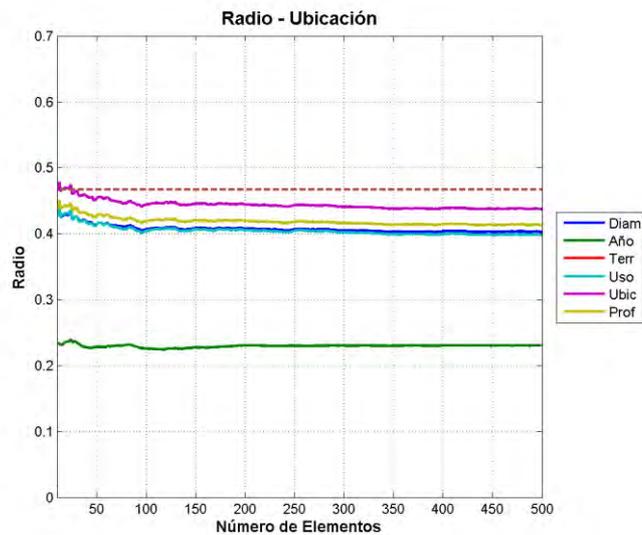


FIGURA 65. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ELEMENTOS-3



Conclusión

Una vez analizados los gráficos generados se comprueba que, a partir aproximadamente de un tamaño de la muestra de 200 elementos los resultados no varían sustancialmente, ya que las líneas que representan las distintas variables conservan su posición relativa.

En algunos casos los valores de los parámetros de calidad pueden ir variando suavemente a medida que se aumenta el tamaño de la muestra, pero es muy infrecuente que las líneas correspondientes a modelos construidos con distintas variables se crucen (lo que indicaría una alteración en la posición relativa de los dos modelos).

3.3. ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE LAS ZONAS DE VALIDACIÓN

En esta sección se presenta el análisis de la influencia que tiene el tamaño de las zonas que componen la muestra en los resultados de calidad de los modelos.

Al igual que en el caso anterior se presenta, en primer lugar, una comparación cualitativa tomando dos rangos distintos de tamaño de zonas. Seguidamente se presenta una comparación cuantitativa donde se estudia la evolución de los parámetros de calidad a medida que se modifica el tamaño de las zonas de validación.

3.3.1. Comparación Cualitativa

Se presenta en este apartado una comparación cualitativa de los resultados para un conjunto de variables significativas.

Se compara el gráfico de ajuste obtenido con la muestra inicial con zonas de tamaño entre $L_{\min}=10.000$ m y $L_{\max}=40.000$ m y una segunda muestra con zonas de tamaño entre $L_{\min}=40.000$ m y $L_{\max}=70.000$ m. En ambos casos se ha tomado como periodo de ajuste el comprendido entre 01/11/2010 y 02/04/2013; como periodo de validación se ha tomado el comprendido entre 03/04/2013 y 02/09/2015. El tamaño de las dos muestras es de 200 unidades.

Se presentan en los gráficos de las figuras 66 y 67 los resultados obtenidos con los modelos de orden cero. A la izquierda figuran los resultados con zonas de 10-40 Kilómetros (25 Kilómetros de media) y a la derecha los resultados con zonas de 40-70 Kilómetros (55 Kilómetros de media).

En general se observa que la validación realizada con zonas más grandes (40-70 Kilómetros) aporta mejores resultados. La dispersión es menor en todos los casos y las pendientes son más próximas a la unidad en todos los casos, excepto en acometidas. La Tabla 29 resume los resultados obtenidos con el modelo de orden cero.

FIGURA 66. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO EN LOS CUATRO ÁMBITOS PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KILÓMETROS (IZQUIERDA) Y 55 KILÓMETROS (DERECHA)-1

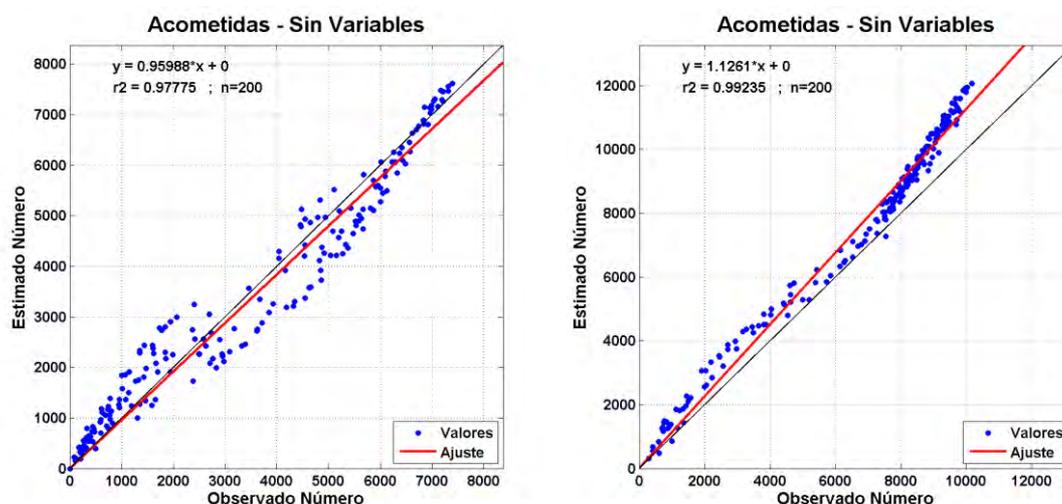


FIGURA 67. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO EN LOS CUATRO ÁMBITOS PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)-2

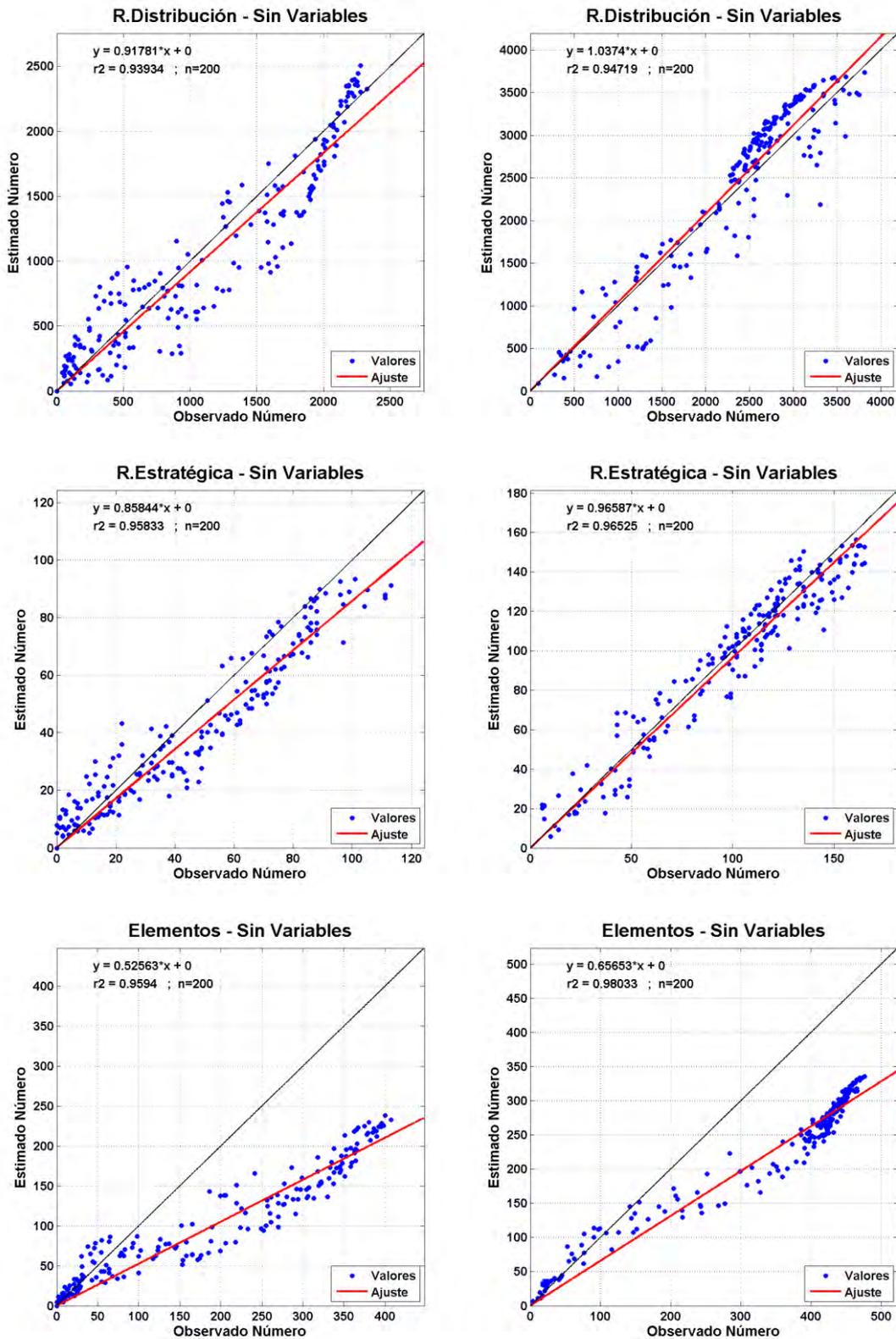


TABLA 29. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN CERO

Sistema	Zonas de 10-40 km			Zonas de 40-70 km		
	Pendiente	Coef. R ²	Radio	Pendiente	Coef. R ²	Radio
Acometidas	0.9599	0.978	0.046	1.1261	0.992	0.126
Red Distribución	0.9178	0.939	0.102	1.0374	0.947	0.065
Red Estratégica	0.8584	0.958	0.148	0.9659	0.965	0.049
Elementos	0.5256	0.959	0.476	0.6565	0.980	0.344

Acometidas

Se comparan inicialmente los resultados de los modelos que producen el mejor ajuste para el tamaño de zonas de 10-40 Kilómetros y de 40-70 Kilómetros.

La Tabla 30 presenta los modelos de orden uno y la Tabla 31 los modelos de orden dos.

TABLA 30. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS

Variable	Zonas de 10-40 km				Zonas de 40-70 km			
	Desagreg.	Pendiente	Coficiente R ²	Radio	Desagreg.	Pendiente	Coficiente R ²	Radio
Diámetro	1	0.974	0.978	0.034	1	1.138	0.993	0.138
Año	2	1.019	0.985	0.024	1	1.136	0.993	0.136
Terreno	0	0.972	0.979	0.035	1	1.126	0.992	0.126
Uso del Suelo	0	0.965	0.978	0.042	1	1.126	0.992	0.126
Profundidad	7	0.975	0.982	0.031	0	1.095	0.993	0.095

TABLA 31. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS

Variable	Zonas de 10-40 km					Zonas de 40-70 km				
	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio
Diámetro	Año	1	0.974	0.978	0.034	Año	1	1.138	0.993	0.138
Año	Año	2	1.019	0.985	0.024	Año	1	1.136	0.993	0.136
Terreno	Profundidad	7	0.990	0.984	0.019	Profundidad	0	1.106	0.994	0.106
Uso del Suelo	Profundidad	7	0.980	0.982	0.027	Profundidad	0	1.100	0.993	0.100
Profundidad	Terreno	7	0.990	0.984	0.019	Profundidad	0	1.095	0.993	0.095

Como se aprecia en las tablas 30 y 31 los resultados son similares. Las combinaciones variables que producen los mejores modelos son parecidas, aunque existen algunas diferencias, principalmente en lo referente a la resolución óptima.

Seguidamente se presentan las figuras 68 a 71 con los gráficos de ajuste de algunas de estas combinaciones (las que presentan mejores parámetros de calidad).

FIGURA 68. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)

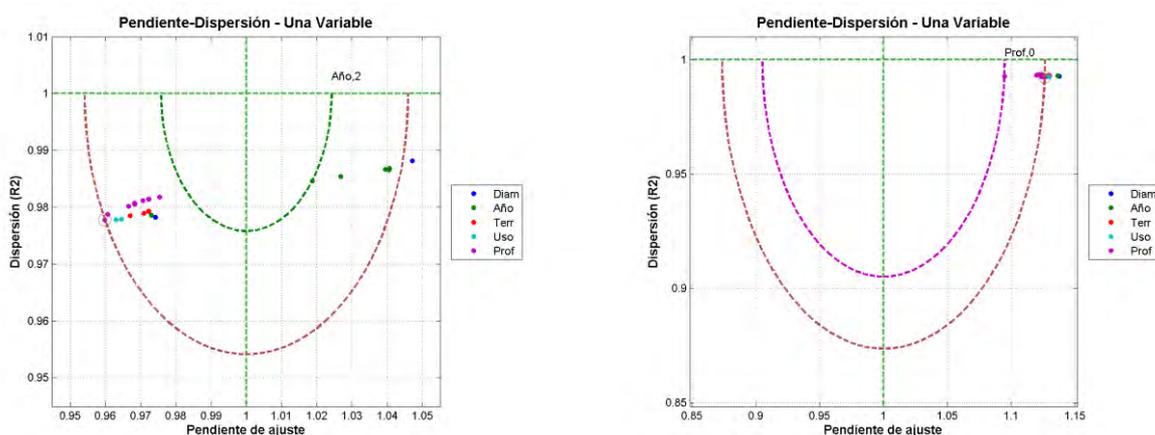


FIGURA 69. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)

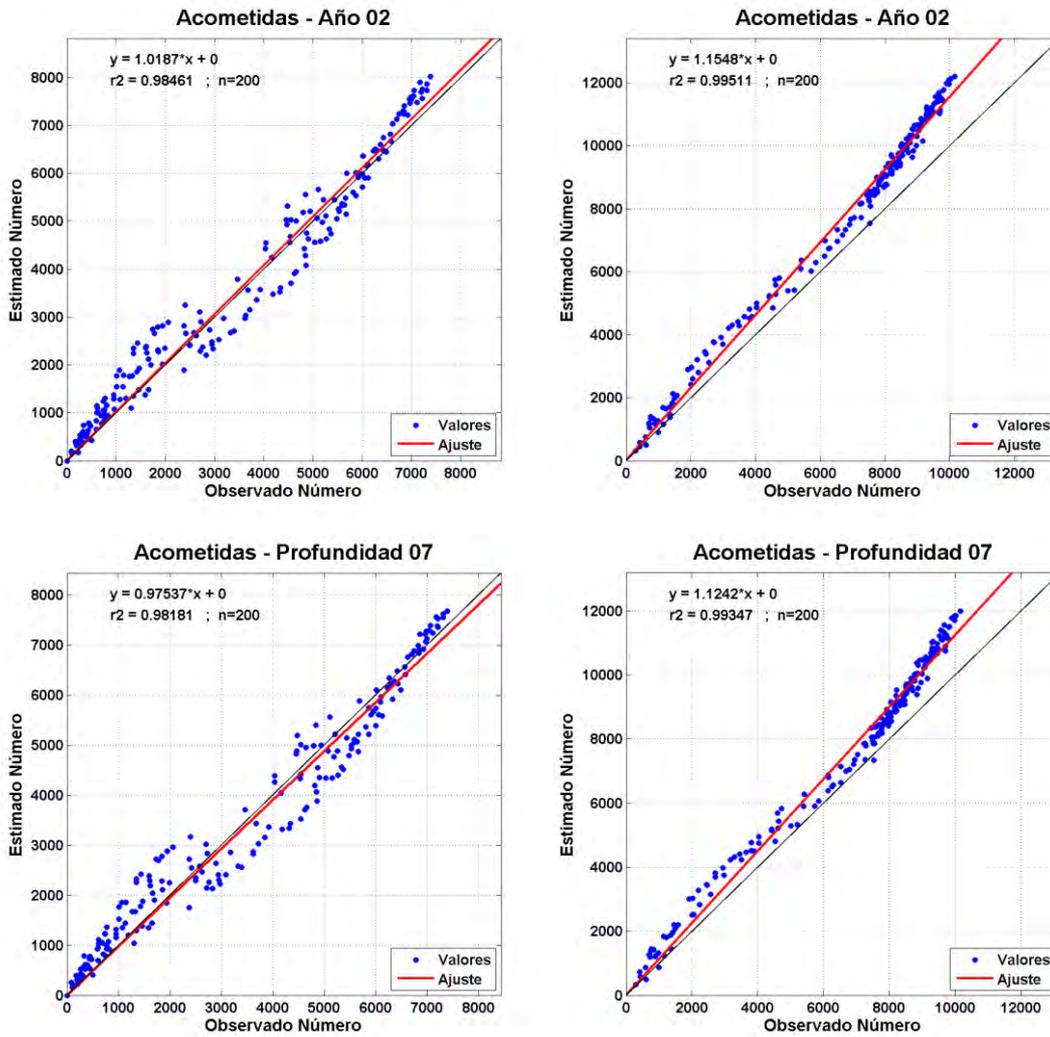


FIGURA 70. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)

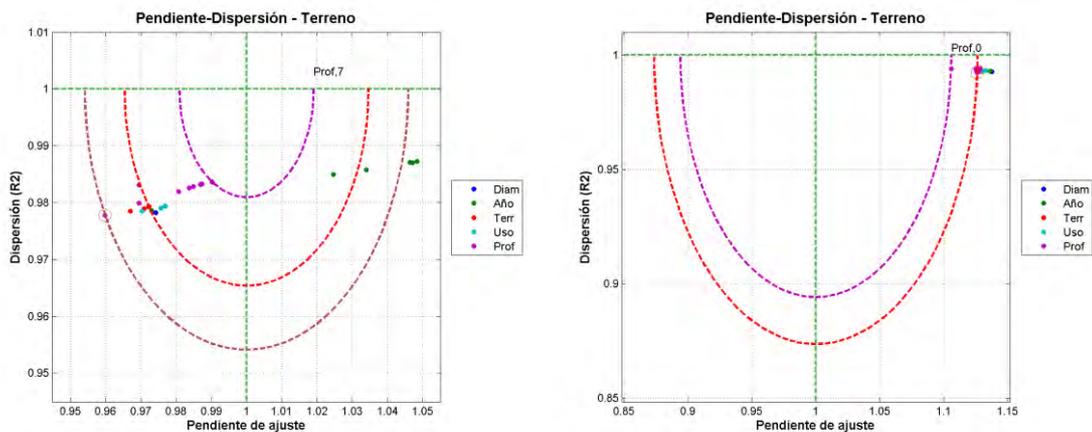
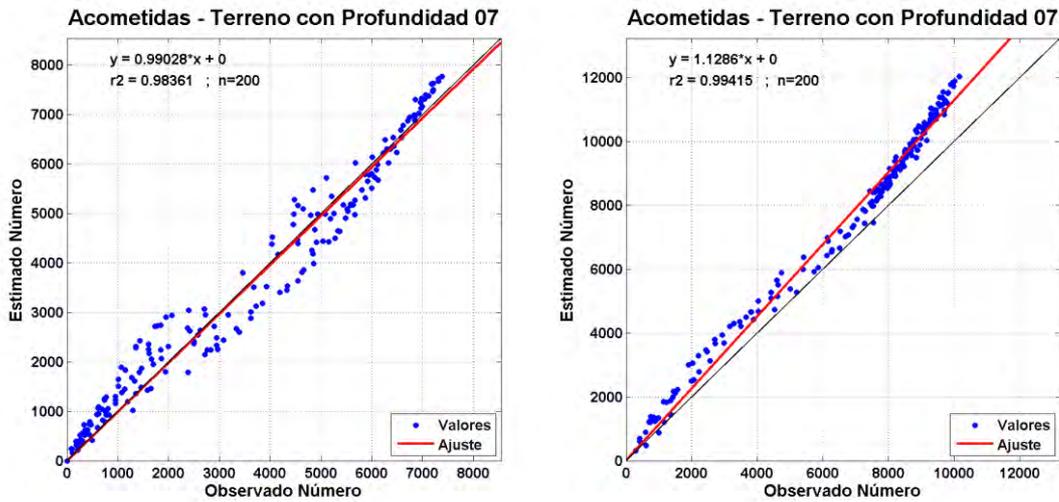


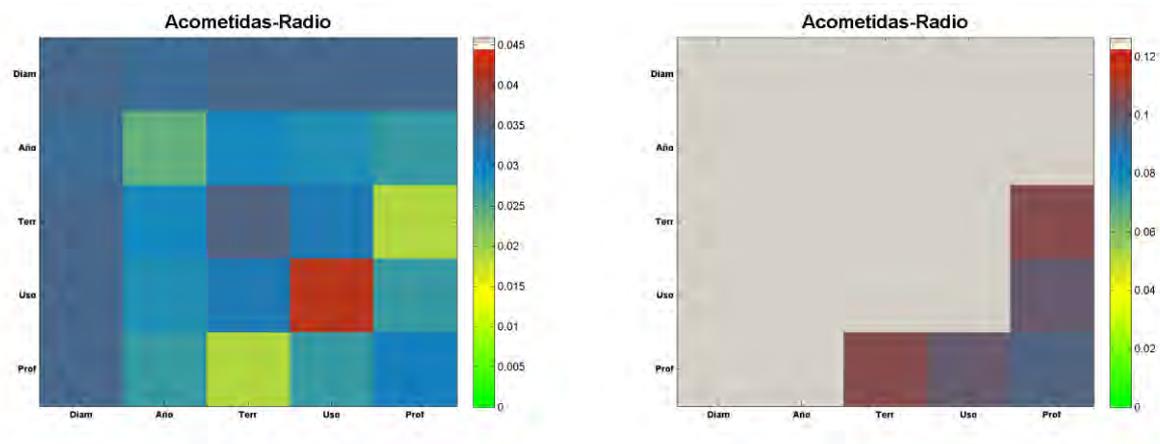
FIGURA 71. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)



Finalmente, en la Figura 72 se comparan los gráficos resumen de resultados, que presentan el valor del parámetro de calidad para todas las combinaciones de variables.

En la escala de colores se ha empleado como referencia el parámetro de calidad obtenido en el modelo de orden cero, que es ligeramente diferente en ambos casos. Puede verse que el comportamiento cualitativo es bastante diferente. Mientras que en el caso de zonas pequeñas (10-40 Kilómetros) casi todos los modelos suponen una mejora con relación al modelo de orden cero, en el caso de zonas más grandes sólo algunas combinaciones relacionadas con la variable Profundidad mejoran el resultado obtenido con el modelo inicial.

FIGURA 72. COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN ACOMETIDAS, PARA VALIDACIÓN CON TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)



Red de Distribución

Al igual que en el caso anterior de acometidas, inicialmente se comparan los resultados obtenidos con los modelos que producen el mejor ajuste para el tamaño de zona de 10-40 Kilómetros y de 40-70 Kilómetros.

La Tabla 32 presenta los modelos de orden uno y la Tabla 33 los modelos de orden dos.

TABLA 32. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

Variable	Zonas de 10-40 km				Zonas de 40-70 km			
	Desagreg.	Pendiente	Coefficiente R^2	Radio	Desagreg.	Pendiente	Coefficiente R^2	Radio
Diámetro	1	0.918	0.935	0.105	1	1.037	0.947	0.065
Año	5	0.994	0.974	0.026	2	1.014	0.967	0.036
Terreno	4	0.933	0.936	0.092	1	1.037	0.947	0.065
Material	0	0.965	0.990	0.037	0	0.957	0.983	0.046
Uso del Suelo	1	0.918	0.935	0.105	0	1.026	0.949	0.057
Presión Media	1	0.998	0.942	0.058	1	1.084	0.940	0.103
Presión Máxima	1	0.998	0.942	0.058	1	1.084	0.940	0.103
Presión Mínima	1	0.998	0.942	0.058	1	1.084	0.940	0.103
Velocidad Media	0	0.951	0.938	0.079	1	1.055	0.945	0.078
Velocidad Máxima	0	0.951	0.939	0.078	1	1.055	0.945	0.078
Velocidad Mínima	0	0.942	0.937	0.086	2	1.055	0.945	0.078
Profundidad	7	0.928	0.947	0.089	0	1.018	0.952	0.052

TABLA 33. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

Variable	Zonas de 10-40 km					Zonas de 40-70 km				
	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio
Diámetro	Año	0	0.991	0.990	0.013	Año	8	0.974	0.978	0.034
Año	Material	0	0.993	0.991	0.011	Presión mínima	3	1.010	0.971	0.031
Terreno	Año	5	0.995	0.977	0.024	Año	2	1.014	0.967	0.036
Material	Año	0	0.993	0.991	0.011	Presión mínima	2	0.997	0.979	0.021
Uso del Suelo	Año	5	0.996	0.976	0.024	Año	2	1.007	0.968	0.033
Presión Media	Año	3	0.975	0.981	0.031	Material	2	1.007	0.978	0.023
Presión Máxima	Año	3	0.985	0.982	0.023	Material	2	1.009	0.977	0.024
Presión Mínima	Material	2	1.022	0.990	0.024	Material	2	0.997	0.979	0.021
Velocidad Media	Material	0	0.986	0.991	0.017	Año	4	0.998	0.966	0.034
Velocidad Máxima	Material	0	0.989	0.990	0.015	Material	0	0.972	0.982	0.033
Velocidad Mínima	Material	0	0.984	0.991	0.019	Año	4	0.993	0.967	0.034
Profundidad	Año	5	1.009	0.980	0.022	Año	2	1.015	0.967	0.036

En este caso los resultados son bastante diferentes. Las combinaciones variables que producen los mejores modelos son con frecuencia diferentes, aunque existen algunas coincidencias, especialmente cuando la segunda variable es **año**.

Seguidamente las figuras 73 a 76 presentan los gráficos de ajuste de algunas de estas combinaciones (las que presentan mejores parámetros de calidad en el análisis inicial).

FIGURA 73. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)

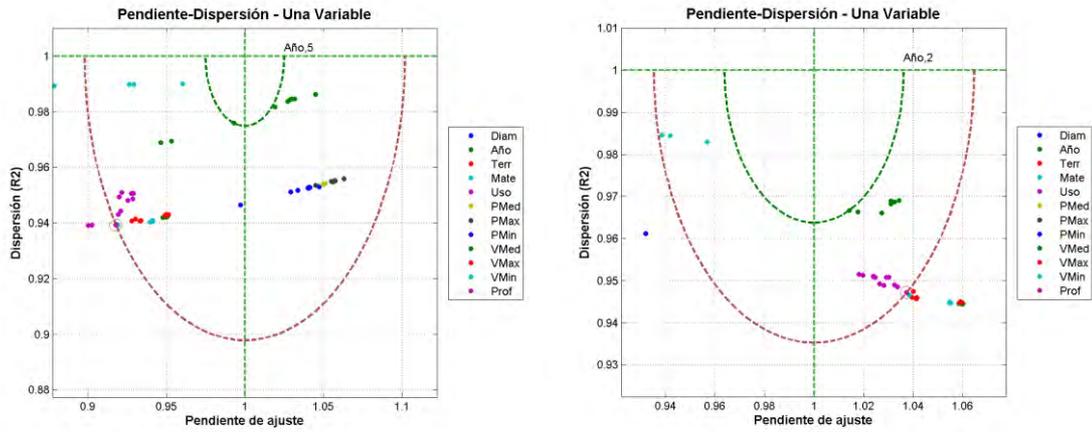


FIGURA 74. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)

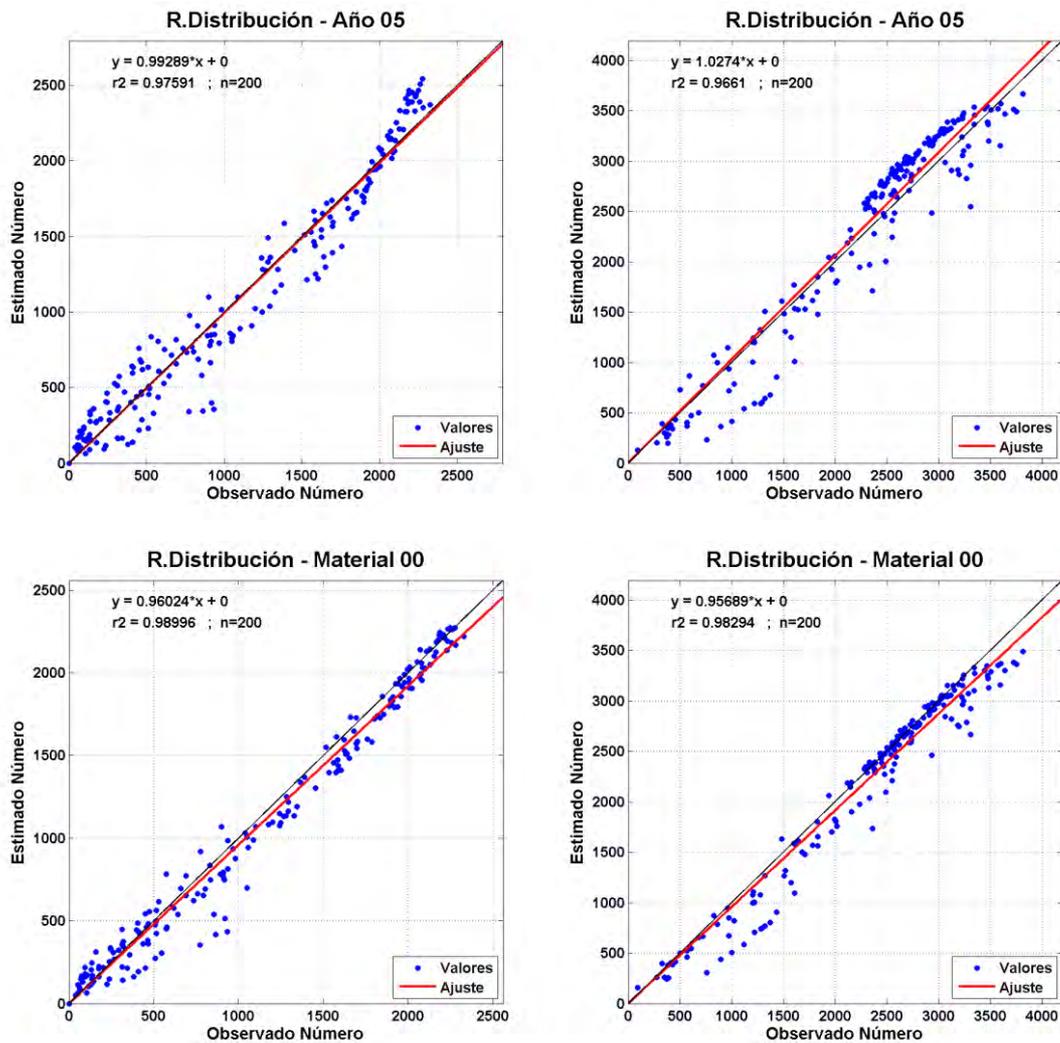


FIGURA 75. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)

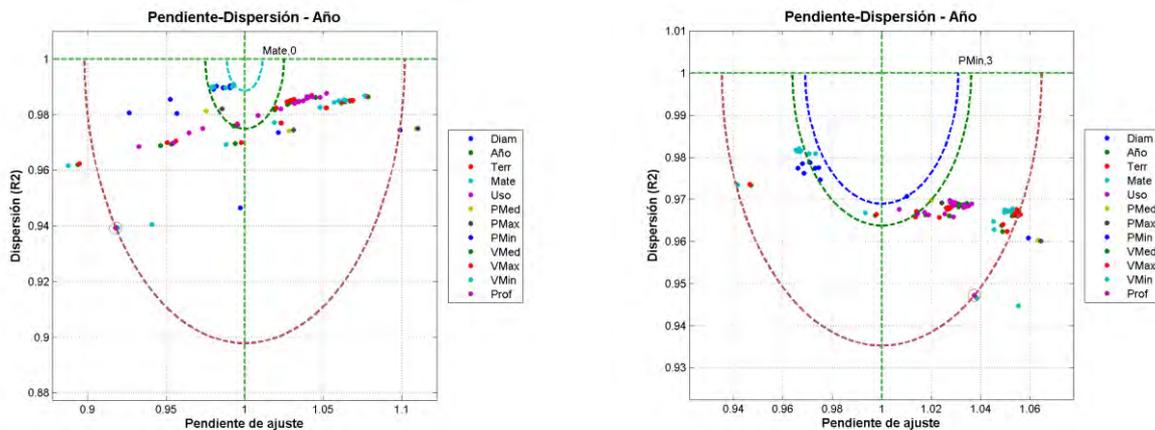
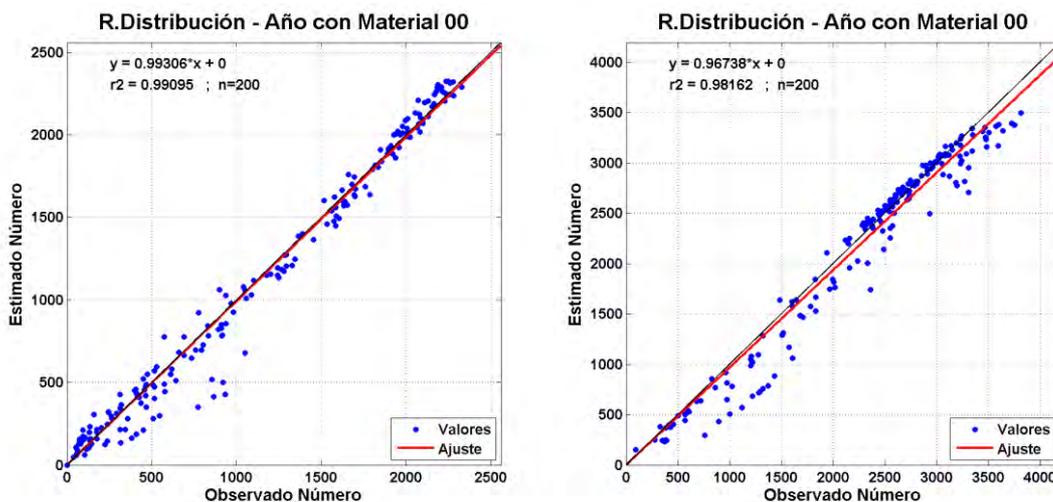


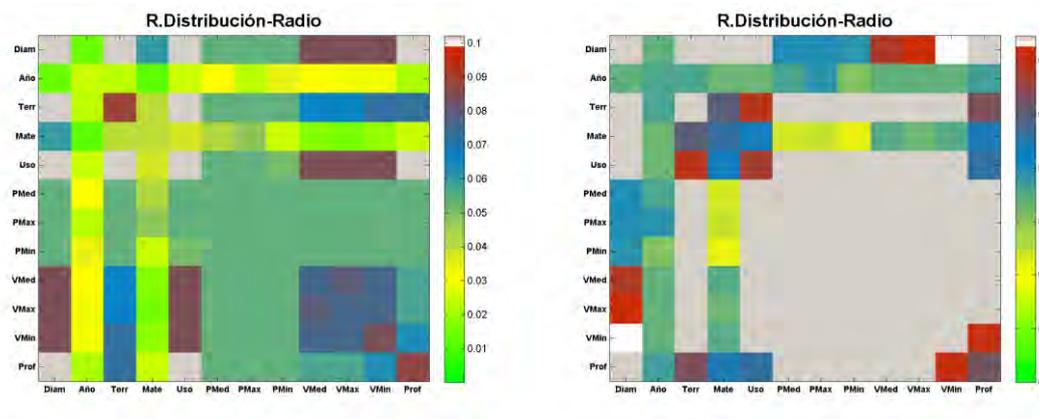
FIGURA 76. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)



Finalmente, en la Figura 77 se comparan los gráficos resumen de resultados, que presentan el valor del parámetro de calidad para todas las combinaciones de variables.

En la escala de colores se ha empleado como referencia el parámetro de calidad obtenido en el modelo de orden cero, que es ligeramente diferente en ambos casos.

En la Figura 77 se observa que el comportamiento cualitativo es muy diferente. Al igual que en el caso de *acometidas*, en el caso de las zonas grandes (de 40-70 km) es menos frecuente que los modelos de orden uno y dos mejoren los parámetros de calidad del modelo de orden cero.

FIGURA 77. COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA VALIDACIÓN CON TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)

Red Estratégica

Las siguientes tablas 34 a 35 presentan la comparación de los resultados obtenidos con los modelos que producen el mejor ajuste para el tamaño de zona de 10-40 Kilómetros y de 40-70 Kilómetros. La Tabla 34 presenta los modelos de orden uno y la Tabla 35 los modelos de orden dos.

TABLA 34. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA

Variable	Zonas de 10-40 km				Zonas de 40-70 km			
	Desagreg.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio	Desagreg.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio
Diámetro	1	0.869	0.961	0.137	1	0.966	0.965	0.049
Año	1	0.869	0.961	0.136	1	0.966	0.965	0.049
Material	6	1.003	0.971	0.029	5	0.995	0.977	0.024
Uso del Suelo	2	0.976	0.967	0.041	0	1.024	0.961	0.046
Presión Media	0	0.969	0.969	0.044	2	1.002	0.970	0.030
Presión Máxima	0	0.984	0.972	0.032	2	0.997	0.969	0.031
Presión Mínima	5	0.947	0.968	0.062	7	1.008	0.970	0.031
Velocidad Media	1	0.861	0.962	0.144	1	0.954	0.963	0.059
Velocidad Máxima	0	0.881	0.969	0.123	1	0.954	0.963	0.059
Velocidad Mínima	4	0.885	0.962	0.121	4	0.972	0.956	0.052
Profundidad	4	0.891	0.968	0.113	4	0.973	0.967	0.042

TABLA 35. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA

Variable	Zonas de 10-40 km					Zonas de 40-70 km				
	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio
Diámetro	Material	3	0.922	0.974	0.082	Material	1	0.966	0.965	0.049
Año	Material	2	0.995	0.959	0.041	Presión máxima	3	0.987	0.981	0.023
Material	Velocidad Mínima	8	1.006	0.979	0.022	Velocidad mínima	8	1.002	0.981	0.019
Uso del Suelo	Presión Mínima	0	1.008	0.972	0.029	Material	10	0.990	0.980	0.022
Presión Media	Velocidad Mínima	5	1.002	0.976	0.025	Material	5	0.982	0.984	0.024
Presión Máxima	Velocidad Media	6	1.006	0.979	0.022	Material	5	0.983	0.985	0.023
Presión Mínima	Velocidad Mínima	3	1.001	0.973	0.027	Material	5	0.981	0.984	0.025
Velocidad Media	Presión Máxima	6	1.006	0.979	0.022	Presión máxima	10	0.999	0.972	0.029
Velocidad Máxima	Presión Máxima	5	0.998	0.976	0.024	Presión media	9	1.006	0.976	0.025
Velocidad Mínima	Material	8	1.006	0.979	0.022	Material	8	1.002	0.981	0.019
Profundidad	Presión Máxima	0	1.008	0.979	0.022	Material	5	0.989	0.978	0.025

Al igual que en el caso de la **Red de Distribución**, los resultados con zonas de tamaño diferente son poco coincidentes. Hay algunas combinaciones de variables que producen los mejores modelos en ambos casos, pero con frecuencia las combinaciones son diferentes.

Las figuras 78 a 81 presentan las gráficas de ajuste de algunas de estas combinaciones (las que presentan mejores parámetros de calidad).

FIGURA 78. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)

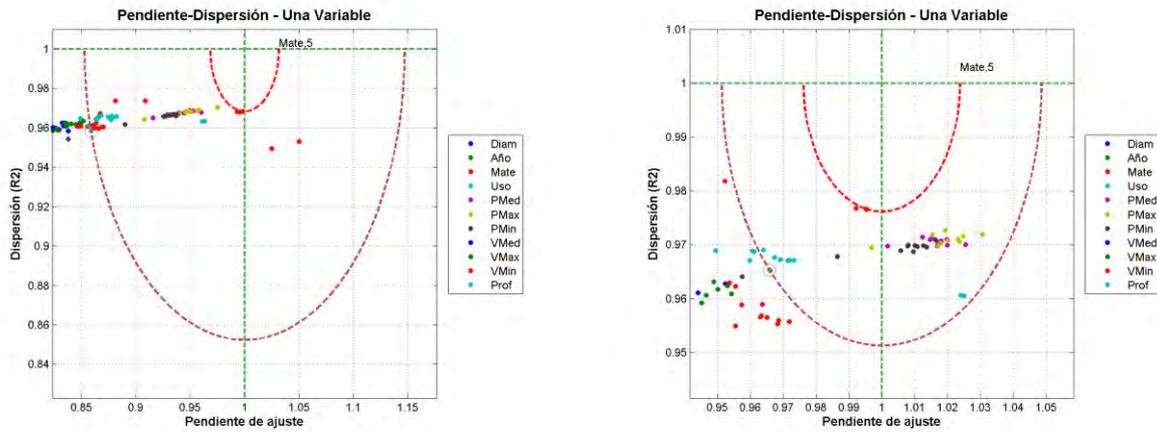


FIGURA 79. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)

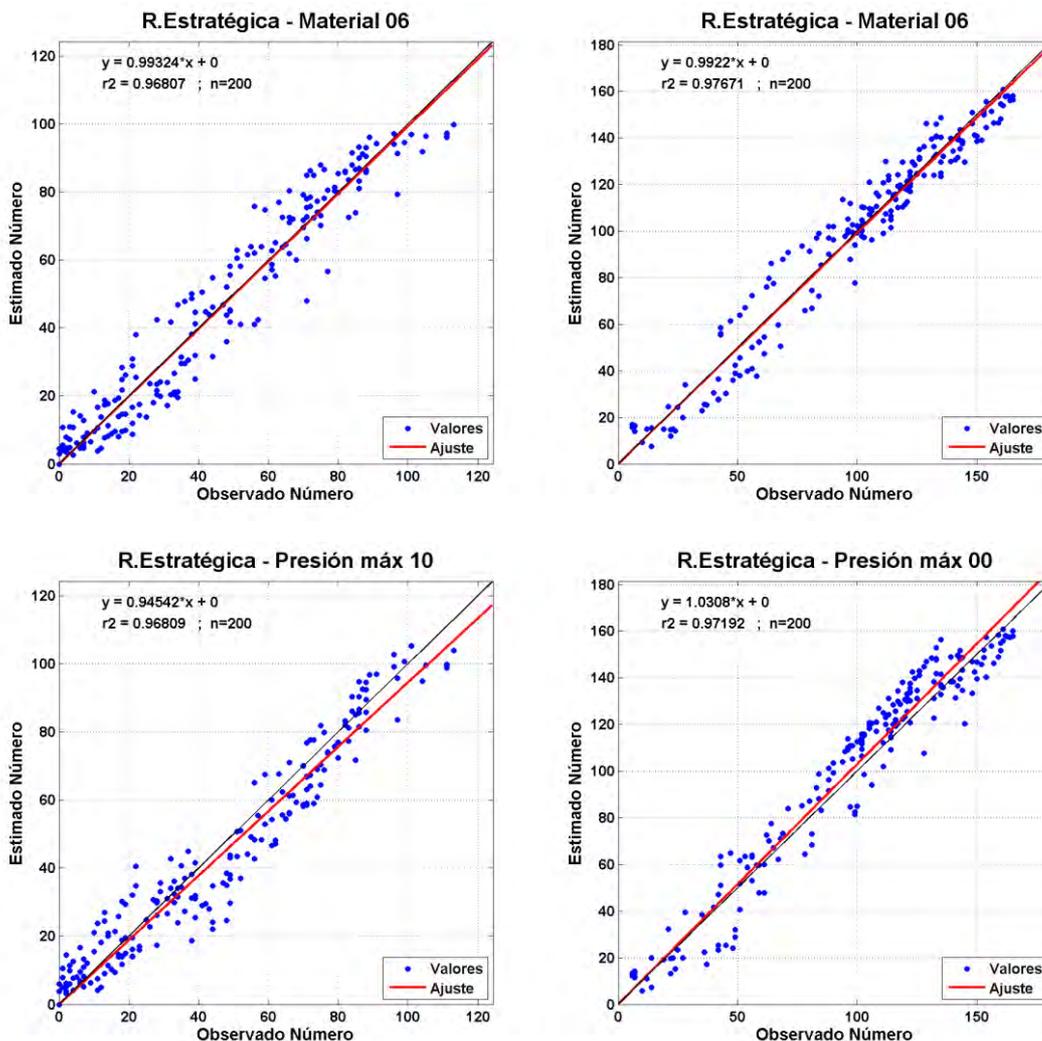


FIGURA 80. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)

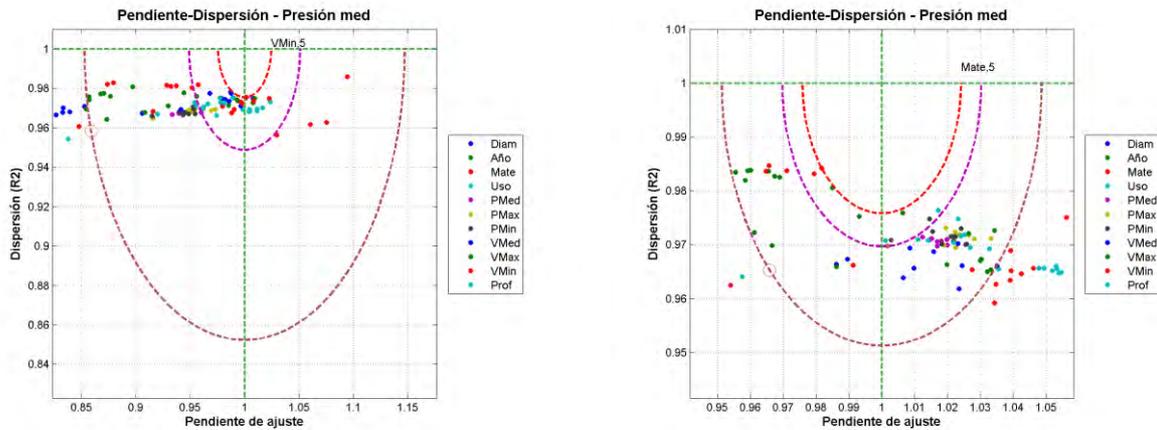
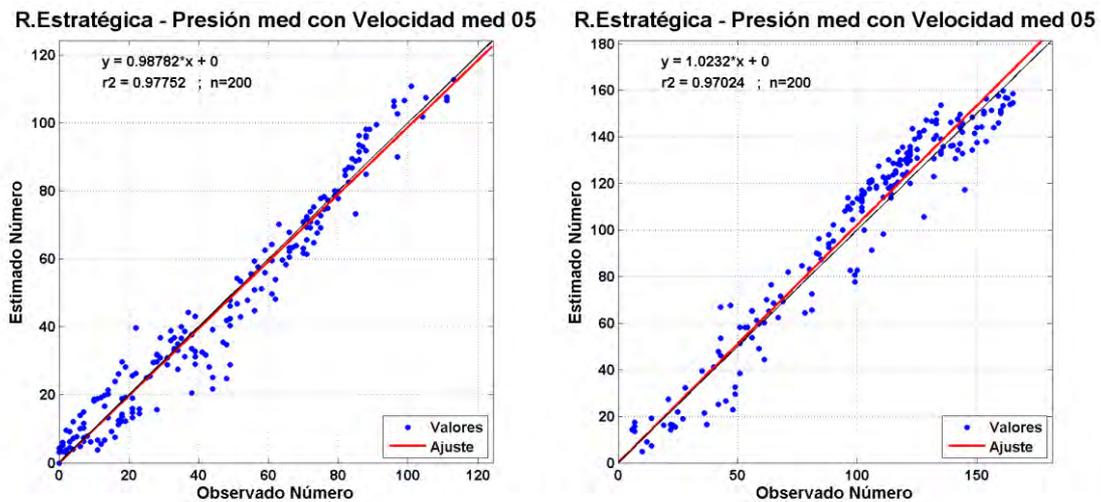


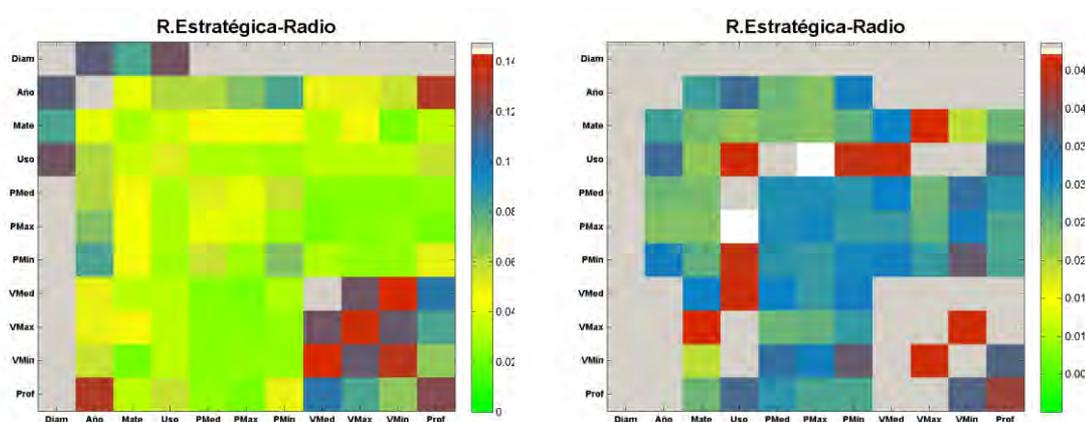
FIGURA 81. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)



Finalmente, en la Figura 82 se comparan los gráficos resumen de resultados, que presentan el valor del parámetro de calidad para todas las combinaciones de variables.

En la escala de colores se ha empleado como referencia el parámetro de calidad obtenido en el modelo de orden cero, que es ligeramente diferente en ambos casos. Puede verse que el comportamiento cualitativo es similar.

FIGURA 82. COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN RED ESTRATÉGICA, PARA VALIDACIÓN CON TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)



Elementos

Las dos tablas siguientes comparan los resultados de los modelos que producen el mejor ajuste para el tamaño de muestra de 100 unidades y de 500 unidades. La Tabla 36 presenta los modelos de orden uno y la Tabla 37 los modelos de orden dos.

TABLA 36. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS

Variable	Zonas de 10-40 km				Zonas de 40-70 km			
	Desagreg.	Pendiente	Coefficiente R^2	Radio	Desagreg.	Pendiente	Coefficiente R^2	Radio
Diámetro	5	0.545	0.958	0.457	5	0.672	0.982	0.328
Año	0	0.731	0.998	0.269	0	0.747	0.998	0.253
Uso del Suelo	0	0.566	0.961	0.436	0	0.686	0.983	0.315
Ubicación	7	0.557	0.968	0.444	6	0.668	0.983	0.332
Profundidad	10	0.543	0.963	0.459	0	0.660	0.982	0.340

TABLA 37. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS

Variable	Zonas de 10-40 km					Zonas de 40-70 km				
	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio
Diámetro	Año	8	0.735	0.998	0.265	Año	9	0.749	0.999	0.251
Año	Ubicación	9	0.769	0.998	0.231	Ubicación	10	0.761	0.998	0.239
Uso del Suelo	Año	0	0.740	0.998	0.260	Año	0	0.757	0.999	0.243
Ubicación	Año	9	0.769	0.998	0.231	Año	10	0.761	0.998	0.239
Profundidad	Año	0	0.739	0.997	0.261	Año	0	0.753	0.998	0.247

Como se aprecia en las tablas 36 y 37, los resultados son cualitativamente parecidos. Las combinaciones variables que producen los mejores modelos son idénticas, aunque existen algunas variaciones en los valores de los parámetros.

A continuación, se presentan las figuras 83 a 86, con las gráficas de ajuste de algunas de estas combinaciones (las que presentan mejores parámetros de calidad).

FIGURA 83. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)

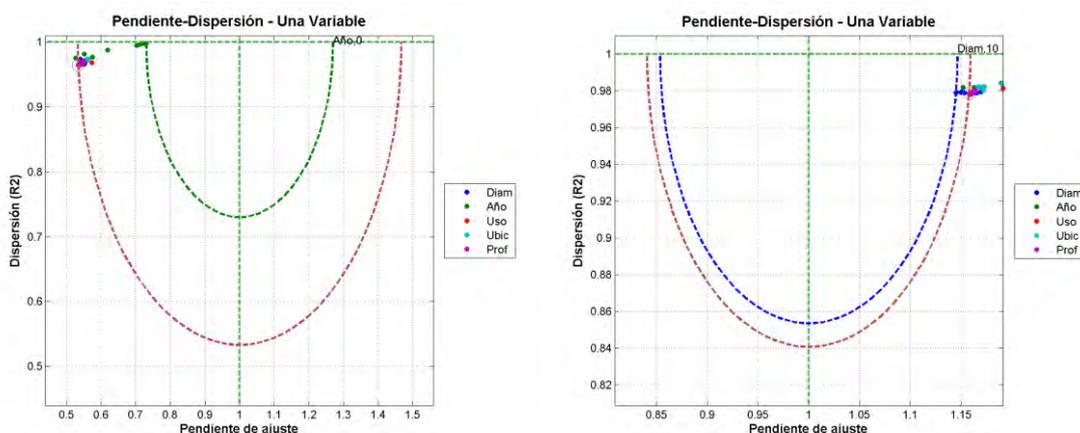


FIGURA 84. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)

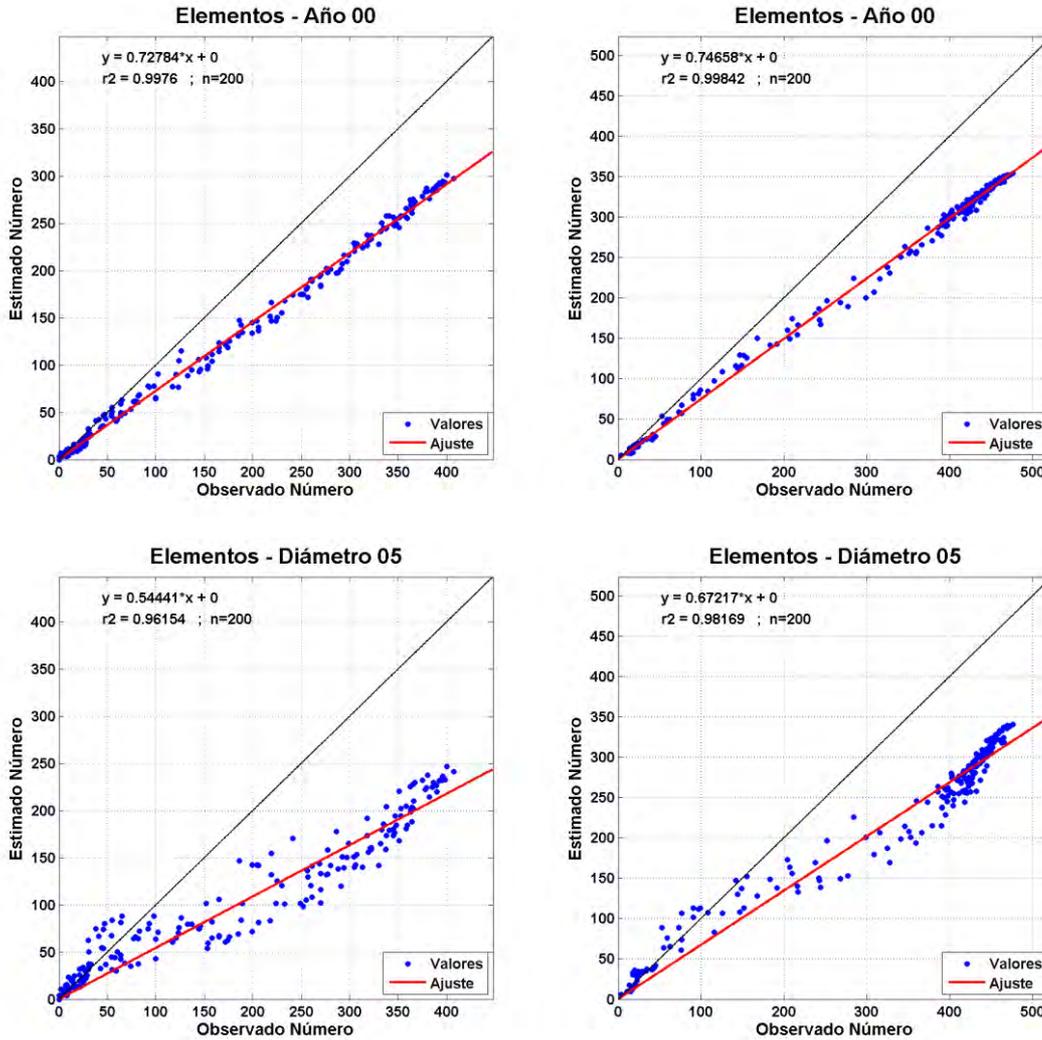


FIGURA 85. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)

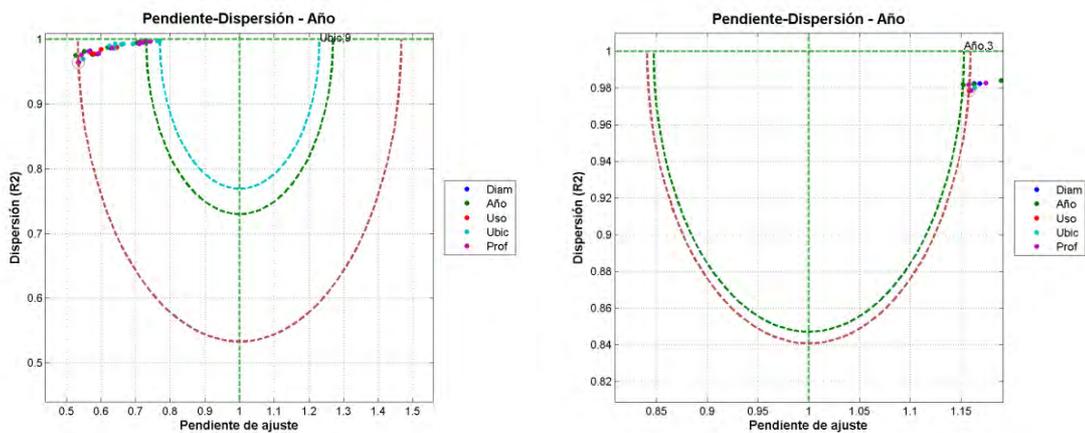
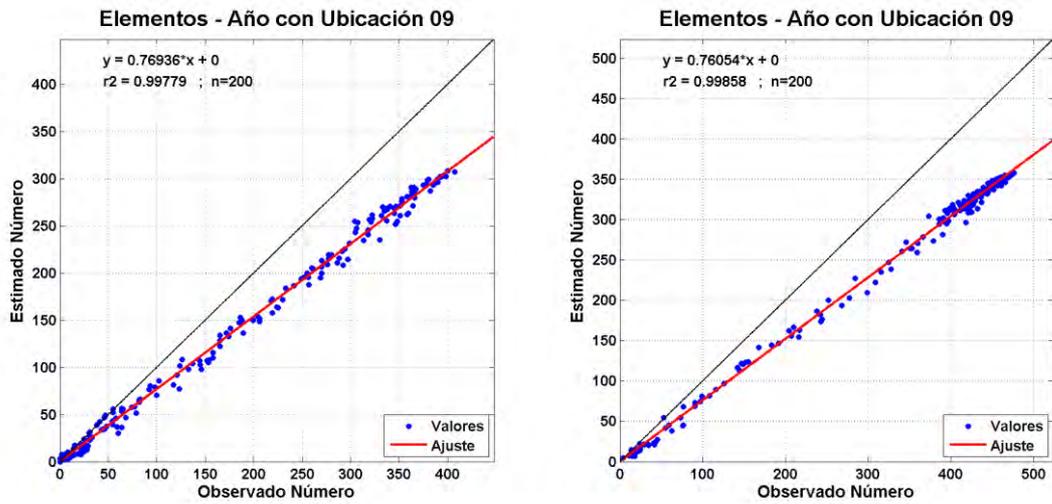


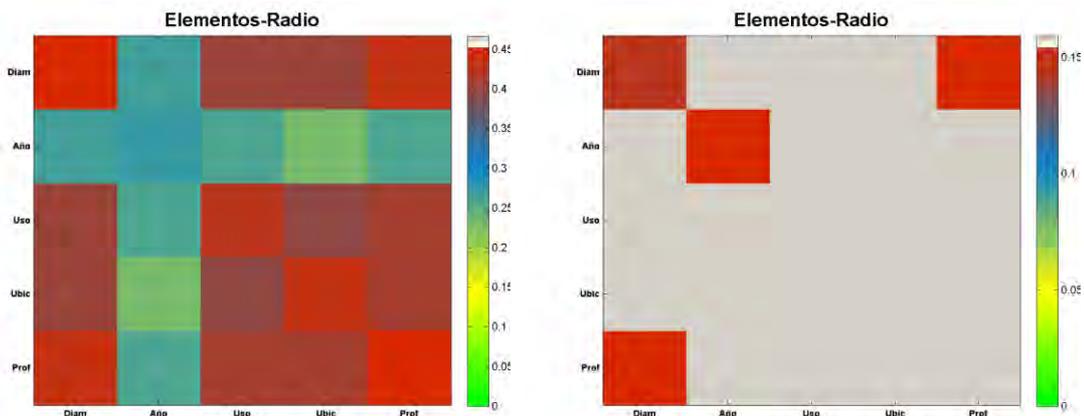
FIGURA 86. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)



Finalmente se comparan en la Figura 87 los gráficos resumen de resultados, que presentan el valor del parámetro de calidad para todas las combinaciones de variables.

En la escala de colores se ha empleado, como referencia, el parámetro de calidad obtenido en el modelo de orden cero, que es ligeramente diferente en ambos casos. Puede verse que el comportamiento cualitativo es similar.

FIGURA 87. COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN ELEMENTOS, PARA VALIDACIÓN CON TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)



Conclusión

La conclusión de la comparación cualitativa revela que es frecuente obtener resultados dispares en los análisis realizados con zonas de 10-40 Kilómetros y zonas de 40-70 Kilómetros.

Excepto en el caso de los *Elementos*, donde los modelos dan resultados comparativamente peores, los resultados que se obtienen dan diferentes combinaciones de variables como modelos más adecuados. Esto quiere decir que el tamaño de las zonas con las que se realiza la muestra es una variable que influye en los resultados.

3.3.2. Comparación Cuantitativa

La comparación cuantitativa ha consistido en el análisis de los parámetros de calidad de la validación en función del tamaño de las zonas. La muestra inicial está integrada por 500 zonas con un tamaño entre 10 y 70 Kilómetros.

El análisis se ha realizado considerando grupos de muestras de 200 elementos con un tamaño medio creciente. Para ello se ha ordenado la distribución de tamaños de las zonas, de menor a mayor, y se han ido tomando grupos de 200 elementos comenzando en el primero, en el número 26, en el 51 y así sucesivamente, hasta disponer de 13 grupos. Para cada grupo de 200 elementos se han calculado los estadísticos de calidad y los resultados se han representado en función del tamaño medio de cada grupo.

Acometidas

FIGURA 88. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE ZONA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ACOMETIDAS-1

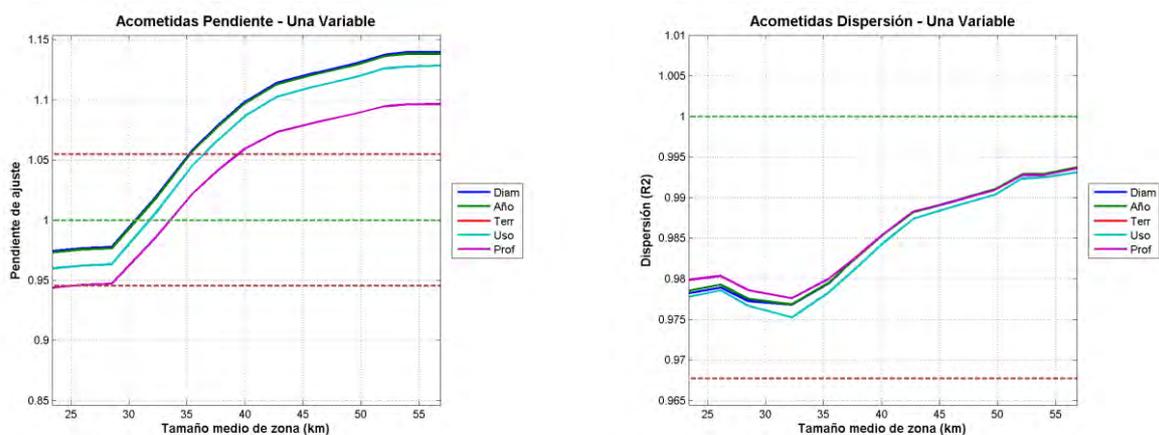
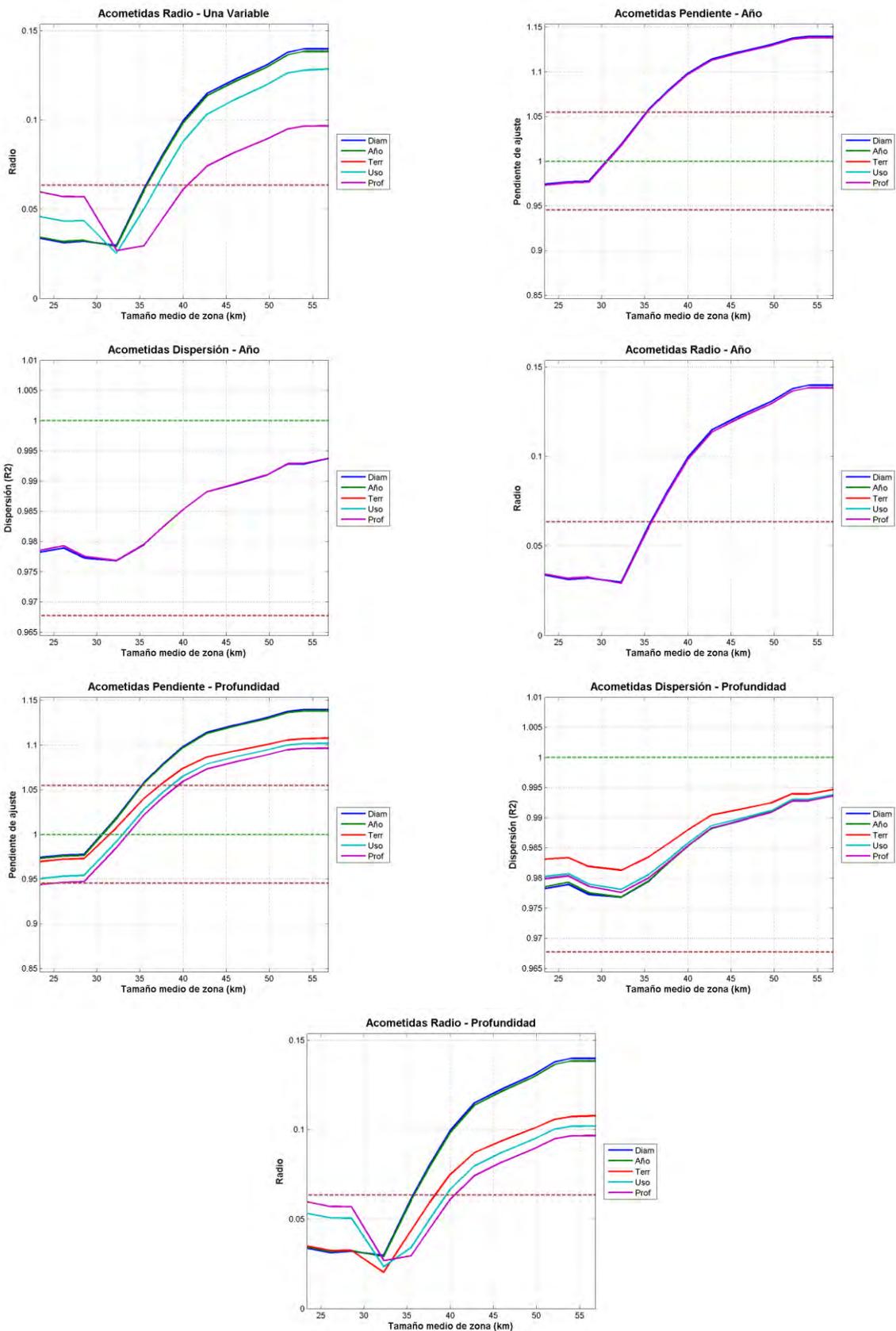


FIGURA 89. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE ZONA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ACOMETIDAS-2



Red de Distribución

FIGURA 90. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE ZONA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED DE DISTRIBUCIÓN-1

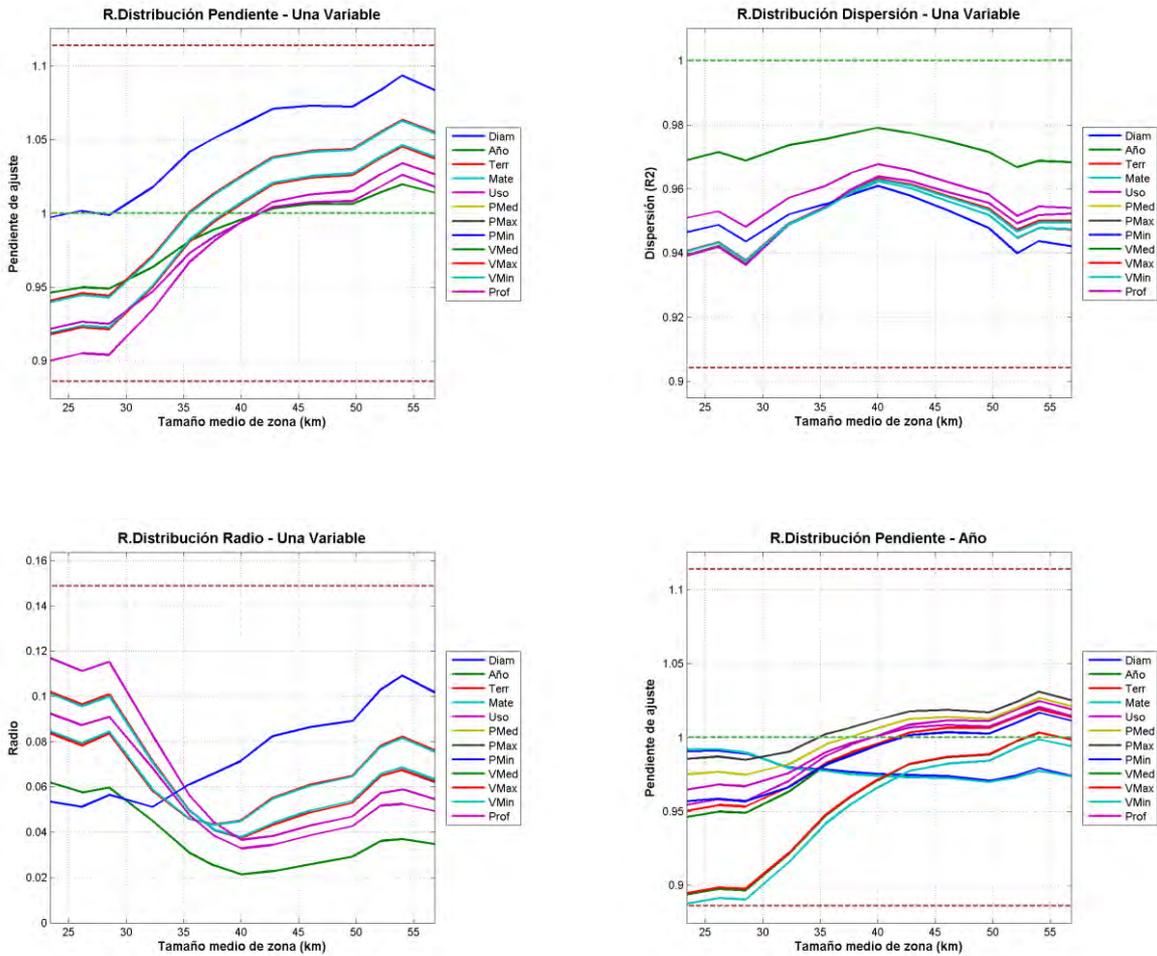
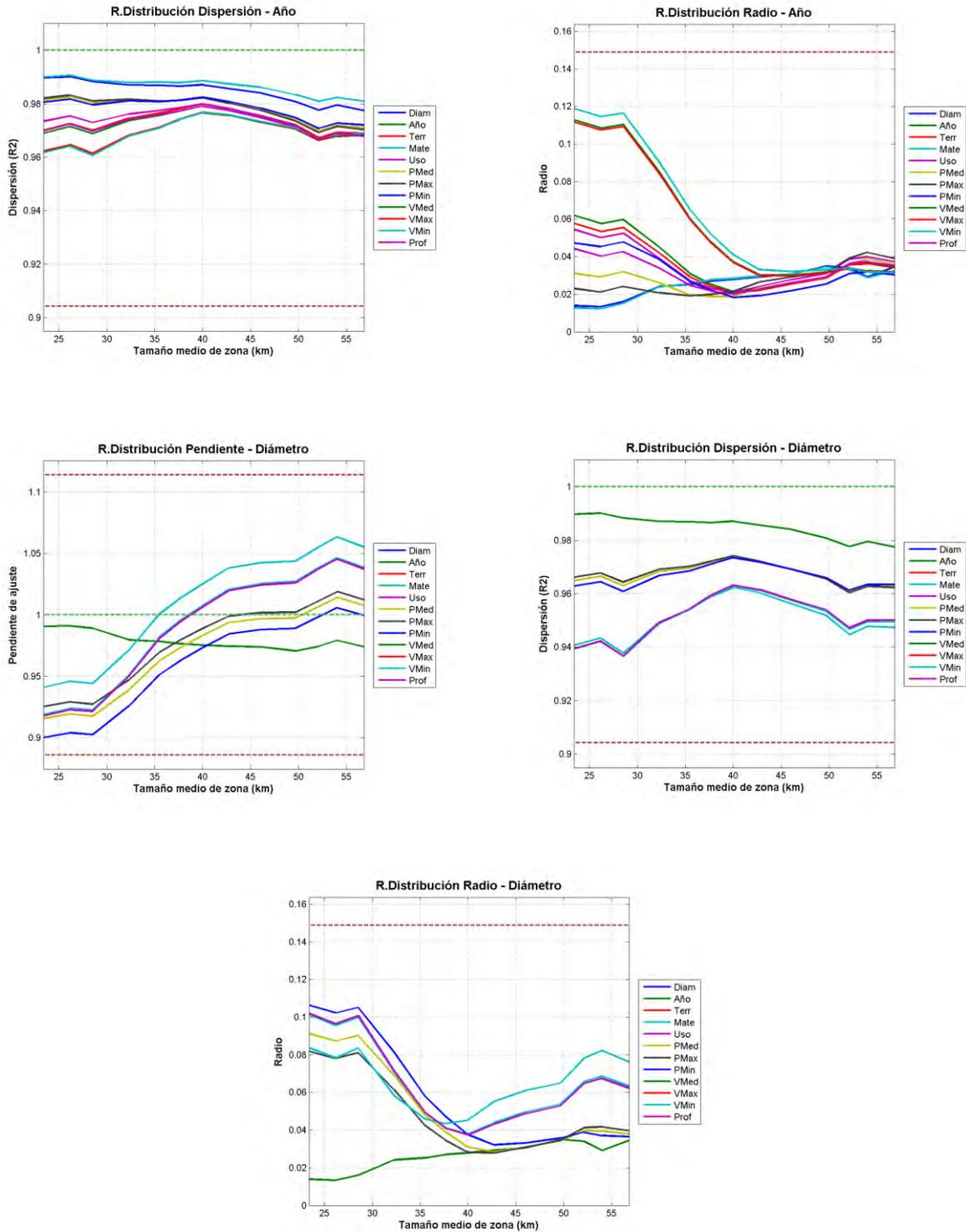


FIGURA 91. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE ZONA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED DE DISTRIBUCIÓN-2



Red Estratégica

FIGURA 92. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE ZONA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED ESTRATÉGICA-1

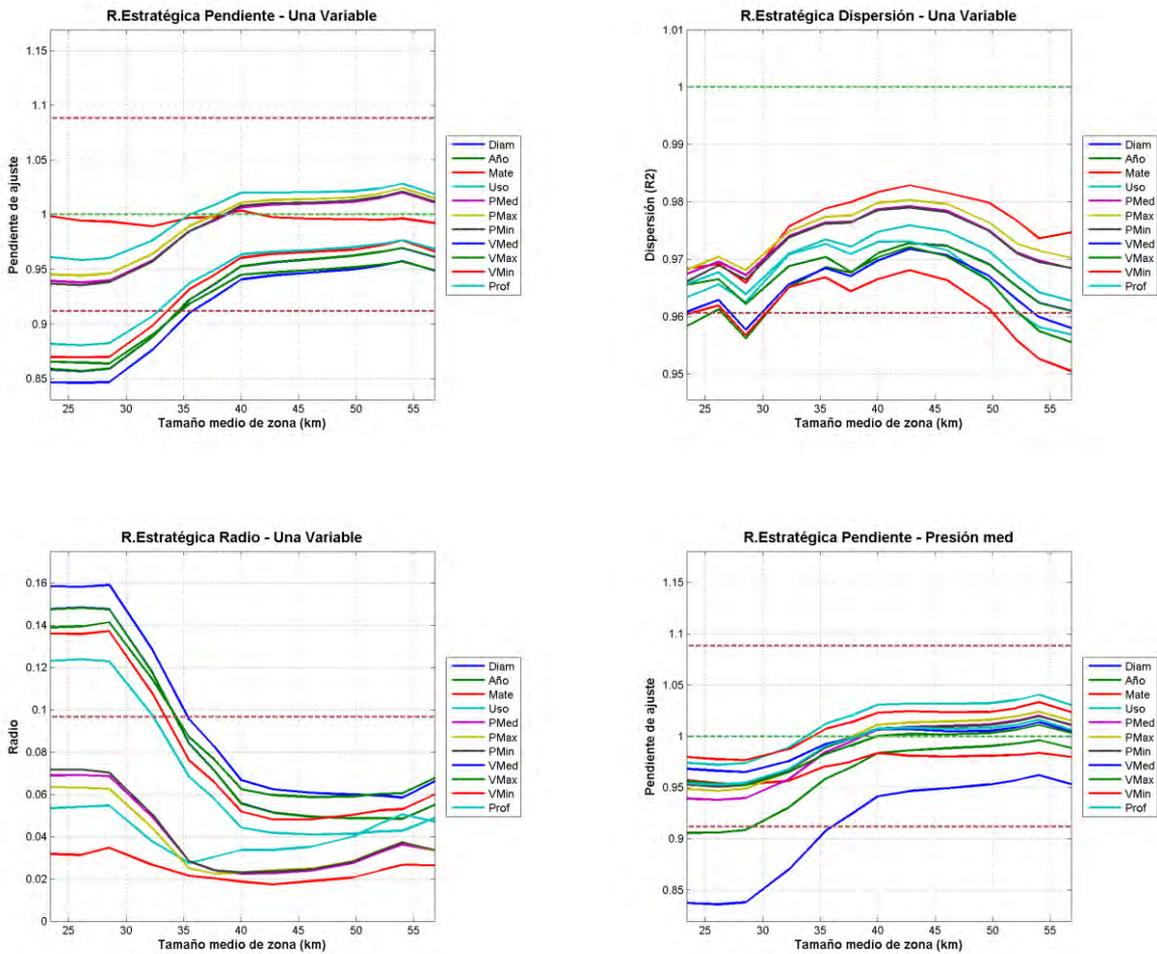
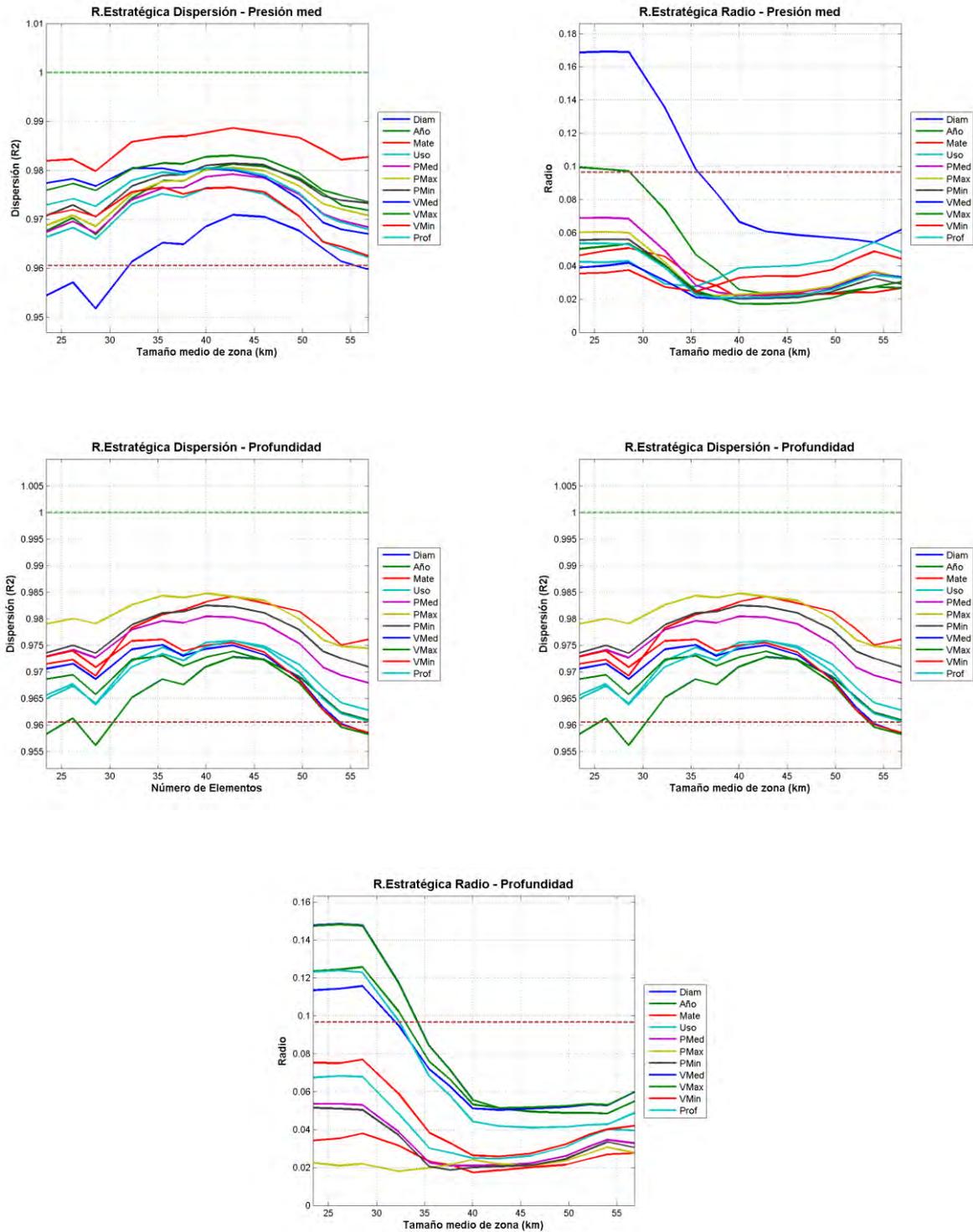


FIGURA 93. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE ZONA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED ESTRATÉGICA-2



Elementos

FIGURA 94. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE ZONA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ELEMENTOS-1

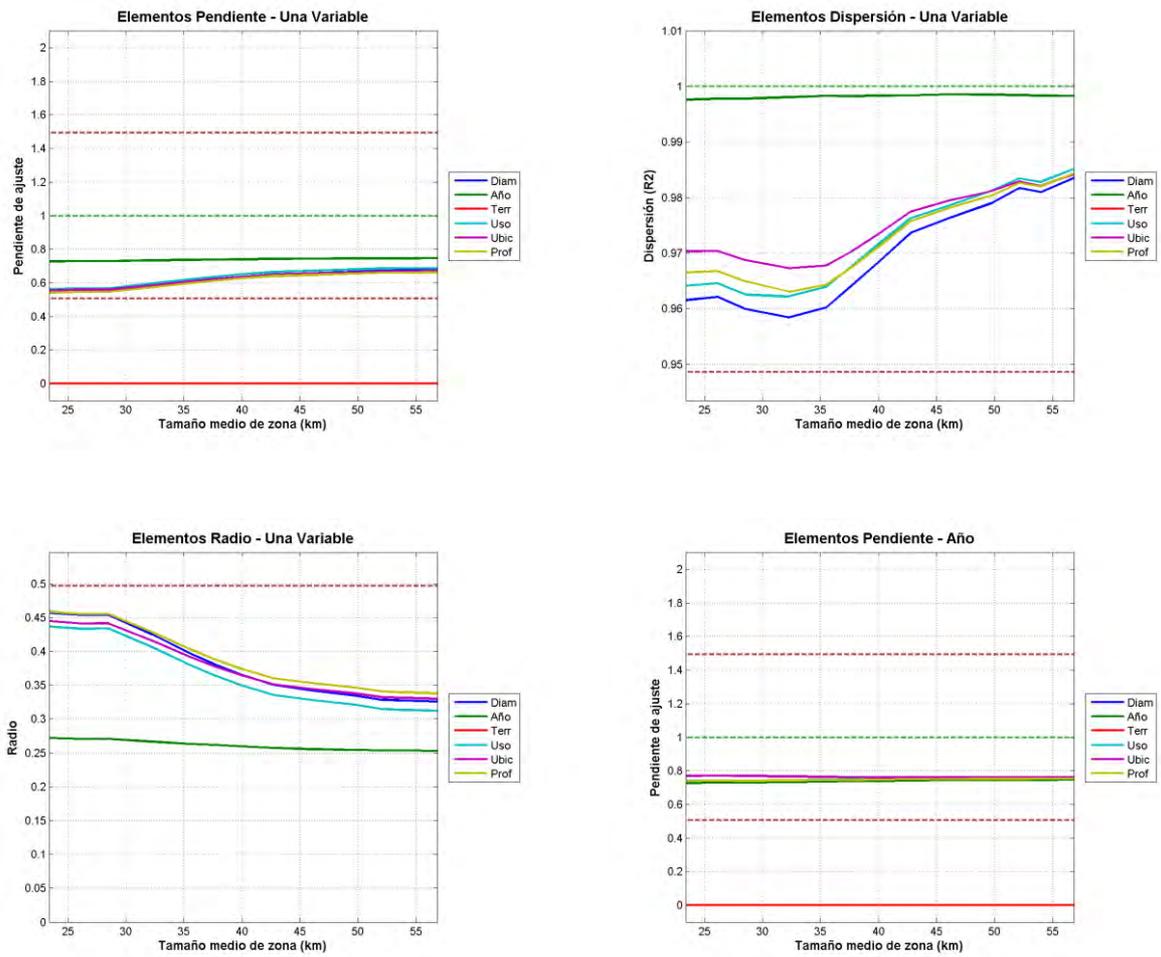
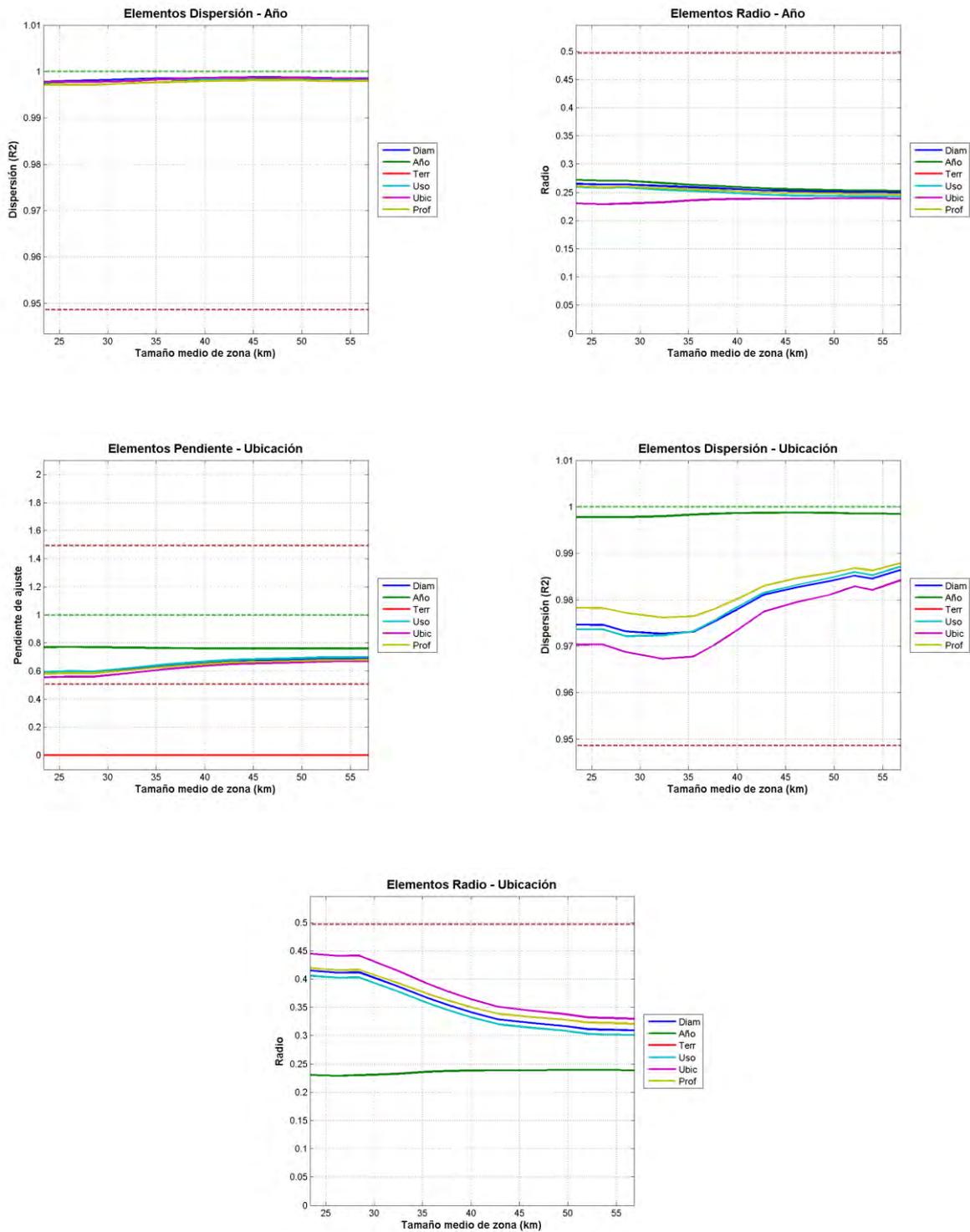


FIGURA 95. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE ZONA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ELEMENTOS-2



3.3.3. Conclusión

Una vez analizados los gráficos generados se comprueba que el tamaño de las zonas estudiadas tiene una cierta influencia en los resultados, ya que en algunas ocasiones se producen cruces de las líneas que representan los parámetros de calidad de los modelos. Esto sucede, por ejemplo, en los modelos de orden uno de Diámetro, Uso del Suelo y Profundidad, en **Acometidas** y en los modelos de Diámetro y Año en la **Red de Distribución**.

Lo mismo ocurre en los modelos de orden dos: en **Acometidas** en los modelos de Profundidad con Diámetro, Año y Profundidad; en **Red de Distribución** en los modelos de Año con Material y las variables de presión. En **Red Estratégica** en los modelos de Presión media con las variables de velocidad y Profundidad con las variables de presión y Material.

Sin embargo, este efecto no es muy acusado y se produce entre variables similares, por lo que se concluye que el rango de tamaños empleado (de 10 a 70 Kilómetros) es suficientemente representativo para el análisis.

3.4. ANÁLISIS DEL PERIODO DE VALIDACIÓN

En este apartado se estudia la influencia que tiene en los resultados el periodo seleccionado para la construcción y validación del modelo. El periodo total de datos disponible abarca desde el 1 de noviembre de 2010 al 2 de septiembre de 2015. Inicialmente se ha realizado una primera comparación cualitativa dividiendo el total de datos disponibles en dos periodos de la misma longitud (2,42 años):

- Periodo 1: del 1 de noviembre de 2010 al 2 de abril de 2013
- Periodo 2: del 3 de abril de 2013 al 2 de septiembre de 2015.

En la Tabla 38 siguiente se presenta el número de incidencias registradas en las bases de datos en cada uno de los periodos considerados. Se incluyen las incidencias totales y aquéllas en las que ha sido posible identificar el elemento que ha sufrido la incidencia.

TABLA 38. NÚMERO DE INCIDENCIAS REGISTRADAS EN CADA PERIODO DE DATOS

Ámbito	Periodo 1: 01/11/2010 a 02/04/2013			Periodo 2: 03/04/2013 a 02/09/2015		
	Número de roturas	Número de roturas identificadas	% de roturas identificadas	Número de roturas	Número de roturas identificadas	% de roturas identificadas
Acometidas	17.880	14.068	78,68%	15.419	11.848	76,84%
Red de Distribución	6.347	4.355	68,61%	5.558	5.083	91,45%
Red Estratégica	200	200	100,00%	210	210	100%
Elementos	938	385	41,04%	763	516	67,63%

En la primera fase se ha realizado la comparación cualitativa entre los resultados obtenidos, primero ajustando el modelo en el periodo 1 y validando en el periodo 2, con los resultados obtenidos ajustando el modelo en el periodo 2 y validando en el periodo 1.

En la segunda fase se ha dividido el periodo de datos en cuatro años completos, y se ha procedido al ajuste del modelo en uno de los años y la validación en los otros tres, realizando todas las combinaciones posibles. En estos casos se ha realizado una comparación cuantitativa. Los resultados obtenidos se reflejan seguidamente.

3.4.1. Comparación en dos periodos

Se presenta en primer lugar una comparación cualitativa de los resultados obtenidos al intercambiar los periodos de ajuste y validación.

La comparación se realiza para un conjunto de variables significativas. Se compara el gráfico de ajuste obtenido validando en el periodo 1 (izquierda), con el obtenido validando en el periodo 2 (derecha). En ambos casos se ha trabajado con la muestra de 500 unidades.

Modelo de orden cero

Se comparan los resultados obtenidos con los modelos de orden cero para la validación en el periodo 1 y en el periodo 2. En las figuras 96 y 97, los gráficos de la izquierda corresponden a la validación en el periodo 1 y los gráficos de la derecha corresponden a la validación en el periodo 2.

FIGURA 96. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO EN LOS CUATRO ÁMBITOS PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)-1

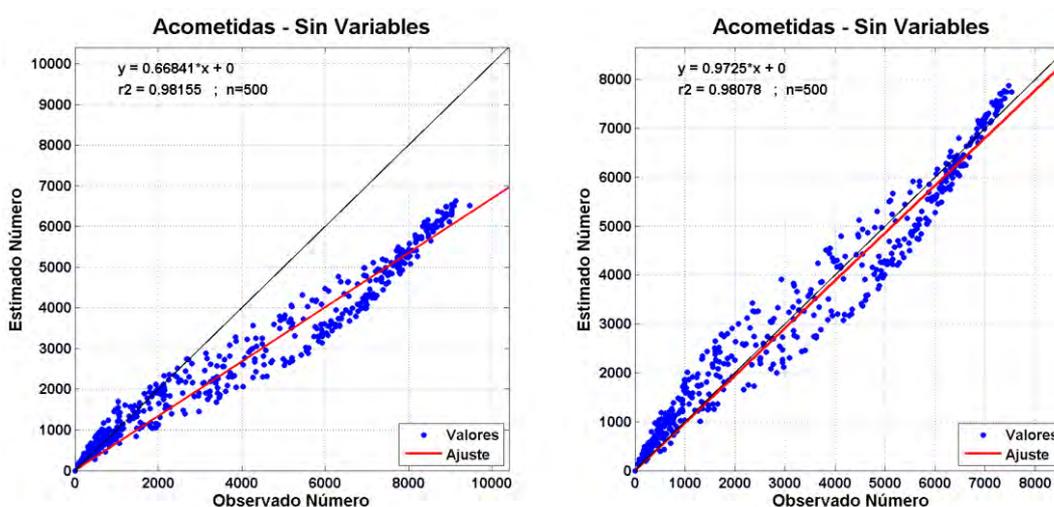
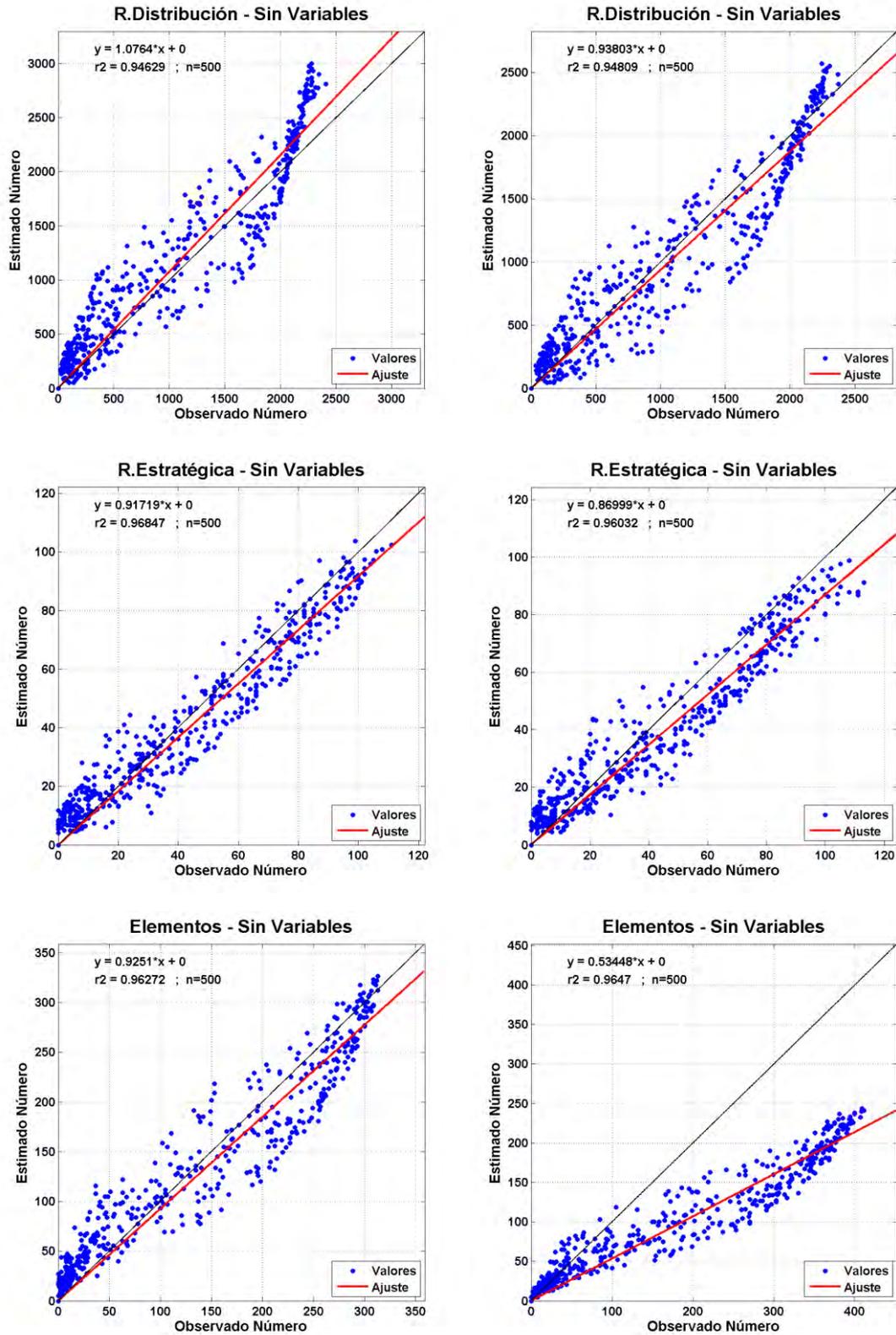


FIGURA 97. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO EN LOS CUATRO ÁMBITOS PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)-2



Los resultados correspondientes a las redes de tuberías son similares, en ambos casos. No sucede lo mismo con los resultados correspondientes a Acometidas y Elementos que son muy dispares. Posiblemente, el motivo para esta disparidad de comportamientos sea la distinta proporción de roturas no identificadas en cada caso.

Acometidas

Se comparan inicialmente los resultados de los modelos que producen el mejor ajuste para la validación en el periodo 1 y en el periodo 2. La Tabla 39 presenta los modelos de orden uno y la Tabla 40 los modelos de orden dos.

TABLA 39. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS

Variable	Periodo 1: 01/11/2010 a 02/04/2013				Periodo 2: 03/04/2013 a 02/09/2015			
	Desagreg.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio	Desagreg.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio
Diámetro	6	0.731	0.990	0.269	1	0.987	0.981	0.023
Año	9	0.734	0.990	0.266	1	0.986	0.981	0.023
Terreno	0	0.676	0.983	0.325	0	0.984	0.982	0.024
Uso del Suelo	2	0.678	0.982	0.322	0	0.977	0.981	0.030
Profundidad	0	0.675	0.983	0.325	7	0.987	0.984	0.021

TABLA 40. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS

Variable	Periodo 1: 01/11/2010 a 02/04/2013					Periodo 2: 03/04/2013 a 02/09/2015				
	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio
Diámetro	Año	5	0.767	0.993	0.234	Año	1	0.987	0.981	0.023
Año	Diámetro	5	0.767	0.993	0.234	Diámetro	1	0.987	0.981	0.023
Terreno	Año	10	0.737	0.991	0.263	Profundidad	7	1.001	0.986	0.014
Uso del Suelo	Año	9	0.734	0.990	0.266	Profundidad	7	0.991	0.984	0.018
Profundidad	Año	9	0.739	0.991	0.262	Terreno	7	1.001	0.986	0.014

Como se aprecia en las tablas anteriores, los resultados son cualitativamente muy diferentes. Los estadísticos de calidad son mucho mejores en el periodo 2 que en el periodo 1. Las combinaciones variables que producen los mejores modelos son diferentes en algunos casos, aunque existen también algunas coincidencias.

A continuación, se presentan las figuras 98 a 102 con los gráficos de ajuste de algunas de estas combinaciones (las que presentan mejores parámetros de calidad).

FIGURA 98. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)

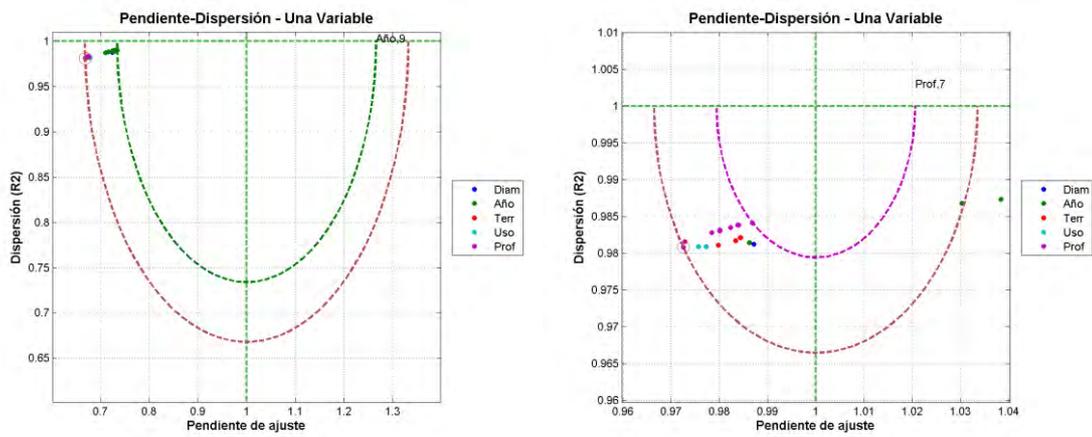


FIGURA 99. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)-1

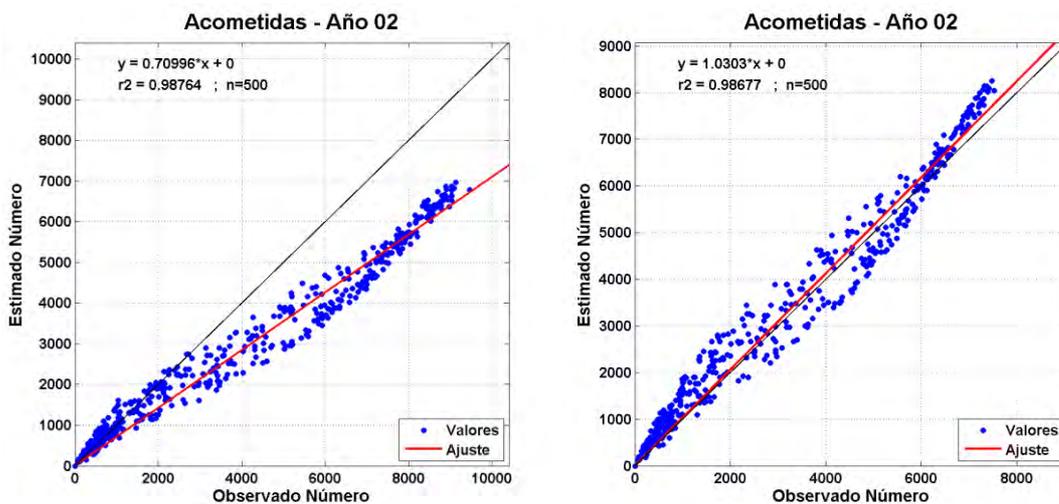


FIGURA 100. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)-2

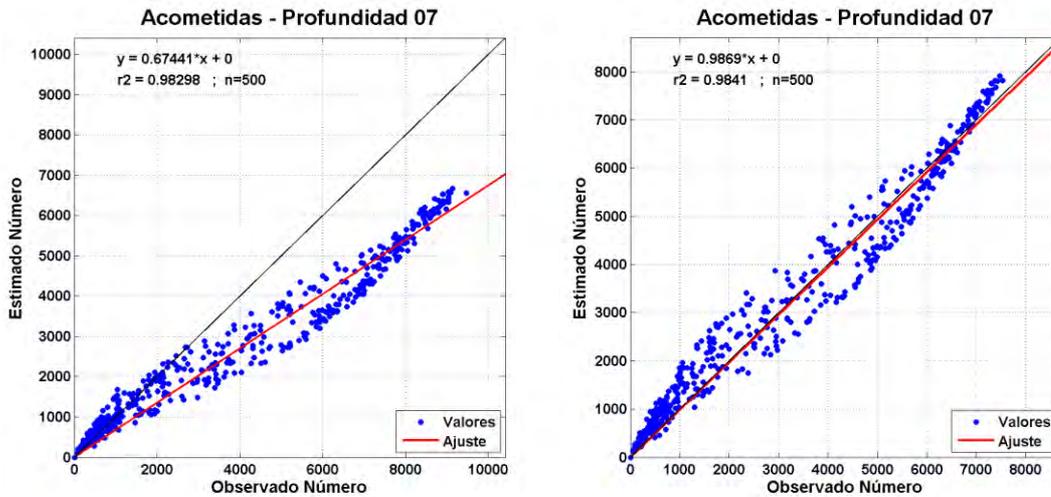


FIGURA 101. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)

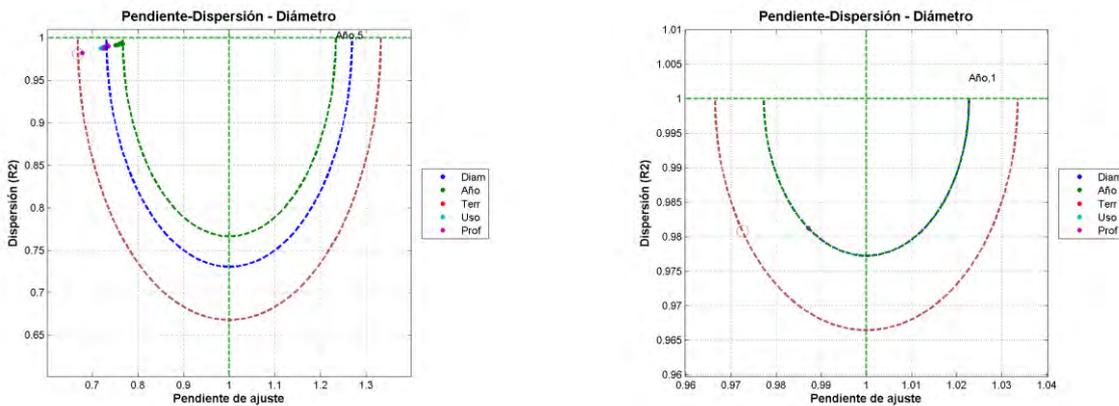
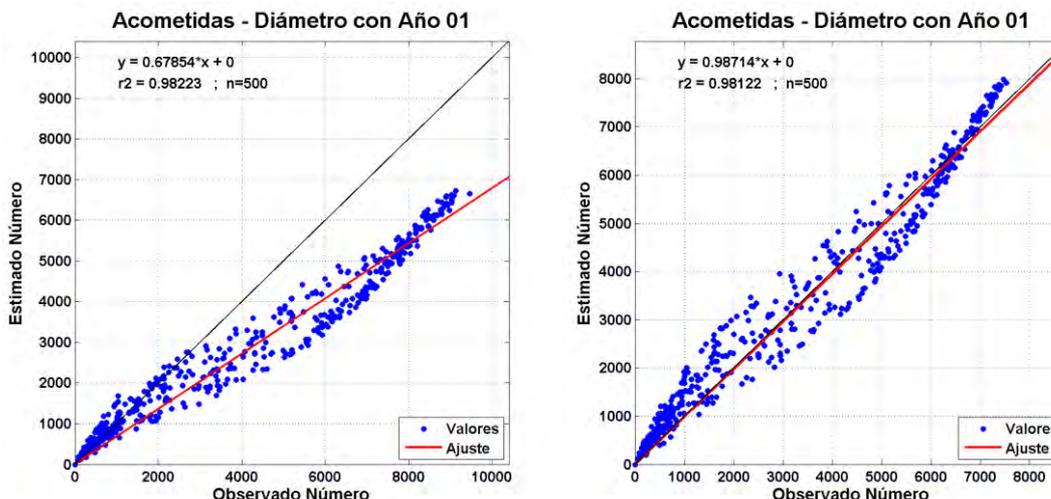
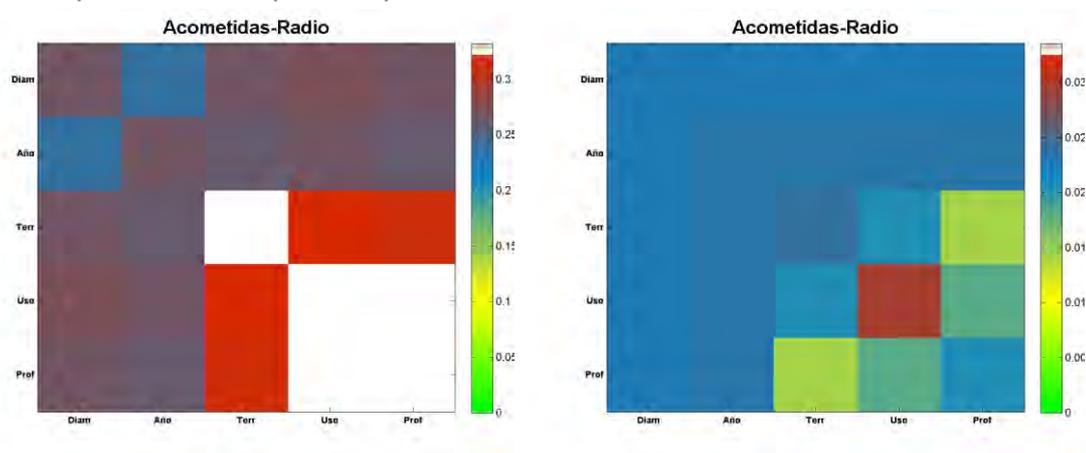


FIGURA 102. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS, PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)



Finalmente se comparan en la Figura 103 los gráficos resumen de resultados, que presentan el valor del parámetro de calidad para todas las combinaciones de variables. En la escala de colores se ha empleado, como referencia, el parámetro de calidad obtenido en el modelo de orden cero, que es ligeramente diferente en ambos casos. Puede verse que el comportamiento cualitativo es claramente distinto.

FIGURA 103. COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN ACOMETIDAS PARA VALIDACIÓN CON EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)



Red de Distribución

Al igual que en el caso de *Acometidas* anterior, se comparan los resultados obtenidos con los modelos que producen el mejor ajuste para la validación realizada en el periodo 1 y en el periodo 2.

La Tabla 41 presenta los modelos de orden uno y la Tabla 42 los modelos de orden dos.

TABLA 41. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

Variable	Periodo 1: 01/11/2010 a 02/04/2013				Periodo 2: 03/04/2013 a 02/09/2015			
	Desagreg.	Pendiente	Coficiente R ²	Radio	Desagreg.	Pendiente	Coficiente R ²	Radio
Diámetro	1	1.076	0.946	0.093	1	0.938	0.948	0.081
Año	4	0.995	0.962	0.038	5	1.006	0.979	0.021
Terreno	1	1.076	0.946	0.093	4	0.953	0.949	0.069
Material	4	0.974	0.987	0.029	0	0.966	0.990	0.035
Uso del Suelo	0	1.041	0.945	0.069	1	0.938	0.948	0.081
Presión Media	1	1.170	0.954	0.176	1	1.018	0.953	0.051
Presión Máxima	1	1.170	0.954	0.176	1	1.018	0.953	0.051
Presión Mínima	1	1.170	0.954	0.176	1	1.018	0.953	0.051
Velocidad Media	1	1.104	0.948	0.116	0	0.971	0.950	0.058
Velocidad Máxima	1	1.104	0.948	0.116	0	0.971	0.951	0.057
Velocidad Mínima	1	1.104	0.948	0.116	0	0.961	0.949	0.064
Profundidad	1	1.076	0.946	0.093	7	0.947	0.957	0.068

TABLA 42. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

Variable	Periodo 1: 01/11/2010 a 02/04/2013					Periodo 2: 03/04/2013 a 02/09/2015				
	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio
Diámetro	Año	9	1.001	0.988	0.012	Año	0	0.996	0.991	0.010
Año	Material	0	0.999	0.989	0.011	Material	0	0.998	0.991	0.009
Terreno	Material	4	0.982	0.989	0.022	Año	5	1.009	0.980	0.022
Material	Velocidad Mínima	6	1.001	0.989	0.011	Año	0	0.998	0.991	0.009
Uso del Suelo	Material	4	0.984	0.987	0.021	Año	5	1.009	0.980	0.022
Presión Media	Diámetro	3	1.009	0.958	0.043	Año	3	0.988	0.983	0.021
Presión Máxima	Diámetro	2	1.003	0.958	0.042	Año	3	0.998	0.983	0.017
Presión Mínima	Diámetro	4	1.023	0.963	0.043	Material	2	1.028	0.991	0.029
Velocidad Media	Material	7	1.003	0.989	0.012	Material	0	0.991	0.991	0.013
Velocidad Máxima	Material	6	1.004	0.989	0.012	Material	0	0.994	0.991	0.011
Velocidad Mínima	Material	6	1.001	0.989	0.011	Material	0	0.989	0.991	0.014
Profundidad	Material	4	0.992	0.988	0.014	Material	0	0.983	0.991	0.020

En este caso los resultados son cualitativamente más parecidos entre sí que en el caso de **Acometidas**. Los valores de los parámetros de calidad son similares, aunque las combinaciones de variables que producen los mejores modelos son distintas en bastantes ocasiones.

Las figuras 104 a 107 siguientes presentan las gráficas de ajuste de algunas de estas combinaciones (las que muestran mejores parámetros de calidad).

FIGURA 104. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)

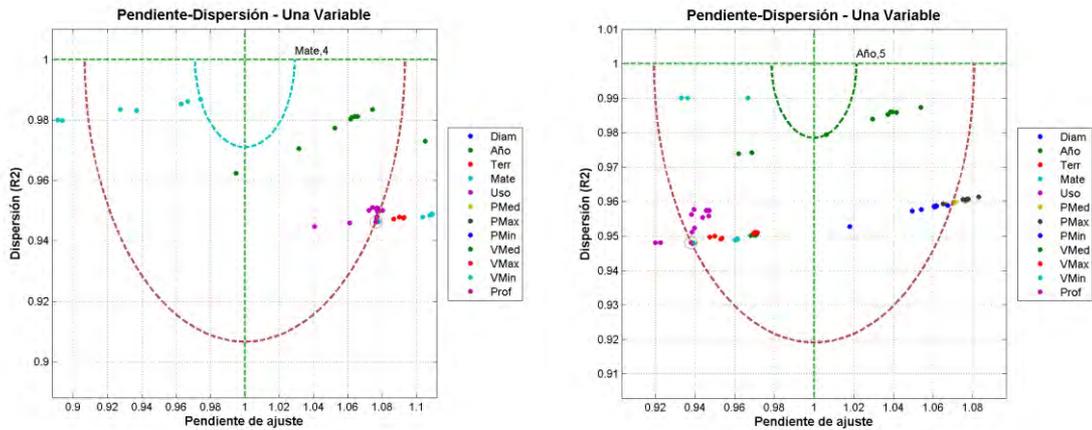


FIGURA 105. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)

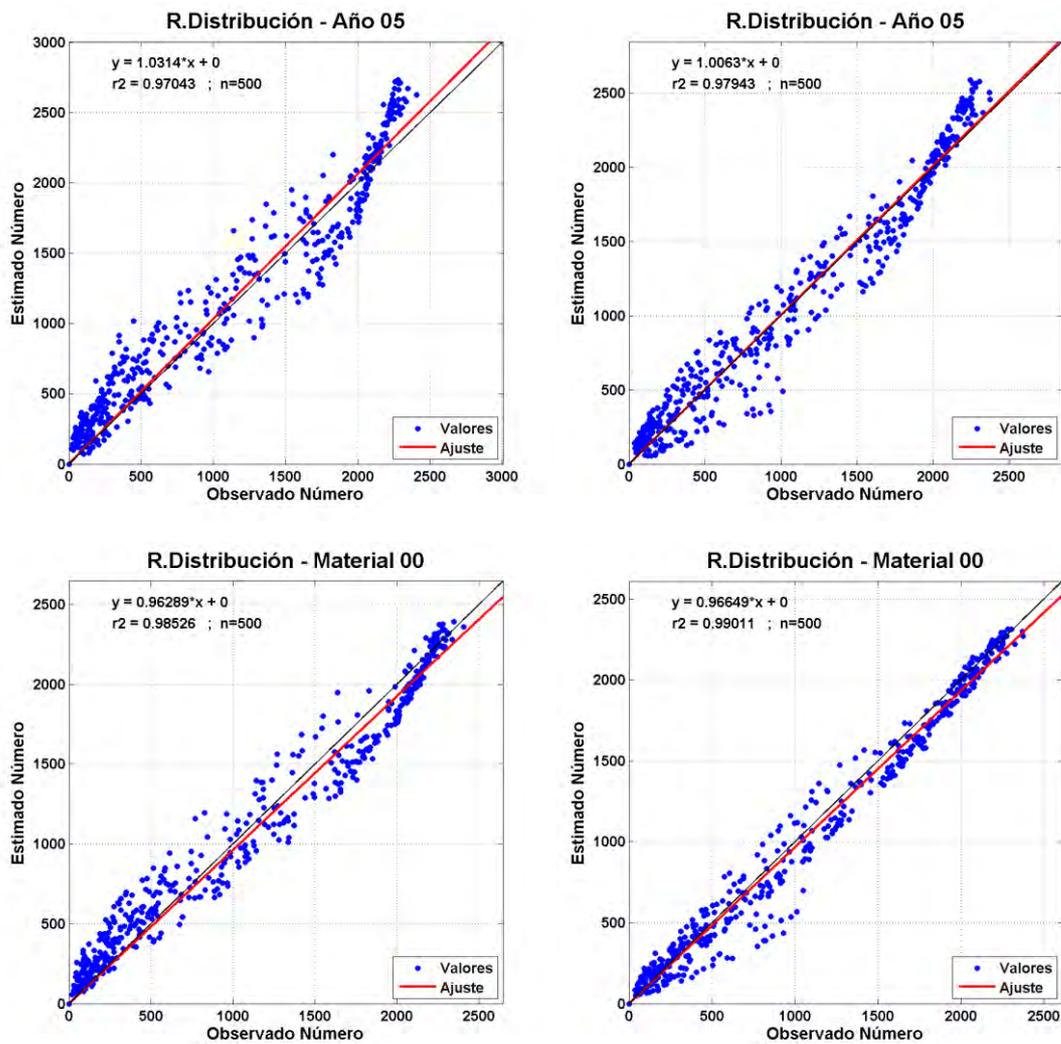


FIGURA 106. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)

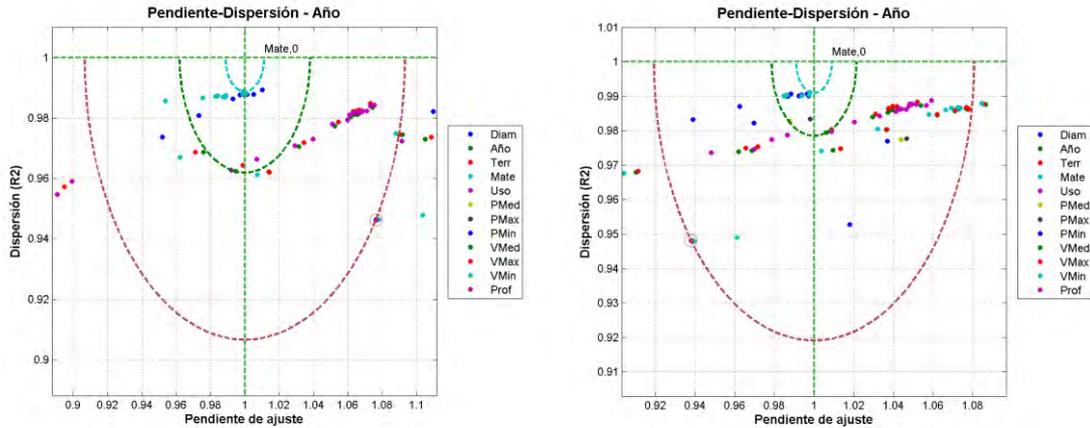
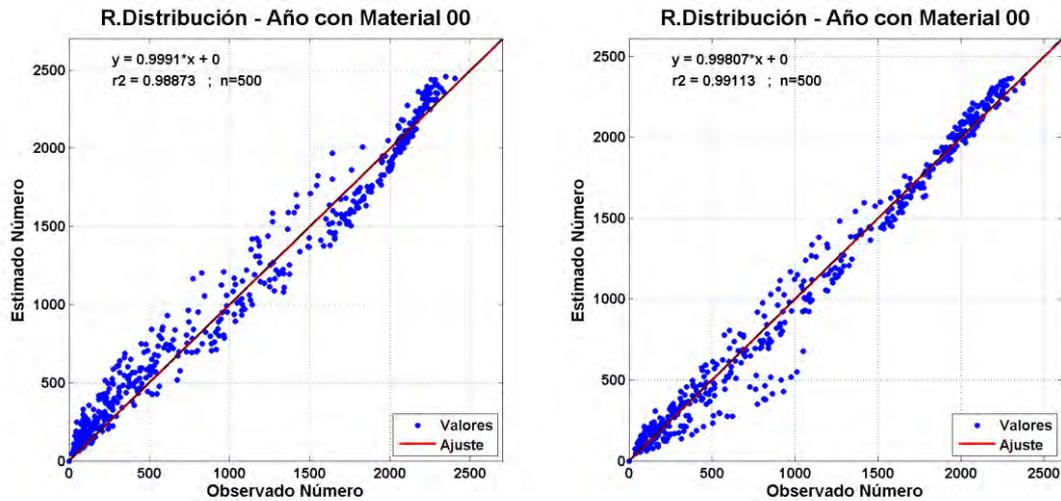
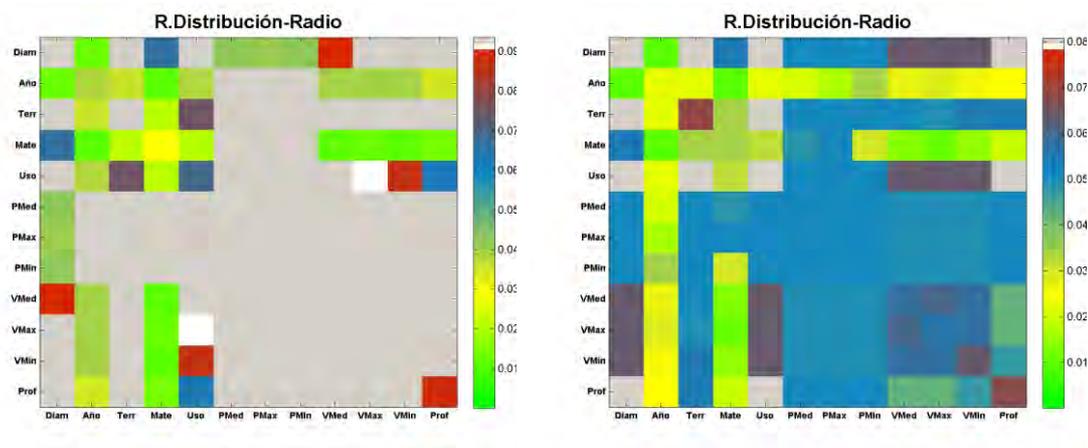


FIGURA 107. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)



Finalmente, en la Figura 108 se comparan los gráficos resumen de resultados, que presentan el valor del parámetro de calidad para todas las combinaciones de variables.

En la escala de colores se ha empleado como referencia el parámetro de calidad obtenido en el modelo de orden cero, que es ligeramente diferente en ambos casos. Puede verse que el comportamiento cualitativo tiene algunas características similares, pero hay también discrepancias importantes.

FIGURA 108. COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA VALIDACIÓN, CON EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)

Red Estratégica

Las tablas siguientes presentan la comparación de los resultados obtenidos con los modelos que producen el mejor ajuste, para las validaciones realizadas en el periodo 1 y en el periodo 2.

La Tabla 43 presenta los modelos de orden uno y la Tabla 44 los modelos de orden dos.

TABLA 43. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA

Variable	Periodo 1: 01/11/2010 a 02/04/2013				Periodo 2: 03/04/2013 a 02/09/2015			
	Desagreg.	Pendiente	Coefficiente R^2	Radio	Desagreg.	Pendiente	Coefficiente R^2	Radio
Diámetro	1	0.917	0.968	0.089	1	0.870	0.960	0.136
Año	1	0.917	0.968	0.088	1	0.870	0.960	0.136
Material	6	1.019	0.982	0.026	5	0.998	0.967	0.033
Uso del Suelo	2	1.016	0.975	0.030	2	0.974	0.965	0.044
Presión Media	0	0.996	0.969	0.031	0	0.973	0.971	0.040
Presión Máxima	8	0.995	0.969	0.031	0	0.989	0.973	0.029
Presión Mínima	0	0.983	0.969	0.036	5	0.951	0.969	0.058
Velocidad Media	2	0.907	0.961	0.101	1	0.860	0.959	0.146
Velocidad Máxima	1	0.905	0.962	0.102	0	0.879	0.961	0.127
Velocidad Mínima	6	0.919	0.964	0.089	4	0.884	0.957	0.124
Profundidad	3	0.926	0.970	0.080	4	0.893	0.967	0.112

TABLA 44. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA

Variable	Periodo 1: 01/11/2010 a 02/04/2013					Periodo 2: 03/04/2013 a 02/09/2015				
	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio
Diámetro	Material	3	0.966	0.983	0.038	Material	3	0.925	0.971	0.081
Año	Velocidad mínima	0	1.010	0.984	0.019	Material	2	1.003	0.962	0.039
Material	Presión máxima	6	1.000	0.987	0.013	Velocidad mínima	8	1.010	0.976	0.026
Uso del Suelo	Material	0	1.011	0.983	0.020	Presión mínima	3	1.006	0.970	0.031
Presión Media	Material	9	0.989	0.987	0.017	Velocidad media	5	0.999	0.978	0.022
Presión Máxima	Material	6	1.000	0.987	0.013	Profundidad	10	0.990	0.978	0.024
Presión Mínima	Material	9	0.983	0.988	0.021	Velocidad máxima	6	1.001	0.976	0.024
Velocidad Media	Año	0	1.013	0.981	0.024	Presión media	5	0.999	0.978	0.022
Velocidad Máxima	Material	6	1.009	0.983	0.019	Presión media	5	1.002	0.976	0.024
Velocidad Mínima	Año	0	1.010	0.984	0.019	Material	8	1.010	0.976	0.026
Profundidad	Material	9	1.001	0.983	0.017	Presión media	0	1.000	0.976	0.024

En este caso los resultados varían más que en el de **Red de Distribución**, pero menos que en **Acometidas**.

No es descartable la hipótesis de un comportamiento similar a la red de distribución, porque la discrepancia queda explicada ya que el número de roturas es comparativamente inferior, por lo que los resultados son estadísticamente menos representativos.

Las figuras 109 a 112 presentan las gráficas de ajuste de algunas combinaciones de variables (las que ofrecen mejores parámetros de calidad), donde pude apreciarse una cierta similitud de comportamiento.

FIGURA 109. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)

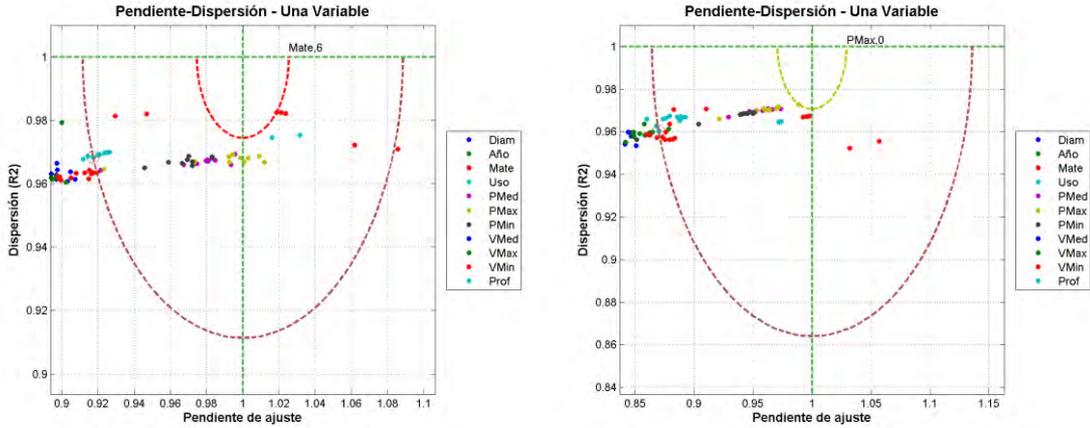


FIGURA 110. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA, PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)

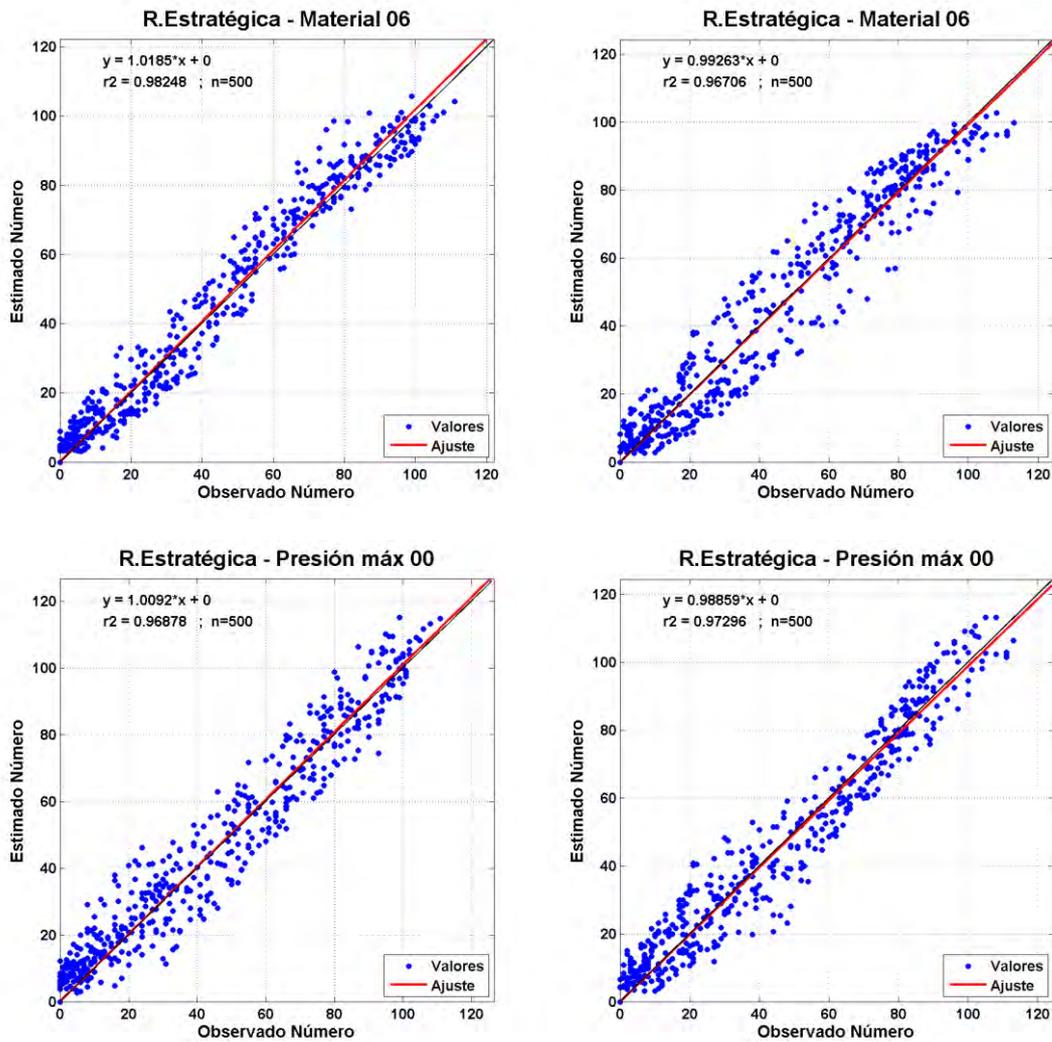


FIGURA 111. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)

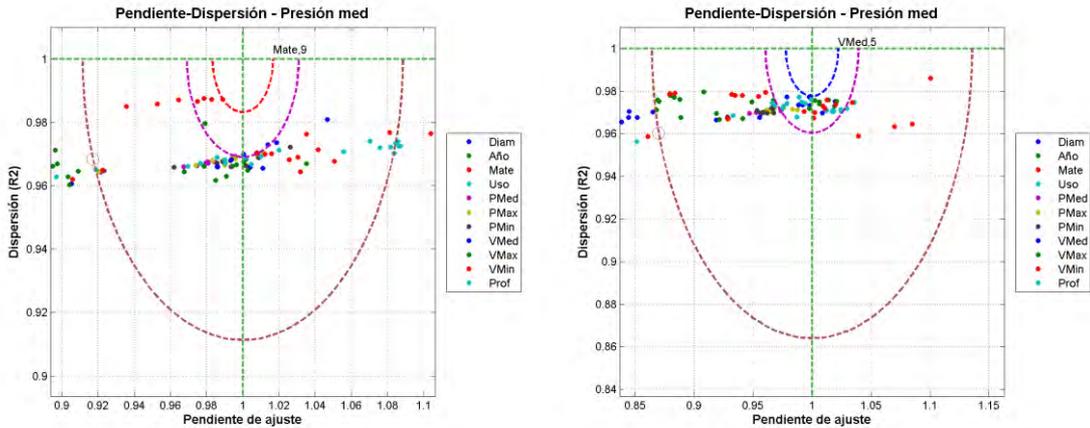
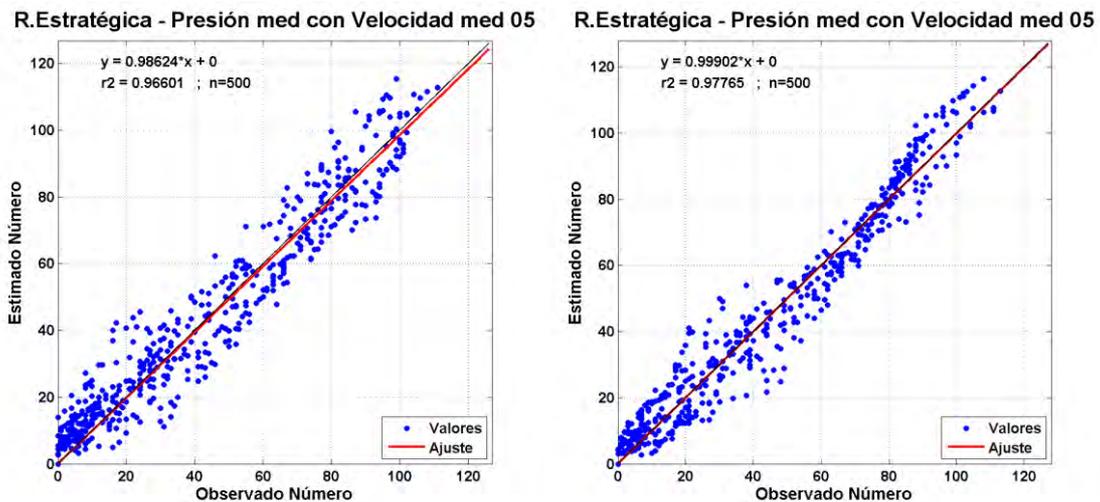


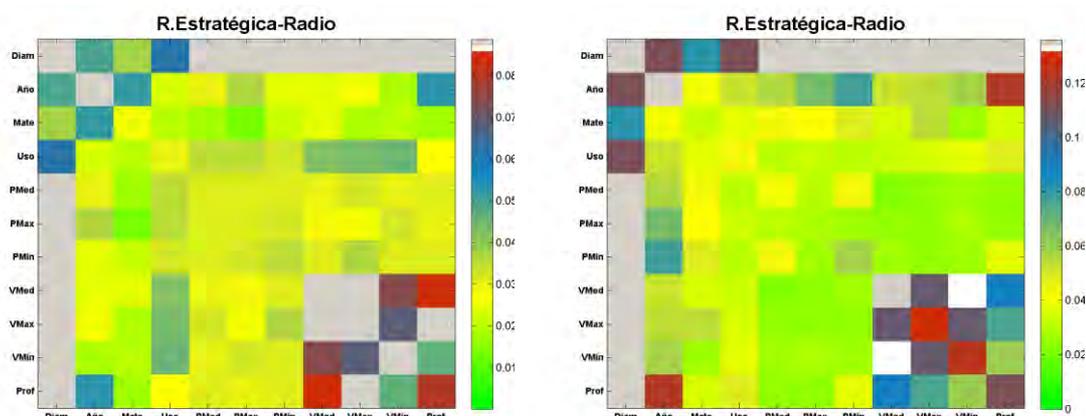
FIGURA 112. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA, PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)



Finalmente, en la Figura 113 se comparan los gráficos resumen de resultados, que presentan el valor del parámetro de calidad para todas las combinaciones de variables.

En la escala de colores se ha empleado como referencia el parámetro de calidad obtenido en el modelo de orden cero, que es ligeramente diferente en ambos casos. Puede verse que, en este caso, el comportamiento cualitativo es bastante similar.

FIGURA 113. COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN RED ESTRATÉGICA PARA VALIDACIÓN, CON EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)



Elementos

Las dos tablas siguientes comparan los resultados de los modelos que producen el mejor ajuste para la validación realizada en el periodo 1 y en el periodo 2.

La Tabla 45 presenta los modelos de orden uno y la Tabla 46 los modelos de orden dos.

TABLA 45. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS

Variable	Periodo 1: 01/11/2010 a 02/04/2013				Periodo 2: 03/04/2013 a 02/09/2015			
	Desagreg.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio	Desagreg.	Pendiente	Coefficiente R ²	Radio
Diámetro	5	0.940	0.964	0.070	5	0.553	0.967	0.448
Año	2	0.990	0.974	0.028	0	0.730	0.998	0.270
Terreno	0	0.000			0	0.000		
Uso del Suelo	0	0.969	0.966	0.046	0	0.574	0.969	0.427
Ubicación	0	0.995	0.975	0.025	7	0.563	0.974	0.437
Profundidad	8	0.944	0.966	0.066	10	0.551	0.970	0.450

TABLA 46. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS

Variable	Periodo 1: 01/11/2010 a 02/04/2013					Periodo 2: 03/04/2013 a 02/09/2015				
	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coficiente R ²	Radio	Variable 2	Desag.	Pendiente	Coficiente R ²	Radio
Diámetro	Ubicación	0	1.003	0.979	0.021	Año	8	0.737	0.998	0.263
Año	Uso del Suelo	3	1.006	0.978	0.023	Ubicación	9	0.769	0.998	0.231
Terreno	Uso del Suelo	3	0.000			Ubicación	9	0.000		
Uso del Suelo	Año	3	1.006	0.978	0.023	Año	0	0.743	0.998	0.257
Ubicación	Diámetro	0	1.003	0.979	0.021	Año	9	0.769	0.998	0.231
Profundidad	Ubicación	9	1.005	0.978	0.022	Año	0	0.742	0.997	0.258

Como se aprecia en las tablas, los resultados son cualitativamente muy diferentes, ya que los parámetros de calidad son bastante dispares. A diferencia de en *Acometidas*, en este caso el periodo 1 (representado a la izquierda) produce mejores resultados. Las combinaciones variables que producen los mejores modelos son diferentes con frecuencia.

Las figuras 114 a 117 presentan las gráficas de ajuste de algunas de estas combinaciones (las que ofrecen mejores parámetros de calidad).

FIGURA 114. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)

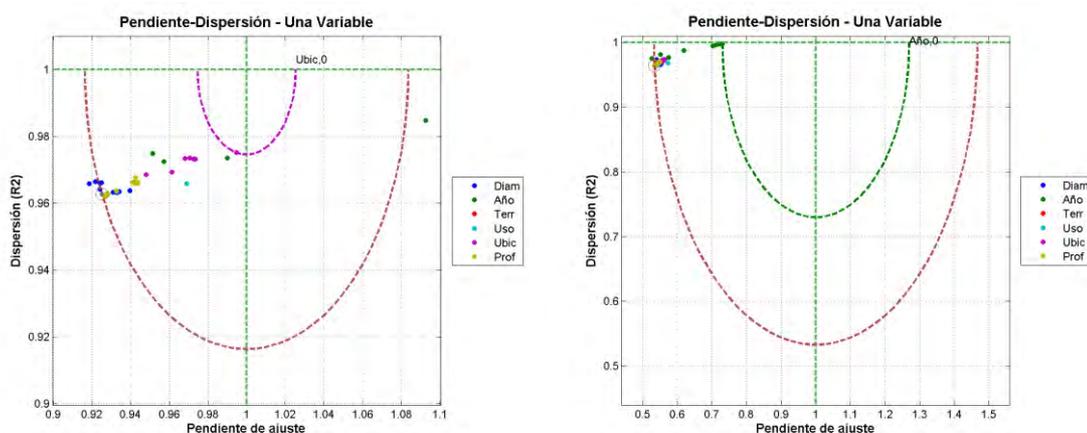


FIGURA 115. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS, PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)

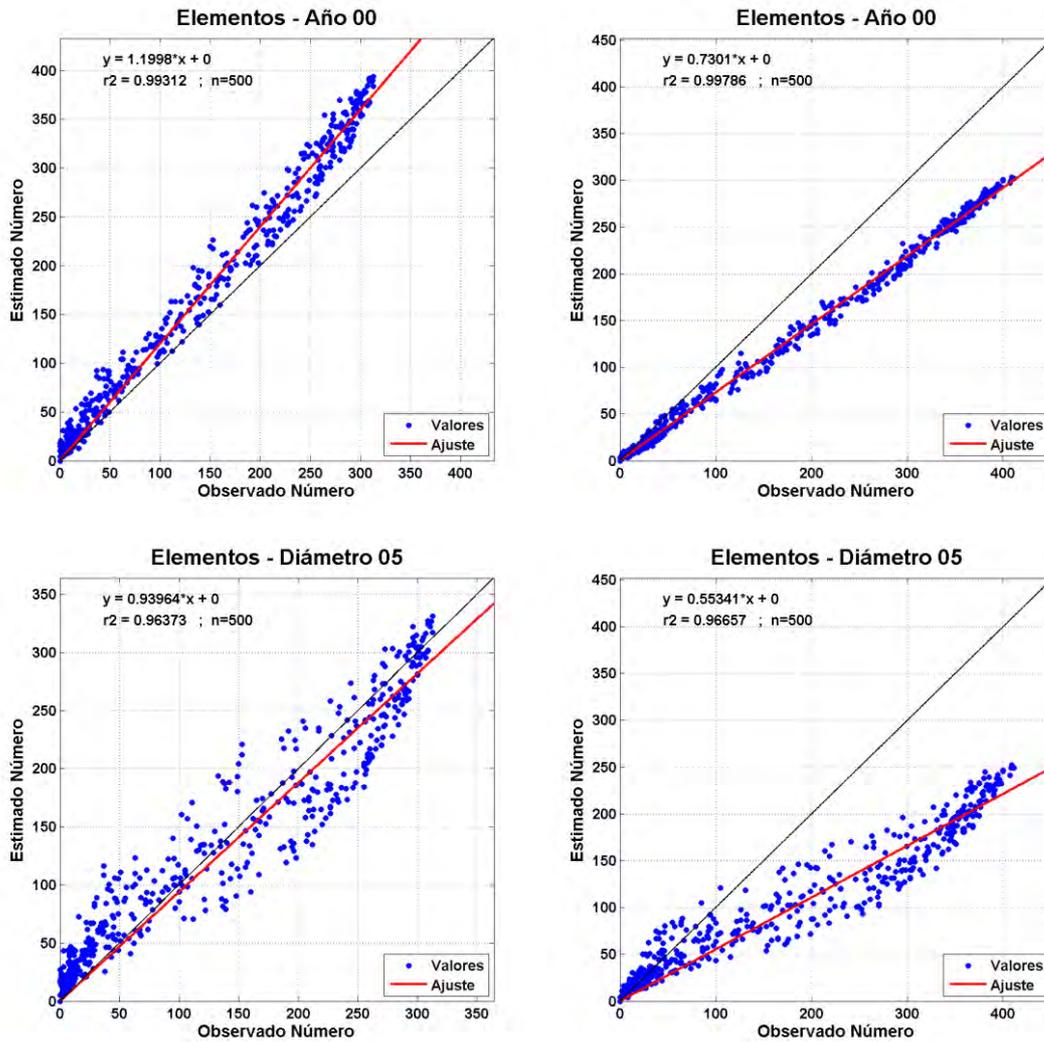


FIGURA 116. RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)

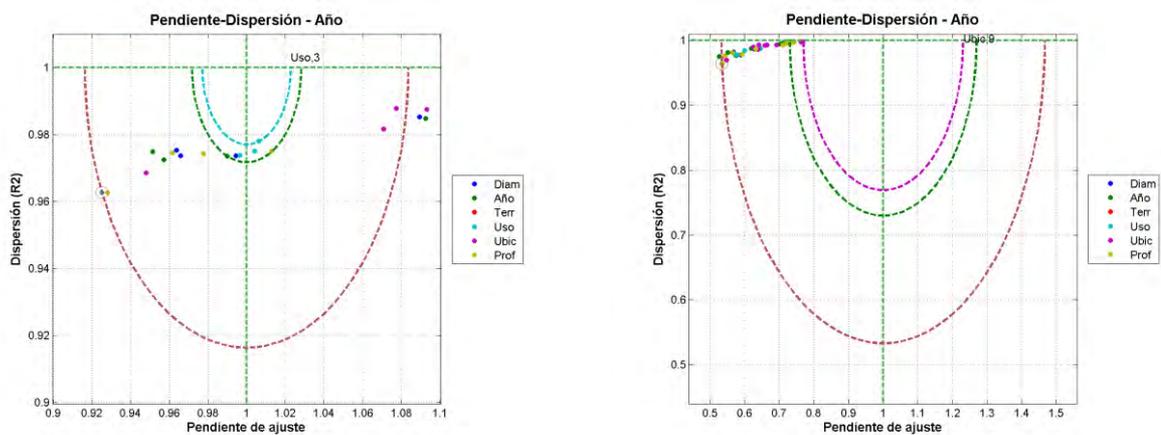
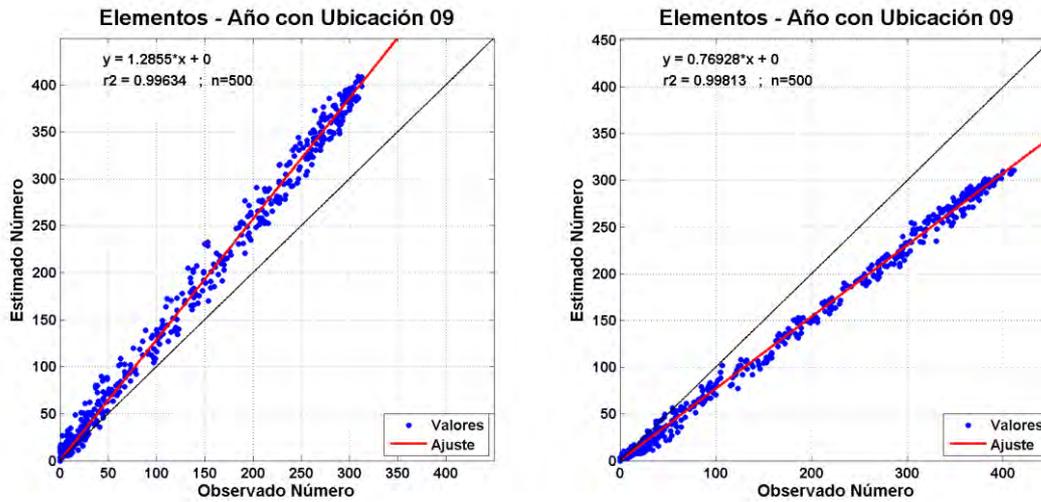


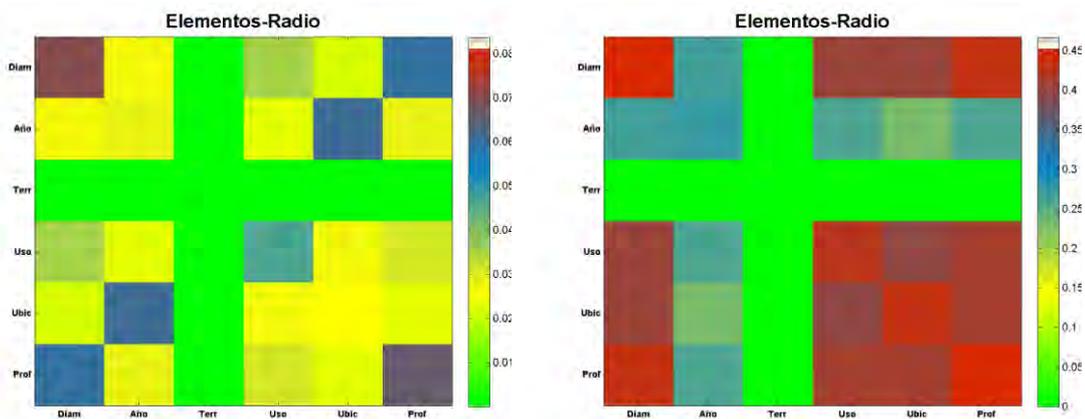
FIGURA 117. MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS, PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)



Finalmente, en la Figura 118 se comparan los gráficos resumen de resultados, que presentan el valor del parámetro de calidad para todas las combinaciones de variables.

En la escala de colores se ha empleado como referencia el parámetro de calidad obtenido en el modelo de orden cero, que es ligeramente diferente en ambos casos. Puede verse que el comportamiento cualitativo es muy diferente.

FIGURA 118. COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN ELEMENTOS PARA VALIDACIÓN, PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)



Conclusión

La conclusión de la comparación cualitativa es que, en líneas generales, se obtienen resultados diferentes en función de los periodos de ajuste y validación. Esta circunstancia se considera normal, ya que las cifras de roturas registradas en los dos períodos considerados varían sensiblemente.

3.4.2. Comparación Cuantitativa

La comparación cuantitativa ha consistido en el análisis de los parámetros de calidad de la validación en función del periodo de ajuste y validación del modelo. En el análisis se ha dividido el periodo disponible de datos en cuatro periodos, de un año completo cada uno, correspondientes a los años 2011; 2012; 2013 y 2014.

En la Tabla 47 siguiente se presenta el número de incidencias registradas en las bases de datos, para cada uno de los cuatro años considerados. Se incluyen las incidencias totales y aquéllas en las que ha sido posible identificar el elemento que ha sufrido la incidencia. Como puede apreciarse en esta tabla, los datos son relativamente heterogéneos, ya que los valores de roturas observados en cada periodo y la proporción de roturas que son identificadas fluctúan en cada periodo.

TABLA 47. NÚMERO DE INCIDENCIAS REGISTRADAS EN CADA PERIODO DE DATOS

Ámbito	2011		2012		2013		2014	
	Número de roturas	Número de roturas identificadas	Número de roturas	Número de roturas identificadas	Número de roturas	Número de roturas identificadas	Número de roturas	Número de roturas identificadas
Acometidas	7.508	6.175	7.548	5.669	6.785	5.165	5.920	4.502
Red de Distribución	2.761	1.758	2.496	1.773	2.298	1970	2.363	2.237
Red Estratégica	94	94	78	78	74	74	79	79
Elementos	389	148	383	164	388	184	277	223

Se ha ajustado y validado el modelo en todos los modos posibles, como se observa en la Tabla 48 siguiente.

TABLA 48. DENOMINACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE AJUSTE Y VALIDACIÓN DEL MODELO

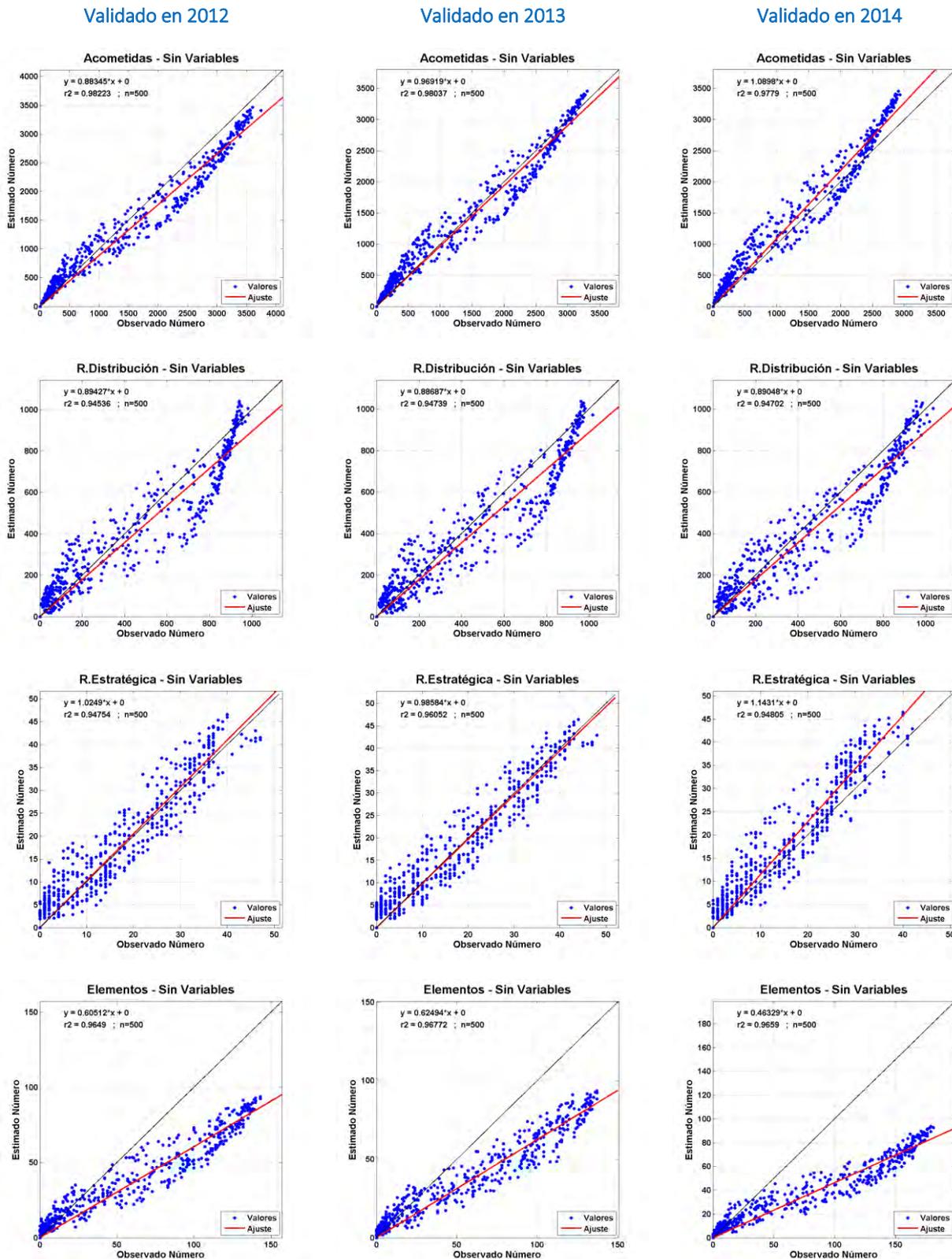
Periodo de validación del modelo	Periodo de ajuste del modelo			
	2011	2012	2013	2014
2011		G	H	J
2012	A		I	K
2013	B	D		L
2014	C	E	F	

Inicialmente se muestran los resultados obtenidos con los modelos de orden cero correspondientes a cada periodo.

Se presenta en la Figura 119 la validación del modelo correspondiente a 2011 en los tres años validados (2012; 2013; 2014). Seguidamente en la Figura 120, el modelo de 2012, validado en 2011; 2013 y 2014. A continuación, en la Figura 121 el modelo de 2013, validado en 2011; 2012 y 2014. Finalmente, en la Figura 122 se presenta el modelo de 2014, validado en 2011; 2012 y 2013.

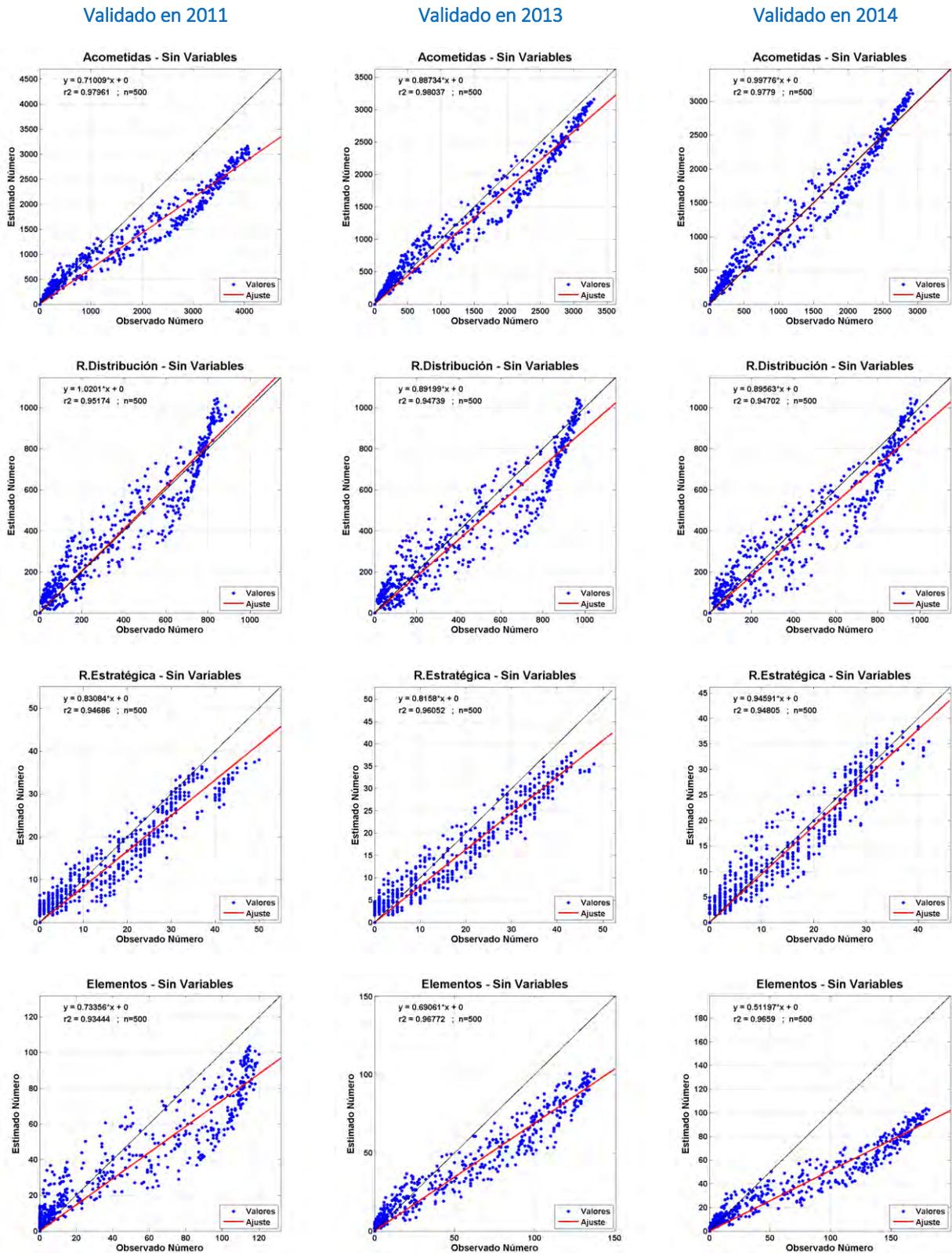
Modelo de 2011

FIGURA 119. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO EN LOS CUATRO ÁMBITOS, PARA EL PERIODO A (IZQUIERDA), EL PERIODO B (CENTRO) Y EL PERIODO C (DERECHA)



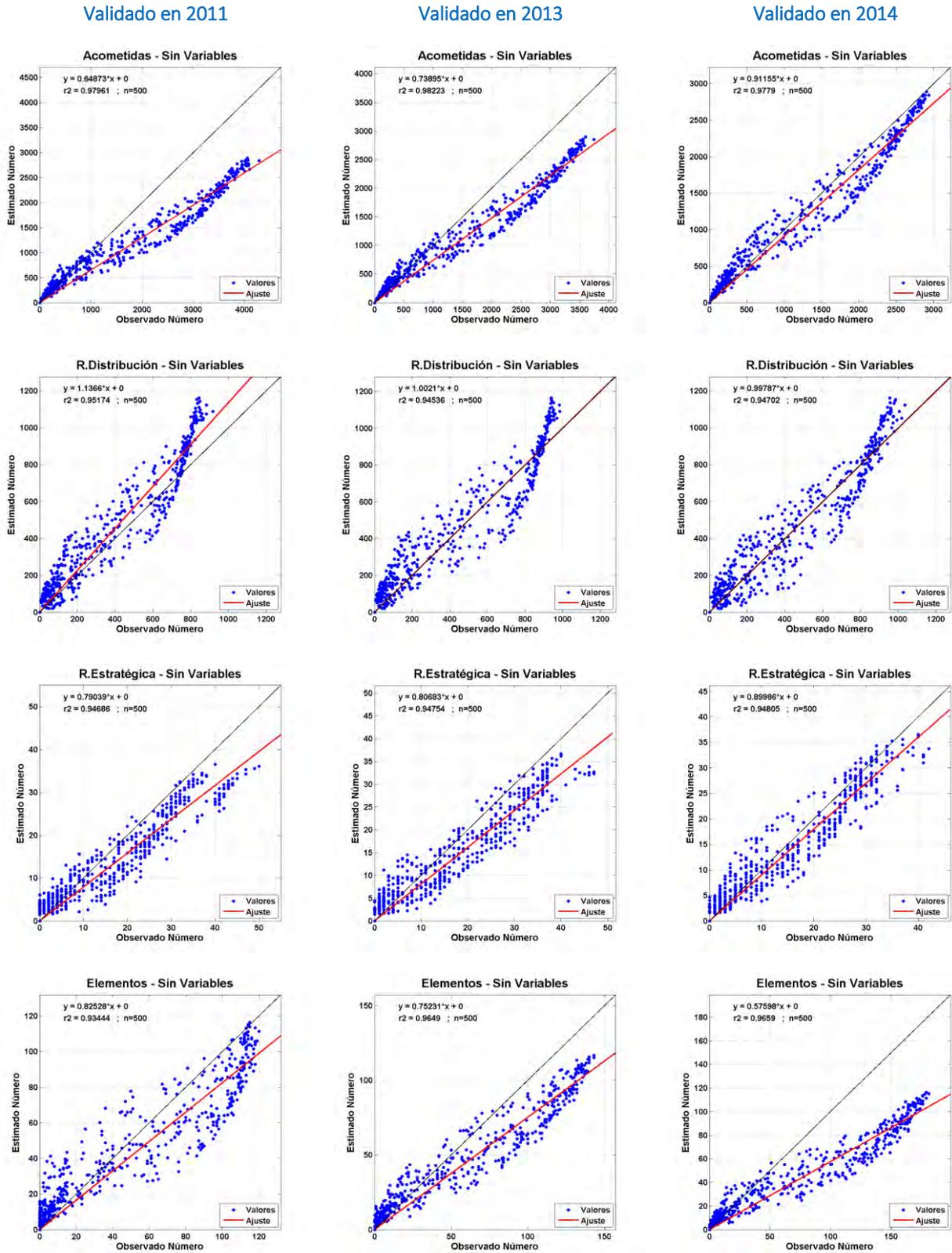
Modelo de 2012

FIGURA 120. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO EN LOS CUATRO ÁMBITOS, PARA EL PERIODO G (IZQUIERDA), EL PERIODO D (CENTRO) Y EL PERIODO E (DERECHA)



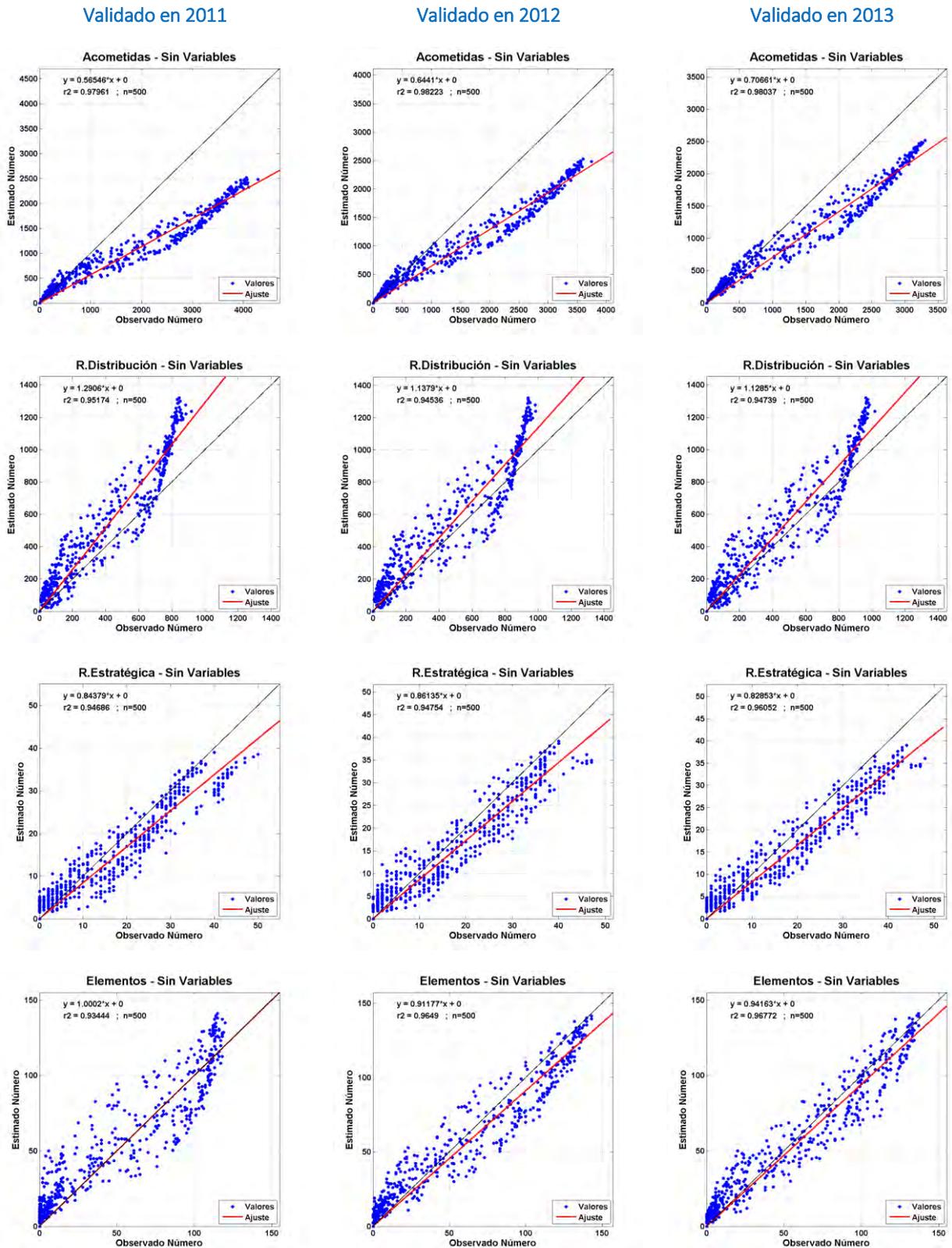
Modelo de 2013

FIGURA 121. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO EN LOS CUATRO ÁMBITOS, PARA EL PERIODO H (IZQUIERDA), EL PERIODO I (CENTRO) Y EL PERIODO F (DERECHA)



Modelo de 2014

FIGURA 122. RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO EN LOS CUATRO ÁMBITOS, PARA EL PERIODO J (IZQUIERDA), EL PERIODO K (CENTRO) Y EL PERIODO L (DERECHA)

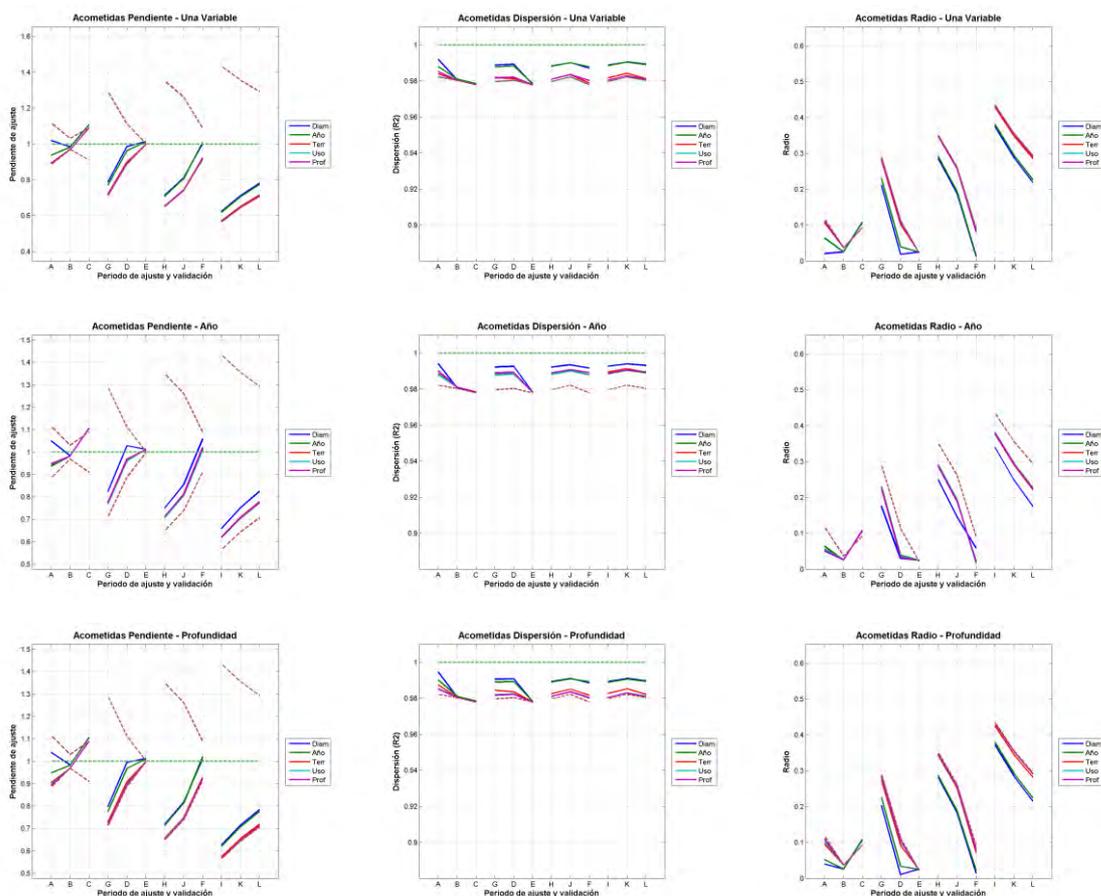


El análisis de resultados de los modelos de **orden cero** permite concluir que hay bastante uniformidad en los resultados obtenidos para la validación de un modelo en años diferentes. Si se comparan los resultados de la validación en un año cualquiera de los tres modelos ajustados los resultados presentan más dispersión.

En el análisis de los modelos de **orden uno y dos** se han calculado los parámetros de calidad utilizando la muestra de 500 elementos. Se ha representado el valor de los parámetros de calidad (pendiente, dispersión y radio) en función del periodo de ajuste y validación. Se han agrupado las validaciones realizadas con cada periodo de ajuste para facilitar la comparación. En cada variable se ha elegido la desagregación que proporciona el mejor resultado. En cada sistema se presentan todas las variables en el caso de modelos de orden uno y las dos variables que presentan mejor resultado en los modelos de orden dos. En los gráficos de la Figura 123 las líneas discontinuas en marrón representan los valores de los parámetros de calidad obtenidos con los modelos de referencia de orden cero para un tamaño de la muestra de 500 elementos.

Acometidas

FIGURA 123. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL PERIODO PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ACOMETIDAS

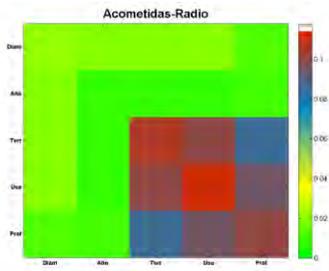


En la Figura 124 se presentan los datos resumen de la calidad del ajuste (**radio**) en los distintos modelos comparados con el modelo de orden cero.

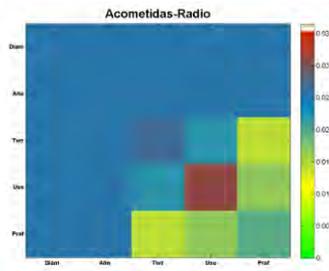
FIGURA 124. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS EN ACOMETIDAS PARA LOS DISTINTOS PERIODOS ANALIZADOS

Modelo de 2011

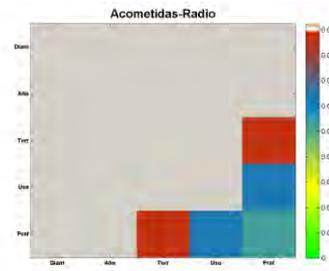
Validado en 2012



Validado en 2013

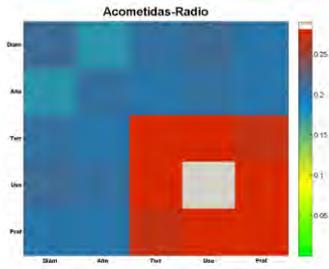


Validado en 2014

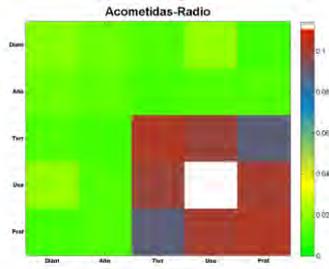


Modelo de 2012

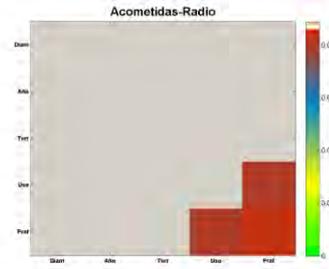
Validado en 2011



Validado en 2013

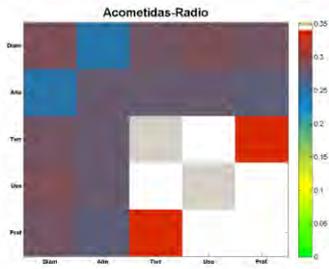


Validado en 2014

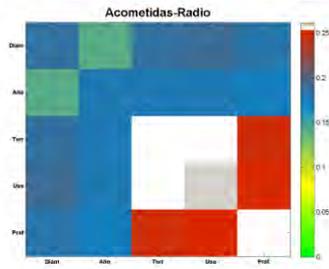


Modelo de 2013

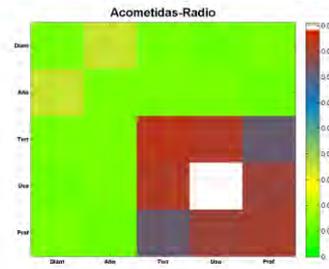
Validado en 2011



Validado en 2012

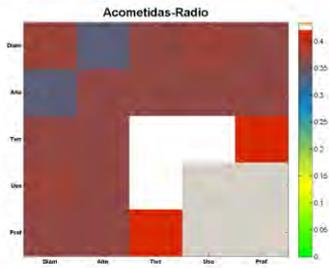


Validado en 2014

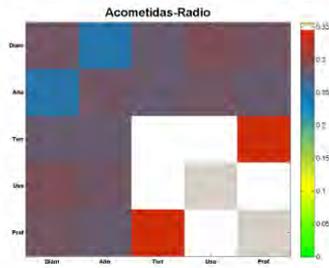


Modelo de 2014

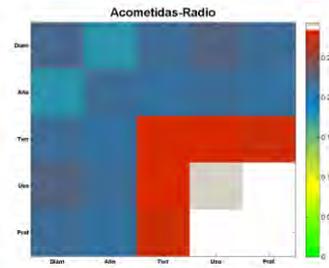
Validado en 2011



Validado en 2012

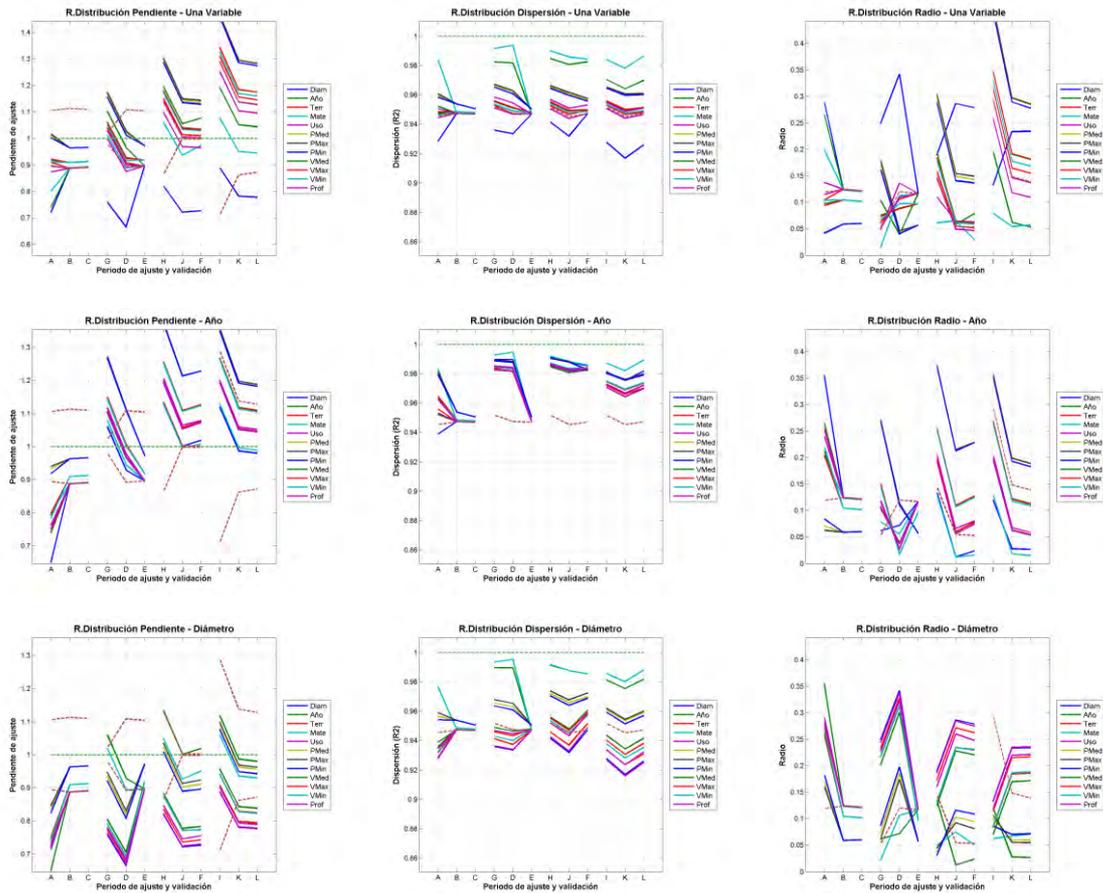


Validado en 2013



Red de Distribución

FIGURA 125. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL PERIODO, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED DE DISTRIBUCIÓN



En la Figura 126 se presentan los datos resumen de la calidad del ajuste (*radio*) en los distintos modelos, comparados con el modelo de orden cero.

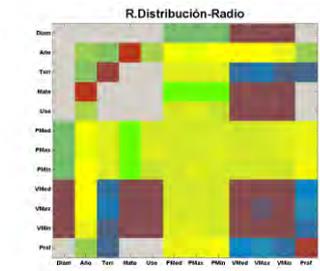
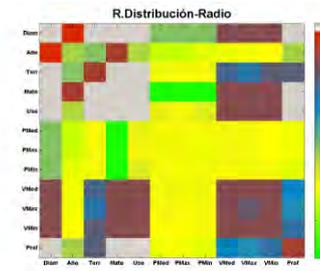
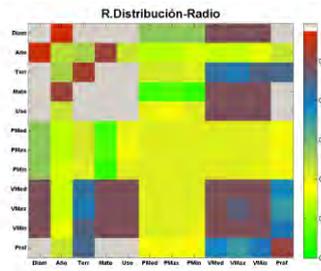
FIGURA 126. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LOS DISTINTOS PERIODOS ANALIZADOS

Modelo de 2011

Validado en 2012

Validado en 2013

Validado en 2014

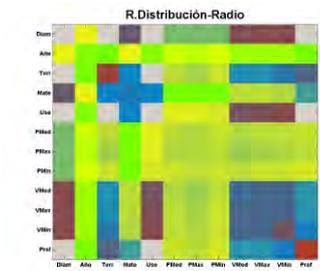
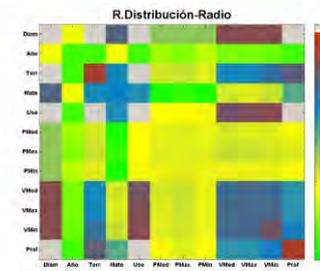
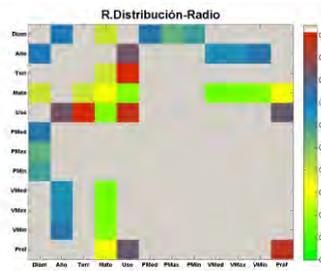


Modelo de 2012

Validado en 2011

Validado en 2013

Validado en 2014

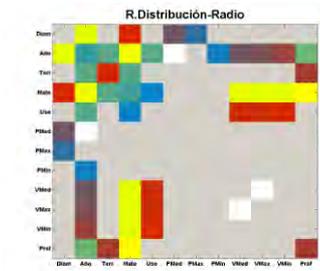
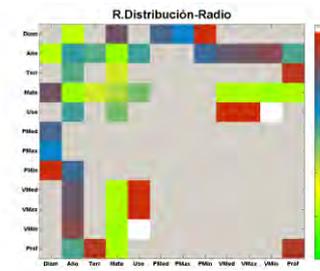
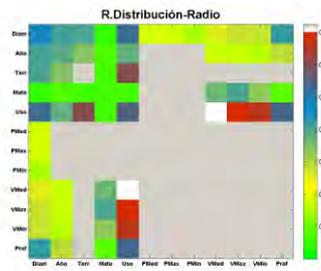


Modelo de 2013

Validado en 2011

Validado en 2012

Validado en 2014

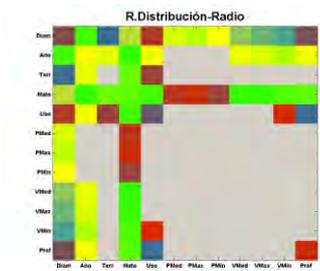
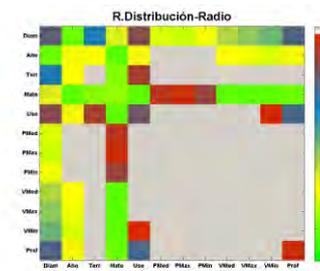
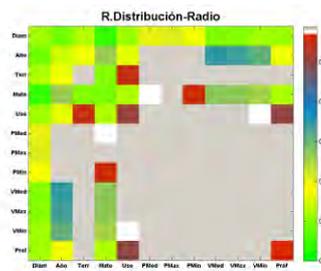


Modelo de 2014

Validado en 2011

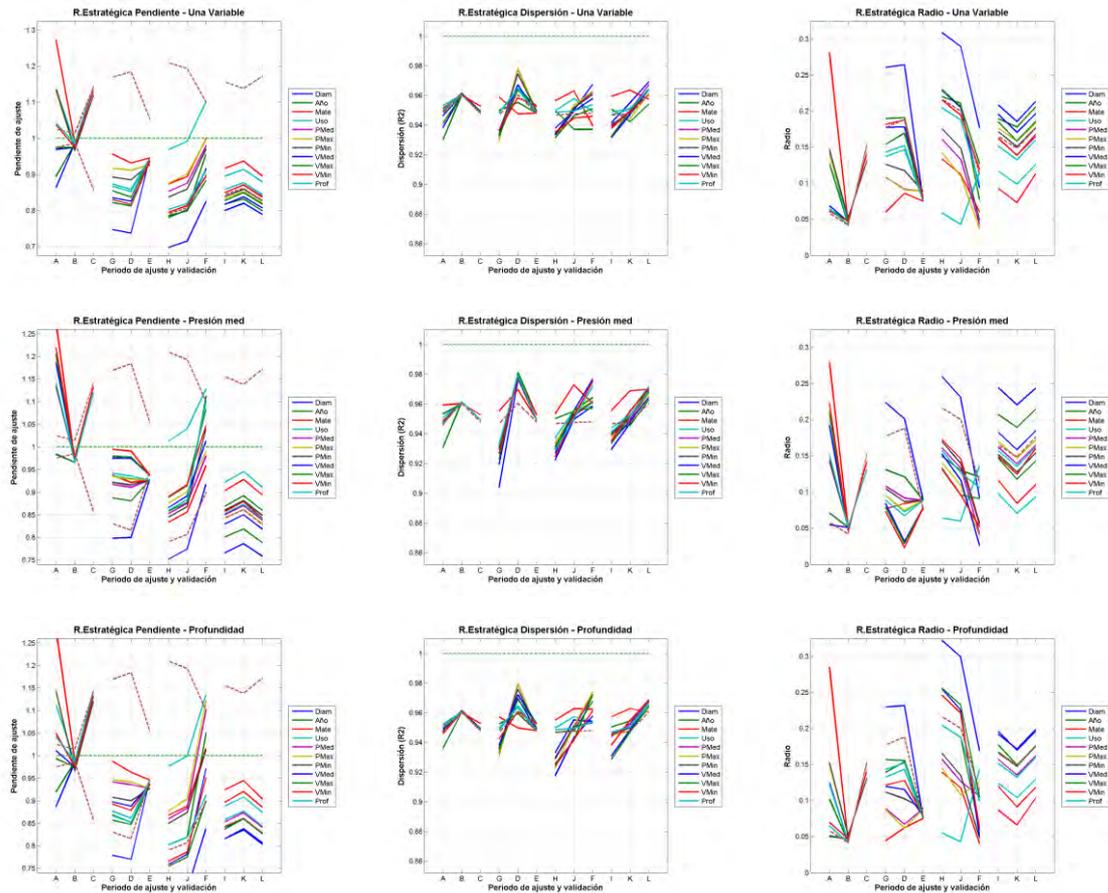
Validado en 2012

Validado en 2013



Red Estratégica

FIGURA 127. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL PERIODO, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED ESTRATÉGICA



En la Figura 128 siguiente se presentan los datos resumen de la calidad del ajuste (*radio*) en los distintos modelos, comparados con el modelo de orden cero.

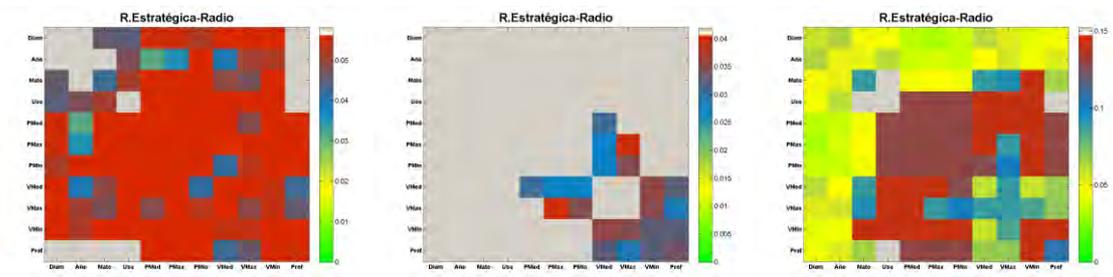
FIGURA 128. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS EN RED ESTRATÉGICA PARA LOS DISTINTOS PERIODOS ANALIZADOS

Modelo de 2011

Validado en 2012

Validado en 2013

Validado en 2014

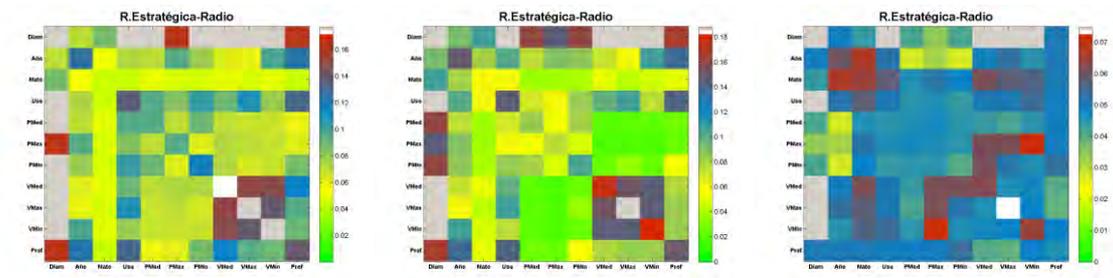


Modelo de 2012

Validado en 2011

Validado en 2013

Validado en 2014

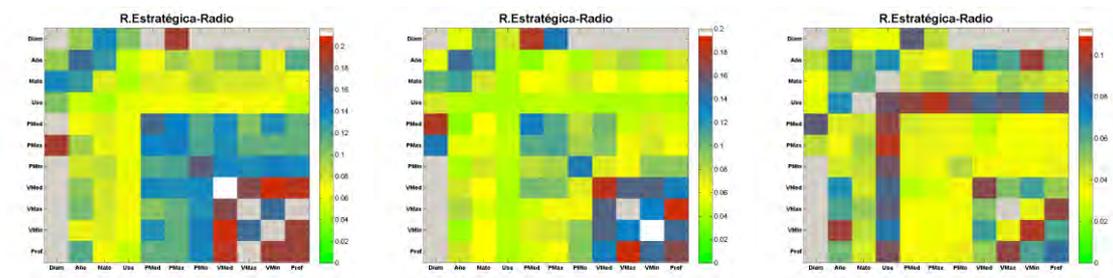


Modelo de 2013

Validado en 2011

Validado en 2012

Validado en 2014

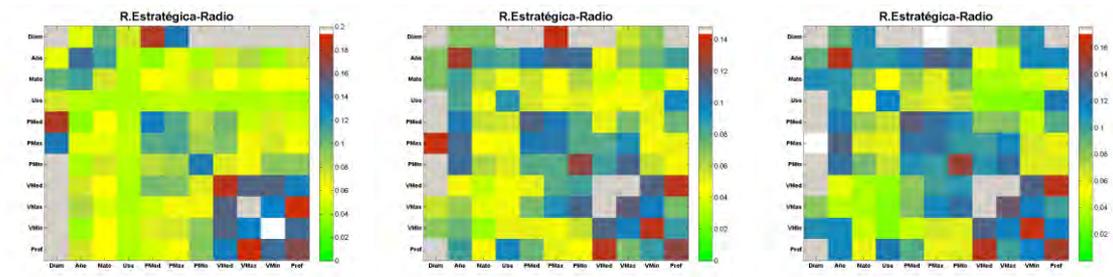


Modelo de 2014

Validado en 2011

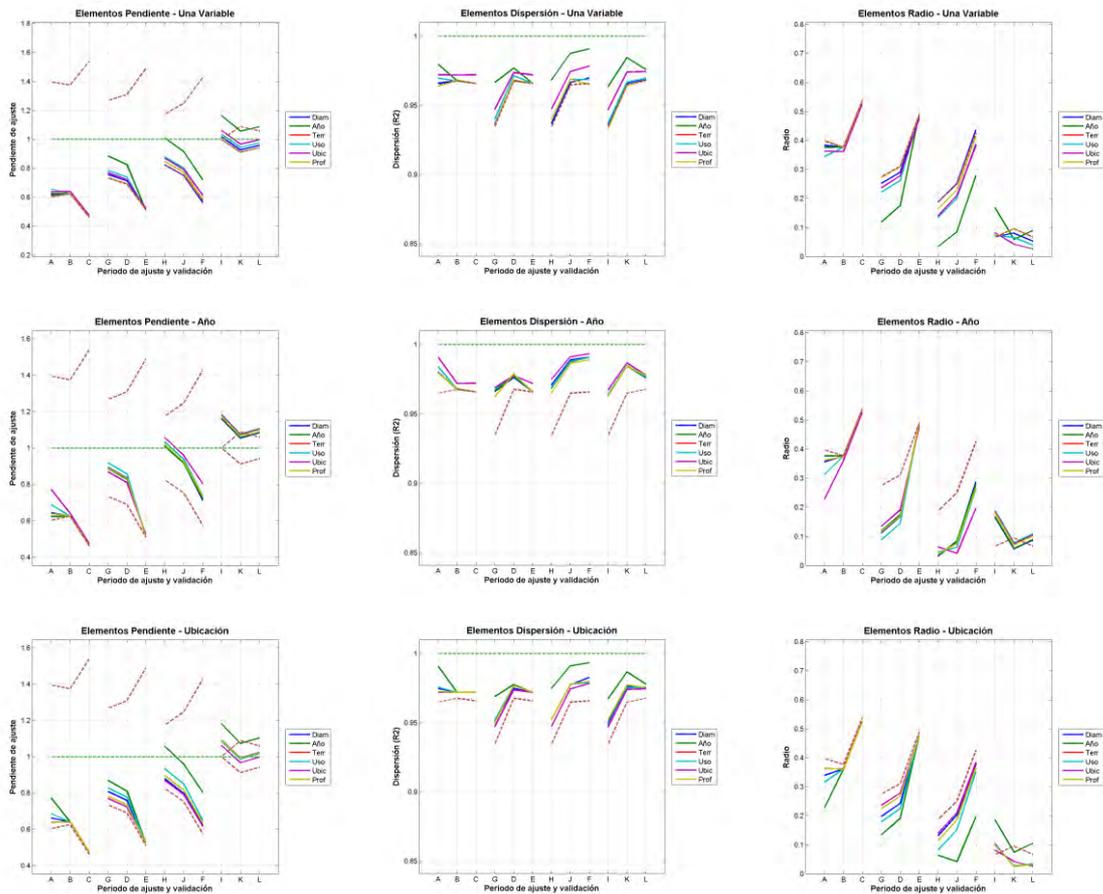
Validado en 2012

Validado en 2013



Elementos

FIGURA 129. PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL PERIODO, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ELEMENTOS

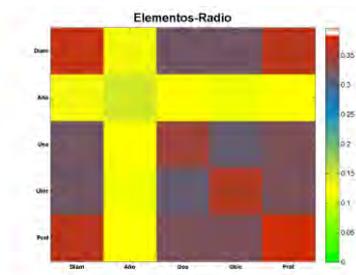


En la Figura 130 se presentan los datos resumen de la calidad del ajuste (radio) en los distintos modelos, comparados con el modelo de orden cero.

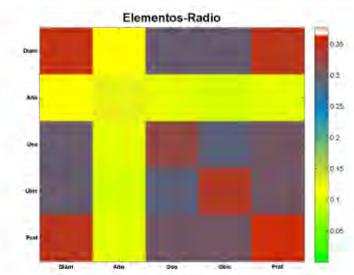
FIGURA 130. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS EN ELEMENTOS PARA LOS DISTINTOS PERIODOS ANALIZADOS

Modelo de 2011

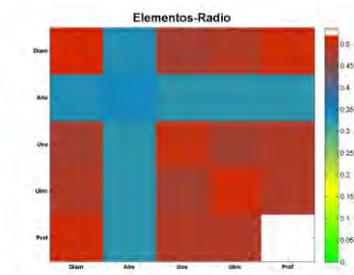
Validado en 2012



Validado en 2013

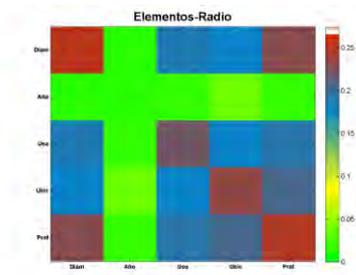


Validado en 2014

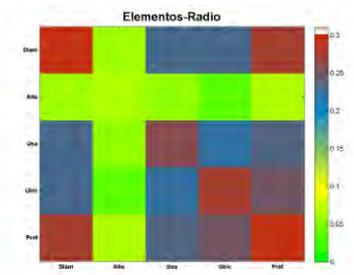


Modelo de 2012

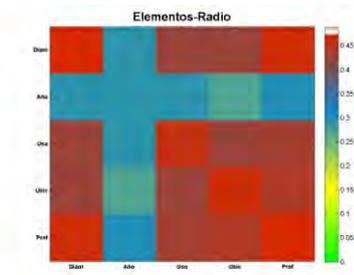
Validado en 2011



Validado en 2013

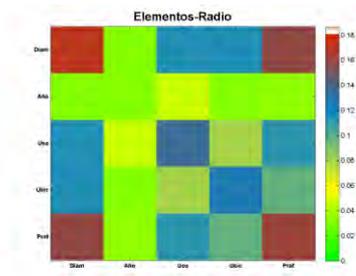


Validado en 2014

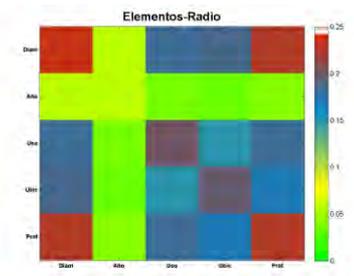


Modelo de 2013

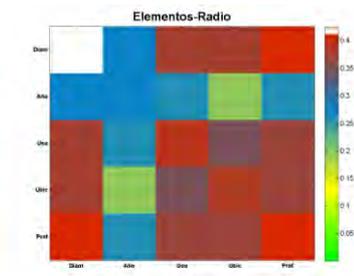
Validado en 2011



Validado en 2012

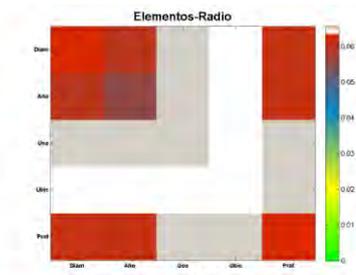


Validado en 2014

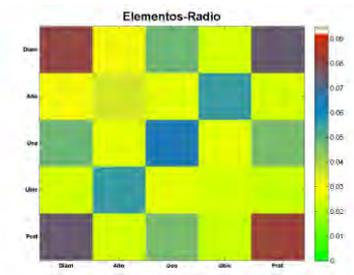


Modelo de 2014

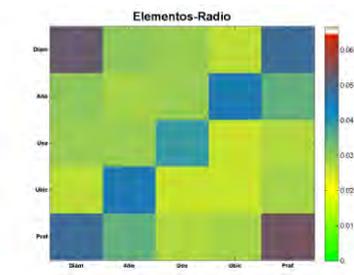
Validado en 2011



Validado en 2012



Validado en 2013



Conclusión

A la vista de los gráficos anteriores se deduce que, aunque el tamaño de las zonas de validación tiene importancia, el periodo de ajuste es el factor que más condiciona los resultados obtenidos. Se aprecia claramente que, de un periodo de ajuste al siguiente, puede haber cambios significativos en la ordenación de los parámetros de calidad de los modelos de las distintas variables, aunque no son infrecuentes las situaciones en las que se mantiene la misma ordenación. Dentro de un mismo periodo de ajuste los tres periodos de validación analizados suelen dar resultados similares, pero en numerosos casos el orden se altera de un periodo de validación al siguiente. En resumen, puede concluirse que para identificar el modelo que permita obtener los mejores resultados se hace necesario analizar distintos periodos de ajuste y validación y seleccionar el que presente en mejor comportamiento global.

3.5. PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN

Como conclusión de esta fase se propone el procedimiento de evaluación de modelos que se explica a continuación. Se generará una muestra de 500 unidades, de tamaño comprendido entre 10 y 100 Kilómetros. De esta forma se podrá estudiar el comportamiento de los modelos en todo el rango de tamaño de zonas de análisis, desde las más pequeñas hasta las que incluyen casi la totalidad de los componentes del sistema. Los modelos se ajustarán en los cuatro años disponibles (2011, 2012, 2013 y 2014) y cada uno de ellos se validará en los tres años restantes. De este modo se dispondrá de 12 valores de parámetros de calidad para cada una de las combinaciones de variables seleccionadas. Estos parámetros de calidad se compararán con los correspondientes al modelo de orden cero en cada caso.

Se considera que será preferible la combinación de variables que presente un mejor comportamiento global para los 12 casos analizados. El mejor comportamiento global se define en función del parámetro global de calidad, que es la distancia al punto óptimo (pendiente de la recta de ajuste igual a 1 y coeficiente de correlación igual a 1). Si la pendiente (de la recta de ajuste) es igual a p y la dispersión (coeficiente de correlación) es igual a c , el parámetro global de calidad, r , es igual a:

$$r = \sqrt{(p - 1)^2 + (c - 1)^2}$$

En cada caso se tienen 12 valores de los parámetros de calidad, p , c y r . La selección puede hacerse considerando dos alternativas:

a) El valor medio de los radios de calidad:

$$R_1 = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} r_i$$

b) El radio correspondiente a los valores medios de los parámetros:

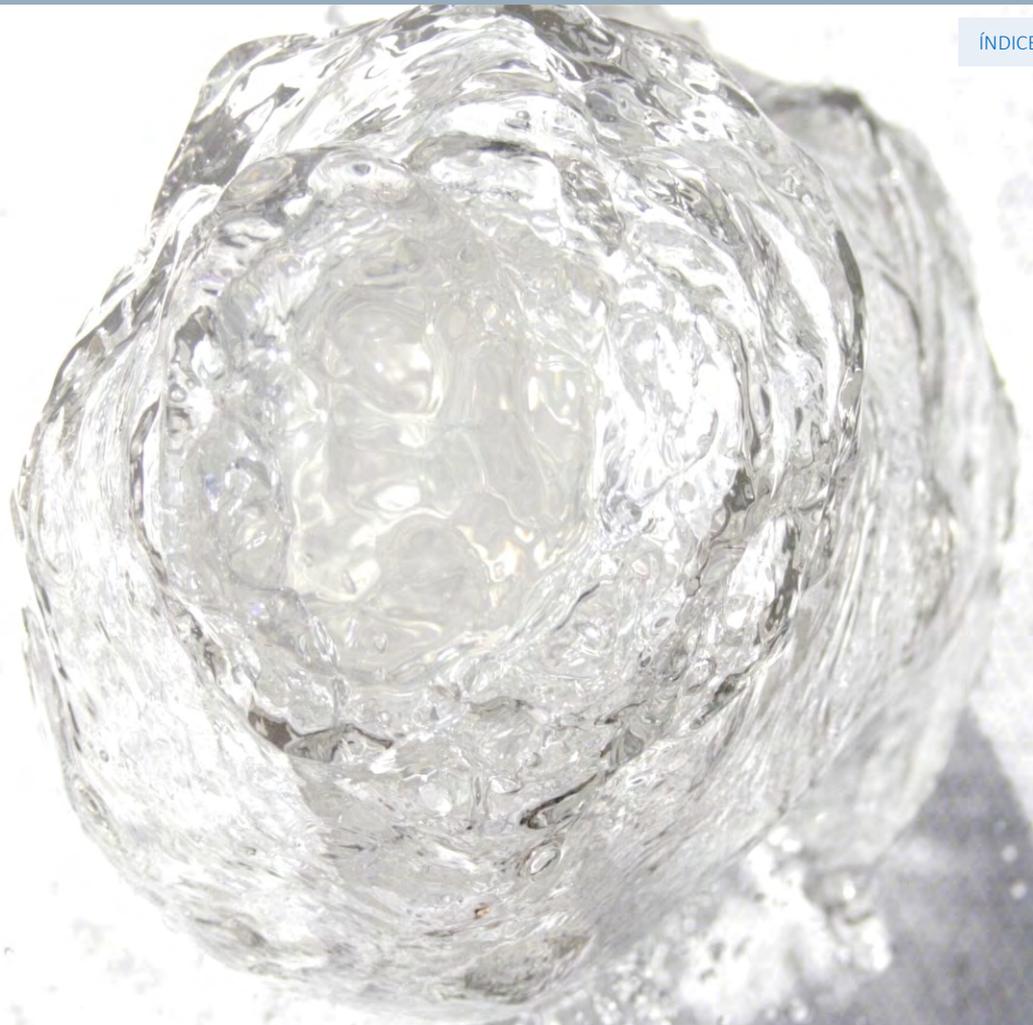
$$P = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} p_i \quad C = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} c_i$$

$$R_2 = \sqrt{(P - 1)^2 + (C - 1)^2}$$

Los modelos se clasificarán atendiendo a ambos criterios y se seleccionarán aquéllos que presenten los mejores parámetros globales de calidad.

4. Análisis de Modelos de Rotura

ÍNDICE



Una vez definido el procedimiento de validación, se presenta en el presente capítulo el estudio completo de los modelos de rotura.

La inmersión se realiza de forma progresiva, comenzando por los modelos más sencillos de una o dos variables explicativas y continuando con modelos más avanzados, contruidos a partir de los anteriores. En esta fase del estudio se ha añadido una nueva variable explicativa en la Red de Distribución y la Red Estratégica. Se trata de un indicador de *transitorios*, que tiene en cuenta en número de maniobras que se realizan en las inmediaciones del tramo de tubería.

4.1. MODELOS DE ORDEN CERO

Los modelos de *orden cero* se construyen directamente a partir de las incidencias registradas en cada periodo. La Tabla 49 siguiente muestra los parámetros de calidad del modelo de orden cero. Estos parámetros se obtienen a partir del análisis de los 12 casos de validación considerados.

TABLA 49. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN CERO

Ámbito	Pendiente Media	Coefficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Típ. de Radio
Acometidas	0.964	0.986	0.039	0.169	0.090
Red de Distribución	1.107	0.975	0.110	0.157	0.125
Red Estratégica	0.991	0.981	0.021	0.110	0.078
Elementos	0.914	0.964	0.093	0.209	0.115

4.2. MODELOS DE UNA VARIABLE

A continuación se presentan los resultados obtenidos con los modelos de *una variable*. Aunque se han considerado modelos contruidos utilizando distintas agregaciones de componentes, de uno a diez intervalos y un modelo con la máxima desagregación posible, los resultados que se presentan corresponden al modelo que ofrece el mejor resultado de entre todas las posibles agregaciones.

4.2.1. Acometidas

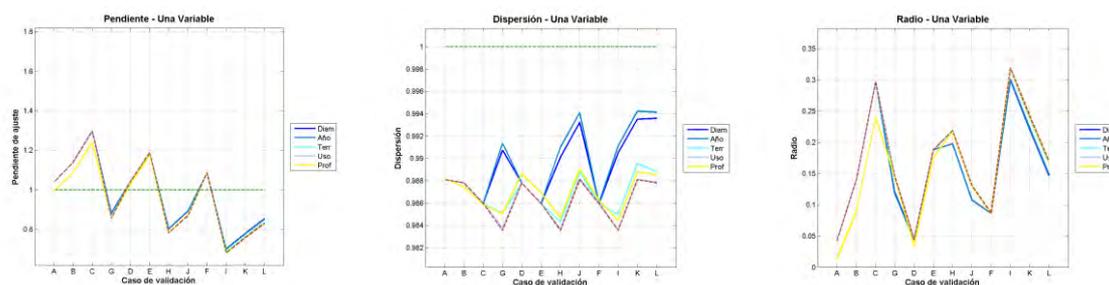
La Tabla 50 muestra los parámetros de calidad obtenidos en la validación de modelos de una variable en acometidas. Se representan los valores correspondientes a la desagregación que proporcionan los mejores resultados en cada variable.

TABLA 50. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS

Ámbito	Pendiente Media	Coefficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Tip. de Radio
Profundidad	0.950	0.987	0.052	0.155	0.091
Diámetro	0.975	0.989	0.027	0.157	0.086
Año	0.974	0.990	0.027	0.158	0.087
Terreno	0.965	0.987	0.037	0.167	0.089
Uso del Suelo	0.964	0.986	0.038	0.168	0.090

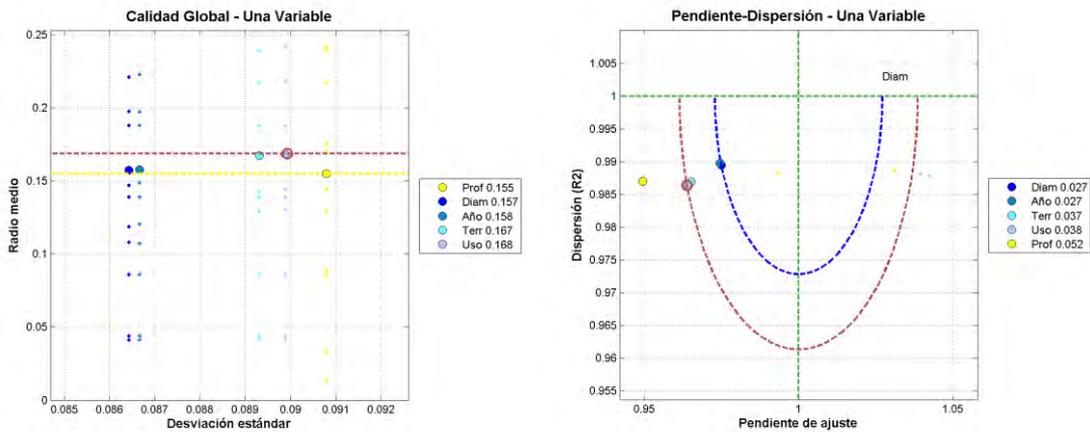
La Figura 131 presenta los gráficos de resultados obtenidos. Para cada variable se representa el valor de los parámetros de calidad (pendiente de la recta de ajuste y coeficiente de correlación) en función del caso de validación analizado. Se representan también, en color marrón, los valores de los parámetros de calidad obtenidos en el modelo de orden cero, que sirve de referencia.

FIGURA 131. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN UNO EN ACOMETIDAS, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En la Figura 132 se presentan dos gráficos globales que permiten visualizar los resultados obtenidos. El gráfico de la izquierda representa el valor medio de los radios de cada uno de los 12 casos de validación (eje vertical) en función de la desviación estándar de esos valores (eje horizontal). Se utiliza un código de colores para identificar cada variable. Con puntos más pequeños del mismo color se representan los valores individuales obtenidos en cada caso. La línea horizontal marrón representa el valor correspondiente al modelo de orden cero (en este caso 0,169), mientras que la línea de color (en este caso amarillo, correspondiente a **Profundidad**) representa el menor radio medio (en este caso 0,155). La leyenda incluye el valor del radio medio junto a cada variable. En el gráfico de la derecha se presentan los valores de pendiente (eje horizontal) y coeficiente de correlación (eje vertical) para todos los casos analizados. Cada uno de los puntos corresponde a un caso de validación. Los valores medios de pendiente y coeficiente de correlación se presentan con un punto más grueso del mismo color. La leyenda permite identificar cada variable, junto con el valor del radio correspondiente al punto medio. En este gráfico se ha marcado con un círculo marrón el radio correspondiente al modelo de orden cero (radio 0,039), y con un círculo del color de la variable (en este caso, azul, que corresponde a Diámetro) el menor radio de los obtenidos (en este caso 0,027). La distancia entre los círculos indica el grado de mejora obtenido con el mejor modelo.

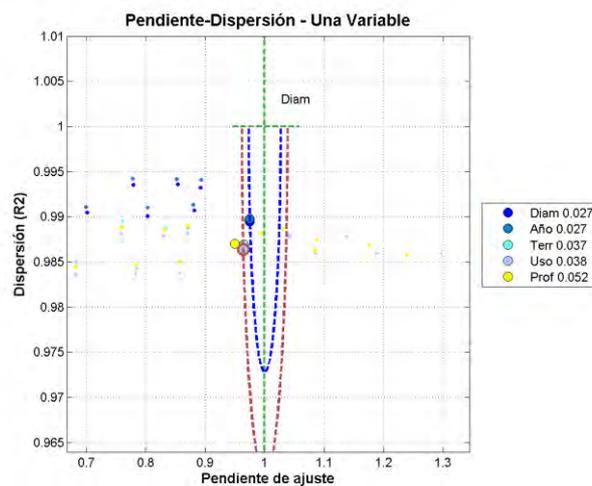
FIGURA 132. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN UNO EN ACOMETIDAS



Resulta curioso que la variable que proporciona el menor radio medio (*Profundidad*, en amarillo) es la que presenta el peor resultado en cuanto a parámetro de calidad del punto medio, con un resultado (0,052) incluso peor que el correspondiente al modelo de orden cero (0,039). Esto es así debido a la alta dispersión de los valores obtenidos.

La Figura 133 ilustra este aspecto ya que muestra toda la nube de puntos que se obtiene. Puede apreciarse que la dispersión de resultados es muy elevada.

FIGURA 133. GRÁFICO COMPLETO PENDIENTE-DISPERSIÓN DE LOS MODELOS DE ORDEN UNO EN ACOMETIDAS



Claramente, las variables *Diámetro* y *Año* son preferibles a *Profundidad*, ya que su dispersión es mucho menor y el valor del radio medio es casi igual. Las otras dos variables analizadas, *Terreno* y *Uso del Suelo* prácticamente no aportan nada con relación al modelo de orden cero.

4.2.2. Red de Distribución

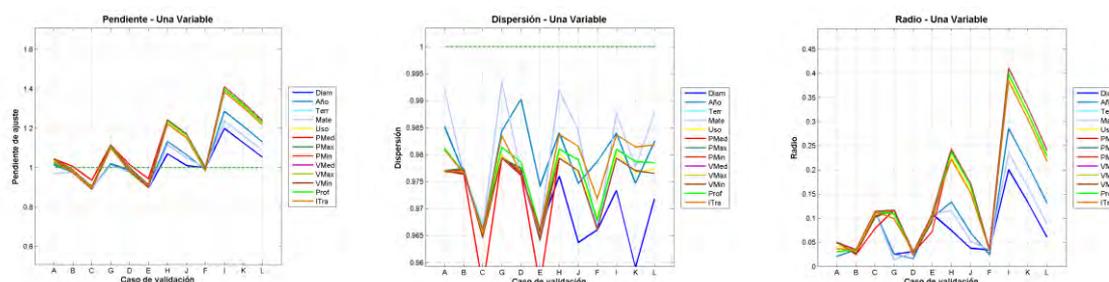
La Tabla 51 presenta los parámetros de calidad obtenidos en la validación de modelos de una variable en la red de distribución. Se representan los valores correspondientes a la desagregación, que proporcionan los mejores resultados en cada variable.

TABLA 51. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

Ámbito	Pendiente Media	Coefficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Tip. de Radio
Diámetro	1.021	0.971	0.036	0.075	0.053
Material	1.030	0.980	0.036	0.085	0.066
Año	1.049	0.980	0.053	0.097	0.084
Uso del Suelo	1.099	0.975	0.102	0.149	0.119
Profundidad	1.100	0.976	0.103	0.151	0.122
Presión Máxima	1.112	0.975	0.115	0.153	0.127
Presión Media	1.112	0.975	0.115	0.153	0.127
Presión Mínima	1.111	0.975	0.114	0.154	0.127
Terreno	1.108	0.975	0.111	0.156	0.125
Velocidad Máxima	1.108	0.975	0.111	0.156	0.125
Velocidad Media	1.108	0.975	0.111	0.156	0.125
Velocidad Mínima	1.107	0.975	0.110	0.157	0.125
Transitorios	1.108	0.975	0.111	0.157	0.126

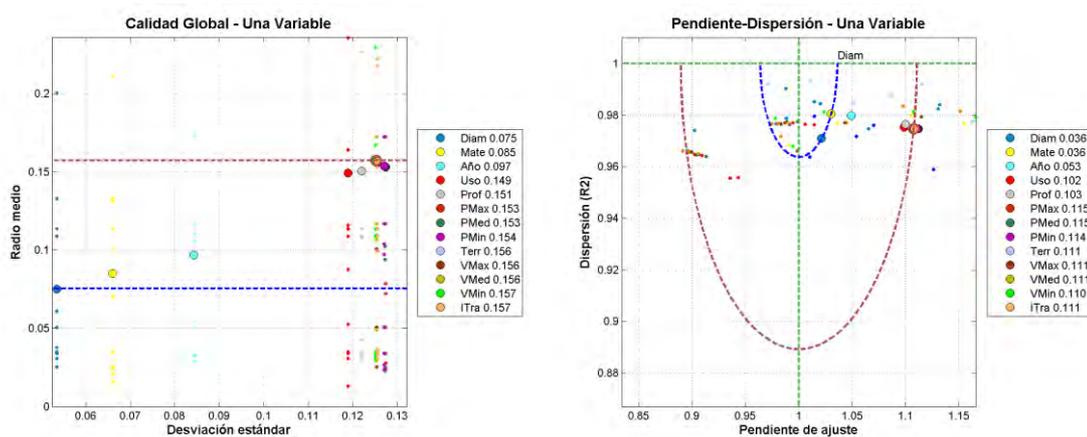
La Figura 134 presenta los gráficos resumen de los resultados obtenidos. Para cada variable se representa el valor de los parámetros de calidad (pendiente de la recta de ajuste, coeficiente de correlación y radio) en función del caso de validación. Se representan también, en color marrón, los valores de los parámetros de calidad obtenidos en el modelo de orden cero, que sirve de referencia.

FIGURA 134. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN UNO EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En la Figura 135 se presentan los dos gráficos globales que permiten visualizar los resultados obtenidos. En el gráfico de la izquierda se presenta el valor medio de los radios de cada uno de los 12 casos de validación (eje vertical), en función de la desviación estándar de esos valores (eje horizontal). En el gráfico de la izquierda se presentan los valores de pendiente (eje horizontal) y coeficiente de correlación (eje vertical).

FIGURA 135. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN UNO EN RED DISTRIBUCIÓN



En este caso se aprecia que el orden de las variables que producen los mejores modelos es el mismo en los dos casos: **Diámetro**, **Material** y **Año** que proporcionan parámetros de calidad muy superiores al modelo de orden cero. La variable **Diámetro** es la que mejor comportamiento presenta en ambos casos, consiguiendo una mejora sustancial del modelo de orden cero. **Material** y **Año** tienen también un comportamiento muy bueno. Las variables **Uso del Suelo** y **Profundidad** presentan resultados intermedios. Los peores resultados se obtienen con **Terreno**, con las variables hidráulicas de presión y velocidad y con el indicador de **Transitorios**, que por sí solas no son capaces de mejorar el comportamiento del modelo de orden cero.

4.2.3. Red Estratégica

La Tabla 52 presenta los parámetros de calidad obtenidos en la validación de modelos de una variable en la **Red Estratégica**.

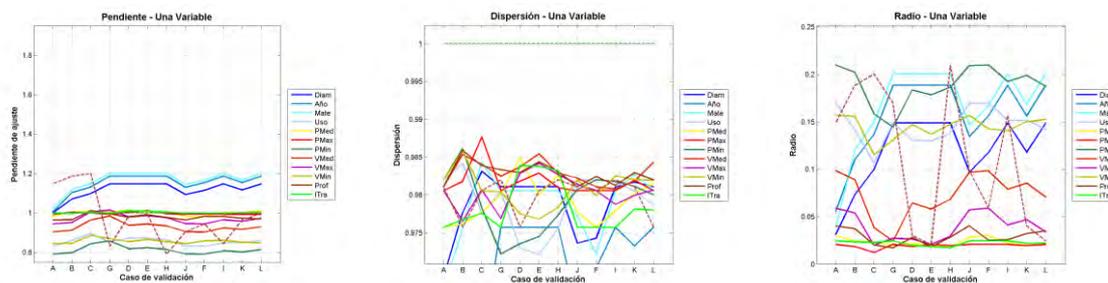
Se representan los valores correspondientes a la desagregación que proporcionan los mejores resultados en cada variable.

TABLA 52. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA

Ámbito	Pendiente Media	Coefficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Típ. de Radio
Material	1.000	0.980	0.020	0.073	0.056
Diámetro	0.948	0.977	0.057	0.073	0.063
Año	0.971	0.979	0.036	0.086	0.059
Uso del Suelo	1.015	0.980	0.025	0.093	0.078
Profundidad	0.988	0.981	0.023	0.095	0.068
Presión Máxima	1.010	0.981	0.021	0.096	0.078
Presión Media	1.006	0.981	0.020	0.098	0.078
Velocidad Media	0.983	0.981	0.025	0.100	0.069
Presión Mínima	1.003	0.981	0.019	0.100	0.078
Velocidad Máxima	0.987	0.980	0.024	0.102	0.073
Transitorios	0.993	0.980	0.021	0.103	0.074
Velocidad Mínima	0.995	0.981	0.019	0.107	0.078

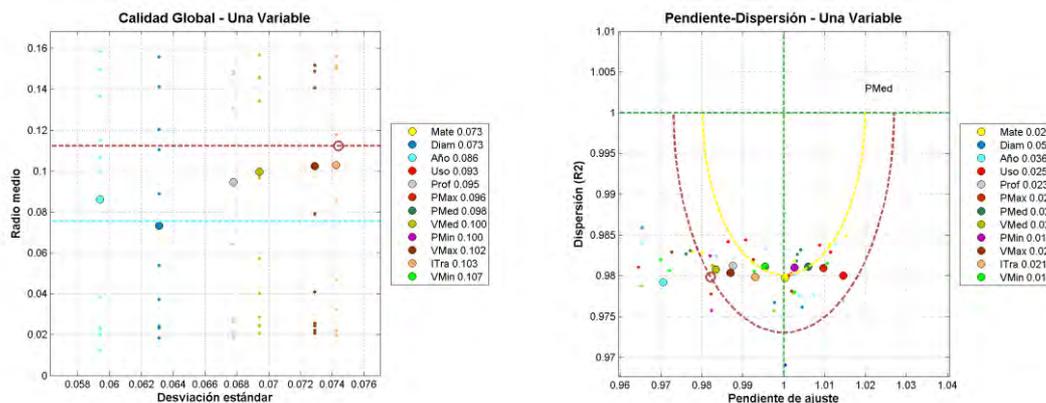
Las figuras 136 y 137 presentan los gráficos resumen de los resultados obtenidos. Para cada variable se representa el valor de los parámetros de calidad (pendiente de la recta de ajuste, coeficiente de correlación y radio) en función del caso de validación. Se representan también, en color marrón, los valores de los parámetros de calidad obtenidos en el modelo de orden cero, que sirve de referencia.

FIGURA 136. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN UNO EN RED ESTRATÉGICA



En la Figura 137 se presentan los dos gráficos globales que permiten visualizar los resultados obtenidos. En el gráfico de la izquierda se presenta el valor medio de los radios de cada uno de los 12 casos de validación (eje vertical), en función de la desviación estándar de esos valores (eje horizontal). En el gráfico de la derecha se presentan los valores de pendiente (eje horizontal) y coeficiente de correlación (eje vertical).

FIGURA 137. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN UNO EN RED ESTRATÉGICA



En la red estratégica las variables que mejor comportamiento global tienen son **Material** y **Diámetro**, seguidas de **Año** y, en menor medida, **Uso del Suelo** y **Profundidad**. A diferencia de la red de distribución las variables hidráulicas sí mejoran los resultados del modelo de orden cero en este caso.

Dado que en la red estratégica el número de roturas es mucho más bajo que en la red de distribución, los resultados presentan una mayor dispersión, lo que puede justificar el hecho de que los radios de los puntos medios de cada variable no presenten un comportamiento significativamente mejor que el del modelo de orden cero.

4.2.4. Elementos

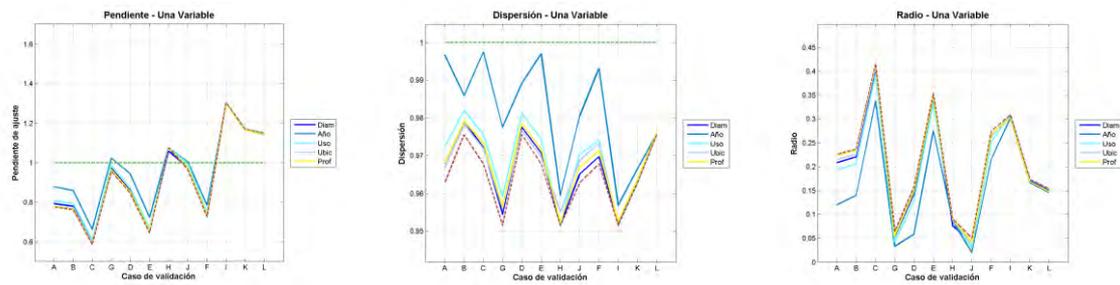
En la Tabla 53 se presentan los parámetros de calidad obtenidos en la validación de modelos de una variable en **Elementos**. Se representan los valores correspondientes a la desagregación que proporcionan los mejores resultados en cada variable.

TABLA 53. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS

Ámbito	Pendiente Media	Coficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Tip. de Radio
Año	0.964	0.981	0.041	0.159	0.105
Uso del Suelo	0.932	0.969	0.074	0.192	0.114
Diámetro	0.921	0.967	0.086	0.198	0.115
Ubicación	0.920	0.967	0.086	0.203	0.115
Profundidad	0.917	0.967	0.089	0.204	0.116

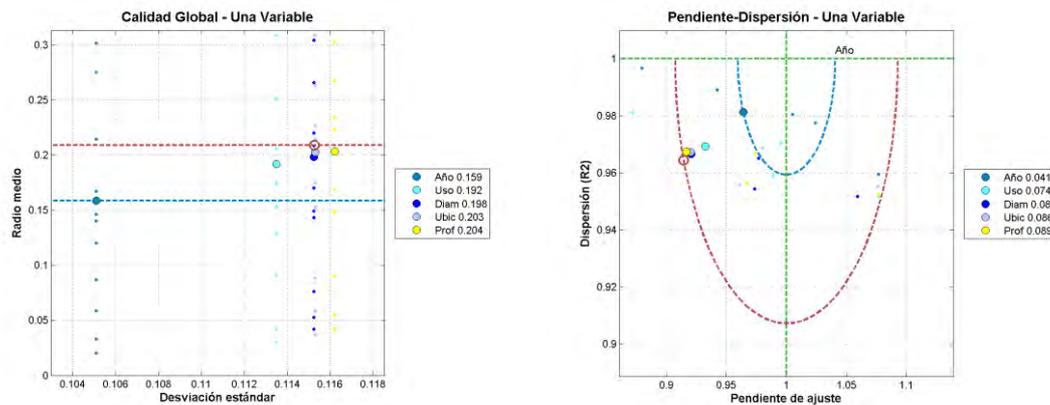
Las figuras 138 y 139 presentan los gráficos resumen de los resultados obtenidos. Para cada variable se representa el valor de los parámetros de calidad (pendiente de la recta de ajuste y coeficiente de correlación) en función del caso de validación analizado. Se representan también, en color marrón, los valores de los parámetros de calidad obtenidos en el modelo de orden cero, que sirve de referencia.

FIGURA 138. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN UNO EN ELEMENTOS, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



La Figura 139 presenta los dos gráficos globales que visualizan los resultados obtenidos. El gráfico de la izquierda representa el valor medio de los radios de cada uno de los 12 casos de validación (eje vertical), en función de la desviación estándar de esos valores (eje horizontal). En el gráfico de la derecha se presentan los valores de pendiente (eje horizontal) y coeficiente de correlación (eje vertical) para todos los casos analizados.

FIGURA 139. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN UNO EN ELEMENTOS



La variable que proporciona el mejor comportamiento es el **Año de instalación**, seguida a bastante distancia por **Uso del Suelo**. Las otras tres variables, **Diámetro**, **Ubicación** y **Profundidad** presentan resultados sólo ligeramente mejores que el modelo de orden cero.

4.3. MODELOS DE DOS VARIABLES CONJUNTAS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de dos variables consideradas conjuntamente; es decir, modelos de orden (2,0). Al igual que en el caso anterior los modelos construidos se han validado utilizando distintas agregaciones de componentes, de uno a diez intervalos y un modelo con la máxima desagregación posible. En todos los casos se ha utilizado el mismo nivel de desagregación para las dos variables del modelo.

Se presentan los gráficos finales de comparación donde los pares de valores de los parámetros de calidad se representan como un punto en el espacio (pendiente, coeficiente de regresión). Se ha marcado, en marrón, la circunferencia que pasa por el punto correspondiente al cálculo realizado con el modelo de orden cero. Se ha marcado, en el color correspondiente a la variable, la circunferencia que pasa por el mejor resultado obtenido en el modelo de orden uno con esa variable. Finalmente, se ha marcado la circunferencia correspondiente al mejor valor de la variable combinada, indicando la variable de que se trata y el nivel de desagregación.

4.3.1. Acometidas

Las figuras 140 a 145 muestran los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden dos en **Acometidas**.

Se presentan inicialmente los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden uno (Profundidad, Diámetro y Año) y finalmente se presenta un resumen de los mejores modelos de orden (2,0).

Profundidad

FIGURA 140. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ACOMETIDAS PARA LA VARIABLE PROFUNDIDAD EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

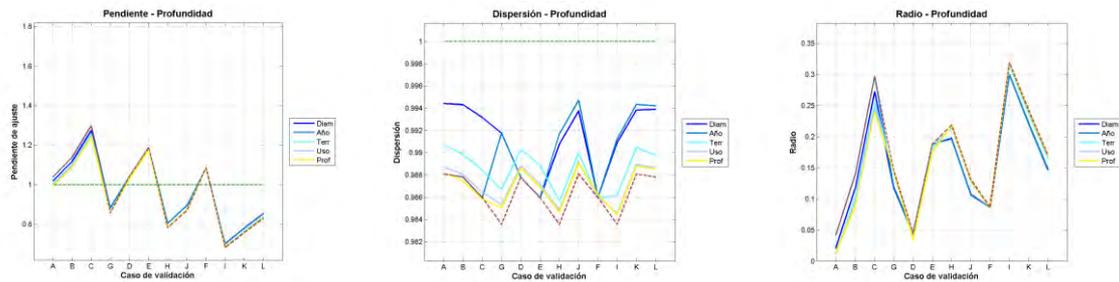
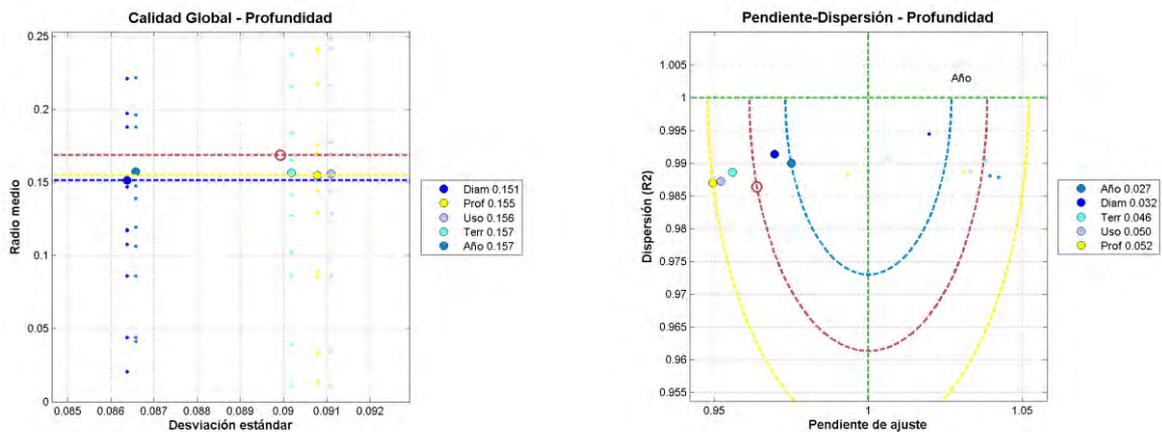


FIGURA 141. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ACOMETIDAS PARA LA VARIABLE PROFUNDIDAD EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En el análisis del radio medio el mejor resultado se obtiene para la combinación de **Profundidad** con **Diámetro**, que mejora ligeramente el resultado obtenido en el modelo de orden uno para Profundidad.

Las variables **Año**, **Terreno** y **Uso del Suelo** prácticamente no mejoran los resultados. En el análisis de los puntos medios el mejor resultado corresponde a la combinación de **Profundidad** con **Año** y **Diámetro**.

Diámetro

FIGURA 142. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ACOMETIDAS PARA LA VARIABLE DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

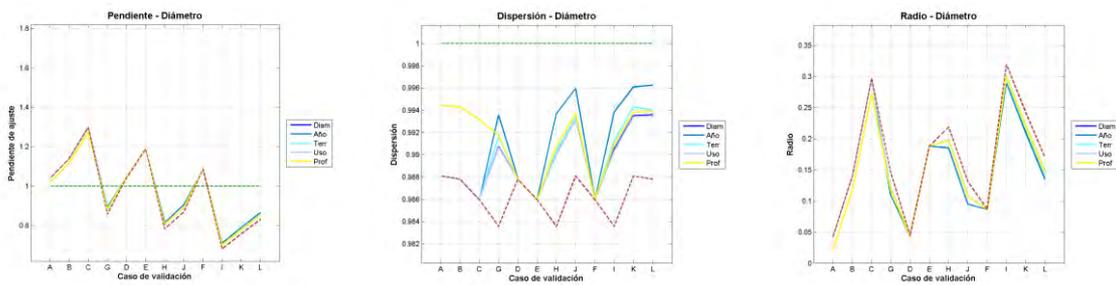
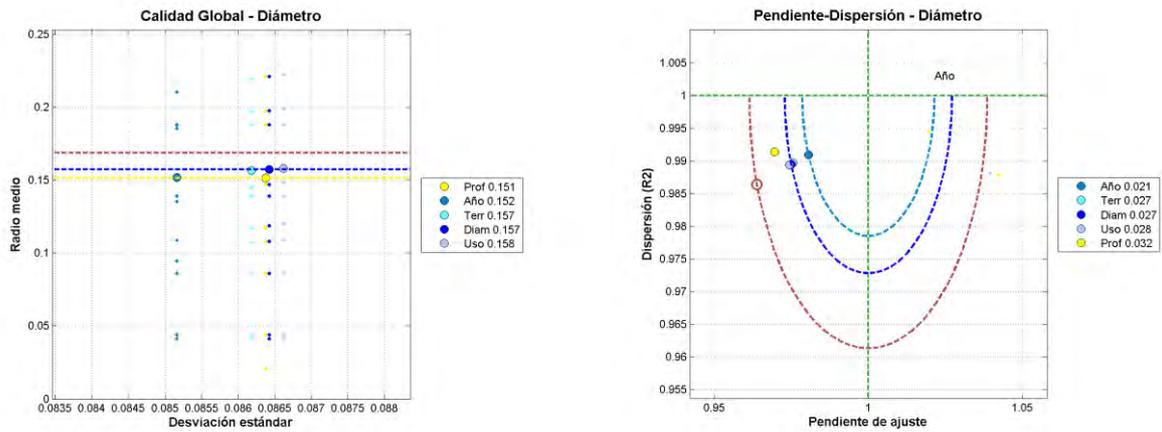


FIGURA 143. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ACOMETIDAS PARA LA VARIABLE DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Diámetro** con **Profundidad** y **Año**, que mejora ligeramente el resultado obtenido en el modelo de orden uno para Diámetro. Las variables **Terreno** y **Uso** prácticamente no mejoran los resultados.

Año

FIGURA 144. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ACOMETIDAS PARA LA VARIABLE AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

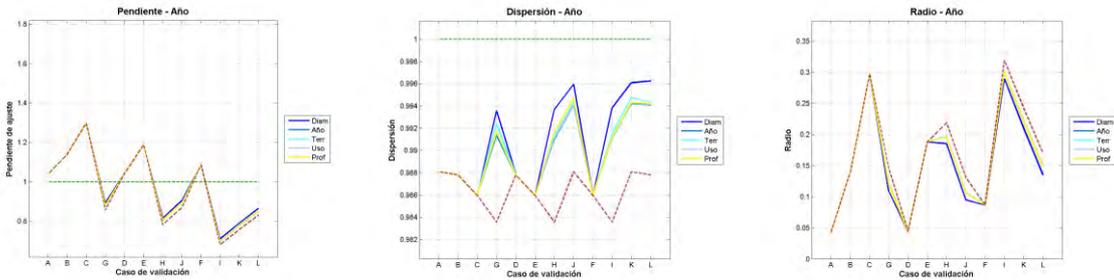
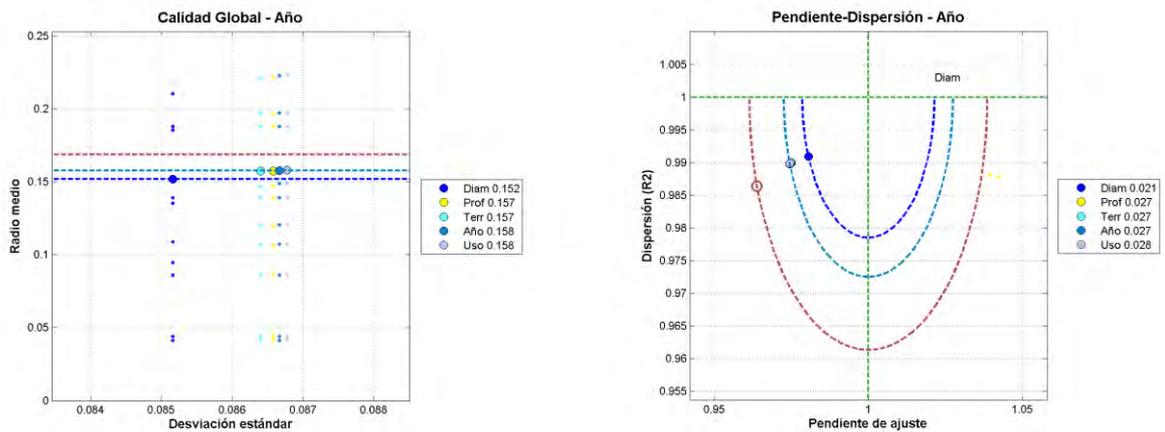


FIGURA 145. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ACOMETIDAS PARA LA VARIABLE AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Año** con **Diámetro**, que mejora ligeramente el resultado obtenido en el modelo de orden uno para Año. Las variables **Profundidad**, **Terreno** y **Uso del Suelo** prácticamente no mejoran los resultados.

Mejores modelos

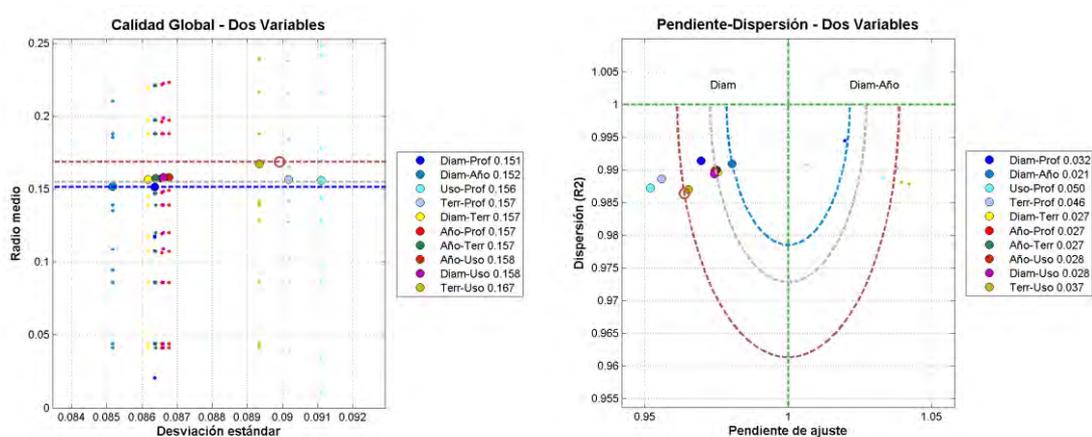
La Tabla 54 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de dos variables consideradas conjuntamente en **Acometidas**.

TABLA 54. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE DOS VARIABLES CONJUNTAS, PARA ACOMETIDAS

Variable 1	Variable 2	Pendiente Media	Coefficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Tip. de Radio
Diámetro	Profundidad	0.970	0.991	0.032	0.151	0.086
Diámetro	Año	0.981	0.991	0.021	0.152	0.085
Uso del Suelo	Profundidad	0.952	0.987	0.050	0.156	0.091
Terreno	Profundidad	0.956	0.989	0.046	0.157	0.090
Diámetro	Terreno	0.976	0.990	0.027	0.157	0.086
Año	Profundidad	0.975	0.990	0.027	0.157	0.087
Año	Terreno	0.975	0.990	0.027	0.157	0.086
Año	Uso del Suelo	0.974	0.990	0.028	0.158	0.087
Diámetro	Uso del Suelo	0.974	0.989	0.028	0.158	0.087
Terreno	Uso del Suelo	0.965	0.987	0.037	0.167	0.089

Los mejores resultados se obtienen para las combinaciones de **Diámetro** con **Profundidad** y con **Año**. La Figura 146 permite la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden uno, correspondiente a la variable **Profundidad** (0,155). Puede apreciarse que se consigue una mejora al combinar Diámetro con Profundidad (0,151) o con Año (0,152), pero no en el resto de combinaciones de orden (2,0), que no proporcionan mejores resultados que el mejor modelo de orden uno.

FIGURA 146. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ACOMETIDAS



4.3.2. Red de Distribución

Seguidamente se presentan en las figuras 147 a 152 los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden (2,0) en la **Red de Distribución**.

Inicialmente se muestra los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden uno (**Diámetro**, **Material** y **Año**). Finalmente se muestra un resumen de los diez mejores modelos de orden (2,0).

Diámetro

FIGURA 147. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA VARIABLE DIÁMETRO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

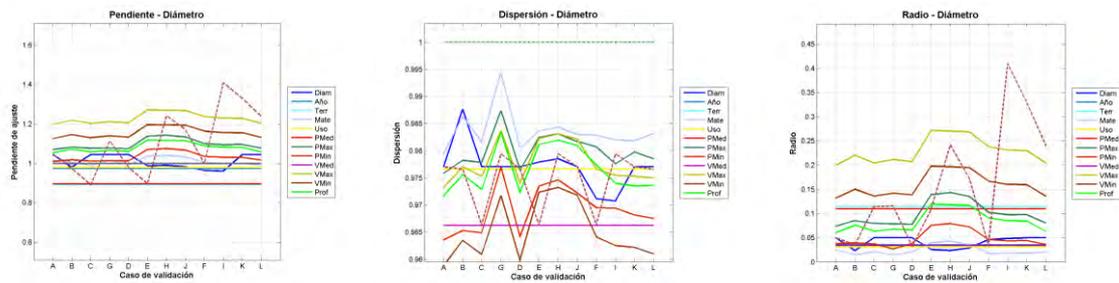
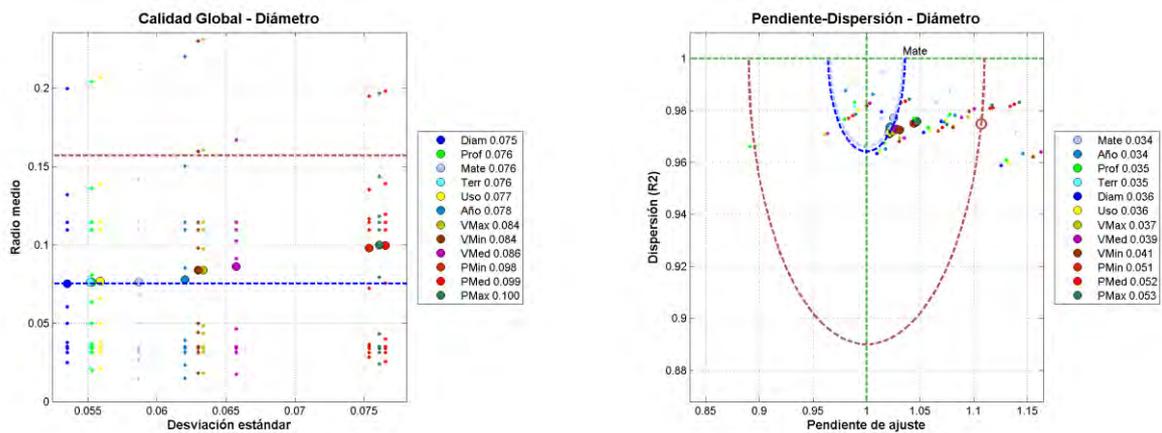


FIGURA 148. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA VARIABLE DIÁMETRO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En este caso el modelo de orden (2,0) no supera el resultado del modelo de orden uno. El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Diámetro** con **Profundidad**, **Terreno** y **Material**, pero todos tienen un radio medio inferior (0,076) al que se obtiene únicamente considerando Diámetro (0,075). En el caso de radio del punto medio hay una ligera mejoría si se considera la pareja Diámetro y Año.

Material

FIGURA 149. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA VARIABLE MATERIAL, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

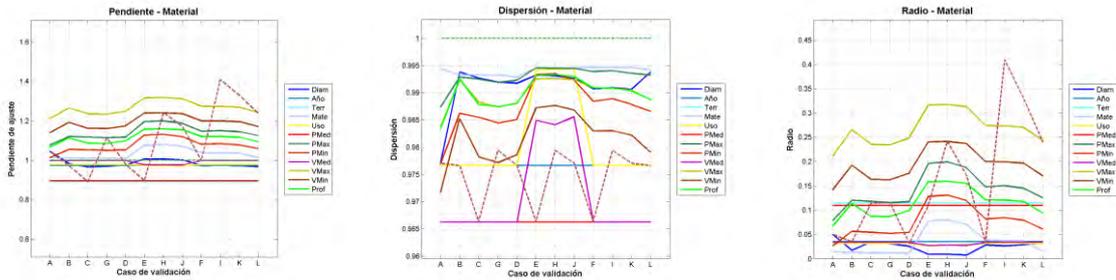
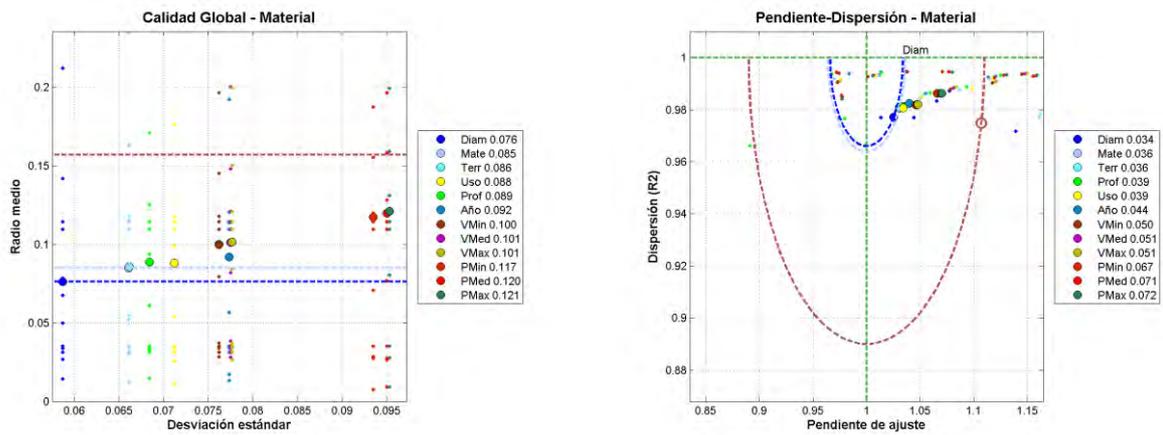


FIGURA 150. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA VARIABLE MATERIAL, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Material** con **Diámetro** (0,076), que mejora ligeramente el resultado obtenido en el modelo de orden uno para **Material** (0,085).

La combinación de Material con las variables Terreno, Profundidad y Uso del Suelo ya presentan resultados peores que los obtenidos considerando únicamente Material.

Año

FIGURA 151. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA VARIABLE AÑO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

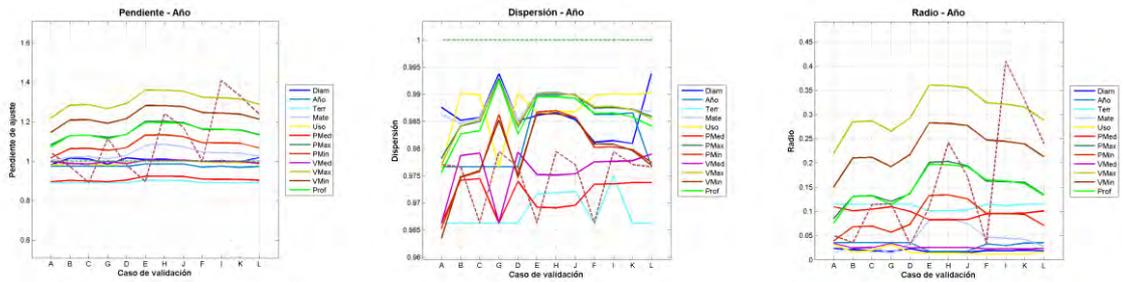
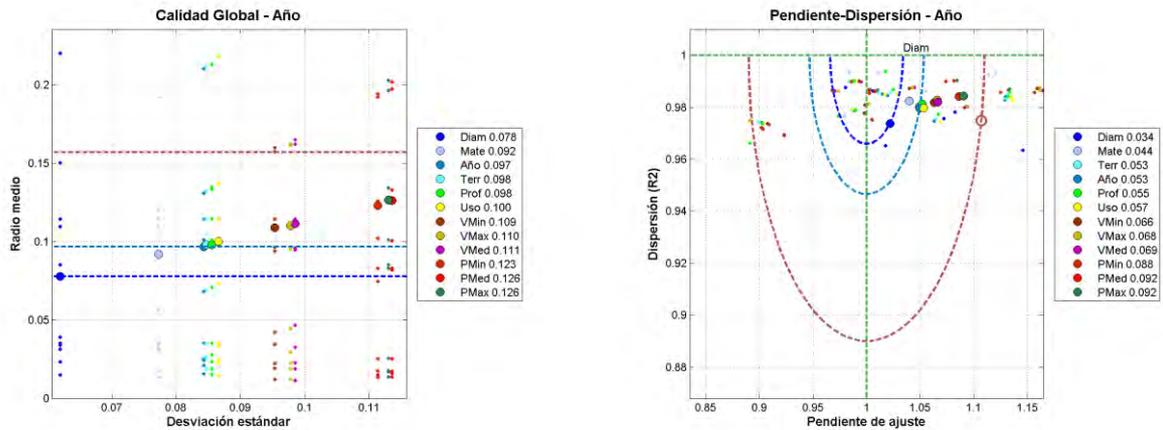


FIGURA 152. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA VARIABLE AÑO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Año** con **Diámetro** (0,078), que mejora sensiblemente el resultado obtenido en el modelo de orden uno para Año (0,097).

La variable **Material** también mejora ligeramente los resultados (0,092).

Mejores modelos

La Tabla 55 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de dos variables consideradas conjuntamente en Red de Distribución.

TABLA 55. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE DOS VARIABLES CONJUNTAS, PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

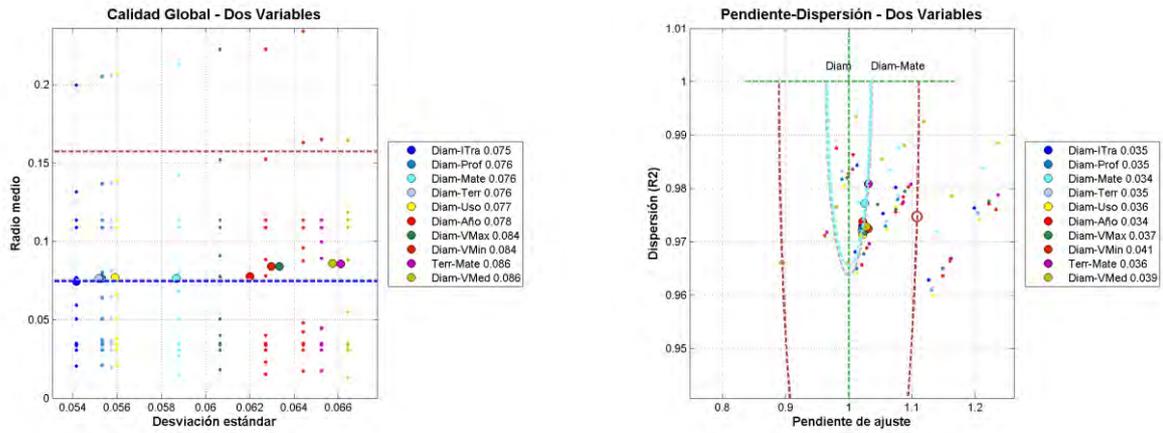
<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>	<i>Pendiente Media</i>	<i>Coefficiente R² Medio</i>	<i>Radio Pendiente Media</i>	<i>Media de Radio</i>	<i>Des. Típ. de Radio</i>
Diámetro	Transitorios	1.022	0.973	0.035	0.075	0.054
Diámetro	Profundidad	1.021	0.972	0.035	0.076	0.055
Diámetro	Material	1.025	0.977	0.034	0.076	0.059
Diámetro	Terreno	1.021	0.972	0.035	0.076	0.055
Diámetro	Uso del Suelo	1.022	0.971	0.036	0.077	0.056
Diámetro	Año	1.022	0.974	0.034	0.078	0.062
Diámetro	Velocidad Máxima	1.024	0.972	0.037	0.084	0.063
Diámetro	Velocidad Mínima	1.031	0.973	0.041	0.084	0.063
Terreno	Material	1.031	0.981	0.036	0.086	0.066
Diámetro	Velocidad Media	1.027	0.973	0.039	0.086	0.066

En el caso de Red de Distribución los modelos de orden (2,0) no permiten mejorar los resultados obtenidos considerando una única variable.

Los mejores resultados se obtienen para la combinación de **Diámetro** con distintas variables, pero todos los valores de radio medio son inferiores a los obtenidos considerando únicamente Diámetro como variable explicativa.

Los gráficos siguientes permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en color gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden uno, que correspondía a la variable Diámetro. Puede apreciarse que se sólo se consigue una ligera mejora al combinar Diámetro con Material o con Año en el caso de radio correspondiente al punto medio.

FIGURA 153. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED DE DISTRIBUCIÓN



4.3.3. Red Estratégica

En las figuras 154 a 159 siguientes se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden (2,0) en la **Red Estratégica**.

Se muestran inicialmente los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden uno (Material, Diámetro y Año), seguido del resumen de los diez mejores modelos de orden (2,0).

Material

FIGURA 154. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA VARIABLE MATERIAL, PARA CASOS DE VALIDACIÓN

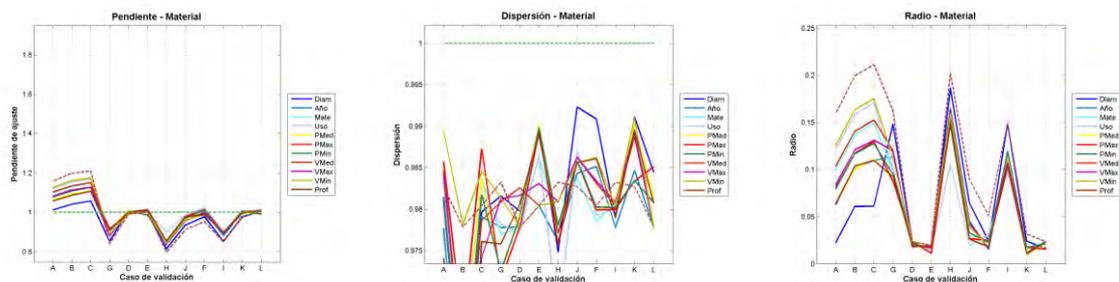
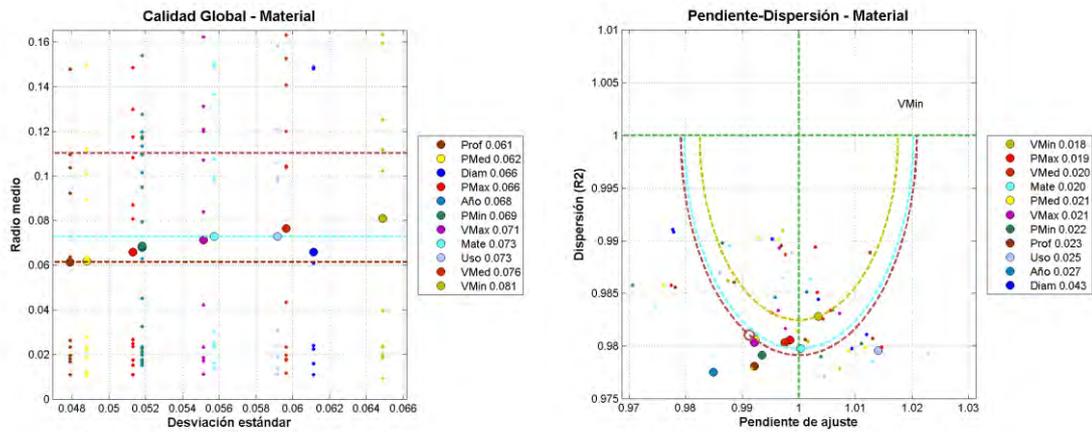


FIGURA 155. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA VARIABLE MATERIAL, PARA CASOS DE VALIDACIÓN



Prácticamente todas las variables mejoran los resultados obtenidos empleando sólo **Material** (0,073). El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Material** con **Profundidad** (0,061), pero otras combinaciones, por ejemplo, con Presión media (0,062), Diámetro (0,066) o Presión máxima (0,066) producen también buenos resultados. Las únicas variables que aparentemente no tienen efecto positivo son Velocidad Media y Velocidad mínima.

Diámetro

FIGURA 156. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA VARIABLE DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

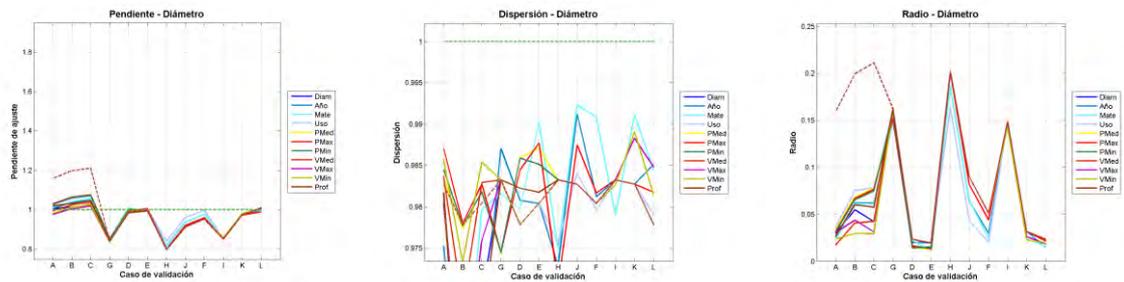
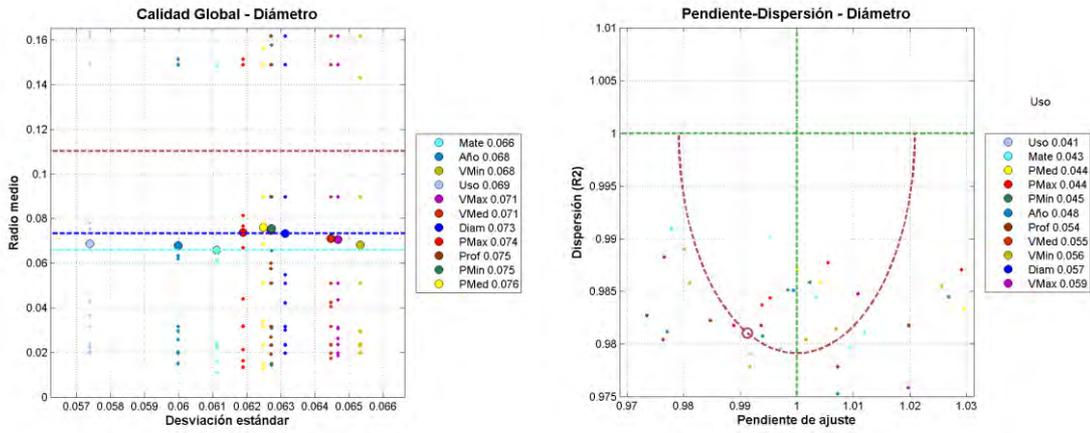


FIGURA 157. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA VARIABLE DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Diámetro** con **Material** (0,066), que mejora el resultado obtenido en el modelo de orden uno para Diámetro (0,073). Las variables Año, Uso del Suelo y las velocidades también mejoran ligeramente los resultados. Las variables de presión y Profundidad no producen mejoría.

Año

FIGURA 158. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA VARIABLE AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

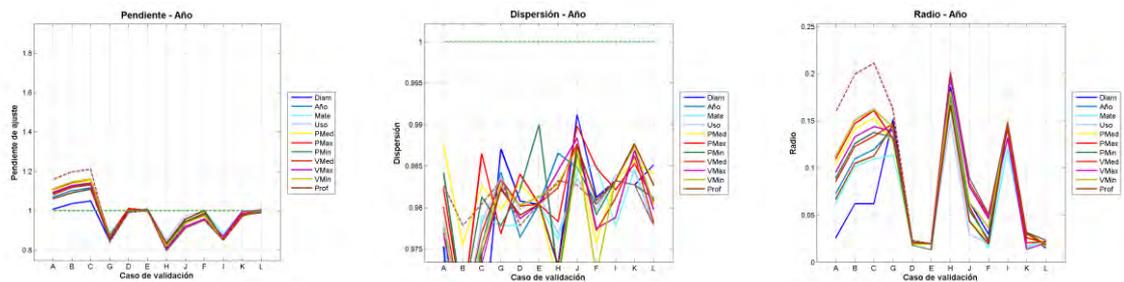
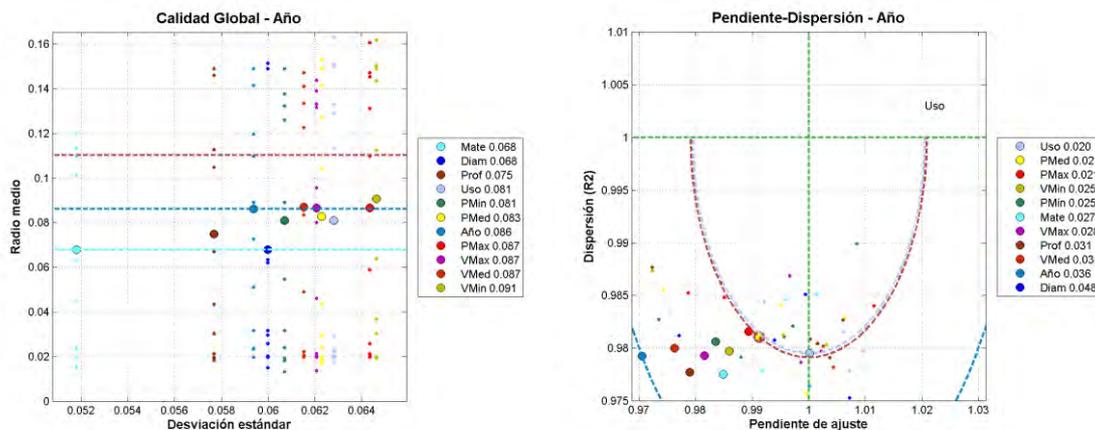


FIGURA 159. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA VARIABLE AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Año** con **Material** (0,068), que mejora sensiblemente el obtenido en el modelo de orden uno para **Diámetro** (0,086). Las variables Diámetro, Profundidad y las presiones también mejoran ligeramente los resultados. Las variables de velocidad no producen mejoría.

Mejores modelos

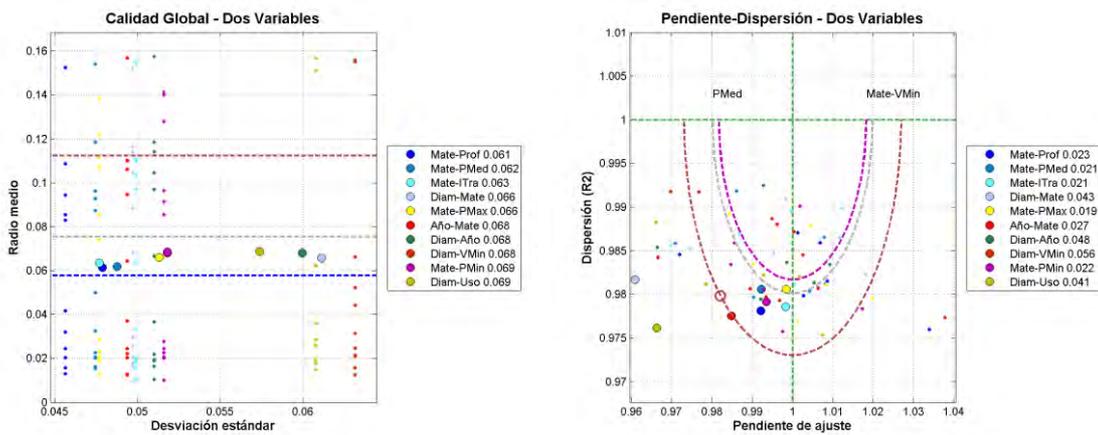
La Tabla 56 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de dos variables consideradas conjuntamente en **Red Estratégica**.

TABLA 56. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE DOS VARIABLES CONJUNTAS, PARA RED ESTRATÉGICA

Variable 1	Variable 2	Pendiente Media	Coficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Tip. de Radio
Material	Profundidad	0.992	0.978	0.023	0.061	0.048
Material	Presión media	0.992	0.981	0.021	0.062	0.049
Material	Transitorios	0.998	0.979	0.021	0.063	0.048
Diámetro	Material	0.961	0.982	0.043	0.066	0.061
Material	Presión máxima	0.998	0.981	0.019	0.066	0.051
Año	Material	0.985	0.978	0.027	0.068	0.052
Diámetro	Año	0.958	0.978	0.048	0.068	0.060
Diámetro	Velocidad mínima	0.947	0.982	0.056	0.068	0.065
Material	Presión mínima	0.994	0.979	0.022	0.069	0.052
Diámetro	Uso del Suelo	0.966	0.976	0.041	0.069	0.057

Los mejores resultados se obtienen para la combinación de **Material** con otras variables: **Profundidad, Transitorios, Diámetro, Año y Presión Media y Máxima**. Los gráficos de la Figura 160 permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden uno (0,073), que correspondía a la variable Diámetro. Puede apreciarse que se consigue una mejora con todos los modelos, especialmente al combinar Material con las variables mencionadas. En el caso del radio del punto medio sólo se consigue mejora, con relación al caso de referencia, mediante la combinación Material-Presión máxima.

FIGURA 160. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED ESTRATÉGICA



4.3.4. Elementos

A continuación, las figuras 161 a 165 presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden (2,0) en **Elementos**. Inicialmente se muestran los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden uno (**Año, Uso del Suelo y Diámetro**) y finalmente se presenta un resumen de los diez mejores modelos de orden (2,0).

Año

FIGURA 161. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE AÑO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

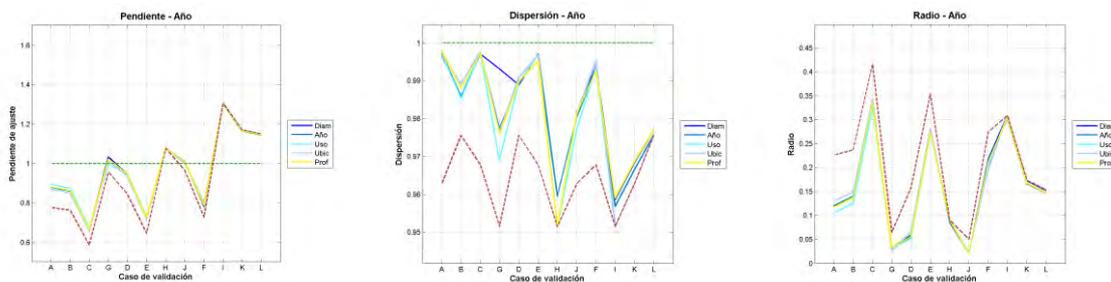
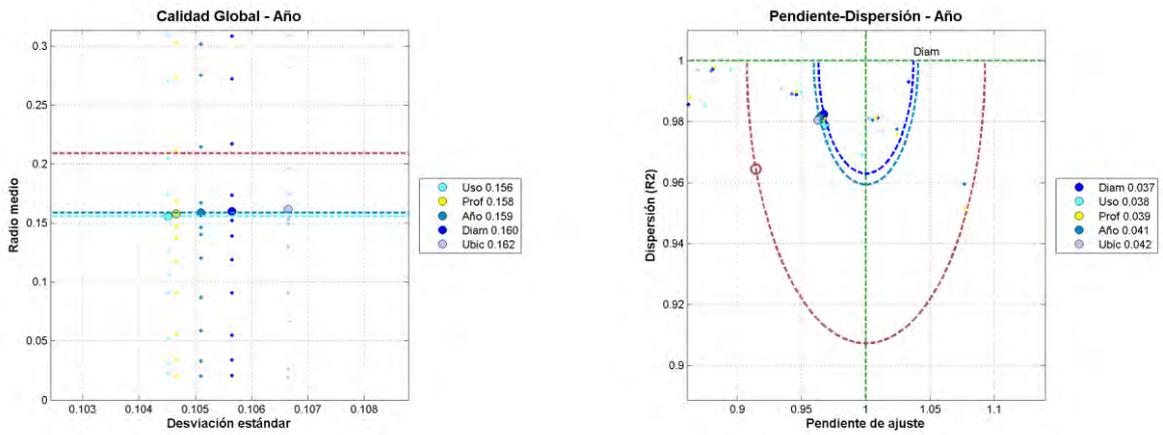


FIGURA 162. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE AÑO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Sólo se mejoran los resultados combinando **Año** con **Uso del Suelo** y **Profundidad**, pero de forma muy ligera (0,156 y 0,158 frente a 0,159). Las variables Diámetro y Ubicación no mejoran los resultados.

Uso del Suelo

FIGURA 163. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE USO DEL SUELO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

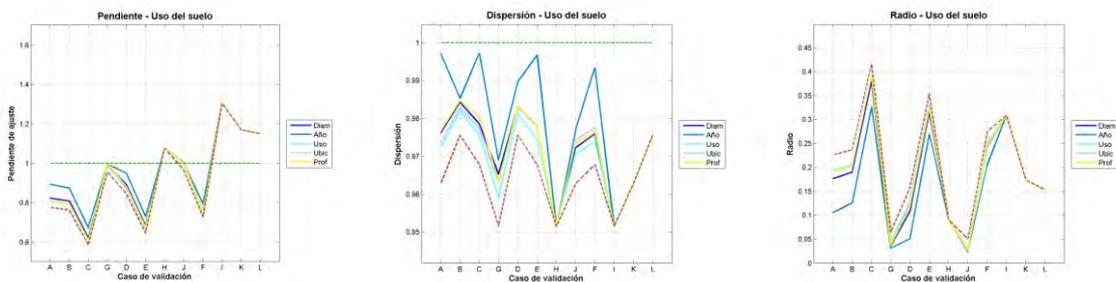
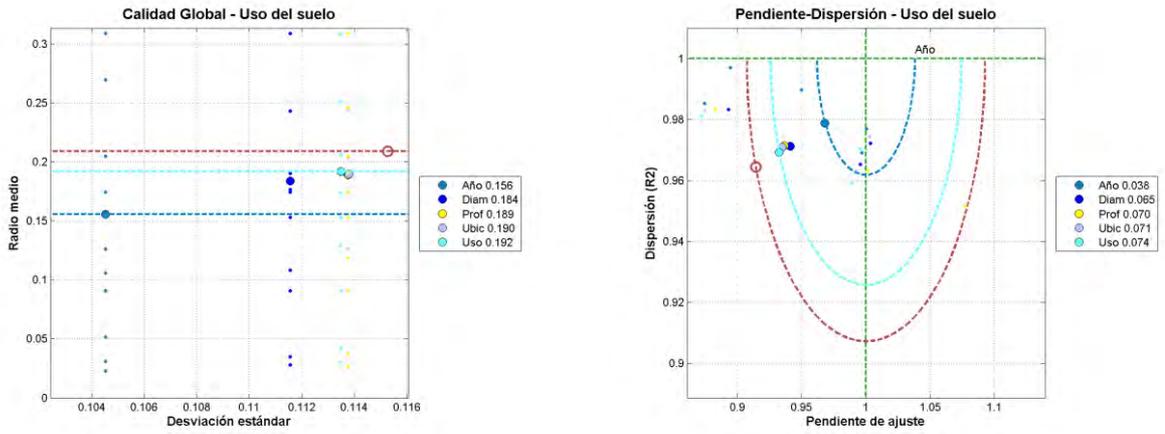


FIGURA 164. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE USO DEL SUELO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En este caso se consiguen mejoras muy significativas al combinar la variable **Uso del Suelo** con otras. El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Uso del Suelo** con **Año** (0,156), que mejora el resultado obtenido sólo con **Uso del Suelo** (0,192) mucho más que las otras variables: **Diámetro** (0,184), **Profundidad** (0,189) y **Ubicación** (0,190).

Diámetro

FIGURA 165. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

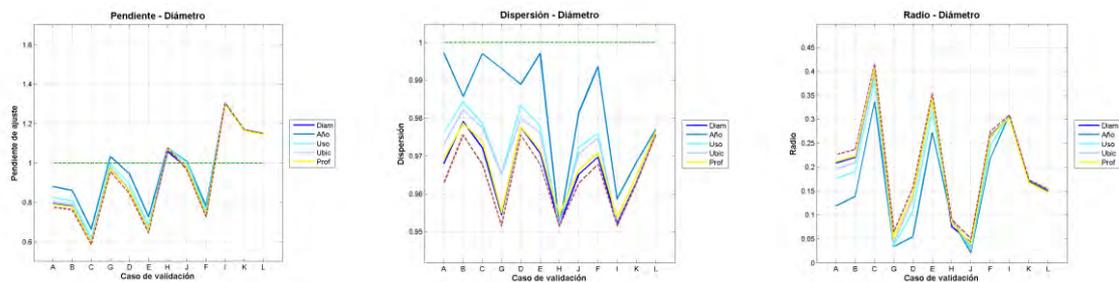
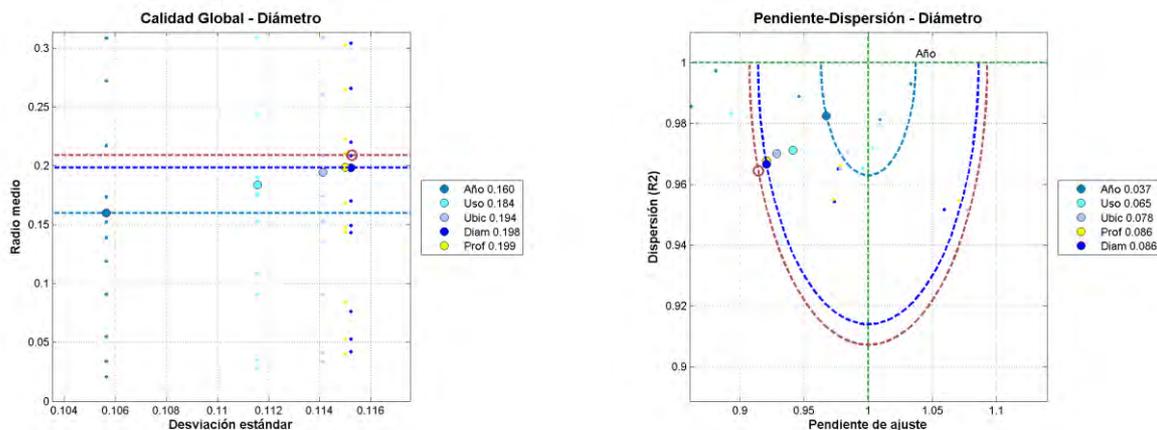


FIGURA 166. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Con la variable **Diámetro** la mejora es también muy significativa, probablemente debido a las discretas prestaciones de esta variable en el modelo de orden uno. El mejor resultado corresponde a la combinación de Diámetro y Año (0,160), que produce una mejora sustancial del resultado obtenido en el modelo de orden uno para Diámetro (0,198). Las variables Uso del Suelo y Ubicación también mejoran los resultados, pero en menor medida.

Mejores modelos

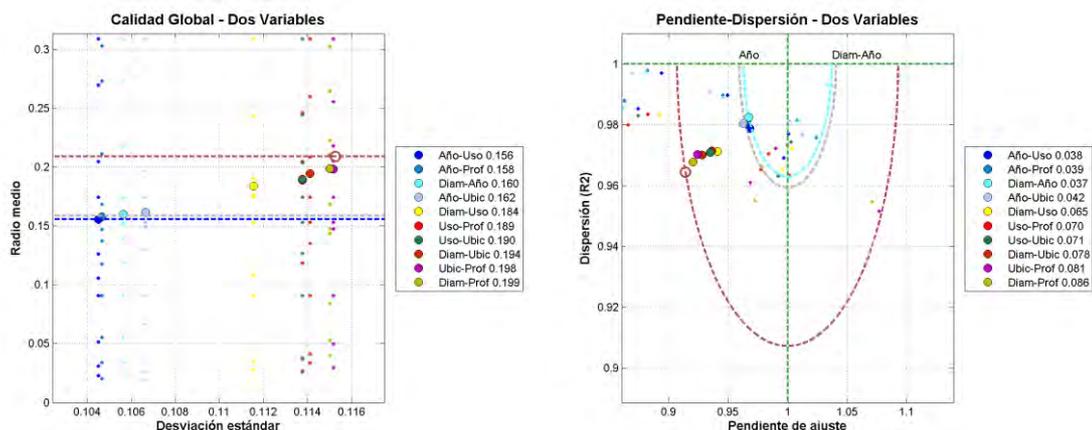
La Tabla 57 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de dos variables consideradas conjuntamente en **Elementos**.

TABLA 57. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE DOS VARIABLES CONJUNTAS, PARA ELEMENTOS

Variable 1	Variable 2	Pendiente Media	Coficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Tip. de Radio
Año	Uso del Suelo	0.968	0.979	0.038	0.156	0.105
Año	Profundidad	0.966	0.981	0.039	0.158	0.105
Diámetro	Año	0.967	0.982	0.037	0.160	0.106
Año	Ubicación	0.963	0.980	0.042	0.162	0.107
Diámetro	Uso del Suelo	0.941	0.971	0.065	0.184	0.112
Uso del Suelo	Profundidad	0.936	0.971	0.070	0.189	0.114
Uso del Suelo	Ubicación	0.935	0.971	0.071	0.190	0.114
Diámetro	Ubicación	0.928	0.970	0.078	0.194	0.114
Ubicación	Profundidad	0.925	0.970	0.081	0.198	0.115
Diámetro	Profundidad	0.921	0.968	0.086	0.199	0.115

Los mejores resultados se obtienen para la combinación de **Año** con **Uso del Suelo**, **Profundidad**, **Diámetro** y **Ubicación**. Los gráficos siguientes permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden uno, que correspondía a la variable Año. Puede apreciarse que solamente las combinaciones de Año con Uso del Suelo y Profundidad producen una muy ligera mejora (0,156 y 0,158) con relación al mejor modelo de orden uno (0,159).

FIGURA 167. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ELEMENTOS



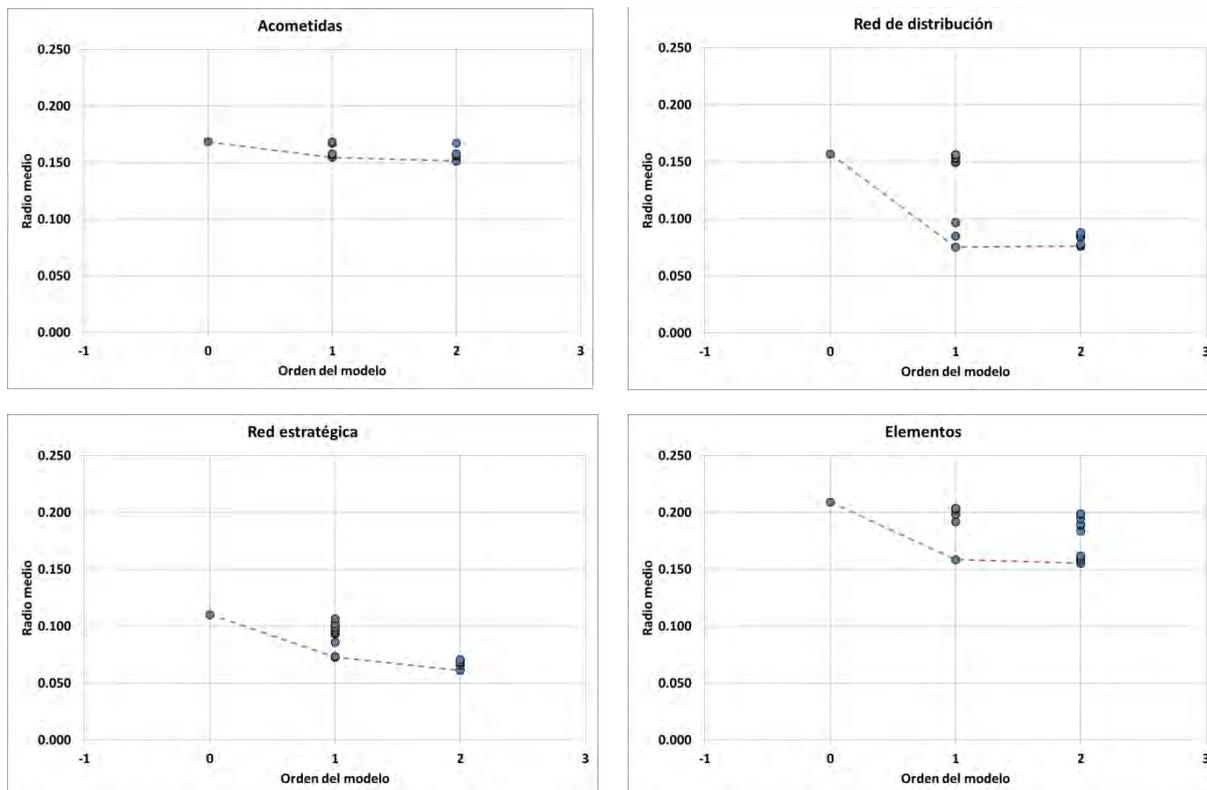
4.3.5. Resumen

A continuación, se resumen en la Figura 168 los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden (2,0).

Para cada ámbito se presenta un gráfico que recoge los valores del parámetro de calidad radio medio de los mejores modelos obtenidos. La línea roja de trazos une los mejores valores obtenidos en cada tipo de modelo.

Puede apreciarse que, en general, es mayor el incremento de calidad conseguido, al pasar del modelo de orden cero al modelo de orden uno, que al pasar del modelo de orden uno al modelo de orden (2,0).

FIGURA 168. VALORES DEL PARÁMETRO DE CALIDAD EN MODELOS HASTA ORDEN (2,0)



4.4. MODELOS DE DOS VARIABLES INDEPENDIENTES

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de dos variables consideradas independientemente; es decir, modelos de orden (0,2). Aunque se ha comprobado que existe dependencia estadística entre las variables, la estimación de las funciones de distribución conjuntas tiene mucha más incertidumbre que la estimación de las funciones de distribución marginales, y por ello tiene sentido analizar el comportamiento de este tipo de modelos.

Para facilitar la comparación se presentan los mismos gráficos y tablas de resultados que en el caso de variables conjuntas.

4.4.1. Acometidas

Seguidamente se presentan (figuras 169 a 174) los resultados obtenidos en la validación de los modelos de dos variables independientes en *Acometidas*. Se muestran inicialmente los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden uno (*Profundidad*, *Diámetro* y *Año*). Finalmente, en la Figura 175 se presenta un resumen de los mejores modelos de dos variables independientes.

Profundidad

FIGURA 169. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA VARIABLE PROFUNDIDAD EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

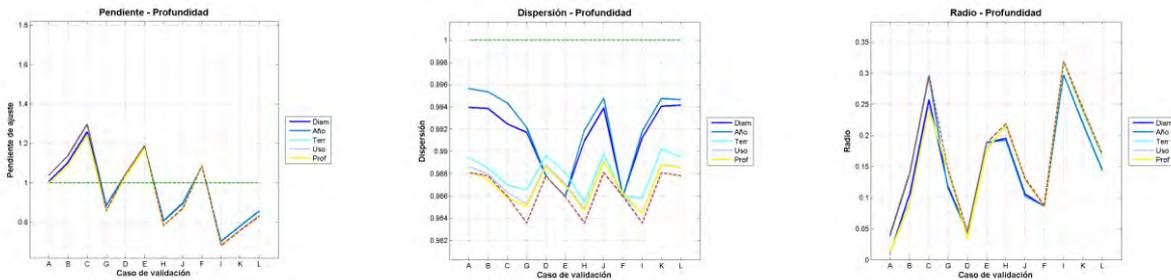
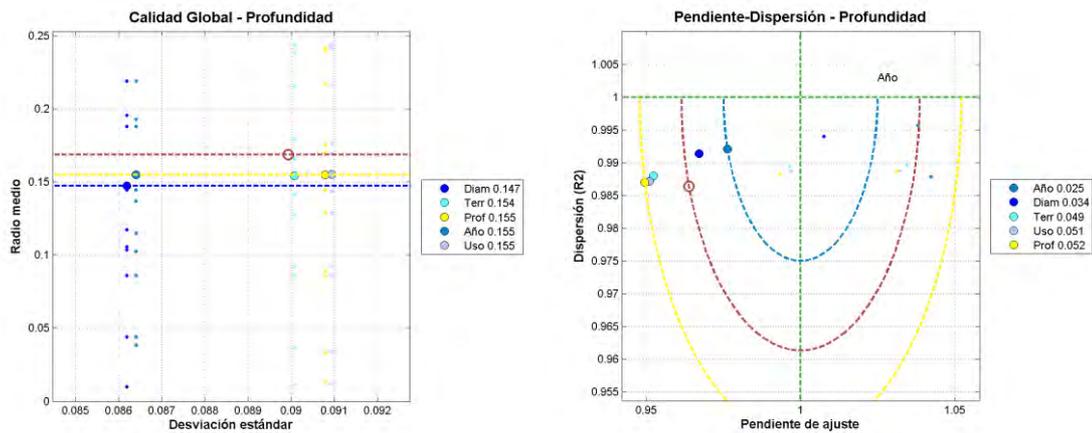


FIGURA 170. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA VARIABLE PROFUNDIDAD EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En el análisis del radio medio el mejor resultado se obtiene para la combinación de **Profundidad** con **Diámetro**, que mejora ligeramente (0,147) el resultado obtenido en el modelo de orden uno para Profundidad (0,155).

La variable **Terreno** produce una mejora muy ligera (0,154) y las variables **Año** y **Uso del Suelo** no mejoran los resultados.

En el análisis de los puntos medios el mejor resultado corresponde a la combinación de **Profundidad** con **Año**.

Diámetro

FIGURA 171. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

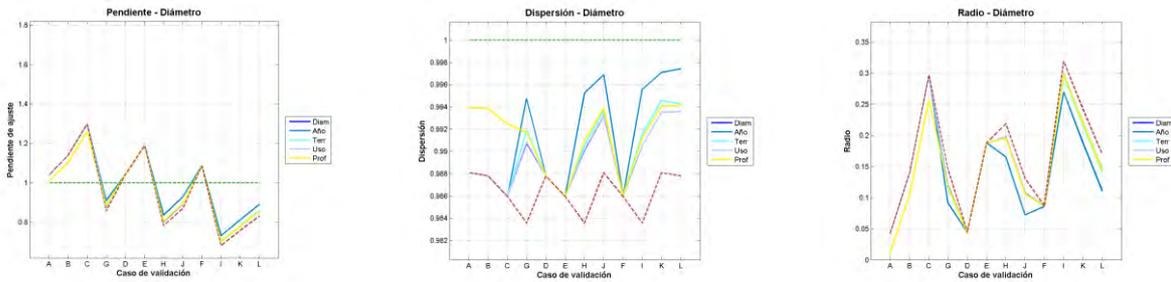
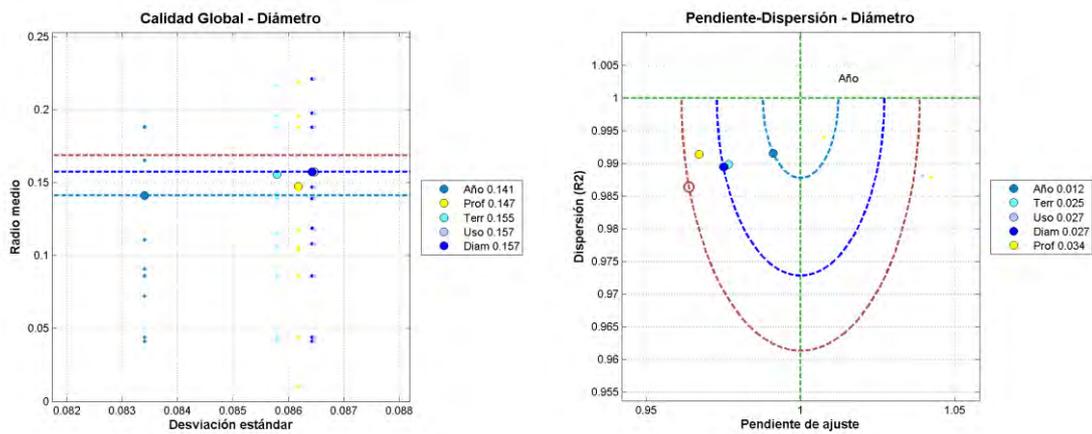


FIGURA 172. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para las combinaciones de **Diámetro** con **Año** y **Profundidad**, que mejoran ligeramente (0,141 y 0,147) el resultado obtenido en el modelo de orden uno para Diámetro (0,157).

Las variables **Terreno** y **Uso** prácticamente no mejoran los resultados.

Año

FIGURA 173. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA VARIABLE AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

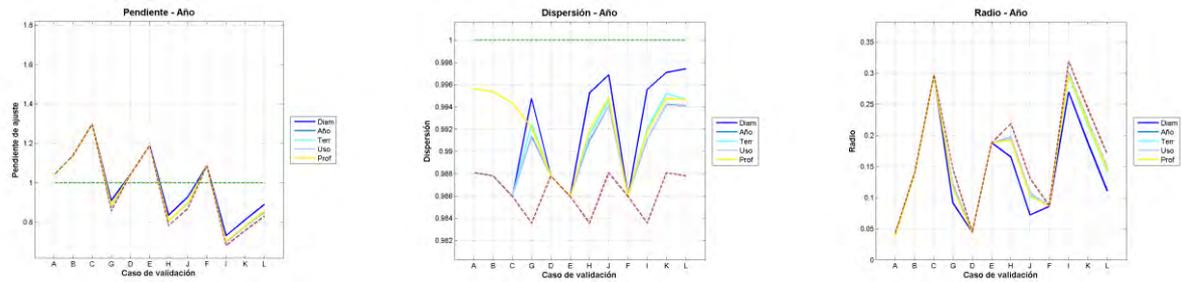
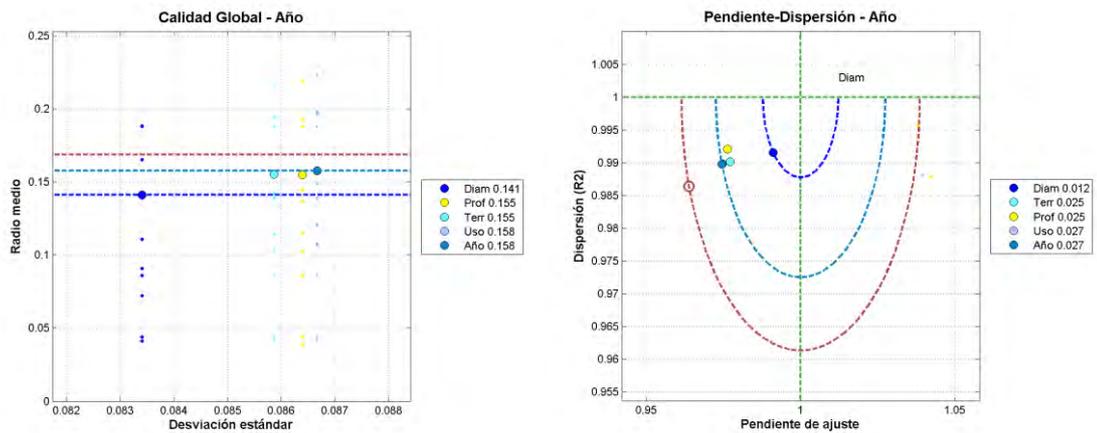


FIGURA 174. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA VARIABLE AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Año** con **Diámetro**, que mejora (0,141) el resultado obtenido en el modelo de orden uno para Año (0,158).

Las variables **Profundidad**, **Terreno** y **Uso del Suelo** prácticamente no mejoran los resultados.

Mejores modelos

La Tabla 58 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos, para modelos de dos variables consideradas independientemente en **Acometidas**.

TABLA 58. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE DOS VARIABLES INDEPENDIENTES, PARA ACOMETIDAS

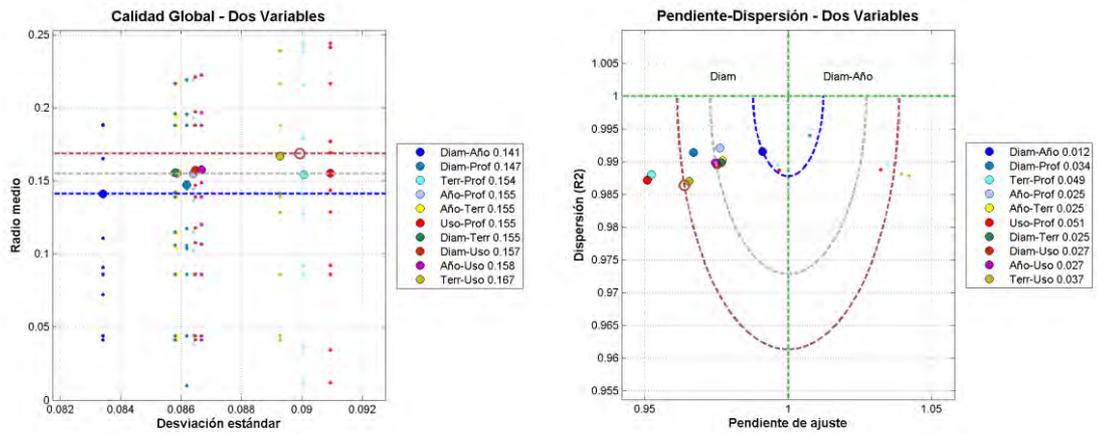
Variable 1	Variable 2	Pendiente Media	Coefficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Típ. de Radio
Diámetro	Año	0.991	0.992	0.012	0.141	0.083
Diámetro	Profundidad	0.967	0.991	0.034	0.147	0.086
Terreno	Profundidad	0.952	0.988	0.049	0.154	0.090
Año	Profundidad	0.976	0.992	0.025	0.155	0.086
Año	Terreno	0.977	0.990	0.025	0.155	0.086
Uso del Suelo	Profundidad	0.951	0.987	0.051	0.155	0.091
Diámetro	Terreno	0.977	0.990	0.025	0.155	0.086
Diámetro	Uso del Suelo	0.975	0.989	0.027	0.157	0.086
Año	Uso del Suelo	0.975	0.990	0.027	0.158	0.087
Terreno	Uso del Suelo	0.965	0.987	0.037	0.167	0.089

Los mejores resultados se obtienen para las combinaciones de **Diámetro** con **Año** y **Profundidad**. Los gráficos de la Figura 175 permiten la comparación de los distintos modelos.

Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden uno, que correspondía a la variable **Profundidad** (0,155). Puede apreciarse que se consigue una mejora al combinar **Diámetro** con **Año** (0,141); **Diámetro** con **Profundidad** (0,147); y **Terreno** con **Profundidad** (0,154), pero no en el resto de combinaciones de orden (0,2), que no proporcionan mejores resultados que el mejor modelo de orden uno.

En el caso del radio del punto medio la mejor combinación es también **Diámetro** con **Año**, con un valor de 0,012 frente al valor de 0,027 que correspondía a las variables de **Diámetro** y **Año** consideradas aisladamente. Las combinaciones de **Año** con **Profundidad** y **Terreno** también mejoran este estadístico, pero muy ligeramente.

FIGURA 175. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ACOMETIDAS



4.4.2. Red de Distribución

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de dos variables independientes en la *Red de Distribución*.

Se muestran inicialmente (figuras 176 a 181) los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden uno (Diámetro, Material y Año). Finalmente, en la Figura 182 se presenta un resumen de los diez mejores modelos de orden (0,2).

Diámetro

FIGURA 176. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

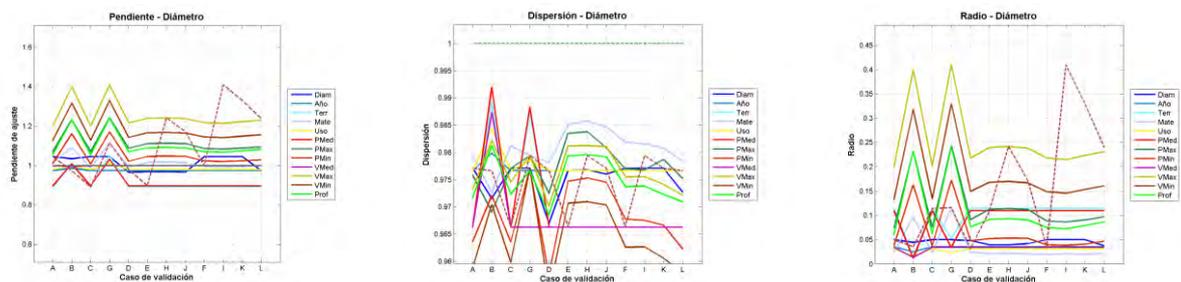
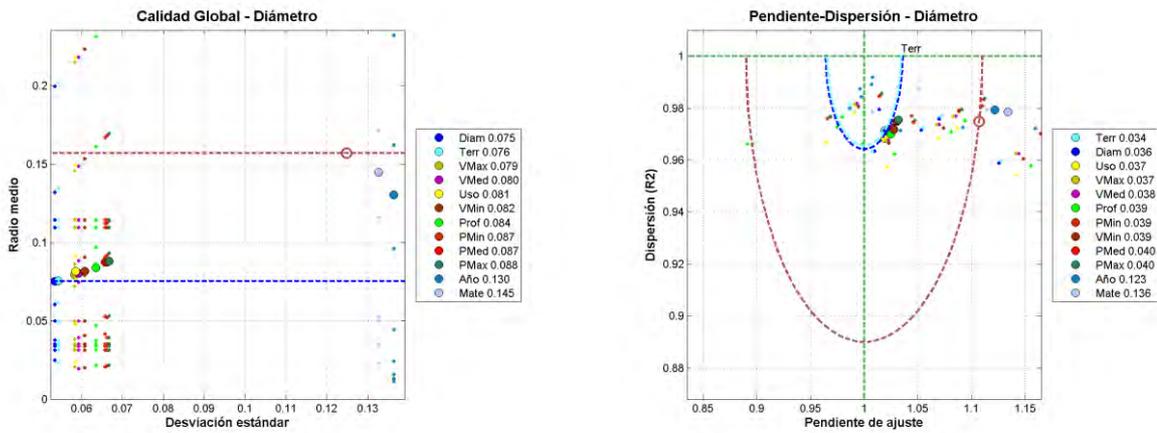


FIGURA 177. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En este caso el modelo de dos variables independientes no supera el resultado del modelo de orden uno. El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Diámetro** con **Terreno**, pero tiene un radio medio inferior (0,076) al que se obtiene únicamente considerando Diámetro (0,075).

En el caso de radio del punto medio hay una ligera mejoría si se considera la pareja **Diámetro** y **Terreno**: 0,025 frente a 0,027.

Material

FIGURA 178. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA VARIABLE MATERIAL EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

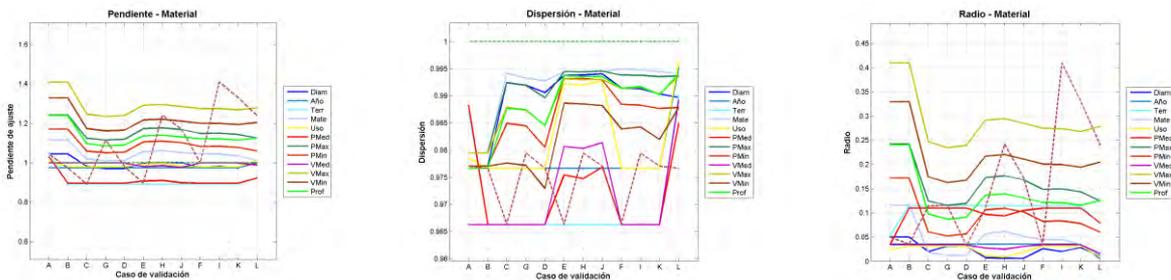
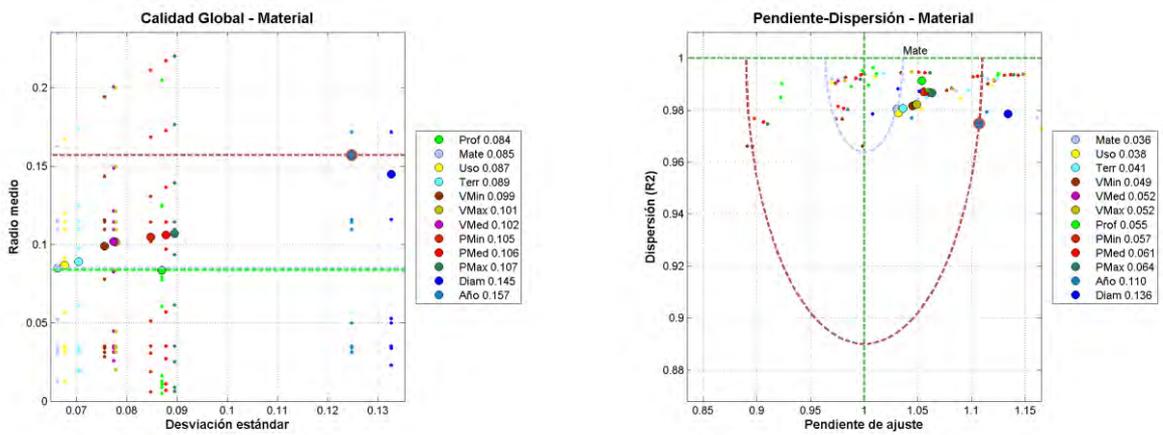


FIGURA 179. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA VARIABLE MATERIAL EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Material** con **Diámetro** (0,076), que mejora ligeramente el resultado obtenido en el modelo de orden uno para Material (0,085).

La combinación de **Material** con las variables **Terreno**, **Profundidad** y **Uso del Suelo** ya presentan resultados peores que los obtenidos considerando únicamente Material.

Año

FIGURA 180. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA VARIABLE AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

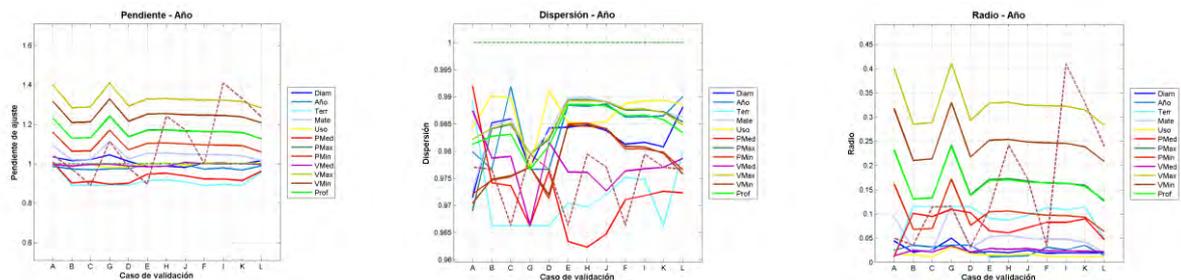
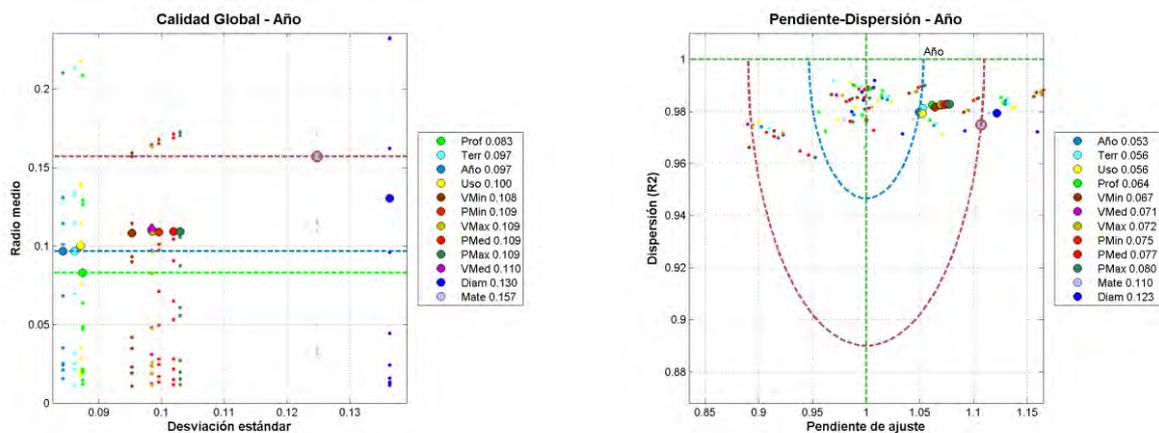


FIGURA 181. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA VARIABLE AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Año** con **Profundidad** (0,083), que mejora el resultado obtenido en el modelo de orden uno para Año (0,097). El resto de variables, excepto **Terreno** producen peores resultados.

Mejores modelos

La Tabla 59 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de dos variables consideradas independientes en **Red de Distribución**.

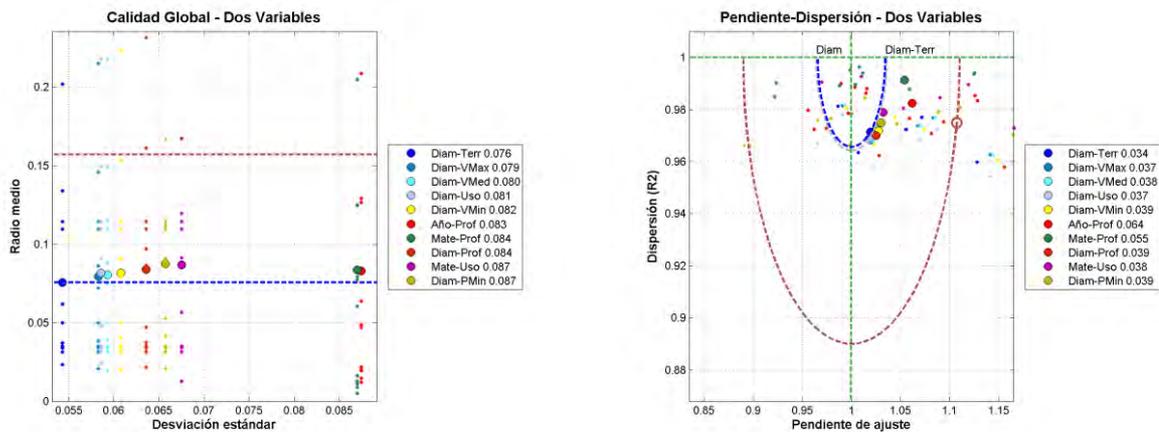
TABLA 59. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE DOS VARIABLES INDEPENDIENTES PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

Variable 1	Variable 2	Pendiente Media	Coficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Típ. de Radio
Diámetro	Terreno	1.019	0.971	0.034	0.076	0.054
Diámetro	Velocidad Máxima	1.025	0.972	0.037	0.079	0.058
Diámetro	Velocidad Media	1.026	0.972	0.038	0.080	0.059
Diámetro	Uso del Suelo	1.019	0.968	0.037	0.081	0.059
Diámetro	Velocidad Mínima	1.028	0.972	0.039	0.082	0.061
Año	Profundidad	1.062	0.982	0.064	0.083	0.087
Material	Profundidad	1.054	0.991	0.055	0.084	0.087
Diámetro	Profundidad	1.025	0.970	0.039	0.084	0.064
Material	Uso del Suelo	1.032	0.979	0.038	0.087	0.068
Diámetro	Presión Mínima	1.030	0.975	0.039	0.087	0.066

En el caso de **Red de Distribución** los modelos de dos variables independientes no permiten mejorar los resultados obtenidos considerando una única variable. Los mejores resultados se obtienen para la combinación de **Diámetro** con distintas variables, pero todos los valores de radio medio son inferiores a los obtenidos considerando únicamente Diámetro como variable explicativa.

Los gráficos de la Figura 182 permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden uno, que correspondía a la variable **Diámetro**. Puede apreciarse que sólo se consigue una ligera mejora al combinar **Diámetro** con **Terreno** en el caso de radio correspondiente al punto medio (0,034 frente a 0,036).

FIGURA 182. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN



4.4.3. Red Estratégica

Seguidamente se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de dos variables independientes en la **Red Estratégica**. Se muestran inicialmente (figuras 183 a 188) los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden uno (Material, Diámetro y Año). Finalmente, en la Figura 189 se presenta un resumen de los diez mejores modelos de orden (0,2).

Material

FIGURA 183. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED ESTRATÉGICA, PARA LA VARIABLE MATERIAL EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

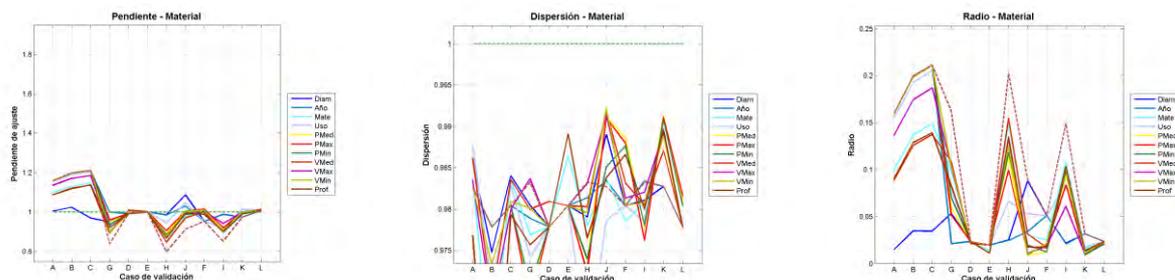
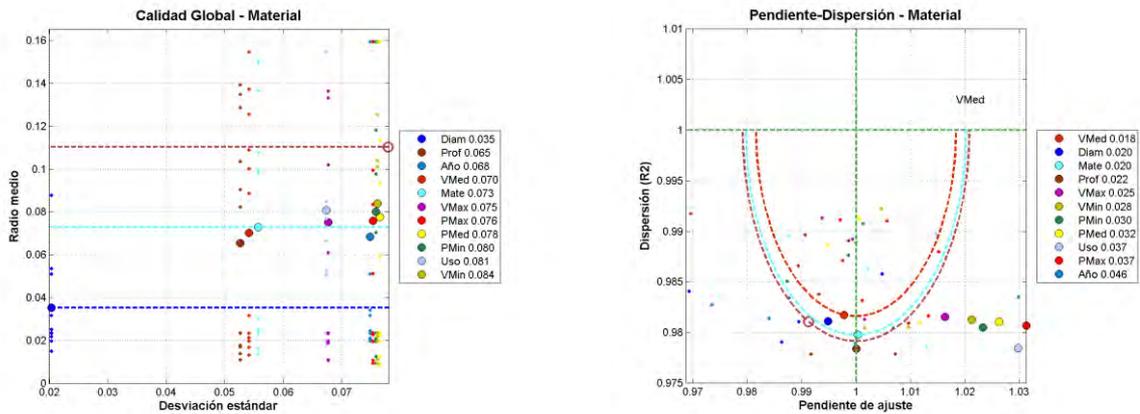


FIGURA 184. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED ESTRATÉGICA, PARA LA VARIABLE MATERIAL EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Varias variables mejoran los resultados obtenidos empleando sólo Material (0,073). El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Material** con **Diámetro** (0,035), pero otras combinaciones, por ejemplo, con **Profundidad** (0,065); **Año** (0,068); o **Velocidad media** (0,070) producen también resultados que superan el de la variable aislada.

Diámetro

FIGURA 185. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED ESTRATÉGICA, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

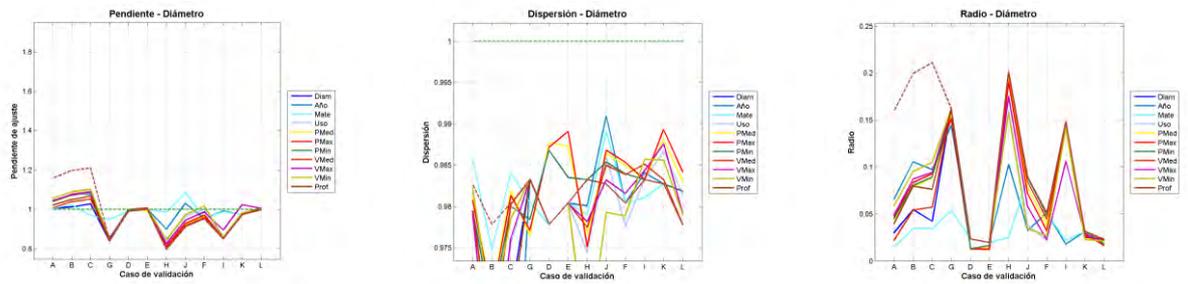
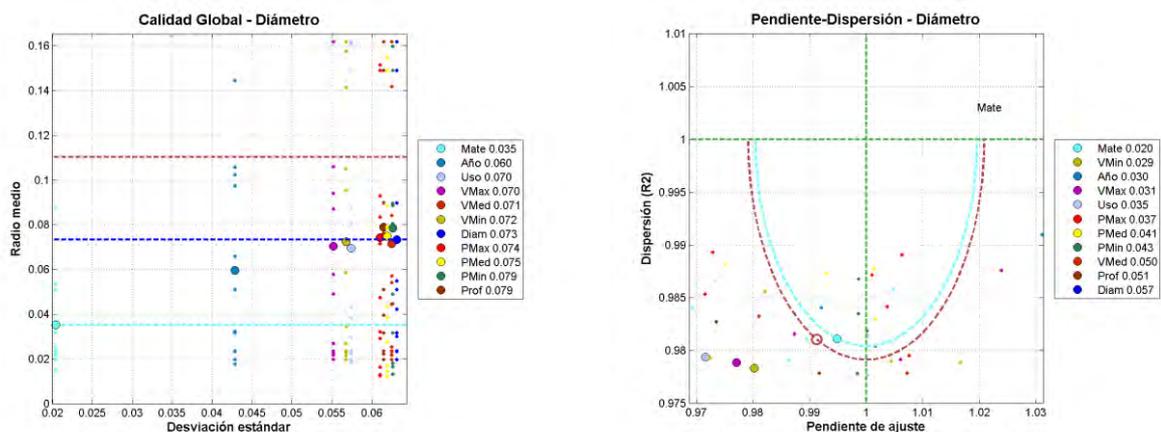


FIGURA 186. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED ESTRATÉGICA, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Diámetro** con **Material** (0,035), que mejora muy significativamente el resultado obtenido en el modelo de orden uno para Diámetro (0,073). Las variables **Año**, **Uso del Suelo** y las **velocidades** también mejoran ligeramente los resultados. Las variables de Presión y Profundidad no producen mejoría.

Año

FIGURA 187. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED ESTRATÉGICA, PARA LA VARIABLE AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

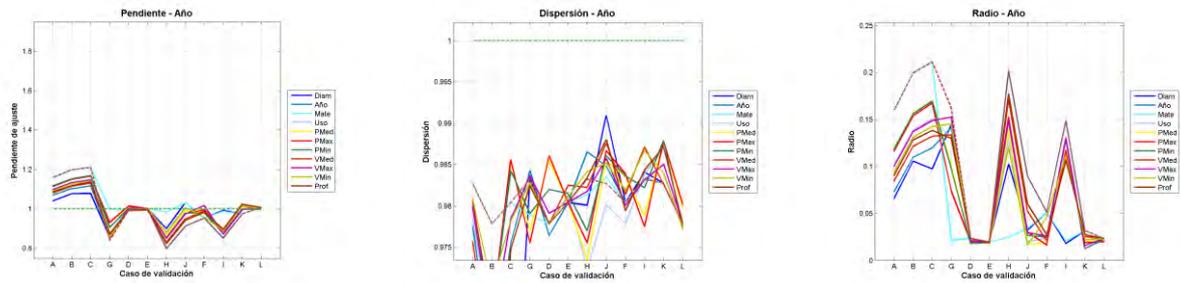
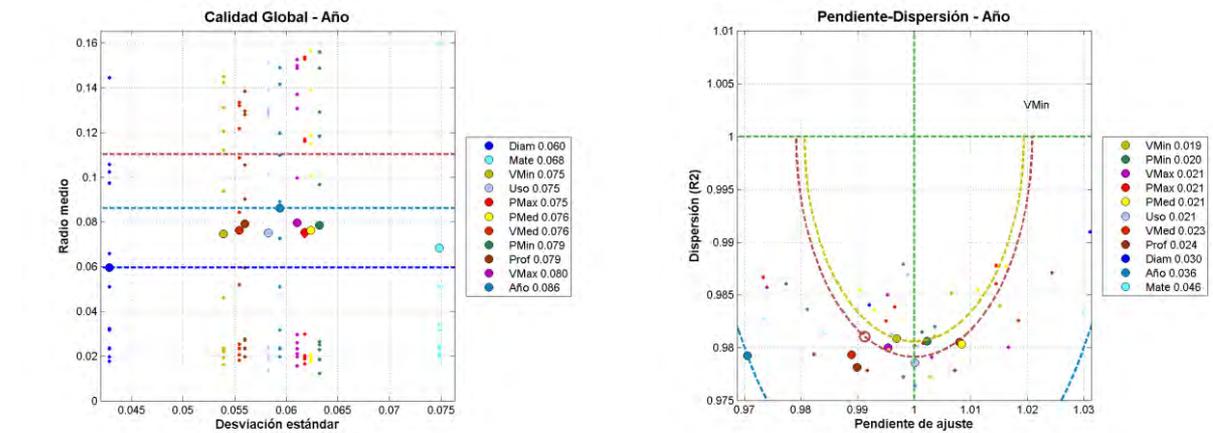


FIGURA 188. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED ESTRATÉGICA, PARA LA VARIABLE AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Todas las variables mejoran los resultados obtenidos considerando sólo el año. El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Año** con **Diámetro** (0,060), que mejora sensiblemente el resultado obtenido en el modelo de orden uno para Año (0,086).

Mejores modelos

La Tabla 60 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de dos variables consideradas independientes en la **Red Estratégica**.

TABLA 60. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE DOS VARIABLES INDEPENDIENTES PARA RED ESTRATÉGICA

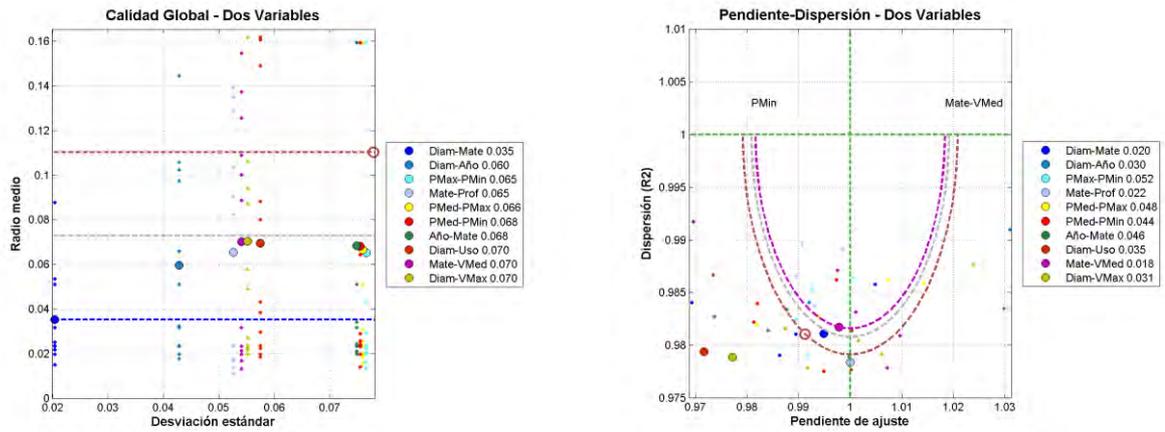
<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>	<i>Pendiente Media</i>	<i>Coefficiente R² Medio</i>	<i>Radio Pendiente Media</i>	<i>Media de Radio</i>	<i>Des. Tip. de Radio</i>
Diámetro	Material	0.995	0.981	0.020	0.035	0.020
Diámetro	Año	0.992	0.971	0.030	0.060	0.043
Presión Máxima	Presión Mínima	1.047	0.980	0.052	0.065	0.077
Material	Profundidad	1.000	0.978	0.022	0.065	0.053
Presión Media	Presión Máxima	1.044	0.980	0.048	0.066	0.076
Presión Media	Presión Mínima	1.039	0.979	0.044	0.068	0.075
Año	Material	1.041	0.981	0.046	0.068	0.075
Diámetro	Uso del Suelo	0.972	0.979	0.035	0.070	0.057
Material	Velocidad Media	0.998	0.982	0.018	0.070	0.054
Diámetro	Velocidad Máxima	0.977	0.979	0.031	0.070	0.055

Los mejores resultados se obtienen para la combinación de **Diámetro** con **Material** y **Año**.

Los gráficos de la Figura 189 permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden uno (0,073), que correspondía a la variable **Diámetro**. Puede apreciarse que se consigue una mejora con todos los modelos, especialmente al combinar **Año** con **Material** (0,035).

En el caso del radio del punto medio sólo se consigue mejora con relación al caso de referencia (0,021) mediante las combinaciones **Material-Velocidad media** (0,018) y **Diámetro-Material** (0,020).

FIGURA 189. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED ESTRATÉGICA



4.4.4. Elementos

Seguidamente se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de dos variables independientes en *Elementos*.

Inicialmente se muestran (figuras 190 a 195) los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden uno (*Año*, *Uso del Suelo* y *Diámetro*). Finalmente, en la Figura 196 se presenta un resumen de los diez mejores modelos de orden (0,2).

Año

FIGURA 190. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE AÑO PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

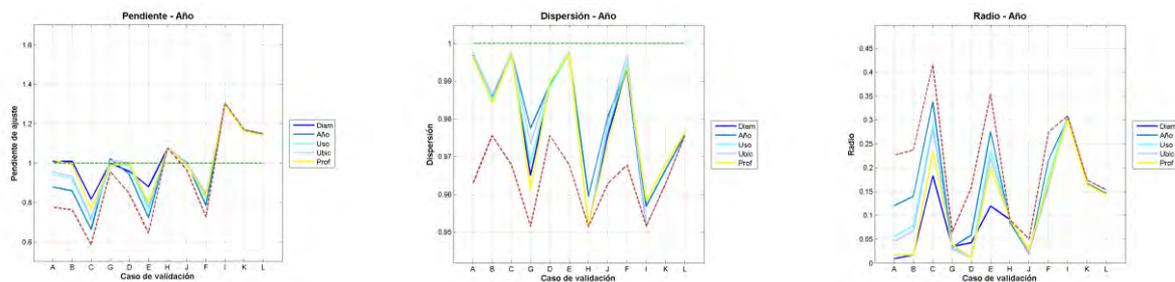
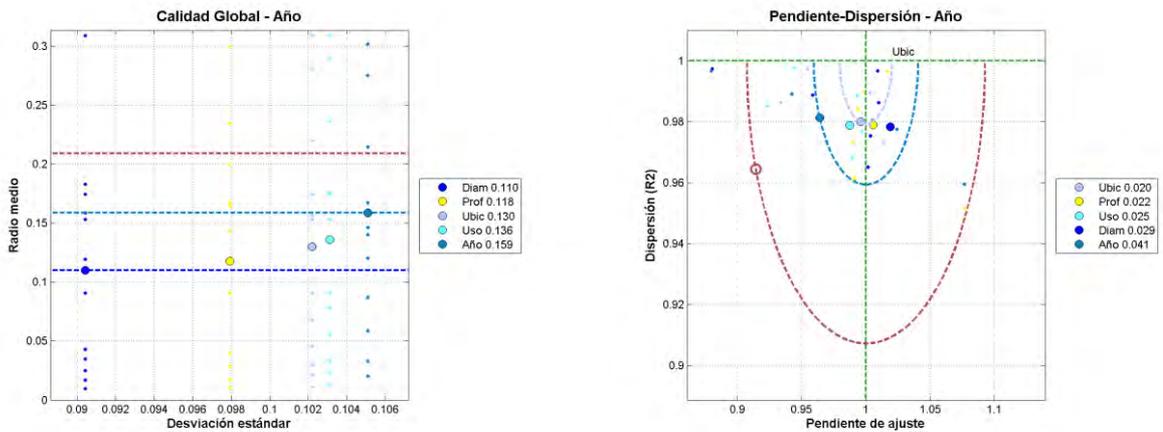


FIGURA 191. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE AÑO PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Todas las combinaciones mejoran sensiblemente los resultados obtenidos considerando sólo **Año** (0,159). La mejor combinación es **Año** con **Diámetro** (0,110), pero los resultados son también muy buenos para **Año** y **Profundidad** (0,118).

Las variables **Ubicación** y **Uso del Suelo** mejoran los resultados en menor medida. En el caso de radio del punto medio la mejora es también sustancial (0,020 de Año con Ubicación, frente a 0,041 de Año aisladamente).

Uso del Suelo

FIGURA 192. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE USO DEL SUELO PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

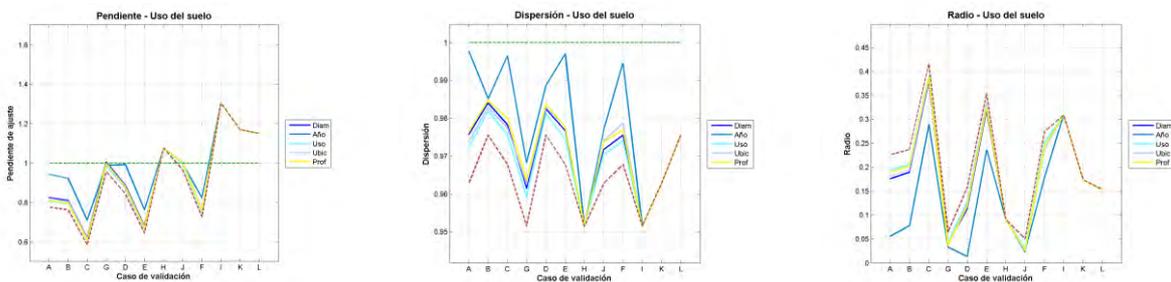
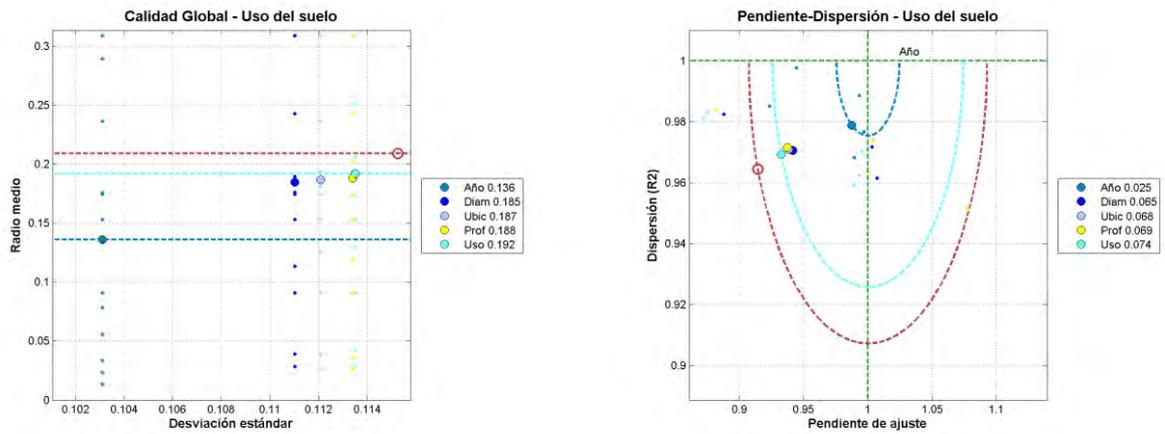


FIGURA 193. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE USO DEL SUELO PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En este caso se consiguen mejoras muy significativas al combinar la variable *Uso del Suelo* con otras. El mejor resultado se obtiene para la combinación de *Uso del Suelo* con *Año* (0,136), que mejora el resultado obtenido sólo con *Uso del Suelo* (0,185) mucho más que las otras variables: *Diámetro* (0,185), *Ubicación* (0,187) y *Profundidad* (0,188).

Diámetro

FIGURA 194. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

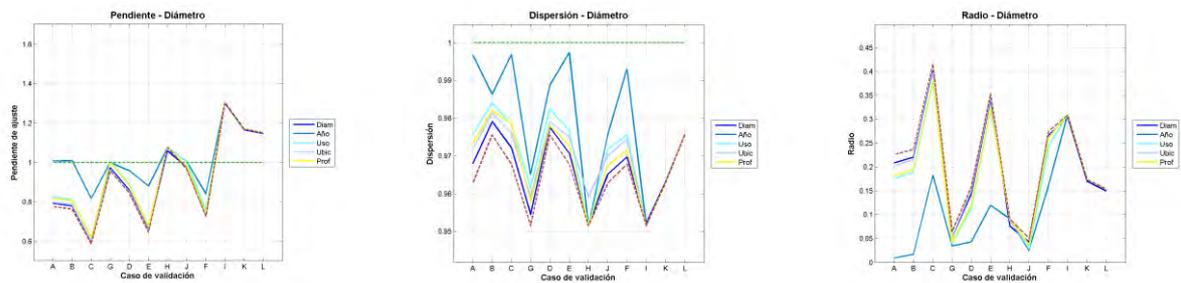
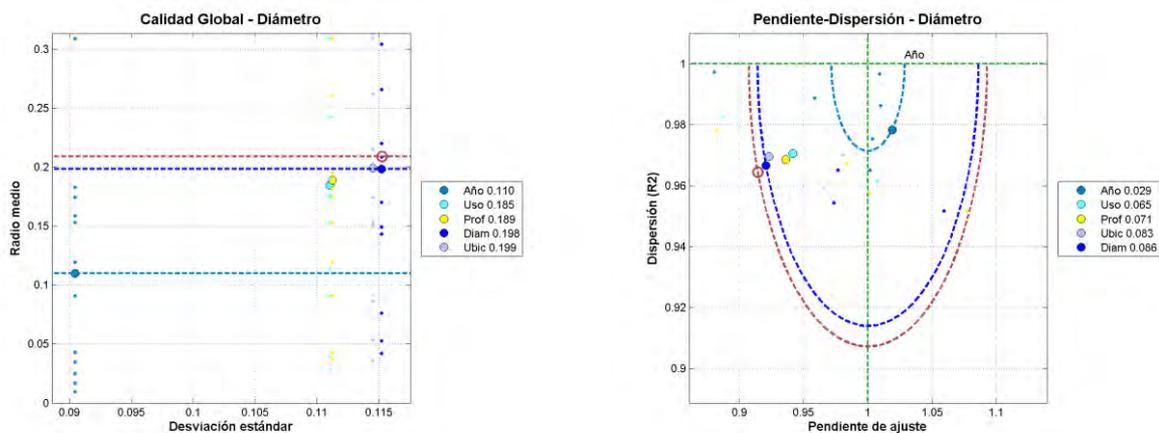


FIGURA 195. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Con la variable Diámetro la mejora es también muy significativa, probablemente debido a las discretas prestaciones de esta variable en el modelo de orden uno. El mejor resultado corresponde a la combinación de **Diámetro** y **Año** (0,110), que produce una mejora sustancial del resultado obtenido en el modelo de orden uno para Diámetro (0,198). Las variables **Uso del Suelo** y **Profundidad** también mejoran los resultados, pero en menor medida.

Mejores modelos

La Tabla 61 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de dos variables consideradas conjuntamente en **Elementos**.

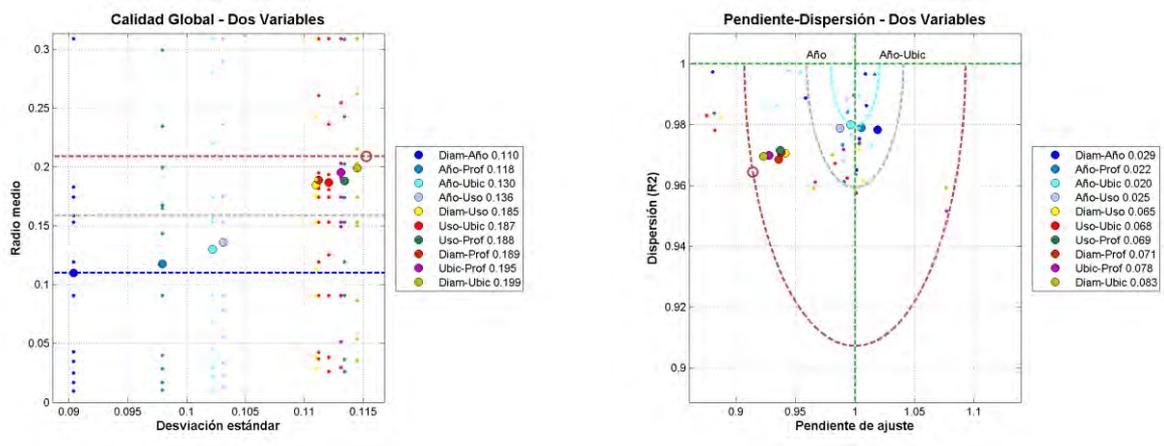
TABLA 61. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE DOS VARIABLES INDEPENDIENTES PARA ELEMENTOS

Variable 1	Variable 2	Pendiente Media	Coficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Tip. de Radio
Diámetro	Año	1.019	0.978	0.029	0.110	0.090
Año	Profundidad	1.005	0.979	0.022	0.118	0.098
Año	Ubicación	0.996	0.980	0.020	0.130	0.102
Año	Uso del Suelo	0.987	0.979	0.025	0.136	0.103
Diámetro	Uso del Suelo	0.942	0.971	0.065	0.185	0.111
Uso del Suelo	Ubicación	0.938	0.971	0.068	0.187	0.112
Uso del Suelo	Profundidad	0.937	0.971	0.069	0.188	0.113
Diámetro	Profundidad	0.936	0.969	0.071	0.189	0.111
Ubicación	Profundidad	0.928	0.970	0.078	0.195	0.113
Diámetro	Ubicación	0.923	0.970	0.083	0.199	0.115

Los mejores resultados se obtienen para la combinación de **Año** con **Diámetro**, **Profundidad**, **Ubicación** y **Uso del Suelo**.

Los gráficos de la Figura 196 permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden uno, que correspondía a la variable Año. Puede apreciarse que las combinaciones de **Año** con **Diámetro** y **Profundidad** producen una mejora significativa (0,110 y 0,118) con relación al mejor modelo de orden uno (0,159).

FIGURA 196. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ELEMENTOS



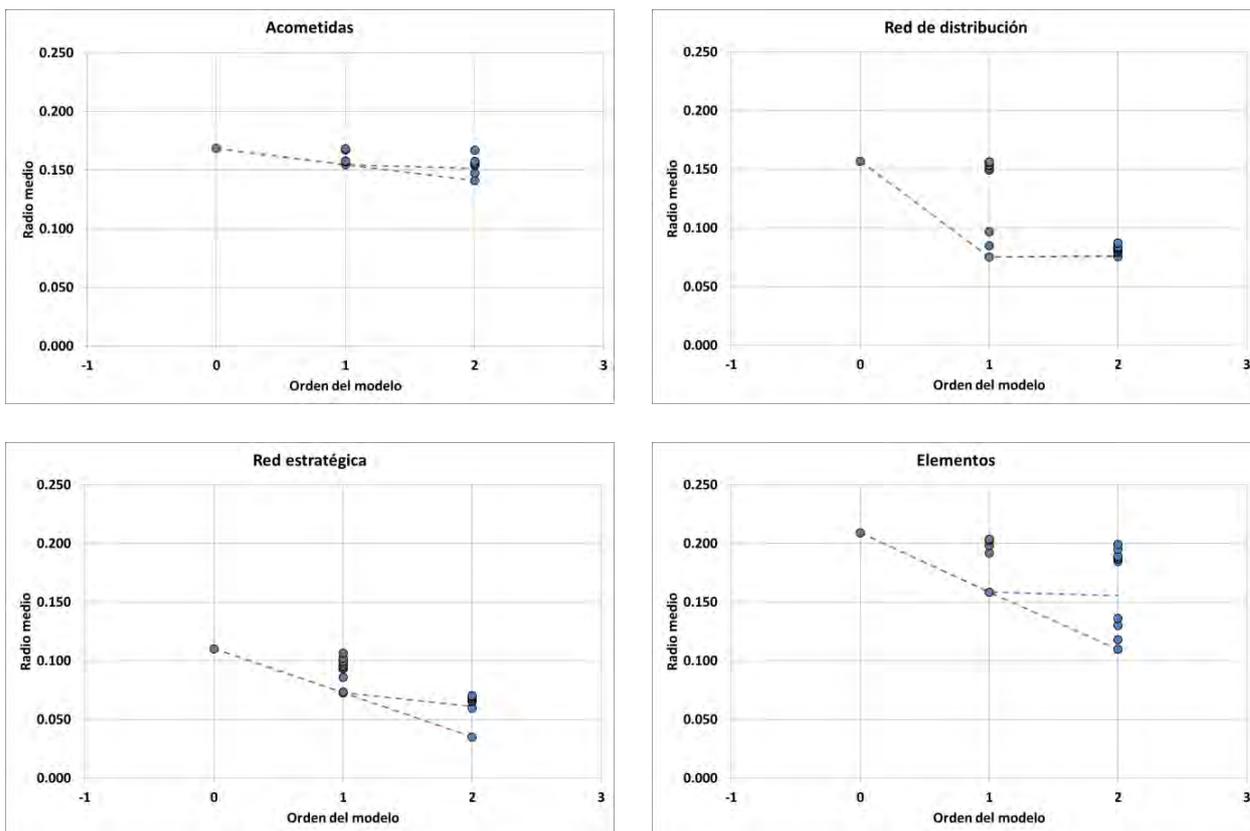
4.4.5. Resumen

Seguidamente se resumen los resultados obtenidos en la validación de los modelos de dos variables independientes.

En la Figura 197 se presenta un gráfico para cada ámbito que recoge los valores del parámetro de calidad **radio medio** de los mejores modelos obtenidos. La línea roja de trazos une los mejores valores obtenidos en cada tipo de modelo. La línea azul representa los mejores valores obtenidos en el caso de que las variables se consideren dependientes. Puede apreciarse que, excepto en el caso de **Red de Distribución**, los resultados son mejores en el caso de variables independientes que en el caso de análisis conjunto.

La mejora que se obtiene al pasar del modelo de orden uno al modelo de orden (0,2) es similar a la que se obtiene al pasar del modelo de orden cero al modelo de orden uno, lo que sugiere analizar el caso de modelos formados por tres variables independientes.

FIGURA 197. VALORES DEL PARÁMETRO DE CALIDAD EN MODELOS HASTA ORDEN (0,2)



4.5. MODELOS DE DOS VARIABLES CONJUNTAS Y UNA INDEPENDIENTE

En este epígrafe se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos formados por dos variables consideradas conjuntamente y una variable adicional independiente; es decir, los modelos de orden (2,1). En cada ámbito se toman como punto de partida los diez mejores modelos de dos variables conjuntas y se añade una variable más, considerada independiente de los anteriores. Los modelos se validan de forma análoga a los casos precedentes. Siempre se ha utilizado el mismo nivel de desagregación para las tres variables del modelo.

Se presentan los gráficos finales de comparación donde los pares de valores de los parámetros de calidad se representan como un punto en el espacio (pendiente, coeficiente de regresión). Se ha marcado, en color marrón, la circunferencia que pasa por el punto correspondiente al cálculo realizado con el modelo de orden cero y en el color correspondiente a la variable la circunferencia que pasa por el mejor resultado obtenido en el modelo de orden uno con esa variable. Finalmente, se ha marcado la circunferencia correspondiente al mejor valor obtenido en el modelo anterior (dos variables conjuntas), indicando la combinación de variables.

4.5.1. Acometidas

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden tres (dos conjuntas y una independiente) en **Acometidas**.

Inicialmente se muestran (figuras 198 a 203) los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden dos (**Diámetro-Profundidad**, **Diámetro-Año** y **Uso del Suelo-Profundidad**). Finalmente, la Figura 204 presenta un resumen de los mejores modelos de orden tres (dos conjuntas y una independiente).

Diámetro-Profundidad

FIGURA 198. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

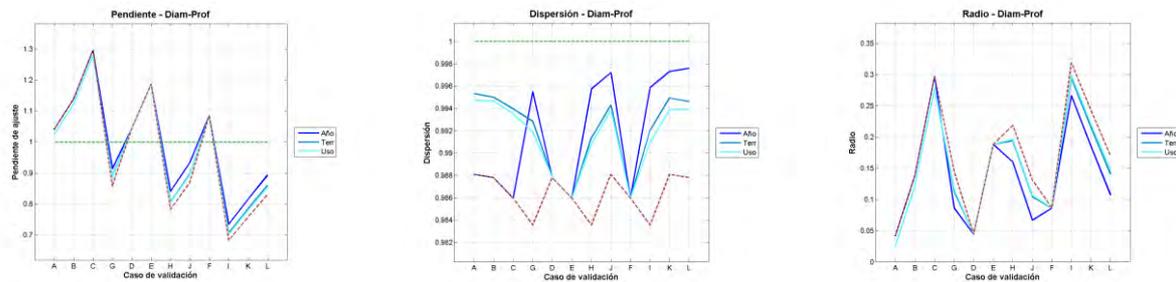
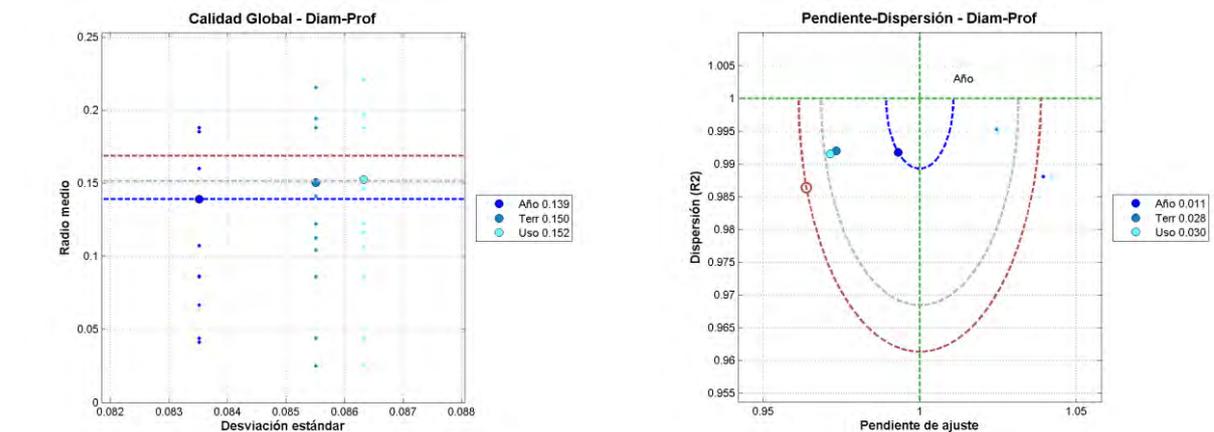


FIGURA 199. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En el análisis del radio medio el mejor resultado se obtiene para la combinación de **Diámetro** y **Profundidad** con **Año** (0,139), que mejora ligeramente el resultado obtenido en el modelo de orden dos para **Diámetro-Profundidad** (0,151). Las variables **Terreno** y **Uso del Suelo** prácticamente no mejoran los resultados. En el análisis de los puntos medios el mejor resultado corresponde también a la combinación de **Diámetro-Profundidad** con **Año**, pero en este caso la mejora es apreciable (0,011 frente a 0,032).

Diámetro-Año

FIGURA 200. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

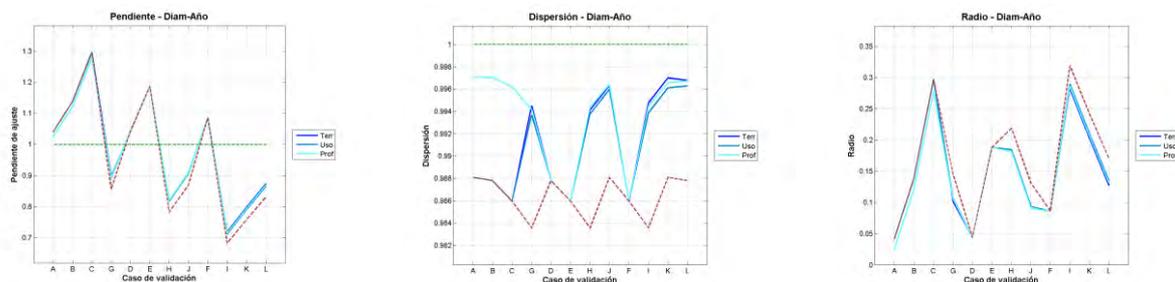
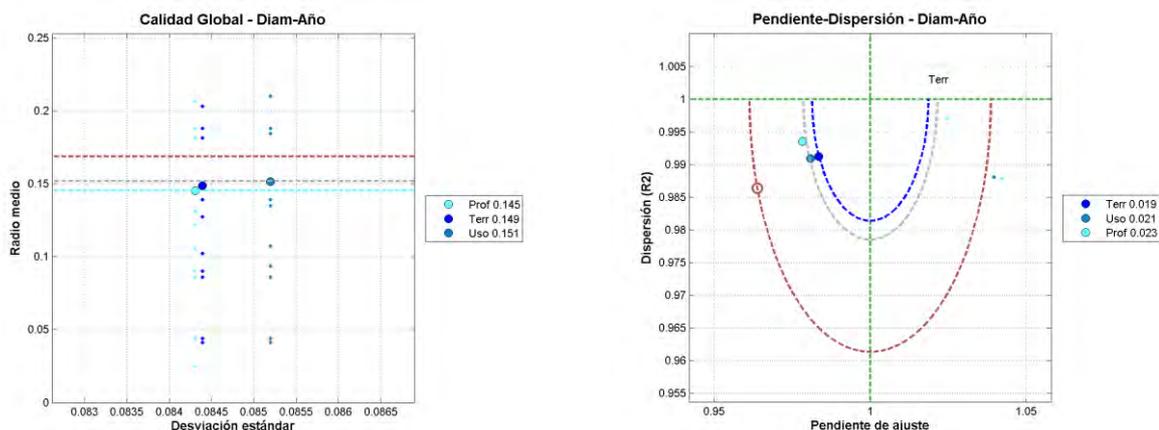


FIGURA 201. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de *Diámetro-Año* con *Profundidad*, que mejora ligeramente (0,145) el resultado obtenido, en el modelo de orden, dos para *Diámetro-Año* (0,152).

Las variables *Terreno* y *Uso del suelo* prácticamente no mejoran los resultados (0,149 y 0,151). En el análisis de los puntos medios el mejor resultado corresponde a la combinación de *Diámetro-Año* con *Terreno*.

Uso del Suelo-Profundidad

FIGURA 202. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN USO DEL SUELO + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

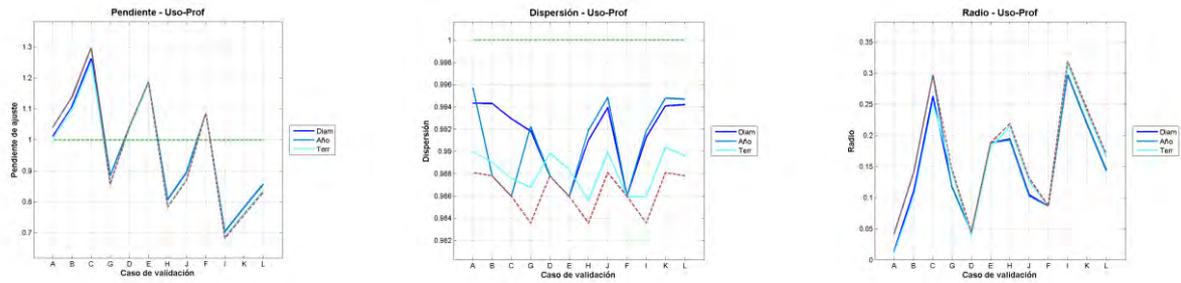
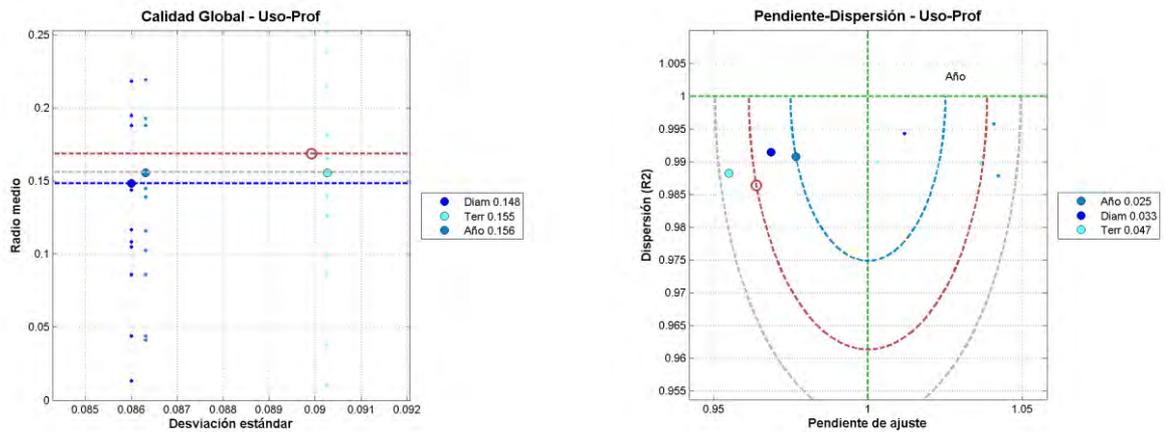


FIGURA 203. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN USO DEL SUELO + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de *Uso del Suelo-Profundidad* con *Diámetro*, que mejora ligeramente (0,148) el resultado obtenido, en el modelo de orden uno, para *Uso del Suelo-Profundidad* (0,156).

Las variables *Terreno* (0,155) y *Año* (0,156) prácticamente no mejoran los resultados. En el análisis del radio de los puntos medios el mejor resultado se obtiene con la combinación de *Uso del Suelo-Profundidad* con *Año*.

Mejores Modelos

La Tabla 62 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de tres variables (dos conjuntas y una independiente) en **Acometidas**.

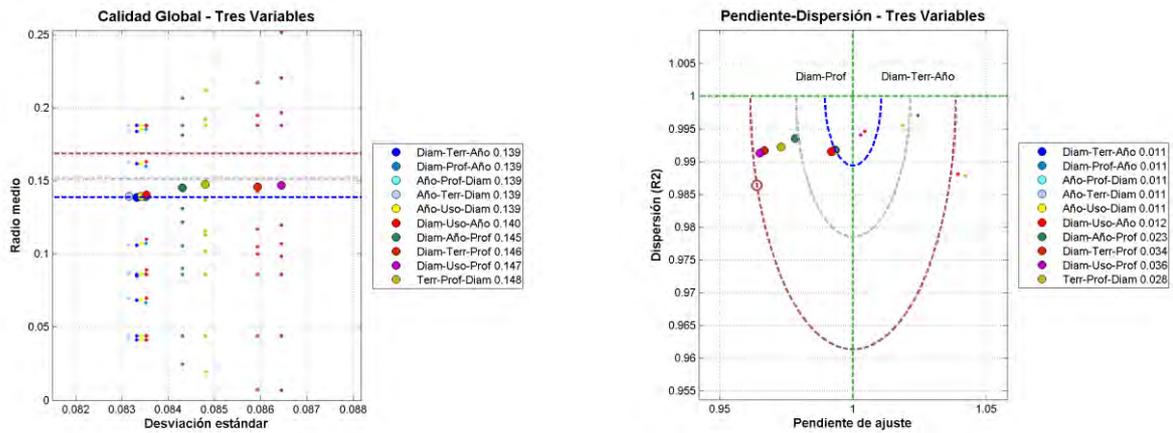
TABLA 62. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN TRES (DOS CONJUNTAS Y UNA INDEPENDIENTE) PARA ACOMETIDAS

<i>Variables conjuntas</i>	<i>Variable independiente</i>	<i>Pendiente Media</i>	<i>Coefficiente R² Medio</i>	<i>Radio Pendiente Media</i>	<i>Media de Radio</i>	<i>Des. Tip. de Radio</i>
Diámetro-Terreno	Año	0.993	0.992	0.011	0.139	0.083
Diámetro-Profundidad	Año	0.993	0.992	0.011	0.139	0.084
Año-Profundidad	Diámetro	0.993	0.992	0.011	0.139	0.083
Año-Terreno	Diámetro	0.993	0.992	0.011	0.139	0.083
Año-Uso	Diámetro	0.993	0.992	0.011	0.139	0.083
Diámetro-Uso	Año	0.992	0.992	0.012	0.140	0.084
Diámetro-Año	Profundidad	0.978	0.994	0.023	0.145	0.084
Diámetro-Terreno	Profundidad	0.967	0.992	0.034	0.146	0.086
Diámetro-Uso	Profundidad	0.965	0.991	0.036	0.147	0.086
Terreno-Profundidad	Diámetro	0.973	0.992	0.028	0.148	0.085

Hay cinco combinaciones que producen los mejores resultados, con un radio medio de 0,139 se mejora el resultado de radio medio 0,151, obtenido en la fase anterior.

Los gráficos de la Figura 204 siguiente permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden dos, que correspondía a la combinación **Diámetro-Profundidad** (0,151). Puede apreciarse que la mejor combinación es la de **Diámetro-Terreno** con **Año**, aunque el resultado es muy similar en la combinación **Diámetro-Profundidad** con **Año**. También se obtienen resultados similares combinando **Diámetro** con **Año-Profundidad**, **Año-Terreno** y **Año-Uso del Suelo**. Idénticos resultados se obtienen en el análisis del radio del punto medio.

FIGURA 204. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ACOMETIDAS



4.5.2. Red de Distribución

Los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden tres (dos conjuntas y una independiente) en la **Red de Distribución** se presentan en los siguientes apartados.

Inicialmente se muestran (figuras 205 a 210) los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden dos (**Diámetro** con **Transitorios**, **Material** y **Profundidad**). Finalmente, en la Figura 211 se presenta un resumen de los diez mejores modelos de orden tres.

Diámetro-Transitorios

FIGURA 205. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + TRANSITORIOS, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

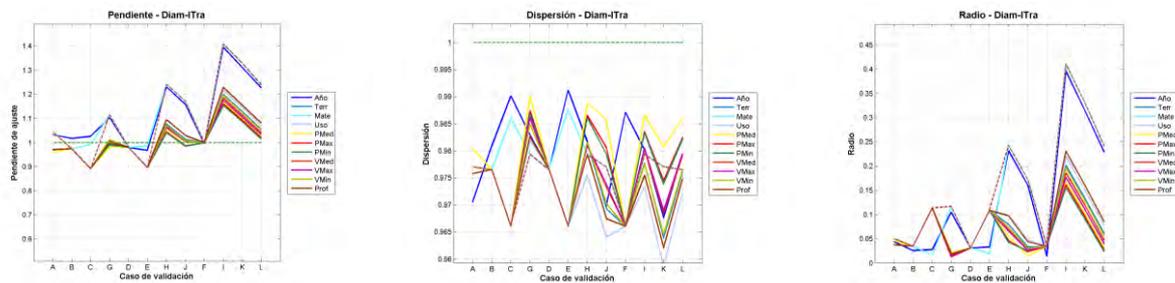
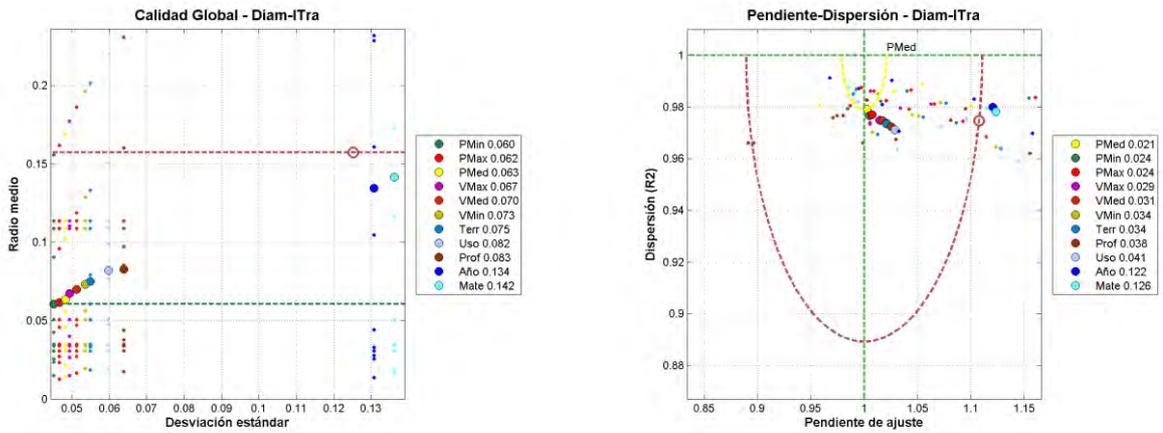


FIGURA 206. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + TRANSITORIOS, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Los mejores resultados se obtienen combinando *Diámetro-Transitorios* con las *variables de presión*.

El radio medio del modelo de orden dos era de 0,075 y el radio medio de la mejor combinación (*Diámetro-Transitorios* con *Presión mínima*) es ahora 0,060. También se mejoran los resultados de la fase anterior, además de con las variables de *presión*, con las variables de *profundidad* y con el *Terreno*. En el caso de radio del punto medio la mejor combinación es *Diámetro-Transitorios* con *Presión media*.

Diámetro-Material

FIGURA 207. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + MATERIAL, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

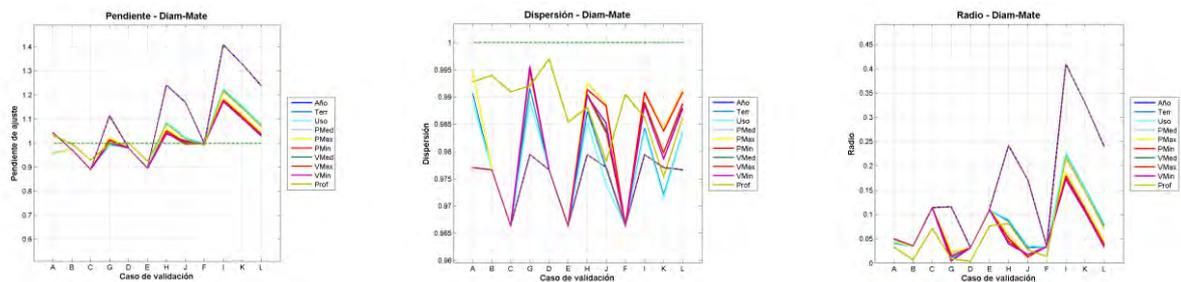
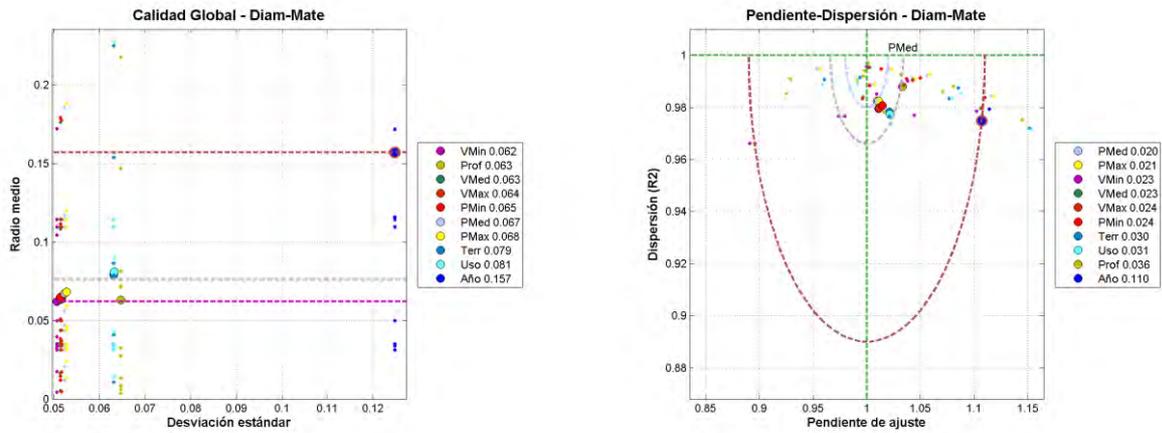


FIGURA 208. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + MATERIAL, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En este caso los mejores resultados se obtienen combinando *Diámetro-Material* con las variables de *velocidad* y *Profundidad*.

El radio medio del modelo de orden dos era de 0,076 y el radio medio de la mejor combinación (*Diámetro-Material* con *Velocidad media*) es ahora 0,062. Resulta llamativo que la variable *Año* obtiene el peor resultado de todos, idéntico al modelo de orden cero (0,157). En el caso de radio del punto medio la mejor combinación es *Diámetro-Material* con *Presión media*.

Diámetro-Profundidad

FIGURA 209. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

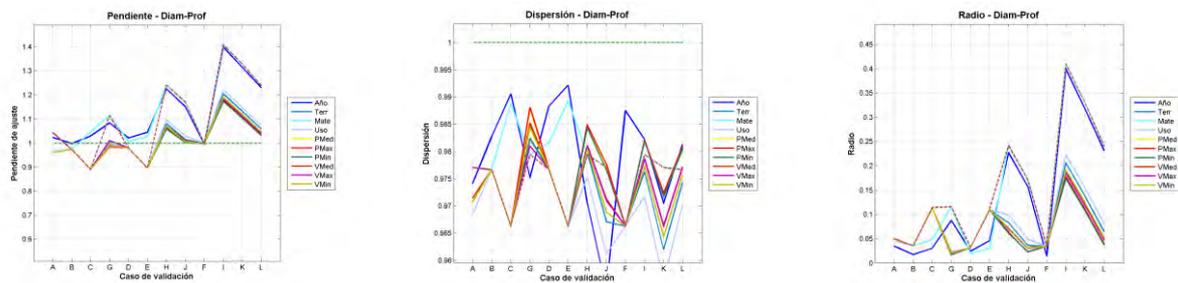
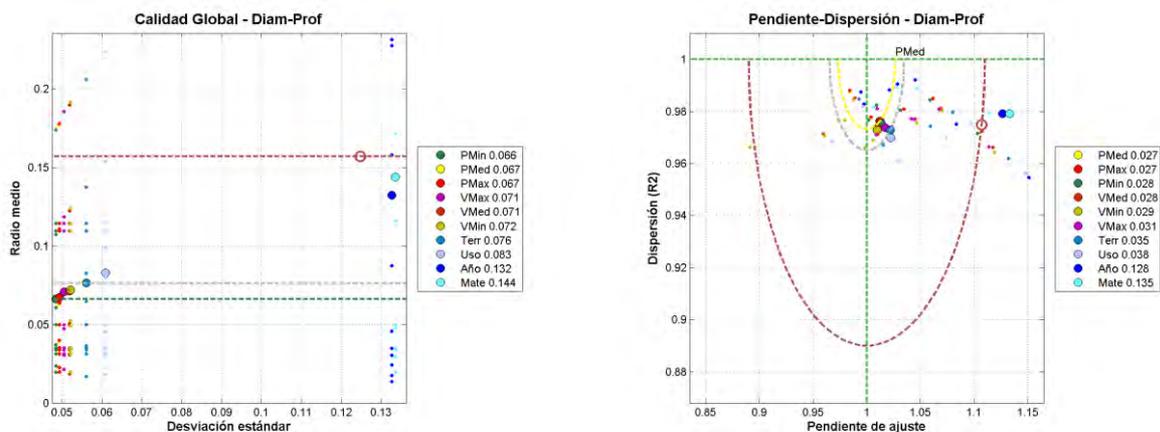


FIGURA 210. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Diámetro-Profundidad** con las **variables de presión**, que mejoran (0,066; 0,067 y 0,067) respecto al resultado obtenido en el modelo de orden dos para **Diámetro-Profundidad** (0,076).

También se mejora con las variables de velocidad, aunque muy ligeramente.

La combinación de **Diámetro-Profundidad** con las variables **Terreno, Uso del Suelo, Año** y **Material** ya presentan resultados peores que los obtenidos considerando únicamente el modelo de orden dos. En el caso de análisis del radio del punto medio también son las variables de presión las que presentan mejores resultados.

Mejores Modelos

La Tabla 63 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de dos variables consideradas conjuntamente en **Red de Distribución**.

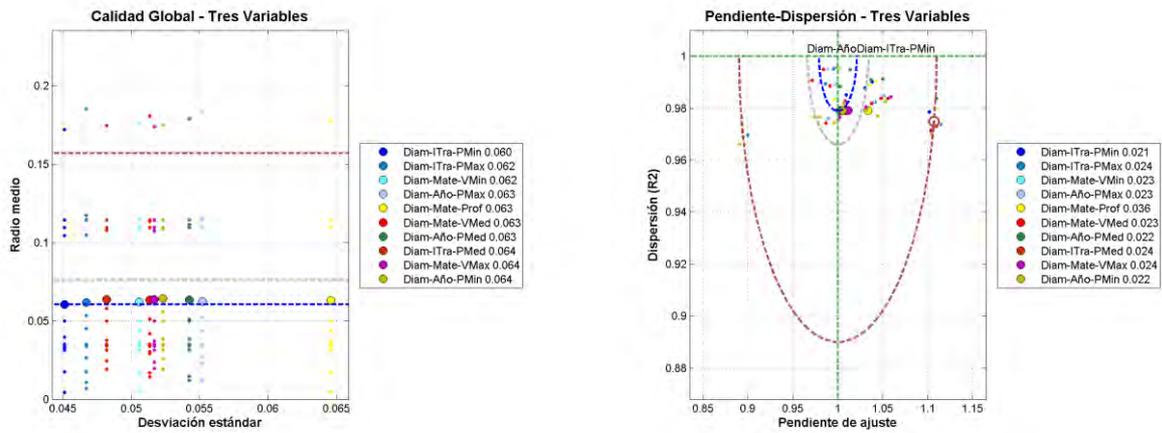
TABLA 63. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN TRES (DOS CONJUNTAS Y UNA INDEPENDIENTE) PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

<i>Variables conjuntas</i>	<i>Variable independiente</i>	<i>Pendiente Media</i>	<i>Coefficiente R² Medio</i>	<i>Radio Pendiente Media</i>	<i>Media de Radio</i>	<i>Des. Tip. de Radio</i>
Diámetro - Transitorios	Presión mínima	1.003	0.979	0.021	0.060	0.045
Diámetro - Transitorios	Presión máxima	1.005	0.977	0.024	0.062	0.047
Diámetro - Material	Velocidad mínima	1.011	0.980	0.023	0.062	0.051
Diámetro - Año	Presión máxima	1.010	0.979	0.023	0.063	0.055
Diámetro - Material	Profundidad	1.034	0.988	0.036	0.063	0.065
Diámetro - Material	Velocidad media	1.012	0.980	0.023	0.063	0.051
Diámetro - Año	Presión media	1.008	0.979	0.022	0.063	0.054
Diámetro - Transitorios	Presión media	1.007	0.977	0.024	0.064	0.048
Diámetro - Material	Velocidad máxima	1.012	0.980	0.024	0.064	0.052
Diámetro - Año	Presión mínima	1.006	0.979	0.022	0.064	0.052

Los diez mejores modelos de orden tres (dos conjuntas y una independiente) mejoran los resultados obtenidos considerando una (0,075) y dos (0,075) variables.

Los mejores resultados se obtienen para la combinación de **Diámetro-Transitorios**, **Diámetro-Material** y **Diámetro-Año** con distintas variables de presión y velocidad. Los gráficos de la Figura 211 siguiente permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden dos, que correspondía a la combinación **Diámetro-Transitorios**. Puede apreciarse que todas las combinaciones seleccionadas mejoran el resultado del modelo de orden dos y todas ellas presentan parámetros de calidad muy similares.

FIGURA 211. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED DE DISTRIBUCIÓN



4.5.3. Red Estratégica

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden tres (dos variables conjuntas y una independiente) en la **Red Estratégica**.

Se muestran inicialmente (figuras 212 a 217) los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden dos (**Material** con **Profundidad**, **Presión media** y **Transitorios**). Finalmente, en la Figura 218 se presenta un resumen de los diez mejores modelos de orden tres.

Material-Profundidad

FIGURA 212. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

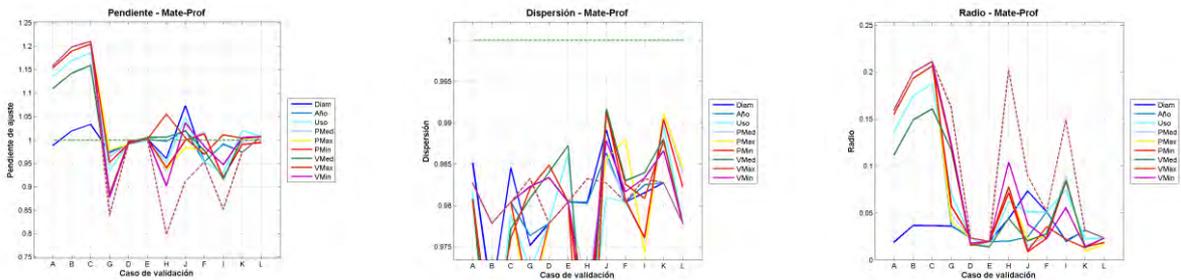
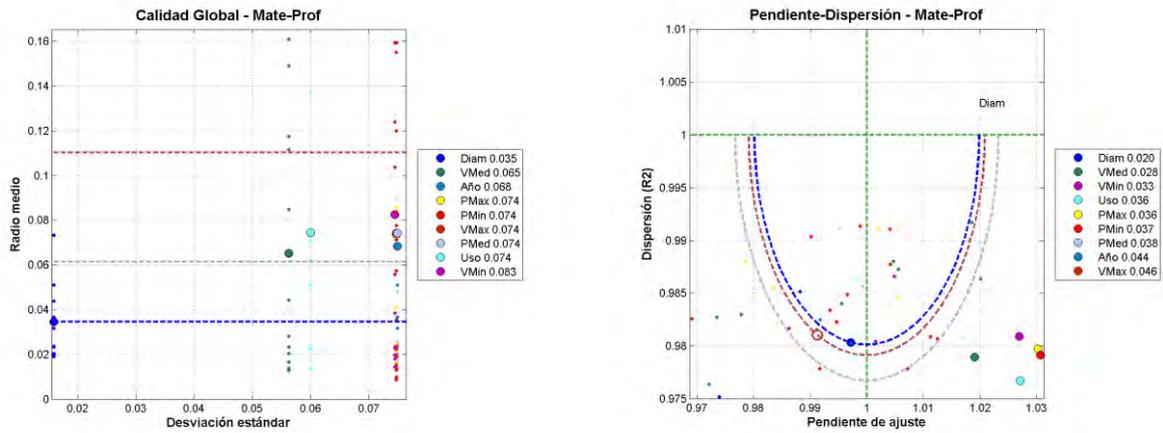


FIGURA 213. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Únicamente la combinación de **Material-Profundidad** con **Año** (0,035) mejora de forma sustancial, los resultados obtenidos empleando sólo **Material-Profundidad** (0,061). Las otras combinaciones presentan resultados peores que los obtenidos en el modelo de orden dos. En el análisis del radio del punto medio también se obtiene el mejor resultado con la variable **Diámetro**.

Material-Presión Media

FIGURA 214. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL + PRESIÓN MEDIA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

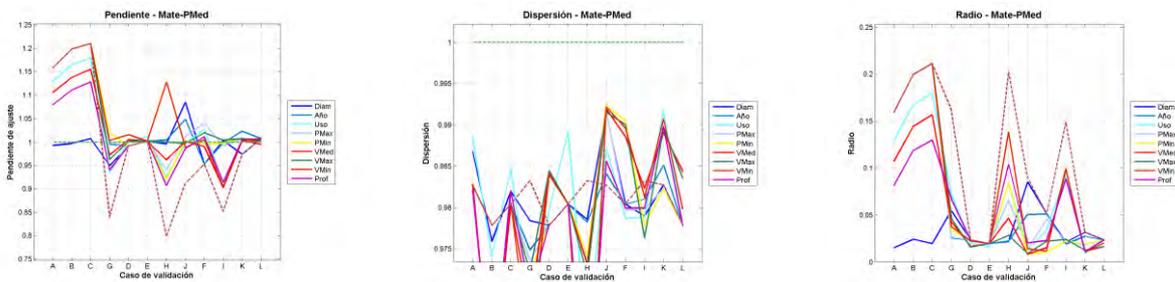
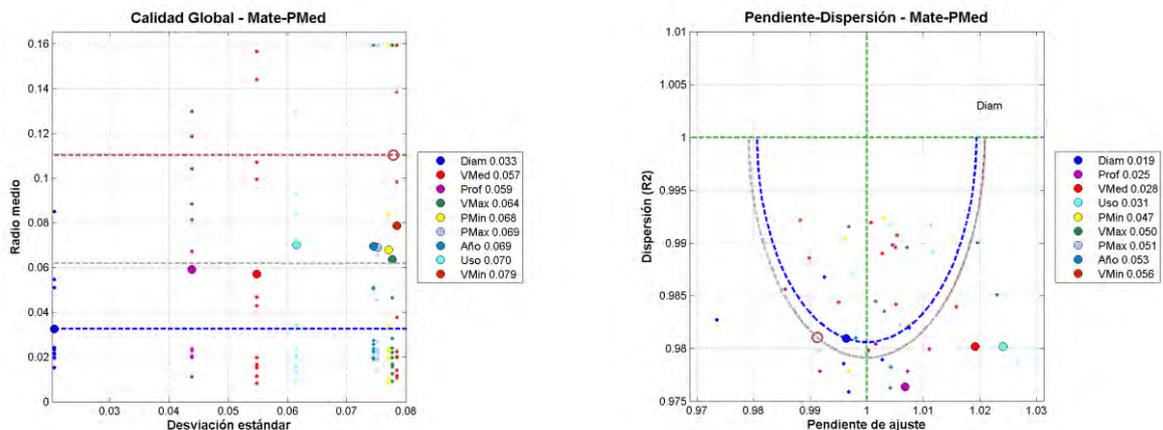


FIGURA 215. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL + PRESIÓN MEDIA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Material-Presión media** con **Diámetro** (0,033), que mejora sensiblemente el resultado obtenido, en el modelo de orden dos, para **Material-Presión media** (0,062). Las variables **Velocidad media** y **Profundidad** también mejoran ligeramente los resultados. El resto de las variables no producen mejoría. En el análisis del radio del punto medio también se obtiene el mejor resultado con la variable **Diámetro**.

Material-Transitorios

FIGURA 216. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL + TRANSITORIOS, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

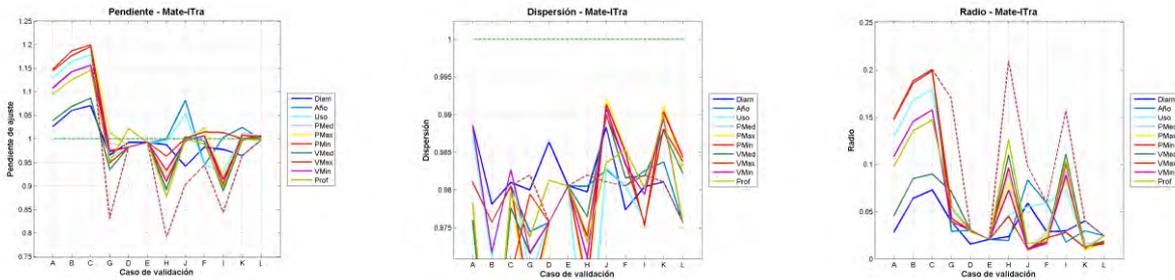
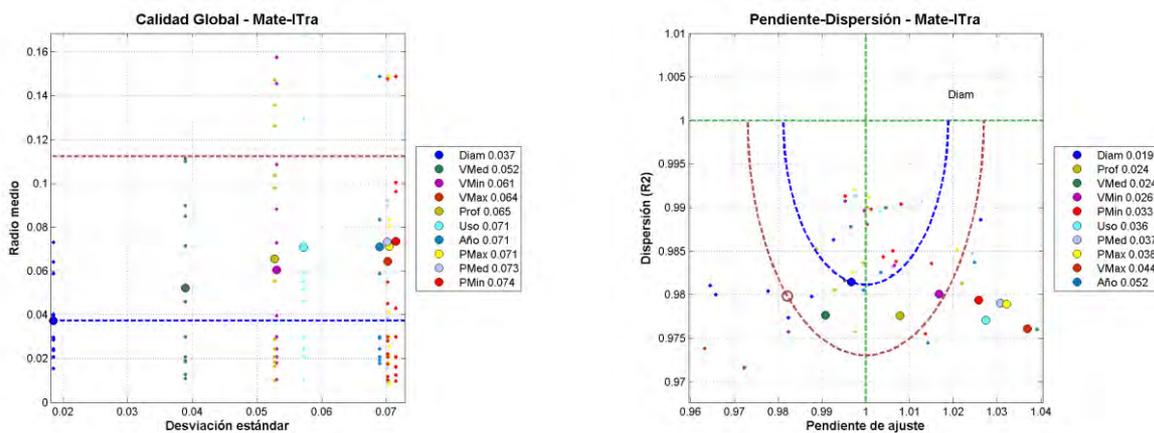


FIGURA 217. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL + TRANSITORIOS, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Material-Transitorios** con **Diámetro** (0,037), que mejora significativamente el resultado obtenido en el modelo de orden dos para **Material-Transitorios** (0,063). Las variables de velocidad también mejoran los resultados. El resto de variables no producen mejoría.

Mejores Modelos

La Tabla 64 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de tres variables (dos conjuntas y una independiente) conjuntamente en **Red Estratégica**.

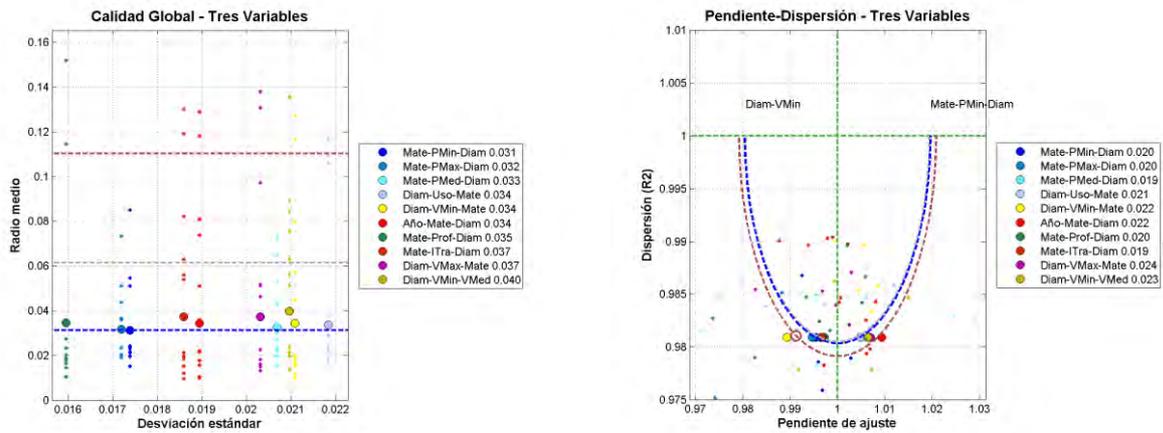
TABLA 64. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN TRES (DOS VARIABLES CONJUNTAS Y UNA INDEPENDIENTE) PARA RED ESTRATÉGICA

<i>Variables conjuntas</i>	<i>Variable independiente</i>	<i>Pendiente Media</i>	<i>Coefficiente R² Medio</i>	<i>Radio Pendiente Media</i>	<i>Media de Radio</i>	<i>Des. Tip. de Radio</i>
Material-Presión Mínima	Diámetro	0.995	0.981	0.020	0.031	0.017
Material -Presión Máxima	Diámetro	0.995	0.981	0.020	0.032	0.017
Material - Presión Media	Diámetro	0.996	0.981	0.019	0.033	0.021
Diámetro-Uso	Material	1.005	0.980	0.021	0.034	0.022
Diámetro-Velocidad Mínima	Material	0.989	0.981	0.022	0.034	0.021
Año- Material	Diámetro	1.009	0.980	0.022	0.034	0.019
Material - Profundidad	Diámetro	0.997	0.980	0.020	0.035	0.016
Material - Transitorios	Diámetro	0.997	0.981	0.019	0.037	0.019
Diámetro-Velocidad Máxima	Material	1.007	0.977	0.024	0.037	0.020
Diámetro-Velocidad Mínima	Velocidad media	1.006	0.978	0.023	0.040	0.021

Todos los modelos seleccionados de orden tres (dos variables conjuntas y una independiente) mejoran los resultados obtenidos considerando dos variables (0,061).

Los mejores resultados se obtienen para la combinación de **Material** con **presiones** y **Diámetro** (0,031- 0,033), aunque hay otras combinaciones que presentan también buenos resultados. Los gráficos de la Figura 218 permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden dos, que correspondía a la combinación **Material-Profundidad**. Puede apreciarse que todas las combinaciones seleccionadas mejoran el resultado del modelo de orden dos. En el caso del radio del punto medio sólo se consigue mejora con relación al caso de referencia mediante la combinación **Material y presiones** con **Diámetro**.

FIGURA 218. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED ESTRATÉGICA



4.5.4. Elementos

En este epígrafe se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden tres (dos variables conjuntas y una independiente) en *Elementos*.

Se muestran inicialmente (figuras 219 a 224) los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden dos (*Año* con *Uso del Suelo*, *Profundidad* y *Diámetro*). Finalmente, en la Figura 225 se presenta un resumen de los diez mejores modelos de orden tres.

Año-Uso del Suelo

FIGURA 219. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO + USO DEL SUELO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

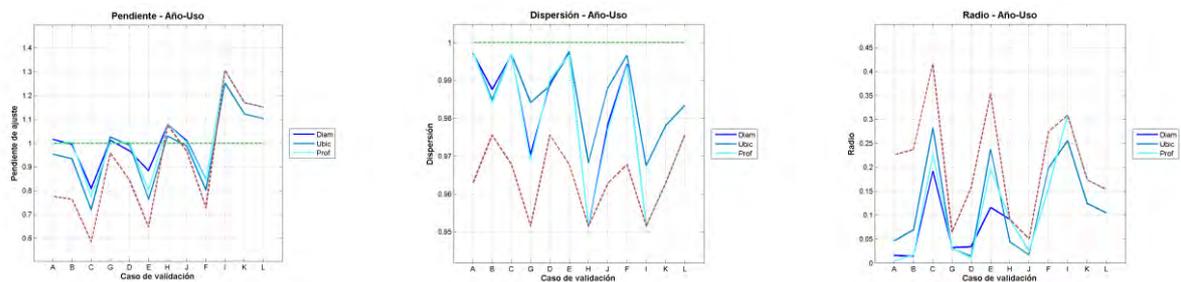
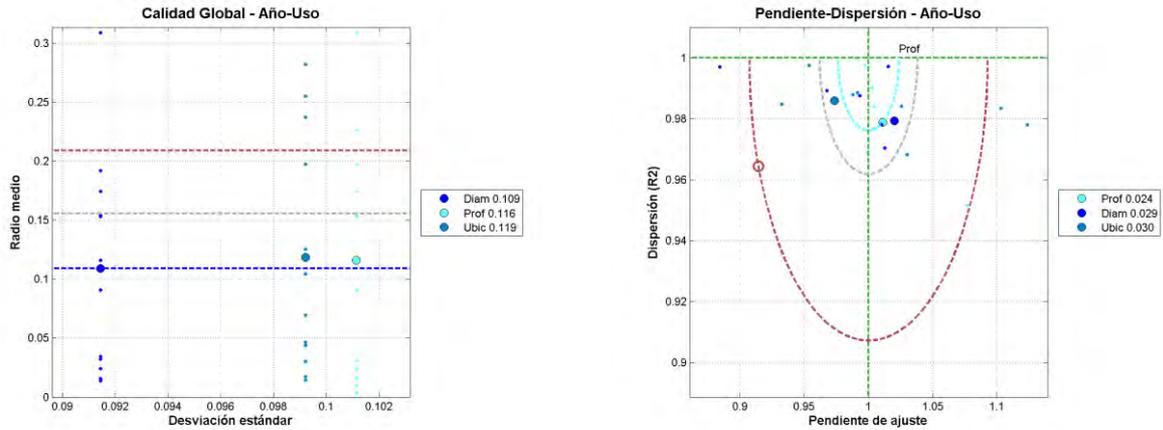


FIGURA 220. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO + USO DEL SUELO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



La combinación *Año-Usa del Suelo* con las tres variables analizadas (*Diámetro*, *Profundidad* y *Ubicación*) mejora visiblemente los resultados del modelo de orden dos con *Año-Usa del Suelo* (0,156). El mejor valor se obtiene con la variable *Diámetro* (0,109), pero las otras dos variables producen resultados similares. En el caso de radio del punto medio la variable que da el mejor resultado es *Profundidad*.

Año-Profundidad

FIGURA 221. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

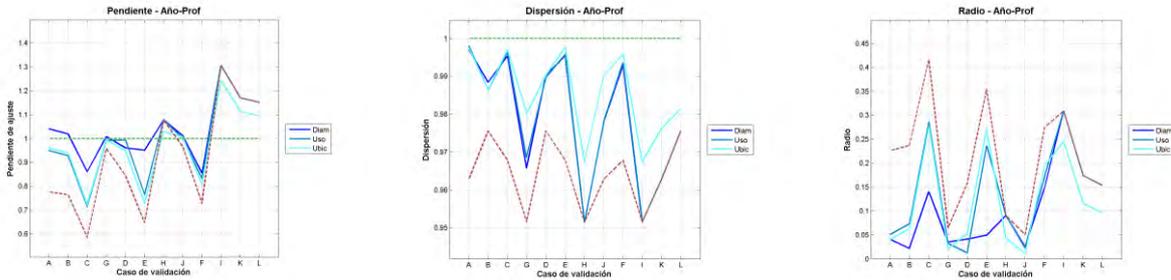
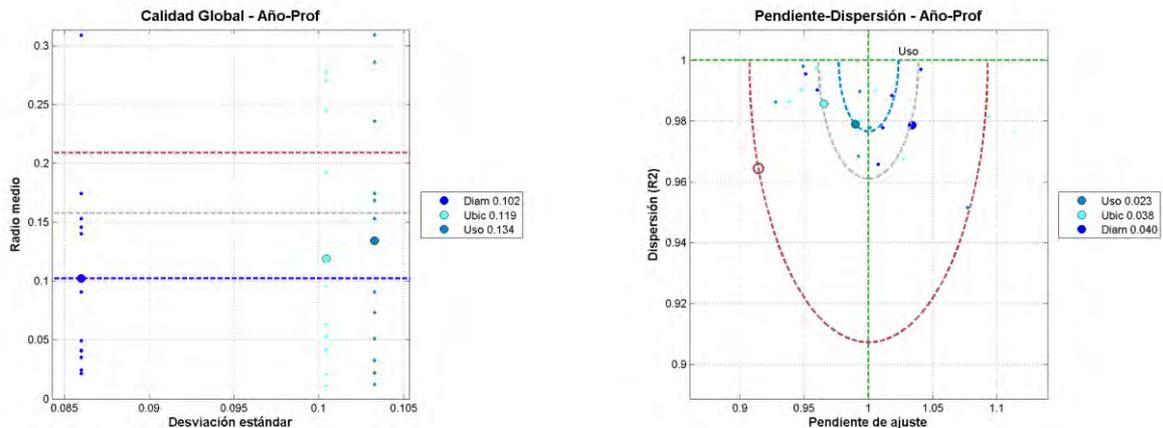


FIGURA 222. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En este caso se consiguen mejoras muy significativas al combinar las variables **Año-Profundidad** con otras. El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Año-Profundidad** con **Diámetro** (0,102), que mejora el resultado obtenido sólo con **Año-Profundidad** (0,158) algo más que las otras variables: **Ubicación** (0,119) y **Uso del Suelo** (0,134).

Diámetro-Año

FIGURA 223. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

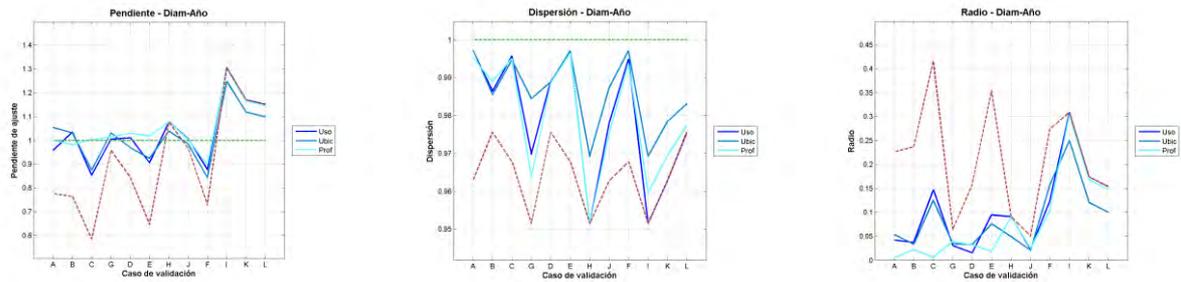
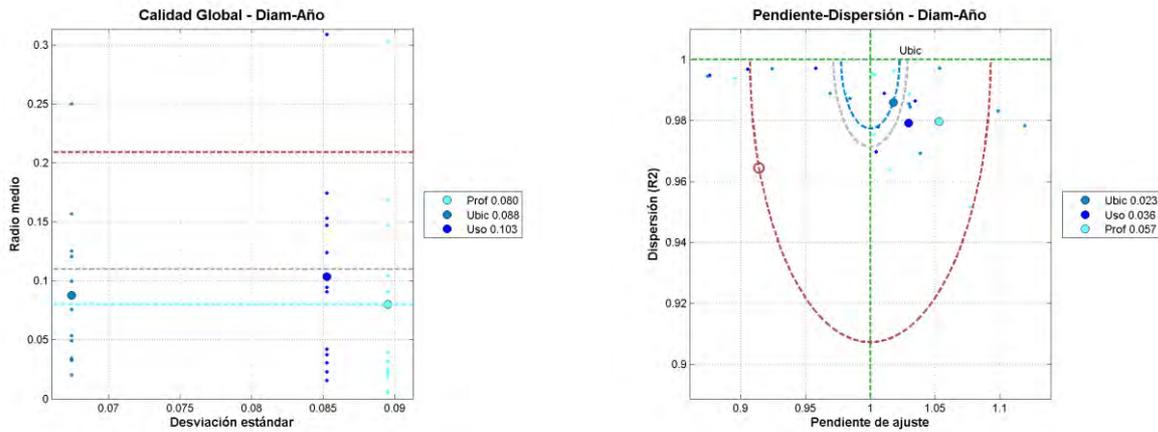


FIGURA 224. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



También se obtiene una notable mejora con la combinación de variables **Diámetro-Año**.

El mejor resultado corresponde a la combinación de **Diámetro-Año con Profundidad** (0,080), que supone una mejora importante con relación al resultado obtenido en el modelo de orden dos (0,160). Las variables **Ubicación** y **Uso del Suelo** también mejoran los resultados, aunque ésta última en menor medida.

Mejores Modelos

La Tabla 65 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de tres variables (dos conjuntas y una independiente) conjuntamente en *Elementos*.

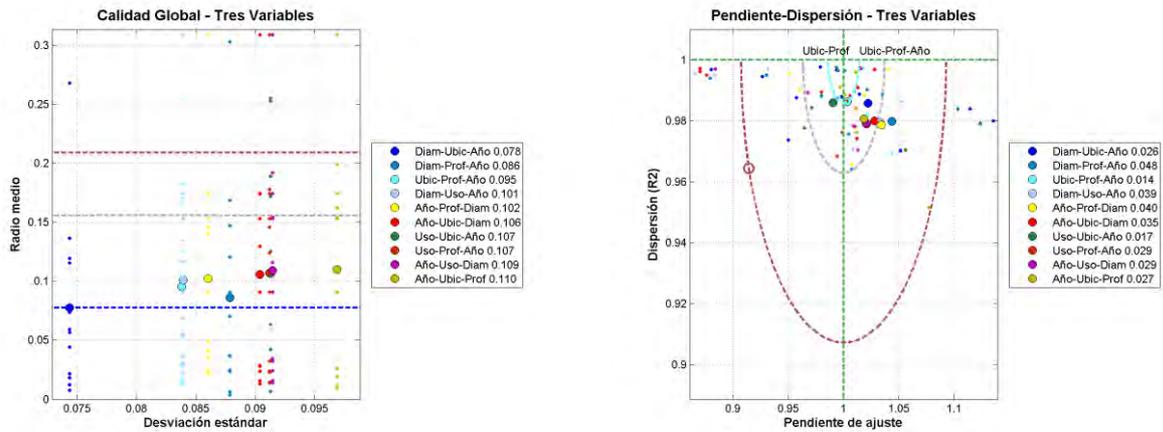
TABLA 65. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN TRES (DOS VARIABLES CONJUNTAS Y UNA INDEPENDIENTE) PARA ELEMENTOS

<i>Variables conjuntas</i>	<i>Variable independiente</i>	<i>Pendiente Media</i>	<i>Coefficiente R² Medio</i>	<i>Radio Pendiente Media</i>	<i>Media de Radio</i>	<i>Des. Tip. de Radio</i>
Diámetro-Ubicación	Año	1.022	0.986	0.026	0.078	0.074
Diámetro-Profundidad	Año	1.043	0.980	0.048	0.086	0.088
Ubicación-Profundidad	Año	1.003	0.986	0.014	0.095	0.084
Diámetro-Uso	Año	1.033	0.979	0.039	0.101	0.084
Año-Profundidad	Diámetro	1.034	0.979	0.040	0.102	0.086
Año-Ubicación	Diámetro	1.028	0.980	0.035	0.106	0.090
Uso-Ubicación	Año	0.990	0.986	0.017	0.107	0.091
Uso-Profundidad	Año	1.020	0.979	0.029	0.107	0.091
Año-Uso	Diámetro	1.020	0.979	0.029	0.109	0.091
Año-Ubicación	Profundidad	1.018	0.981	0.027	0.110	0.097

Los mejores resultados se obtienen para la combinación de *Año* con *Diámetro-Ubicación*, *Diámetro-Profundidad* y *Ubicación-Profundidad*.

Los gráficos de la Figura 225 permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden dos, que correspondía a la combinación *Año-Uso del Suelo*. Puede apreciarse que todos los modelos seleccionados producen una mejora apreciable (0,078-0,110) con relación al mejor modelo de orden dos (0,156).

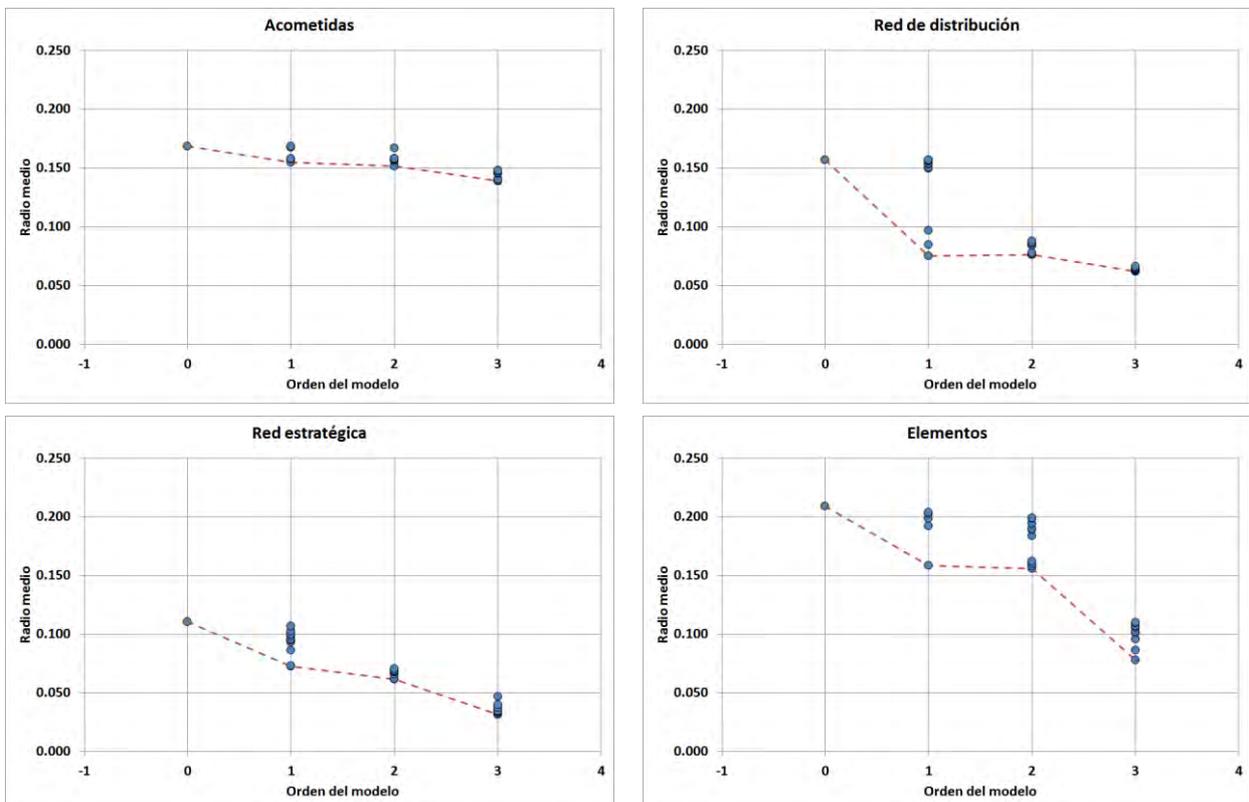
FIGURA 225. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ELEMENTOS



4.5.5. Resumen

A continuación, en la Figura 226 se resumen los resultados obtenidos en la validación de los modelos de tres variables (dos conjuntas y una independiente). Para cada ámbito se presenta un gráfico que recoge los valores del parámetro de calidad radio medio de los mejores modelos obtenidos de orden uno, dos y tres. La línea roja de trazos une los mejores valores obtenidos en cada tipo de modelo. Puede apreciarse que, en general, los modelos de orden tres suponen una mejora significativa con relación a los modelos de orden dos.

FIGURA 226. VALORES DEL PARÁMETRO DE CALIDAD EN MODELOS HASTA ORDEN (2,1)



4.6. MODELOS DE TRES VARIABLES INDEPENDIENTES

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de tres variables consideradas independientemente; es decir, modelos de orden (0,3). Para facilitar la comparación se presentan los mismos gráficos y tablas de resultados que en el caso de variables conjuntas.

4.6.1. Acometidas

En este epígrafe se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de tres variables independientes en **Acometidas**.

Se muestran inicialmente (figuras 227 a 232) los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden dos (**Diámetro-Año**, **Diámetro-Profundidad** y **Terreno-Profundidad**). Finalmente, en la Figura 233 se presenta un resumen de los mejores modelos de tres variables independientes.

Diámetro-Año

FIGURA 227. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

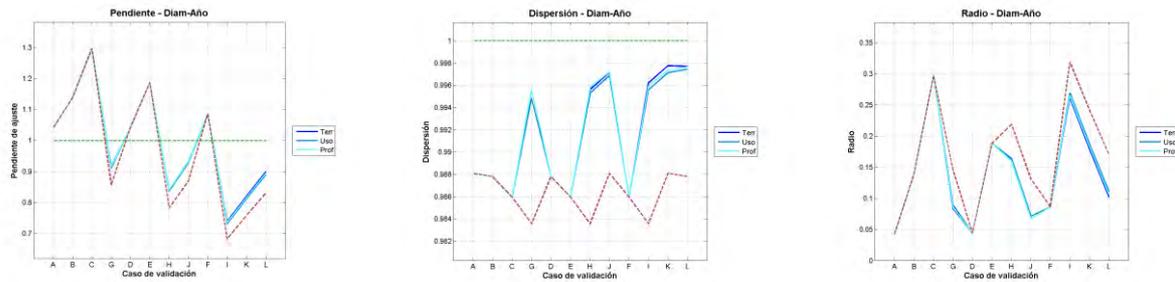
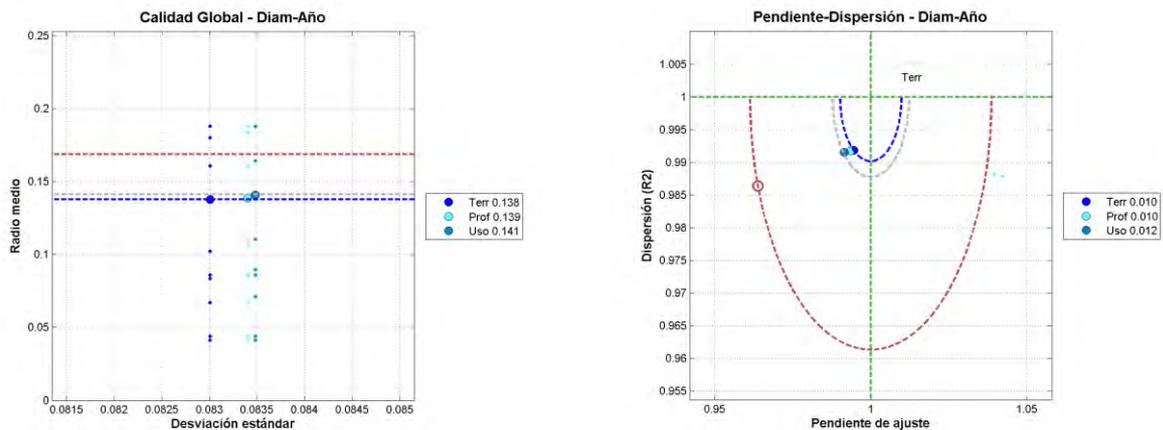


FIGURA 228. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En el análisis del radio medio el mejor resultado se obtiene para la combinación de **Diámetro-Año** con **Terreno**, que mejora ligeramente (0,138) el resultado obtenido en el modelo de orden uno para **Diámetro- Año** (0,141). La variable **Profundidad** produce una mejora muy ligera (0,139) y **Uso del Suelo** no mejora los resultados. En el análisis del radio del punto medio el mejor resultado también corresponde a la combinación de **Diámetro-Año** con **Terreno**.

Diámetro-Profundidad

FIGURA 229. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

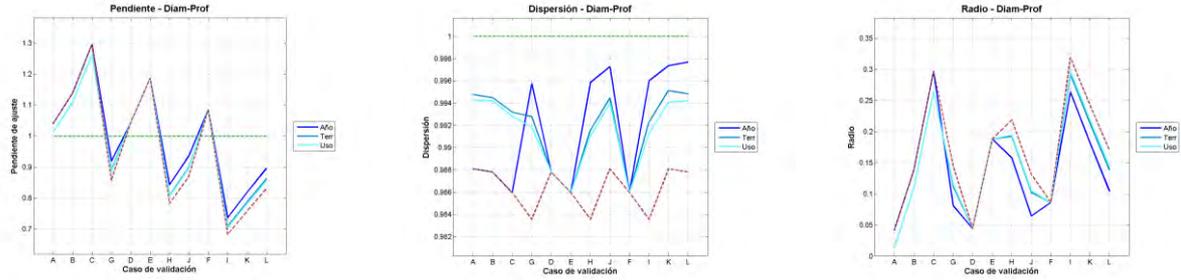
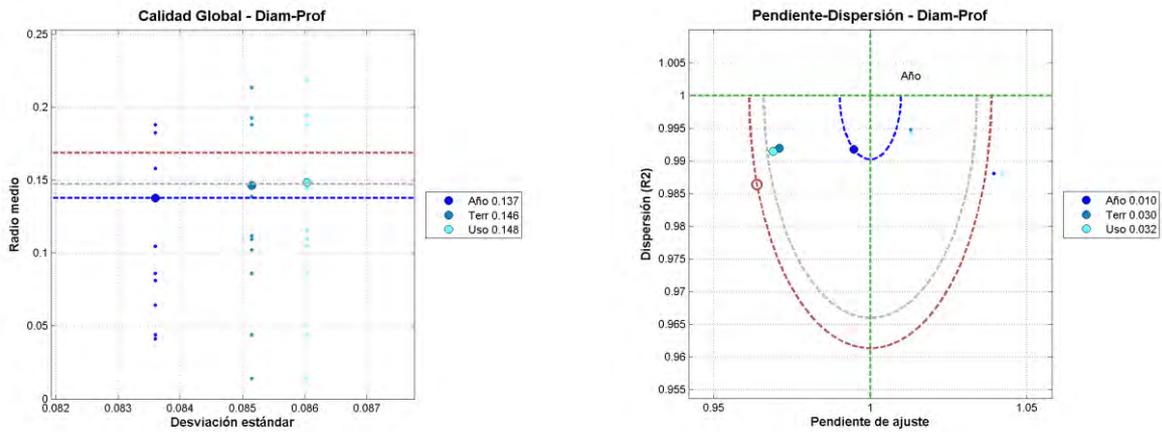


FIGURA 230. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de *Diámetro-Profundidad* con *Año*, que mejora ligeramente (0,137) el resultado obtenido en el modelo de orden dos para *Diámetro-Profundidad* (0,147). Las variables *Terreno* y *Uso* prácticamente no mejoran los resultados.

Terreno-Profundidad

FIGURA 231. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN TERRENO-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

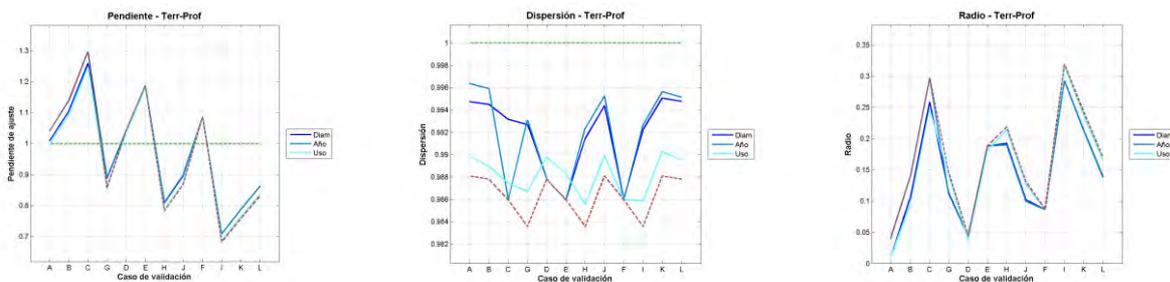
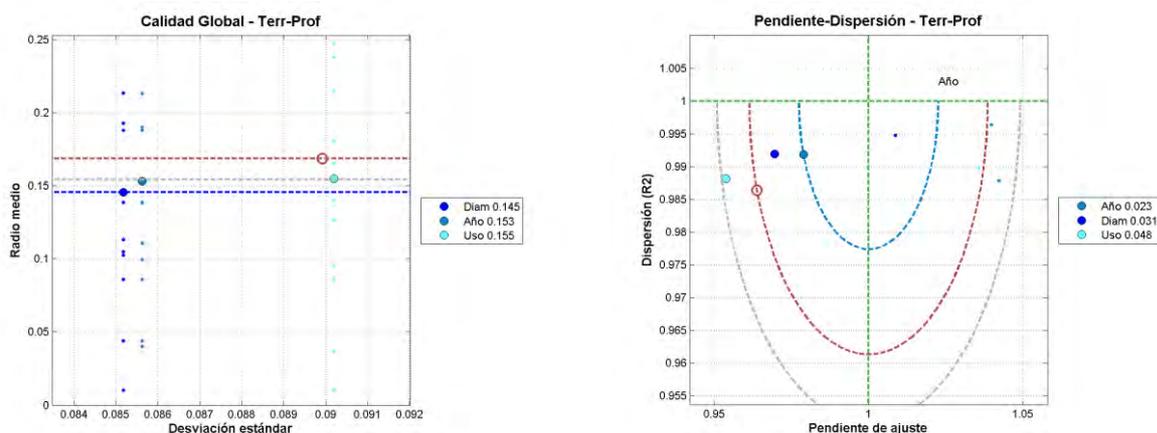


FIGURA 232. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN TERRENO-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de *Terreno-Profundidad* con *Diámetro*, que mejora (0,145) el resultado obtenido en el modelo de orden dos para *Terreno-Profundidad* (0,154). Las variables *Año* y *Uso del Suelo* prácticamente no mejoran los resultados.

Mejores Modelos

La Tabla 66 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de tres variables consideradas independientemente en *Acometidas*.

TABLA 66. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE TRES VARIABLES INDEPENDIENTES PARA ACOMETIDAS

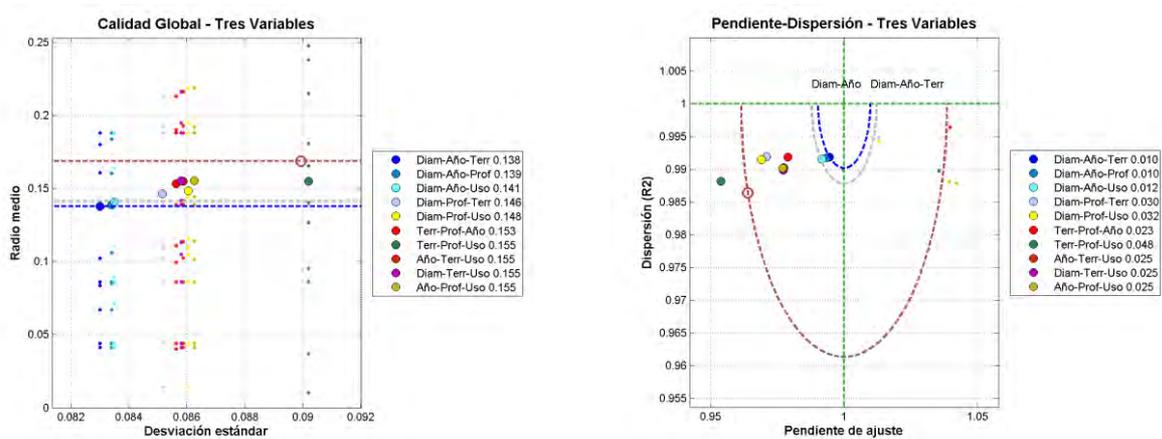
<i>Variables anteriores</i>	<i>Variable adicional</i>	<i>Pendiente Media</i>	<i>Coficiente R² Medio</i>	<i>Radio Pendiente Media</i>	<i>Media de Radio</i>	<i>Des. Tip. de Radio</i>
Diámetro-Año	Terreno	0.995	0.992	0.010	0.138	0.083
Diámetro-Año	Profundidad	0.994	0.992	0.010	0.139	0.083
Diámetro-Año	Uso del Suelo	0.992	0.992	0.012	0.141	0.083
Diámetro-Profundidad	Terreno	0.971	0.992	0.030	0.146	0.085
Diámetro-Profundidad	Uso del Suelo	0.969	0.991	0.032	0.148	0.086
Terreno-Profundidad	Año	0.979	0.992	0.023	0.153	0.086
Terreno-Profundidad	Uso del Suelo	0.954	0.988	0.048	0.155	0.090
Año-Terreno	Uso del Suelo	0.977	0.990	0.025	0.155	0.086
Diámetro-Terreno	Uso del Suelo	0.977	0.990	0.025	0.155	0.086
Año-Profundidad	Uso del Suelo	0.977	0.990	0.025	0.155	0.086

Los mejores resultados se obtienen para las combinaciones de **Diámetro-Año** con **Terreno**, **Profundidad** y **Uso del Suelo**.

Los gráficos de la Figura 233 siguiente permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden dos, que correspondía a la combinación **Diámetro-Año** (0,141). Puede apreciarse que se consigue una ligera mejora al combinar **Diámetro-Año** con **Terreno** (0,138) y **Profundidad** (0,139), pero no en el resto de combinaciones de orden tres, que no proporcionan mejores resultados que el mejor modelo de orden dos.

En el caso del radio del punto medio la mejor combinación es también **Diámetro-Año** con **Terreno**, con un valor de 0,010, frente al valor de 0,012 que correspondía a las variables de **Diámetro** y **Año**. En conjunto la mejora obtenida al añadir una variable explicativa adicional es muy escasa.

FIGURA 233. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ACOMETIDAS



4.6.2. Red de Distribución

Seguidamente se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de tres variables independientes en la **Red de Distribución**.

Se muestran inicialmente (figuras 234 a 239) los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden dos (**Diámetro** con **Terreno**, **Velocidad máxima** y **Velocidad media**). Finalmente, en la Figura 240 se presenta un resumen de los diez mejores modelos de orden tres.

Diámetro-Terreno

FIGURA 234. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

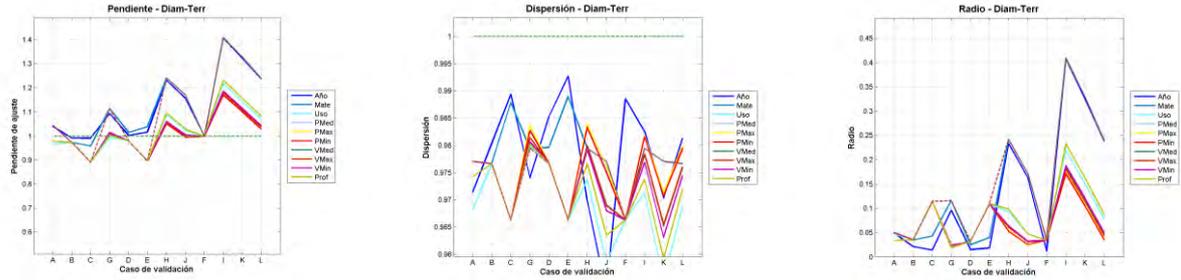
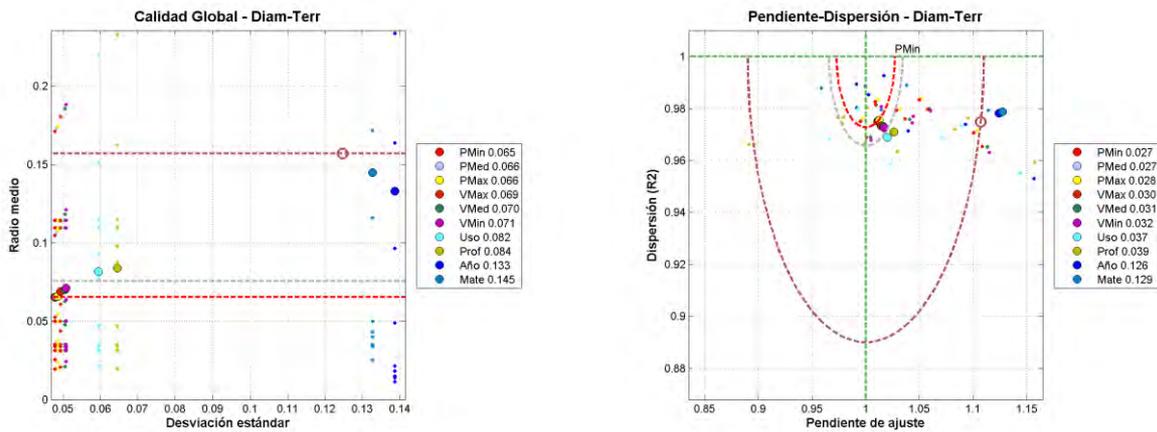


FIGURA 235. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El modelo de tres variables independientes supera el resultado del modelo de orden dos en el caso de la combinación de **Diámetro-Terreno** con las **variables** de **presión y velocidad**.

El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Diámetro-Terreno** con **Presión mínima**, con un radio medio inferior (0,065) al que se obtiene únicamente considerando **Diámetro-Terreno** (0,076). En el caso de radio del punto la combinación óptima es también **Diámetro-Terreno** con **Presión mínima**.

Diámetro-Velocidad Máxima

FIGURA 236. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

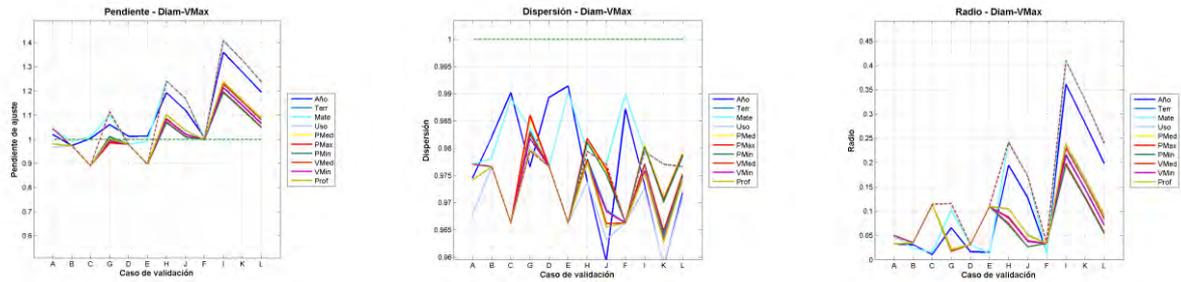
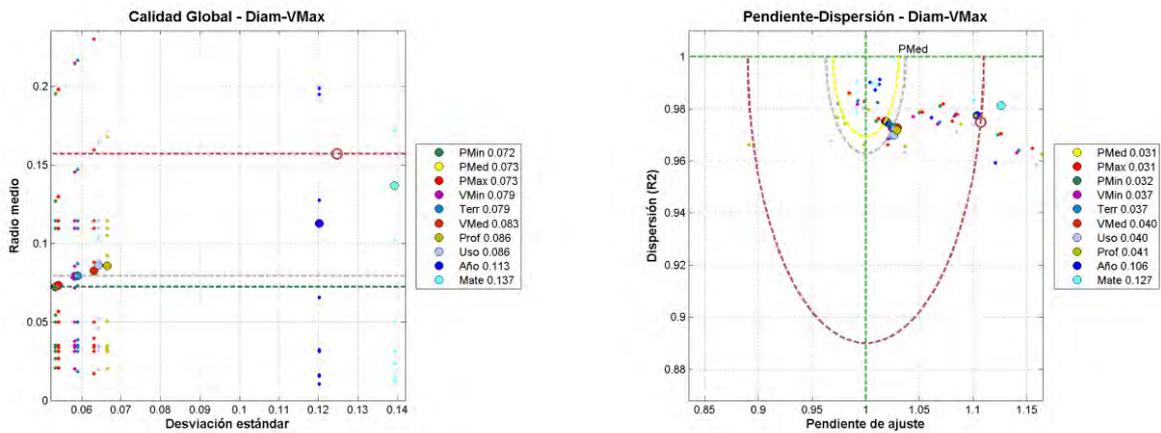


FIGURA 237. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de *Diámetro-Velocidad máxima* con las variables de *presión*, que mejoran ligeramente (0,072-0,073) el resultado obtenido en el modelo de orden dos para *Diámetro-Velocidad máxima* (0,079).

La combinación de *Diámetro-Velocidad* máxima con el resto de variables ya no presentan mejores resultados que los obtenidos con el modelo de orden dos.

Diámetro-Velocidad Media

FIGURA 238. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-VELOCIDAD MEDIA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

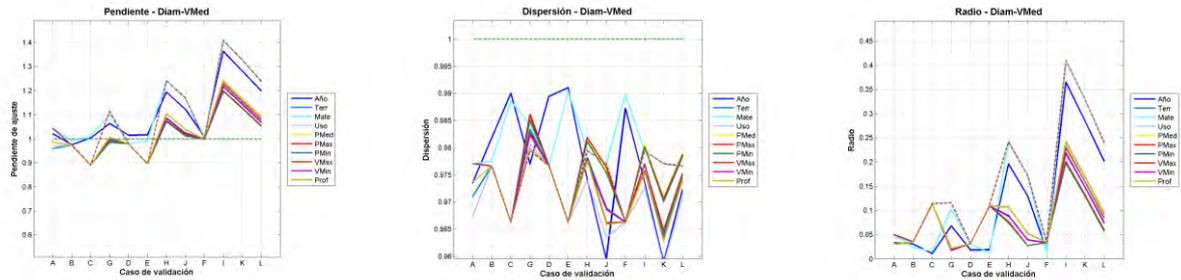
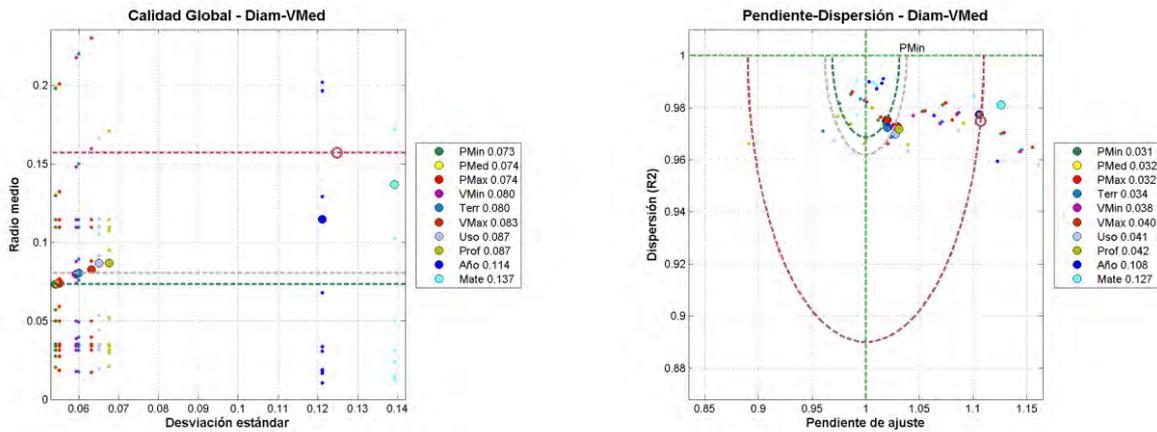


FIGURA 239. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-VELOCIDAD MEDIA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de *Diámetro-Velocidad Media* con las *variables de presión*, que mejoran ligeramente (0,073-0,074) el resultado obtenido en el modelo de orden dos para *Diámetro-Velocidad Media* (0,080).

La combinación de *Diámetro-Velocidad Media* con el resto de variables ya no presentan mejores resultados que los obtenidos con el modelo de orden dos.

Mejores Modelos

La Tabla 67 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de tres variables independientemente en **Red de Distribución**.

TABLA 67. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE TRES VARIABLES INDEPENDIENTES PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

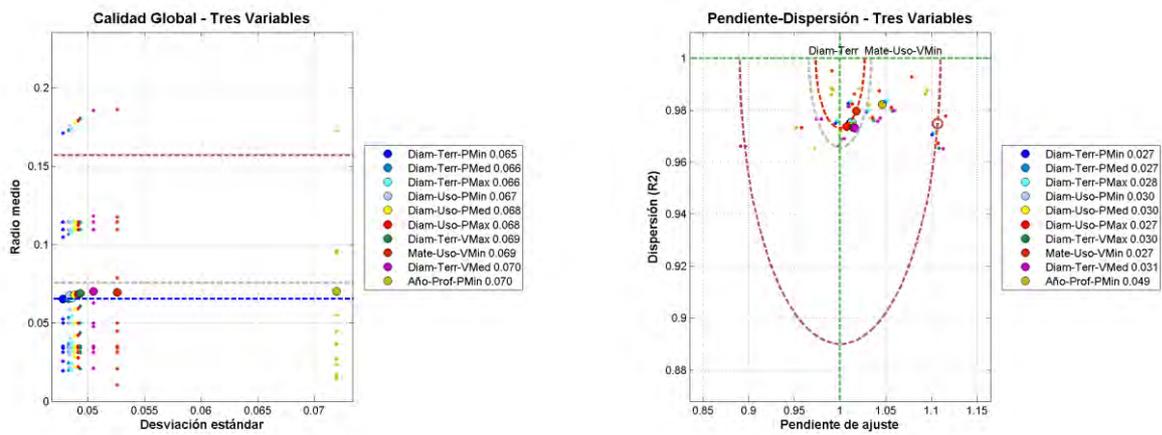
<i>Variables anteriores</i>	<i>Variable adicional</i>	<i>Pendiente Media</i>	<i>Coefficiente R² Medio</i>	<i>Radio Pendiente Media</i>	<i>Media de Radio</i>	<i>Des. Tip. de Radio</i>
Diámetro-Terreno	Presión Mínima	1.011	0.975	0.027	0.065	0.048
Diámetro-Terreno	Presión Media	1.012	0.975	0.027	0.066	0.048
Diámetro-Terreno	Presión Máxima	1.013	0.976	0.028	0.066	0.049
Diámetro-Profundidad	Presión Mínima	1.013	0.974	0.030	0.067	0.048
Diámetro-Profundidad	Presión Media	1.014	0.974	0.030	0.068	0.049
Terreno-Profundidad	Presión Máxima	1.007	0.974	0.027	0.068	0.049
Diámetro-Terreno	Velocidad Máxima	1.014	0.973	0.030	0.069	0.049
Año-Terreno	Velocidad Mínima	1.018	0.980	0.027	0.069	0.053
Diámetro-Terreno	Velocidad Media	1.016	0.973	0.031	0.070	0.051
Año-Profundidad	Presión Mínima	1.046	0.982	0.049	0.070	0.072

Los modelos de tres variables independientes mejoran los resultados obtenidos considerando una y dos variables.

Los mejores resultados se obtienen para las combinaciones de **Diámetro-Terreno y Diámetro- Uso del Suelo** con las **variables** de **presión**, con valores de radio medio inferiores a los obtenidos en los modelos de orden uno y dos.

Los gráficos de la Figura 240 siguiente permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden dos, que correspondía a la combinación de **Diámetro** con **Terreno**. Puede apreciarse que todos los modelos seleccionados mejoran el resultado, aunque de forma muy ligera.

FIGURA 240. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN



4.6.3. Red Estratégica

En este epígrafe se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de tres variables independientes en la *Red Estratégica*.

Se muestran inicialmente (figuras 241 a 246) los resultados para las combinaciones que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden dos (*Diámetro-Material*, *Diámetro-Año* y *Presión máxima- Presión mínima*). Finalmente, en la Figura 247 se presenta un resumen de los diez mejores modelos de orden tres.

Diámetro-Material

FIGURA 241. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

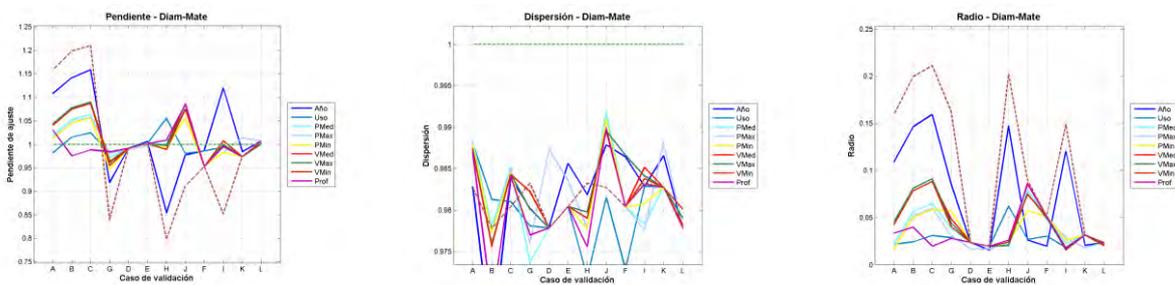
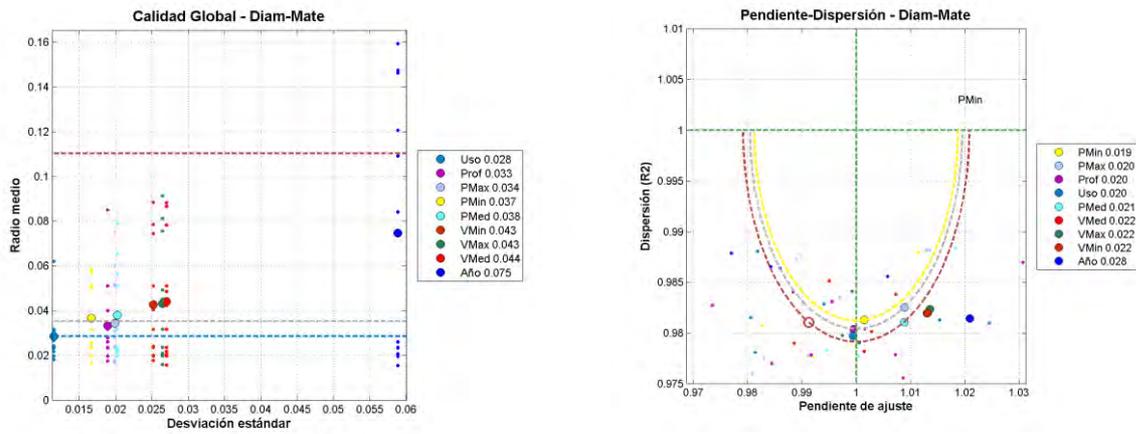


FIGURA 242. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Tres variables mejoran los resultados obtenidos empleando sólo la combinación *Diámetro-Material* (0,035).

El mejor resultado se obtiene para la combinación de *Diámetro-Material* con *Uso del Suelo* (0,028), pero otras dos combinaciones, con *Profundidad* (0,033) y *Presión máxima* (0,034) producen también resultados que superan el del modelo de orden dos.

Diámetro-Año

FIGURA 243. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

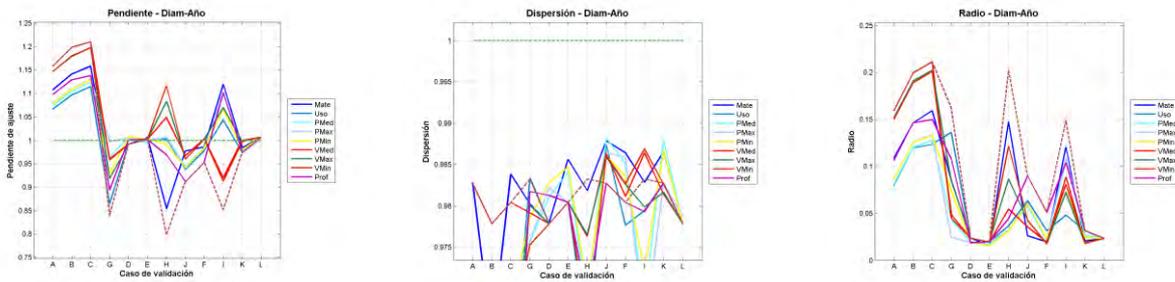
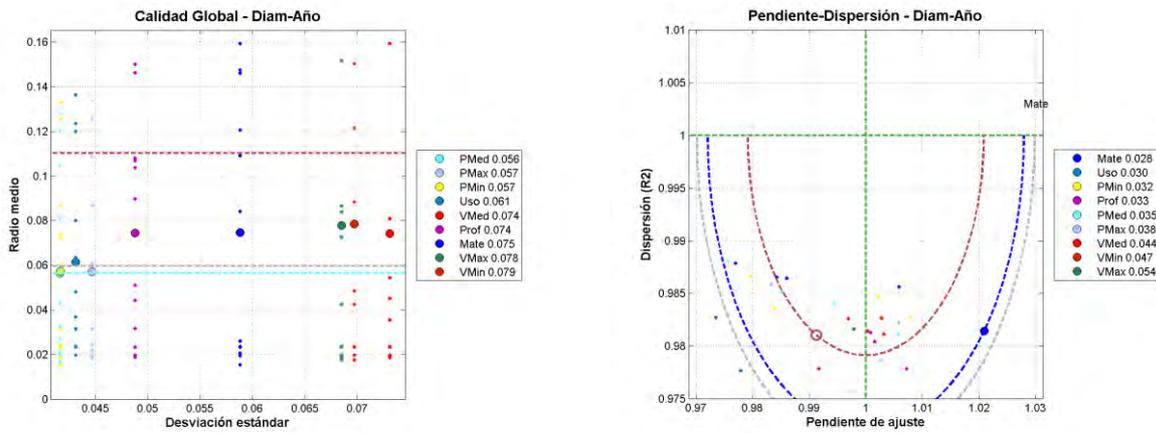


FIGURA 244. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Los mejores resultados se obtienen para la combinación de **Diámetro-Año** con las variables de presión (0,056-0,057), que mejoran ligeramente el resultado obtenido en el modelo de orden dos para **Diámetro- Año** (0,060). El resto de variables no producen mejoría. En el caso del análisis del radio del punto medio los resultados son peores que los obtenidos con el modelo de orden cero.

Presión Máxima-Presión Mínima

FIGURA 245. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN PRESIÓN MÁXIMA-PRESIÓN MÍNIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

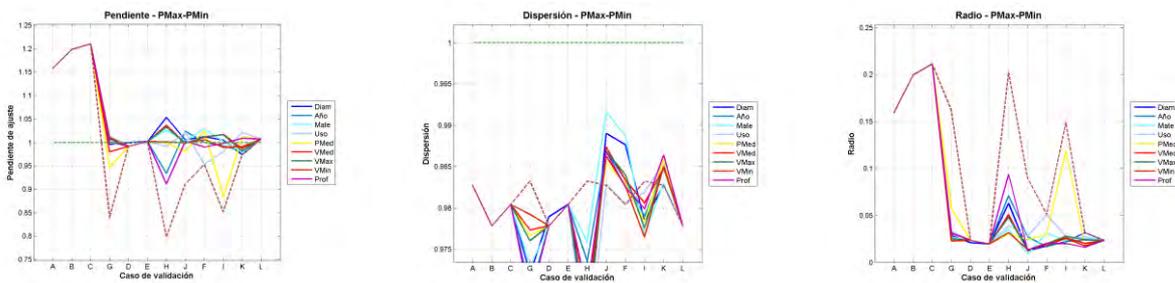
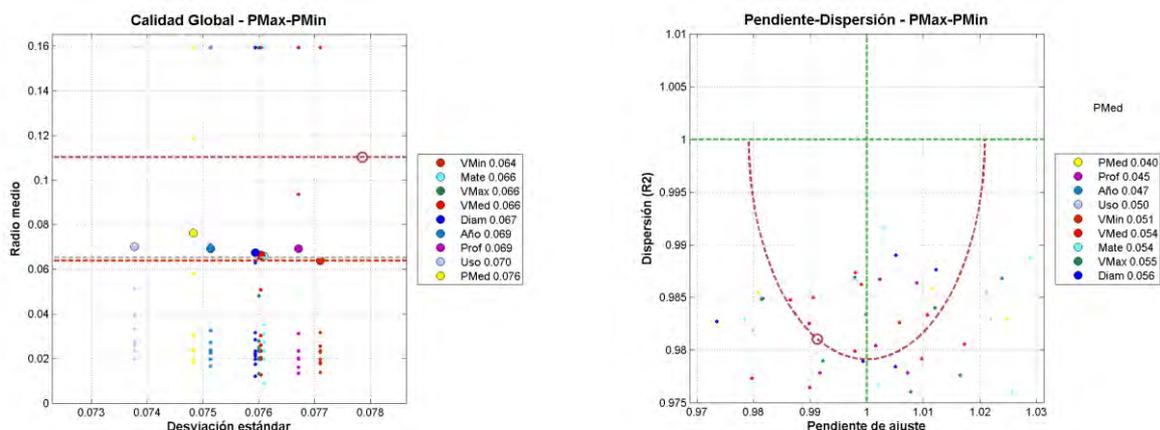


FIGURA 246. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN PRESIÓN MÁXIMA-PRESIÓN MÍNIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



La única variable que mejora los resultados obtenidos considerando sólo la combinación **Presión máxima-Presión mínima** es la **Velocidad mínima** (0,060), que mejora muy ligeramente el resultado obtenido en el modelo de orden dos para **Presión máxima-Presión mínima** (0,065).

Mejores Modelos

La Tabla 68 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de tres variables independientemente en **Red Estratégica**.

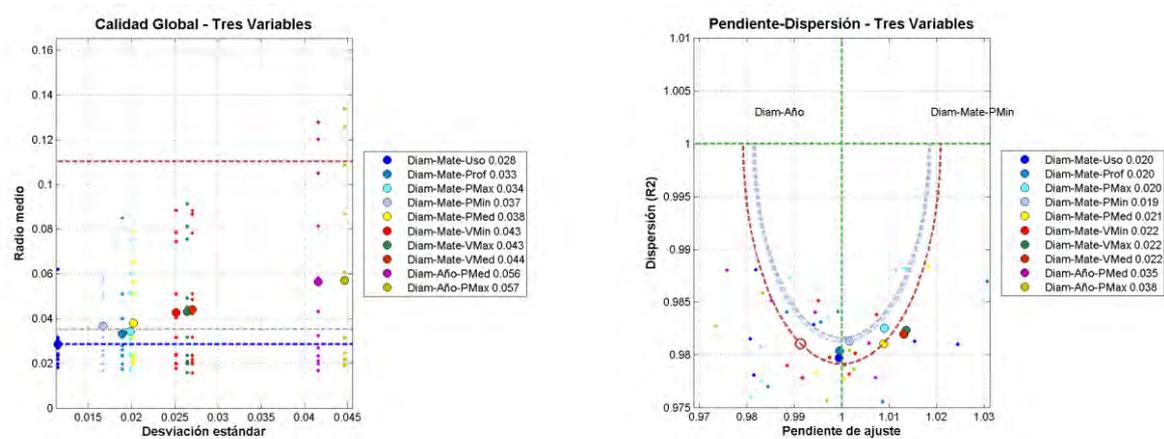
TABLA 68. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE TRES VARIABLES INDEPENDIENTES PARA RED ESTRATÉGICA

Variables anteriores	Variable adicional	Pendiente Media	Coefficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Tip. de Radio
Diámetro-Material	Uso del Suelo	0.999	0.980	0.020	0.028	0.011
Diámetro-Material	Profundidad	1.000	0.980	0.020	0.033	0.019
Diámetro-Material	Presión Máxima	1.009	0.983	0.020	0.034	0.020
Diámetro-Material	Presión Mínima	1.002	0.981	0.019	0.037	0.017
Diámetro-Material	Presión Media	1.009	0.981	0.021	0.038	0.020
Diámetro-Material	Velocidad Mínima	1.013	0.982	0.022	0.043	0.025
Diámetro-Material	Velocidad Máxima	1.014	0.982	0.022	0.043	0.026
Diámetro-Material	Velocidad Media	1.013	0.982	0.022	0.044	0.027
Diámetro-Año	Presión Media	1.024	0.974	0.035	0.056	0.042
Diámetro-Año	Presión Máxima	1.028	0.973	0.038	0.057	0.045

Los mejores resultados se obtienen para la combinación de **Diámetro-Material** con distintas variables. De ellas sólo mejoran los resultados del modelo de orden dos para **Diámetro-Material** (0,035) las variables **Uso del Suelo** (0,028), **Profundidad** (0,033) y **Presión Máxima** (0,034).

Los gráficos de la Figura 247 siguiente permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden dos (0,035), que correspondía a la combinación **Diámetro-Material**. En el caso del radio del punto medio sólo se consigue mejora con relación al caso de referencia (0,020) mediante la combinación de **Diámetro-Material** con **Presión Mínima** (0,019).

FIGURA 247. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED ESTRATÉGICA



4.6.4. Elementos

Seguidamente se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de tres variables independientes en **Elementos**.

Se muestran inicialmente (figuras 248 a 253) los resultados para las combinaciones de variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden dos (**Diámetro-Año**, **Año-Profundidad** y **Año-Ubicación**). Finalmente, la Figura 254 presenta un resumen de los diez mejores modelos de orden tres.

Diámetro-Año

FIGURA 248. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

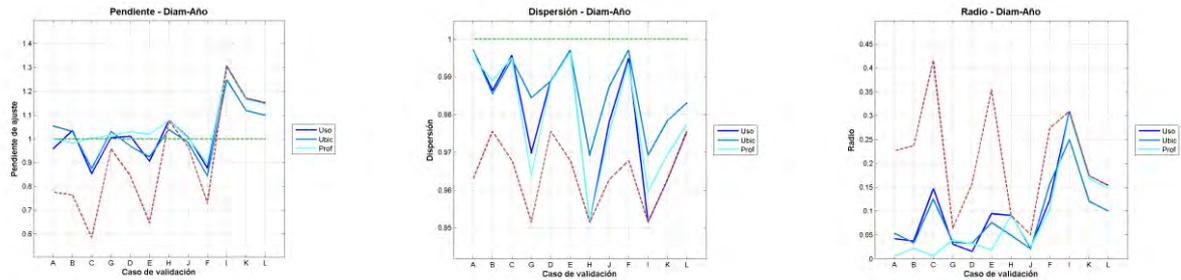
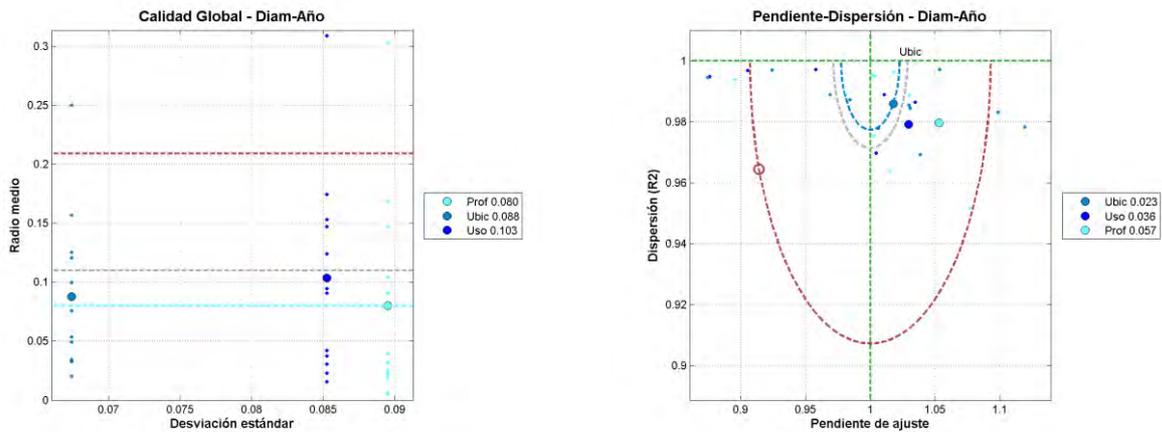


FIGURA 249. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Todas las combinaciones mejoran sensiblemente los resultados obtenidos considerando sólo *Diámetro- Año* (0,110).

La mejor combinación es *Diámetro-Año con Profundidad* (0,080), pero los resultados son también muy buenos para *Ubicación* (0,088) y *Uso del Suelo* (0,103).

En el caso de radio del punto medio sólo se mejora el resultado del modelo de orden dos con *Ubicación*.

Año-Profundidad

FIGURA 250. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

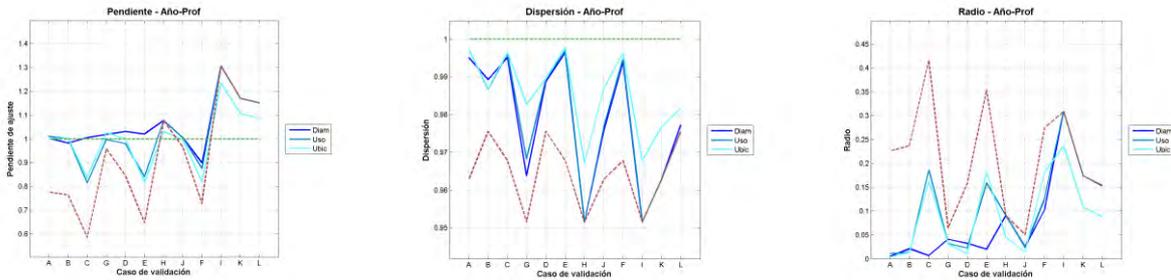
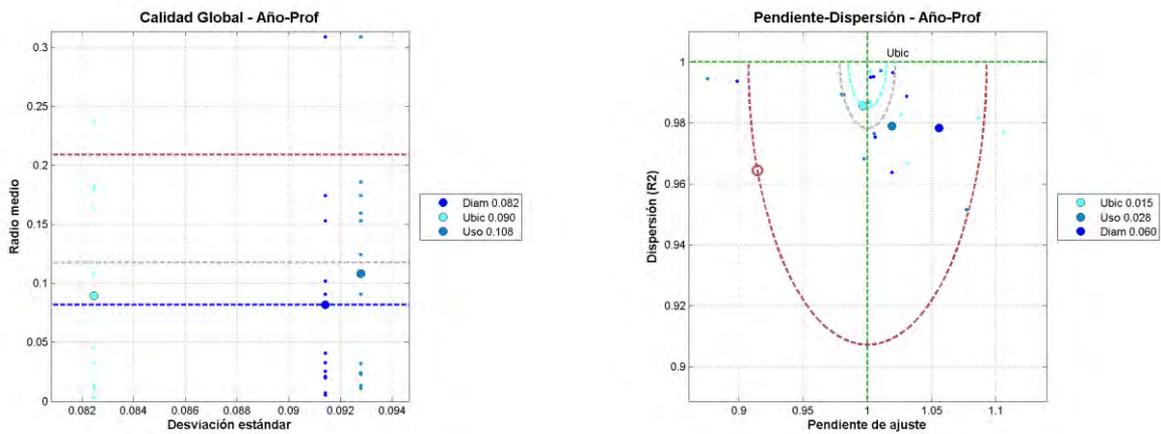


FIGURA 251. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Todas las combinaciones mejoran los resultados obtenidos considerando sólo *Año-Profundidad* (0,118). La mejor combinación es *Año-Profundidad* con *Diámetro* (0,082), pero los resultados son también buenos para *Ubicación* (0,090) y *Uso del Suelo* (0,108).

En el caso de radio del punto medio sólo se mejora el resultado del modelo de orden dos con *Ubicación*.

Año-Ubicación

FIGURA 252. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO-UBICACIÓN, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

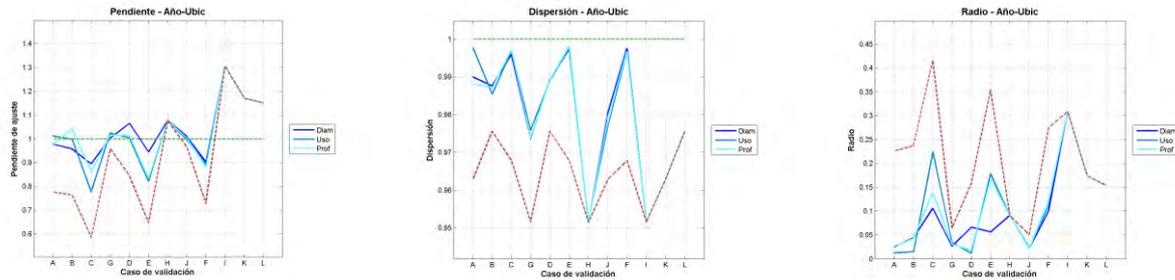
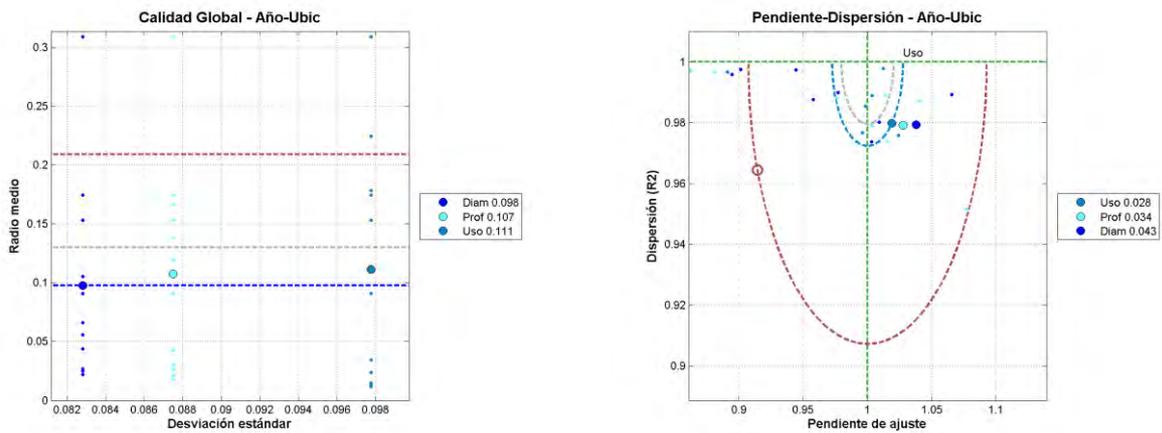


FIGURA 253. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO-UBICACIÓN, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Con la combinación **Año-Ubicación** la mejora es también significativa. El mejor resultado corresponde a la combinación de **Año-Ubicación** con **Diámetro** (0,088), que produce una mejora apreciable del resultado obtenido en el modelo de orden dos para **Año-Ubicación** (0,130). Las variables **Profundidad** y **Uso del Suelo** también mejoran los resultados, pero en menor medida.

Mejores Modelos

La Tabla 69 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de tres variables consideradas conjuntamente en **Elementos**.

TABLA 69. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE TRES VARIABLES INDEPENDIENTES PARA ELEMENTOS

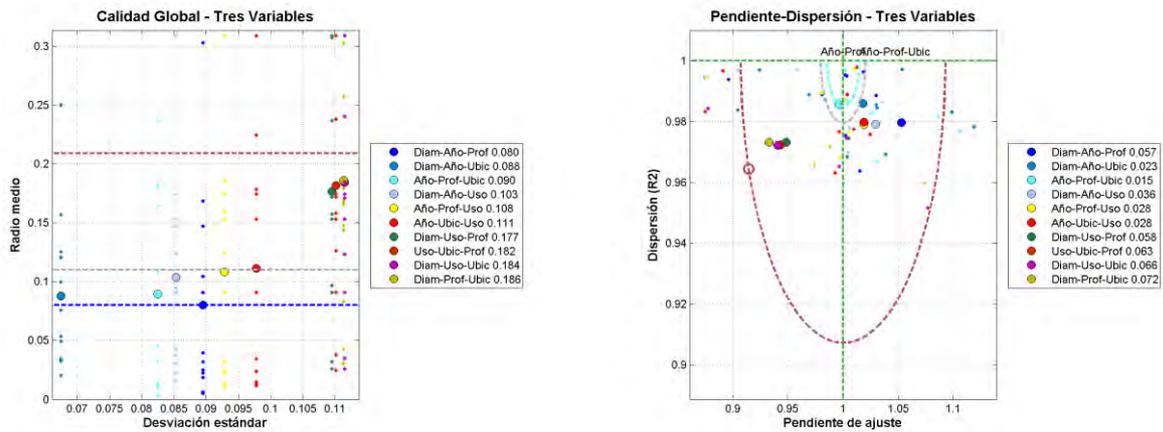
<i>Variables anteriores</i>	<i>Variable adicional</i>	<i>Pendiente Media</i>	<i>Coefficiente R² Medio</i>	<i>Radio Pendiente Media</i>	<i>Media de Radio</i>	<i>Des. Tip. de Radio</i>
Diámetro-Año	Profundidad	1.053	0.980	0.057	0.080	0.090
Diámetro-Año	Ubicación	1.018	0.986	0.023	0.088	0.067
Año-Profundidad	Ubicación	0.996	0.986	0.015	0.090	0.082
Diámetro -Año	Uso del Suelo	1.029	0.979	0.036	0.103	0.085
Año-Profundidad	Uso del Suelo	1.019	0.979	0.028	0.108	0.093
Año-Ubicación	Uso del Suelo	1.019	0.980	0.028	0.111	0.098
Diámetro- Uso del Suelo	Profundidad	0.949	0.973	0.058	0.177	0.110
Uso del Suelo - Ubicación	Profundidad	0.943	0.972	0.063	0.182	0.110
Diámetro- Uso del Suelo	Ubicación	0.941	0.972	0.066	0.184	0.111
Diámetro- Profundidad	Ubicación	0.933	0.973	0.072	0.186	0.111

Los mejores resultados se obtienen para la combinación de **Diámetro-Año** con **Profundidad** y **Ubicación**.

Los gráficos de la Figura 254 siguiente permiten la comparación de los distintos modelos.

Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden dos, que correspondía a la combinación **Diámetro-Año** (0,110). Puede apreciarse que las combinaciones de **Diámetro-Año** con **Profundidad** y **Ubicación** producen una mejora significativa (0,080 y 0,088) con relación al mejor modelo de orden dos. También produce buen resultado la combinación de **Año-Profundidad** con **Ubicación** (0,090).

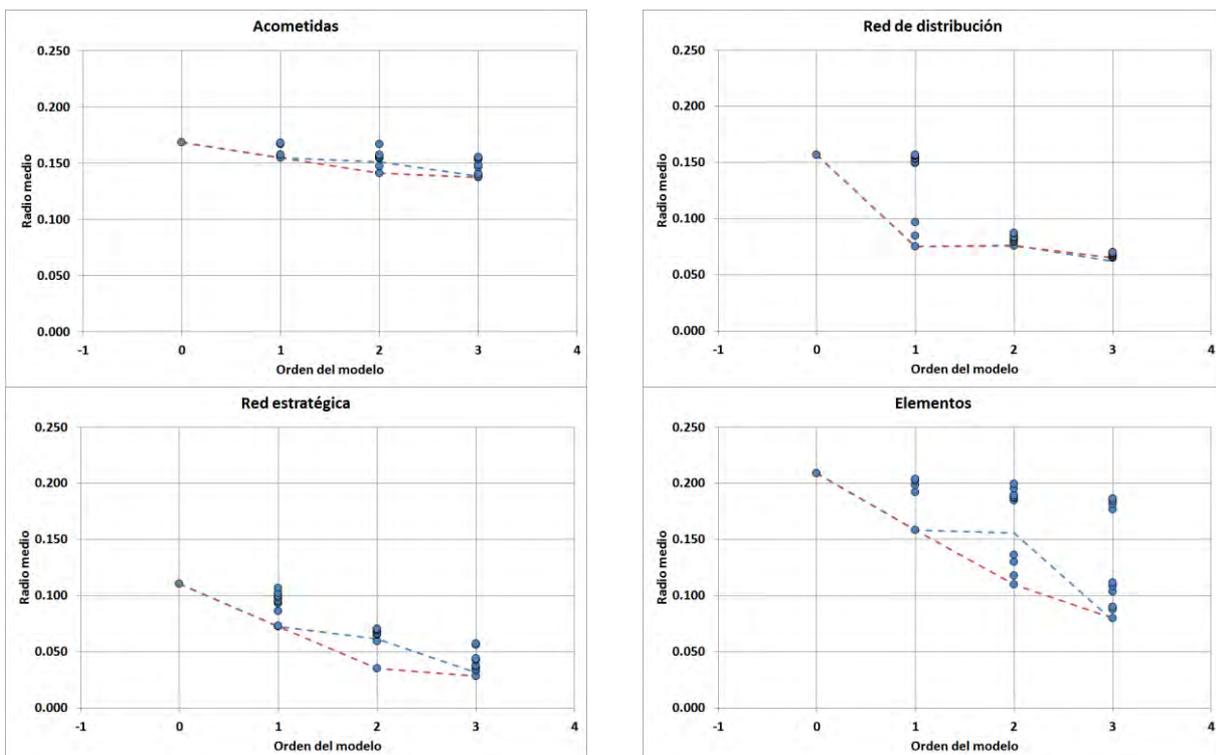
FIGURA 254. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ELEMENTOS



4.6.5. Resumen

En este apartado se resumen los resultados obtenidos en la validación de los modelos de tres variables independientes. En la Figura 255 se presentan un gráfico para cada ámbito que recoge los valores del parámetro de calidad radio medio de los mejores modelos obtenidos. La línea roja de trazos une los mejores valores obtenidos en cada tipo de modelo. La línea azul representa los mejores valores obtenidos en el caso de que las variables se consideren dependientes. Puede apreciarse que los modelos de orden tres producen resultados muy similares, tanto si las variables se consideran dependientes, como independientes. Excepto en el caso de *Elementos*, la mejora que se obtiene al pasar del modelo de orden dos al modelo de orden tres es, comparativamente menor, que la que se obtiene al pasar del modelo de orden cero al modelo de orden uno, pero aun así es suficientemente significativa como para considerar la posibilidad de analizar modelos de orden cuatro.

FIGURA 255. VALORES DEL PARÁMETRO DE CALIDAD EN MODELOS HASTA ORDEN (0,3)



4.7. MODELOS DE DOS VARIABLES CONJUNTAS Y DOS INDEPENDIENTES

Los resultados obtenidos en la validación de los modelos formados por dos variables consideradas conjuntamente y dos variables adicionales independientes se presentan en esta sección. En cada ámbito se toman como punto de partida los diez mejores modelos del paso anterior (dos variables conjuntas y una independiente) y se añade una variable más, considerada independiente de las anteriores. Los modelos se validan de forma análoga a los casos anteriores. Siempre se ha utilizado el mismo nivel de desagregación para las cuatro variables del modelo.

Se presentan los gráficos finales de comparación donde los pares de valores de los parámetros de calidad se representan como un punto en el espacio (pendiente, coeficiente de regresión). Se ha marcado en marrón la circunferencia que pasa por el punto correspondiente al cálculo realizado con el modelo de orden cero y en gris la circunferencia correspondiente al mejor valor obtenido en el modelo anterior (dos variables conjuntas y una independiente), indicando la combinación de variables.

4.7.1. Acometidas

Seguidamente se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden cuatro (dos conjuntas y dos independientes) en *Acometidas*.

Inicialmente se muestran (figuras 256 a 261) los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en la fase anterior (*Diámetro-Terreno* con *Año*, *Diámetro-Profundidad* con *Año*, y *Año-Profundidad* con *Diámetro*). Finalmente, la Figura 262 presenta un resumen de los mejores modelos de orden cuatro (dos conjuntas y dos independientes).

Diámetro-Terreno con Año

FIGURA 256. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+TERRENO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

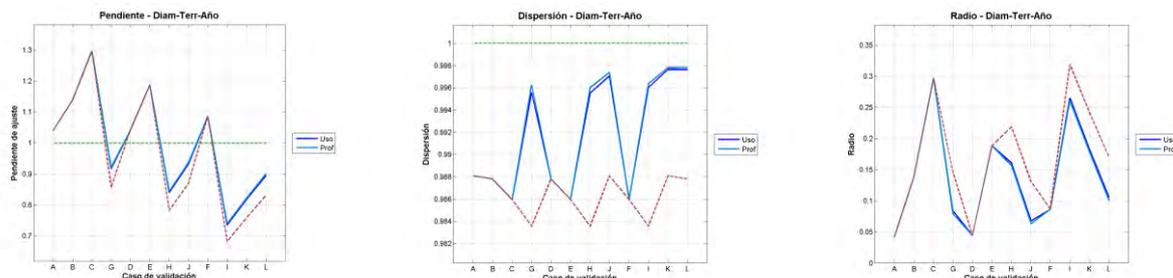
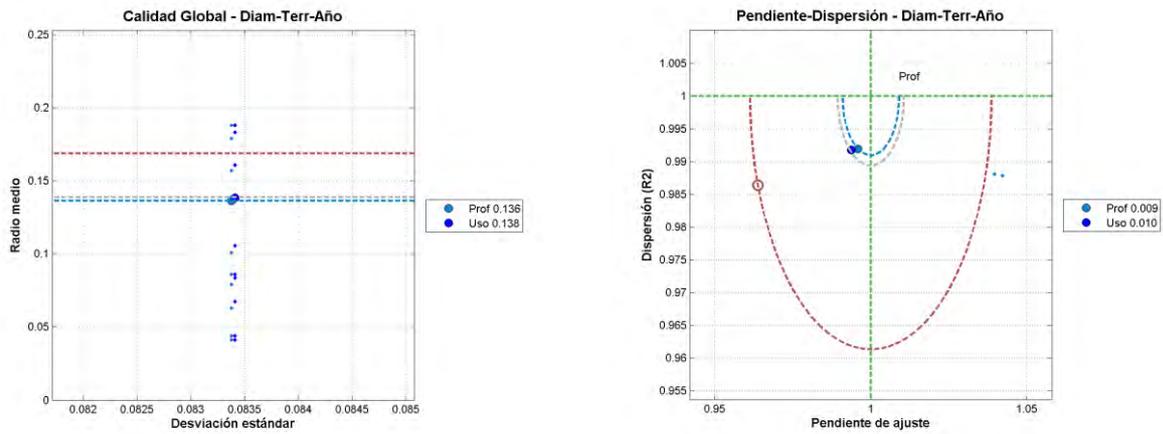


FIGURA 257. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+TERRENO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En el análisis del radio medio el mejor resultado se obtiene para la combinación de *Diámetro-Terreno* con *Año* y *Profundidad* (0,136), que mejora ligeramente el resultado obtenido en el modelo de orden tres para *Diámetro-Terreno* y *Año* (0,139). La variable *Uso del Suelo* también mejora los resultados, pero muy ligeramente (0,138). En el análisis de los puntos medios el mejor resultado corresponde también a la variable *Profundidad*.

Diámetro-Profundidad con Año

FIGURA 258. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+PROFUNDIDAD-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

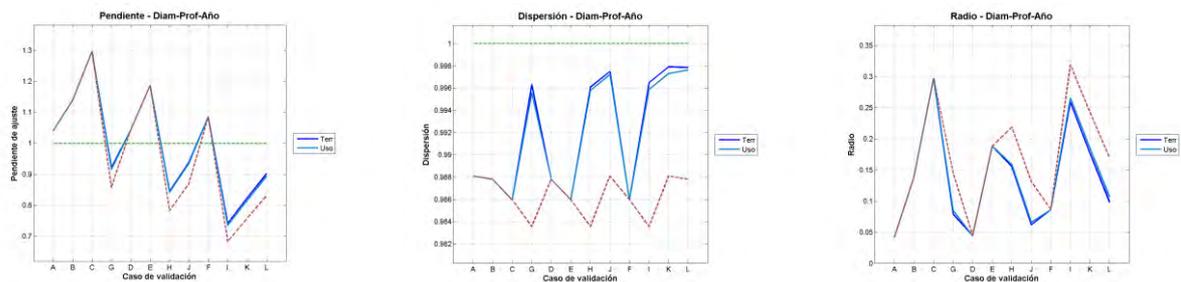
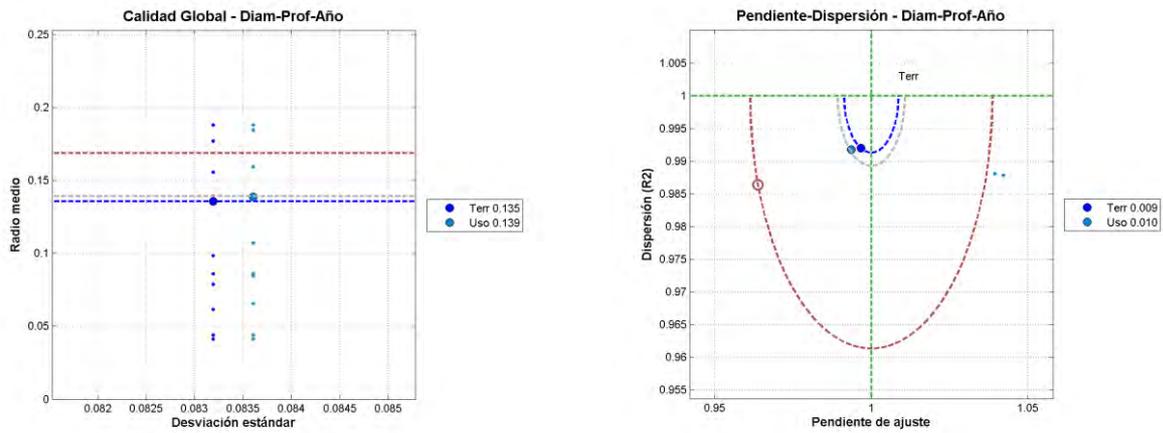


FIGURA 259. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+PROFUNDIDAD-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de *Diámetro-Profundidad* con *Año y Terreno*, que mejora ligeramente (0,135) el resultado obtenido en el modelo de orden tres para *Diámetro-Profundidad* con *Año* (0,139).

La variable *Uso del Suelo* no mejora los resultados (0,139). En el análisis de los puntos medios el mejor resultado también corresponde a la combinación de *Diámetro-Profundidad* con *Año y Terreno*.

Año-Profundidad con Diámetro

FIGURA 260. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO+PROFUNDIDAD-DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

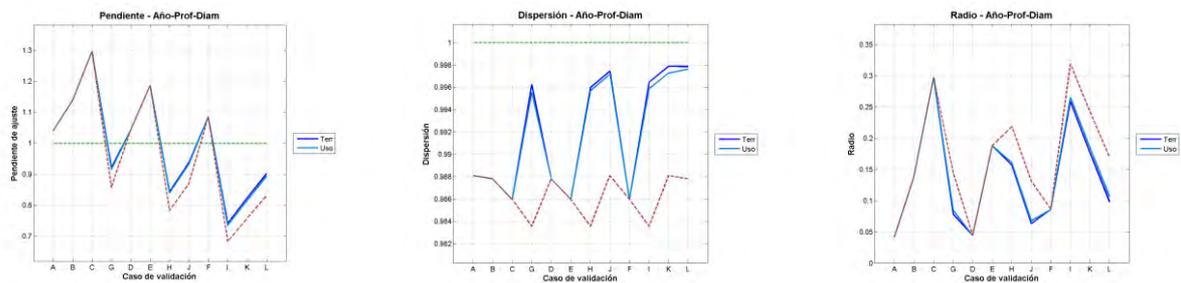
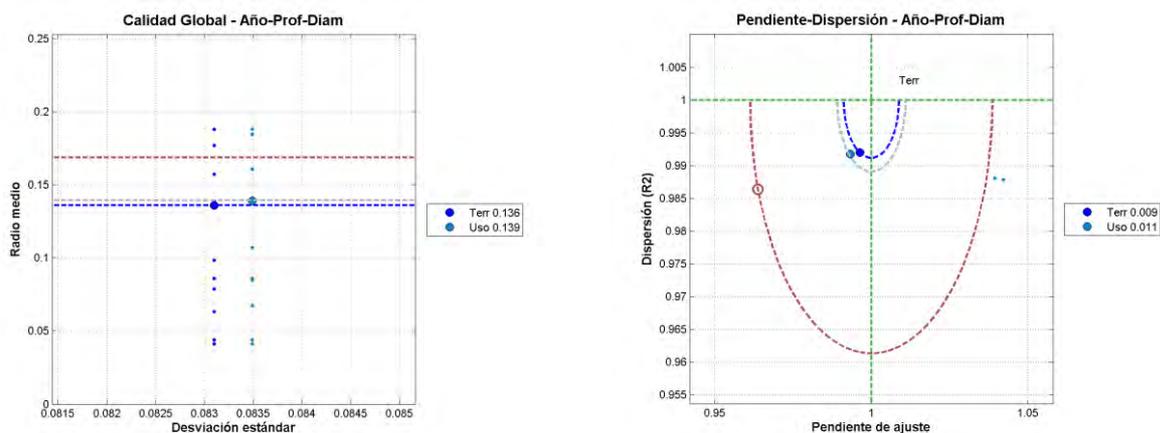


FIGURA 261. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO+PROFUNDIDAD-DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Año-Profundidad** con **Diámetro** y **Terreno**, que mejora ligeramente (0,136) el resultado obtenido en el modelo de orden tres para **Año-Profundidad** con **Diámetro** (0,139). La variable **Uso del Suelo** no mejora los resultados (0,139). En el análisis de los puntos medios el mejor resultado también corresponde a la combinación de **Año-Profundidad** con **Diámetro** y **Terreno**.

Mejores Modelos

La Tabla 70 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de cuatro variables (dos conjuntas y dos independientes) en **Acometidas**.

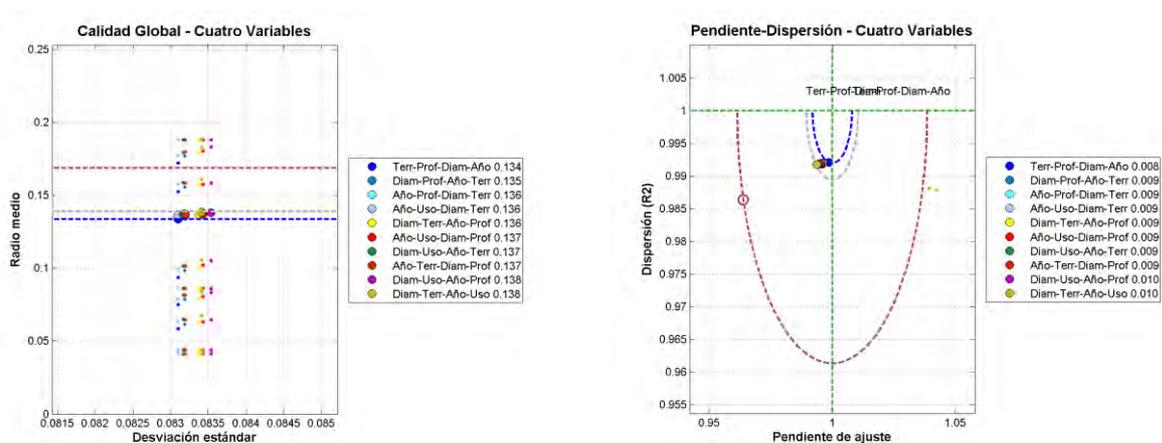
TABLA 70. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN CUATRO (DOS CONJUNTAS Y DOS INDEPENDIENTES) PARA ACOMETIDAS

Variables conjuntas	Variables independientes	Pendiente Media	Coficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Tip. de Radio
Terreno-Profundidad	Diámetro-Año	0.999	0.992	0.008	0.134	0.083
Diámetro-Profundidad	Año-Terreno	0.997	0.992	0.009	0.135	0.083
Año-Profundidad	Diámetro-Terreno	0.996	0.992	0.009	0.136	0.083
Año-Uso	Diámetro-Terreno	0.996	0.992	0.009	0.136	0.083
Diámetro-Terreno	Año-Profundidad	0.996	0.992	0.009	0.136	0.083
Año-Uso	Diámetro-Profundidad	0.995	0.992	0.009	0.137	0.083
Diámetro-Uso	Año-Terreno	0.995	0.992	0.009	0.137	0.083
Año-Terreno	Diámetro-Profundidad	0.995	0.992	0.009	0.137	0.083
Diámetro-Uso	Año-Profundidad	0.994	0.992	0.010	0.138	0.084
Diámetro-Terreno	Año-Uso	0.994	0.992	0.010	0.138	0.083

Todas las combinaciones producen resultados muy similares y todos ellos son mejores resultados que los obtenidos en la fase anterior, con un radio medio entre 0,134 y 0,138, que mejora muy ligeramente el mejor radio medio de 0,139 obtenido en la fase anterior. Los gráficos de la Figura 262 siguiente permiten la comparación de los distintos modelos.

Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden tres, que correspondía a la combinación **Diámetro-Terreno** con **Año** (0,139). Puede apreciarse que la mejor combinación es la de **Terreno-Profundidad** con **Diámetro** y **Año**, aunque el resultado es muy similar a los de otras combinaciones donde intervienen las mismas variables, más **Uso del Suelo**, en distintas ordenaciones. Idénticos resultados se obtienen en el análisis del radio del punto medio.

FIGURA 262. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ACOMETIDAS



4.7.2. Red de Distribución

Los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden cuatro (dos conjuntas y dos independientes) en la **Red de Distribución** se presentan en este epígrafe.

Inicialmente se muestran (figuras 263 a 268) los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden tres (**Diámetro-Transitorios** con **Presión Mínima** y **Presión Máxima** y **Diámetro-Material** con **Velocidad Mínima**). Finalmente, la Figura 269 presenta un resumen de los diez mejores modelos de orden cuatro.

Diámetro-Transitorios con Presión Mínima

FIGURA 263. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+TRANSITORIOS-PRESIÓN MÍNIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

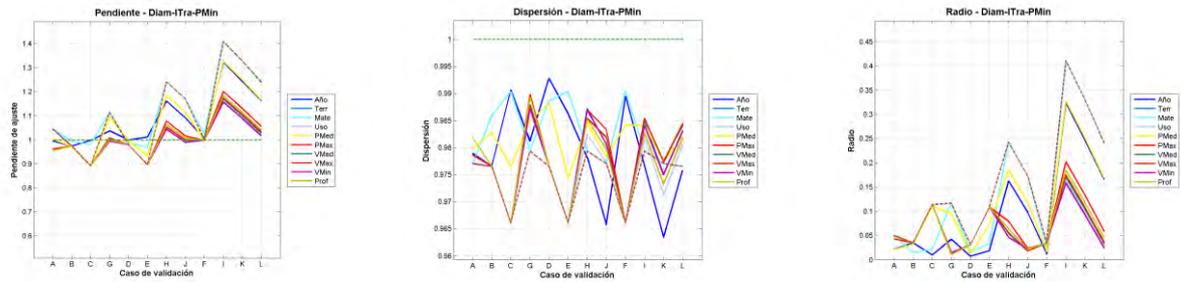
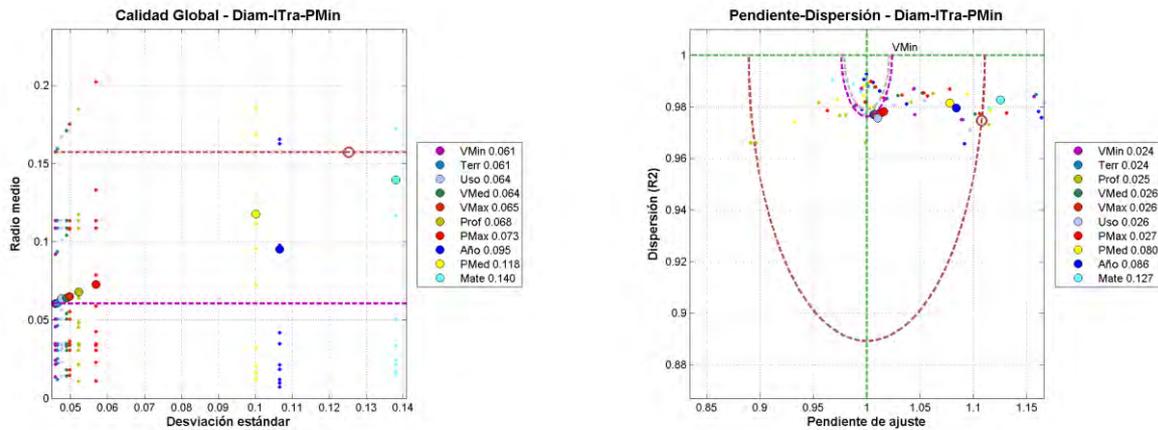


FIGURA 264. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+TRANSITORIOS-PRESIÓN MÍNIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de *Diámetro-Transitorios* con *Presión Mínima* y *Velocidad Mínima*, pero no mejora (0,061) el resultado obtenido en el modelo de orden tres para *Diámetro-Transitorios* con *Presión Mínima* (0,060). En el caso de análisis del radio del punto medio tampoco se obtiene mejora.

Diámetro-Transitorios con Presión Máxima

FIGURA 265. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+TRANSITORIOS-PRESIÓN MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

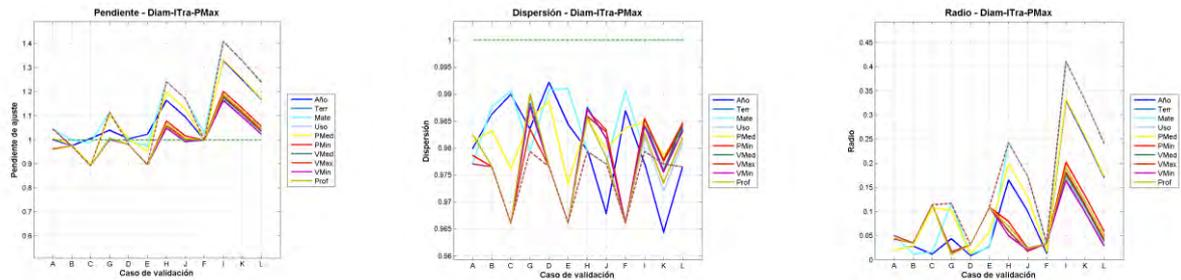
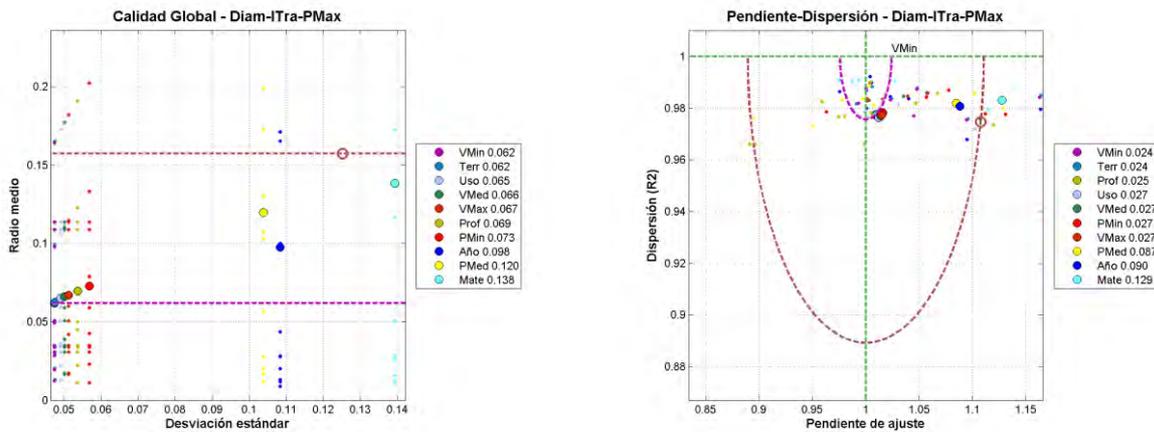


FIGURA 266. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+TRANSITORIOS-PRESIÓN MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de *Diámetro-Transitorios* con *Presión Máxima* y *Velocidad Mínima* o *Terreno*, pero sólo se iguala (0,062) el resultado obtenido en el modelo de orden tres para *Diámetro-Transitorios* con *Presión Máxima* (0,062). El resto de variables ya presentan resultados peores que los obtenidos considerando únicamente el modelo de orden tres.

En el caso de análisis del radio del punto medio también son las variables de *Velocidad Mínima* y *Terreno* las que presentan mejores resultados.

Diámetro-Material con Velocidad Mínima

FIGURA 267. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+MATERIAL-VELOCIDAD MÍNIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

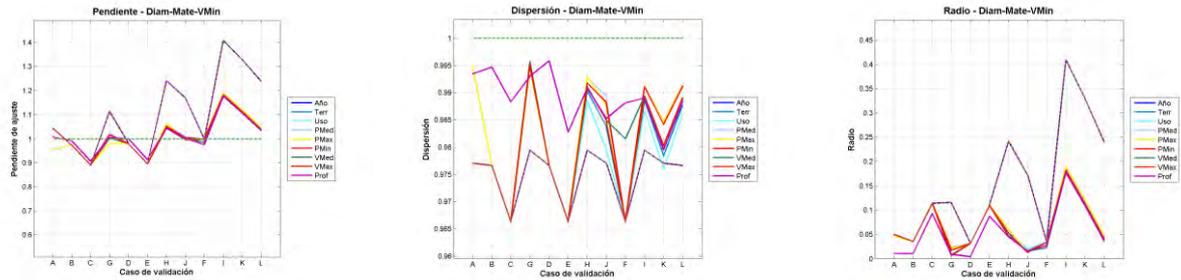
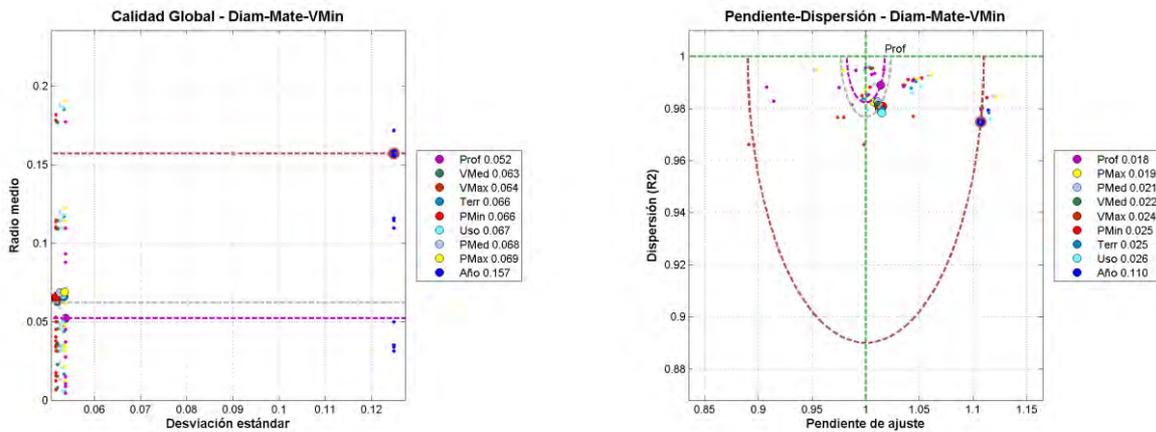


FIGURA 268. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+MATERIAL-VELOCIDAD MÍNIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En este caso la única combinación que mejora el resultado de la fase anterior es la de **Diámetro-Material** con **Velocidad Mínima** y **Profundidad**. El radio medio del modelo de orden dos era de 0,062 y el radio medio de la mejor combinación (**Diámetro-Material** con **Velocidad Mínima** y **Profundidad**) es ahora 0,052.

Resulta llamativo que la variable **Año** obtiene el peor resultado de todos, idéntico al modelo de orden cero (0,157). En el caso de radio del punto medio la mejor combinación se obtiene también con **Profundidad**.

Mejores Modelos

La Tabla 71 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de cuatro variables (dos conjuntas y dos independientes) en **Red de Distribución**.

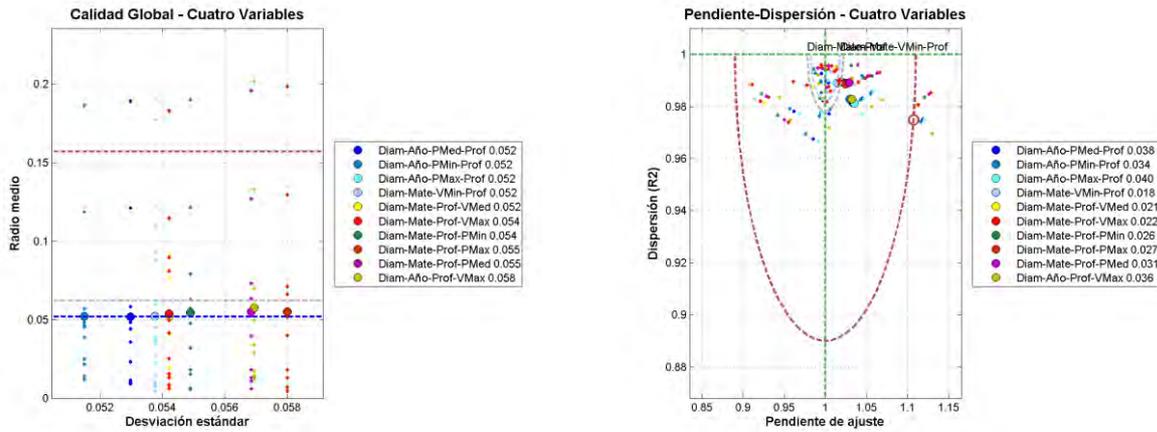
TABLA 71. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN CUATRO (DOS CONJUNTAS Y DOS INDEPENDIENTES) PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

<i>Variables conjuntas</i>	<i>Variables independientes</i>	<i>Pendiente Media</i>	<i>Coficiente R² Medio</i>	<i>Radio Pendiente Media</i>	<i>Media de Radio</i>	<i>Des. Tip. de Radio</i>
Diámetro-Año	Presión Media-Profundidad	1.033	0.981	0.038	0.052	0.053
Diámetro-Año	Presión Mínima-Profundidad	1.029	0.983	0.034	0.052	0.051
Diámetro-Año	Presión Máxima-Profundidad	1.035	0.981	0.040	0.052	0.054
Diámetro-Material	Velocidad Mínima-Profundidad	1.014	0.989	0.018	0.052	0.054
Diámetro-Material	Profundidad-Velocidad Media	1.018	0.989	0.021	0.052	0.054
Diámetro-Material	Profundidad-Velocidad Máxima	1.019	0.990	0.022	0.054	0.054
Diámetro-Material	Profundidad-Presión Mínima	1.024	0.989	0.026	0.054	0.055
Diámetro-Material	Profundidad-Presión Máxima	1.025	0.989	0.027	0.055	0.058
Diámetro-Material	Profundidad-Presión Media	1.029	0.989	0.031	0.055	0.057
Diámetro-Año	Profundidad-Velocidad Máxima	1.032	0.983	0.036	0.058	0.057

Los diez mejores modelos de orden cuatro (dos conjuntas y dos independientes) mejoran los resultados obtenidos considerando dos conjuntas y una independiente (0,062). Los mejores resultados (0,052) se obtienen para la combinación de **Diámetro-Año** con las variables de **Presión** y **Profundidad** y **Diámetro-Material** con variables de **Velocidad Mínima** y **Profundidad**.

Los gráficos de la Figura 269 siguiente permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden tres, que correspondía a la combinación **Diámetro-Material** con **Velocidad Mínima**. Puede apreciarse que todas las combinaciones seleccionadas mejoran el resultado del modelo de orden tres y todas ellas presentan parámetros de calidad muy similares.

FIGURA 269. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED DE DISTRIBUCIÓN



4.7.3. Red Estratégica

En este epígrafe se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden cuatro (dos variables conjuntas y dos independientes) en la **Red Estratégica**.

Se muestran inicialmente (figuras 270 a 275) los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden tres (**Material-Presión Mínima con Diámetro**, **Material-Presión Máxima con Diámetro** y **Material-Presión Media con Diámetro**). Finalmente, en la Figura 276 se presenta un resumen de los diez mejores modelos de orden cuatro.

Material-Presión Mínima con Diámetro

FIGURA 270. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL+PRESIÓN MÍNIMA-DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

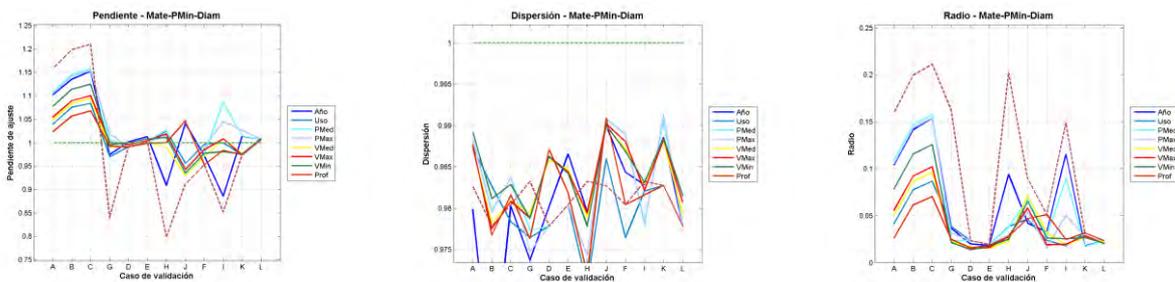
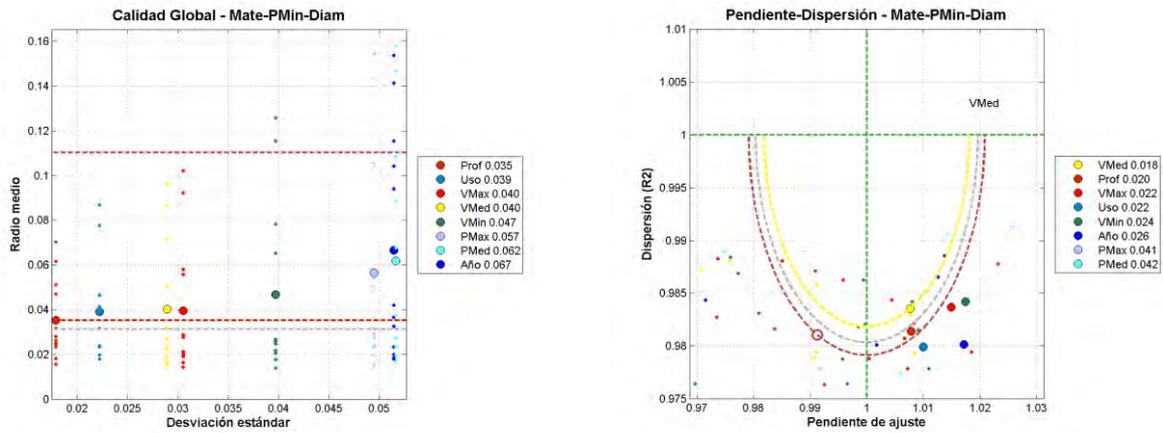


FIGURA 271. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL+PRESIÓN MÍNIMA-DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Ninguna de las combinaciones mejora los resultados obtenidos empleando **Material-Presión Mínima** con **Diámetro** (0,031). El mejor resultado se obtiene con la variable **Profundidad**, pero el radio medio (0,035) es superior al obtenido en la fase anterior. En el análisis del radio del punto medio la variable **Velocidad Media** (0,018) sí mejora el resultado obtenido en la fase anterior (0,020).

Material-Presión Máxima con Diámetro

FIGURA 272. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL+PRESIÓN MÁXIMA-DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

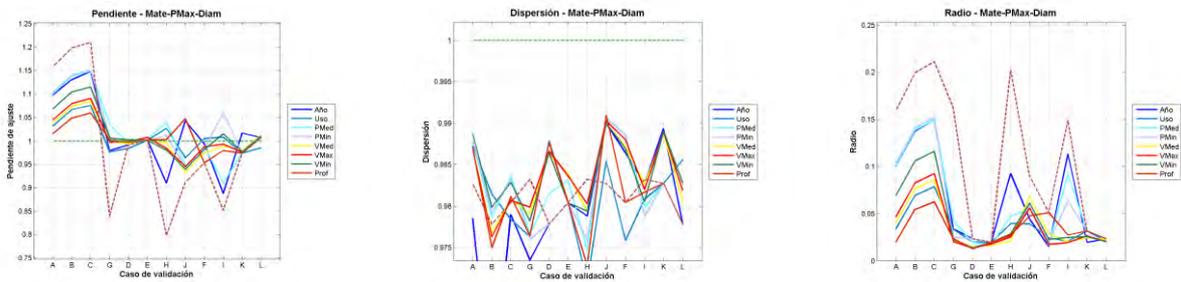
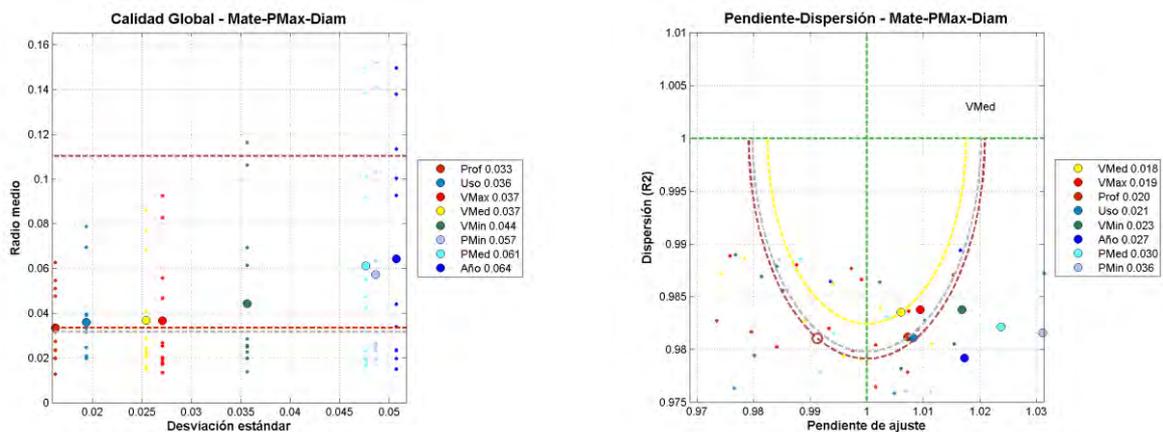


FIGURA 273. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL+PRESIÓN MÁXIMA-DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Los resultados son muy similares al caso anterior. Tampoco se mejoran los resultados obtenidos empleando **Material-Presión Máxima** con **Diámetro** (0,032). El mejor resultado se obtiene con la variable **Profundidad**, pero el radio medio (0,033) es superior al obtenido en la fase anterior. En el análisis del radio del punto medio la variable **Velocidad Media** (0,018) también mejora el resultado obtenido en la fase anterior (0,020).

Material-Presión Media con Diámetro

FIGURA 274. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL+PRESIÓN MEDIA-DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

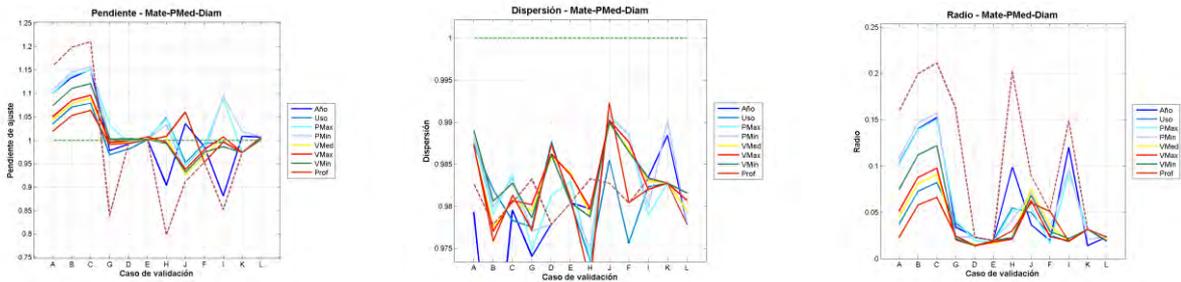
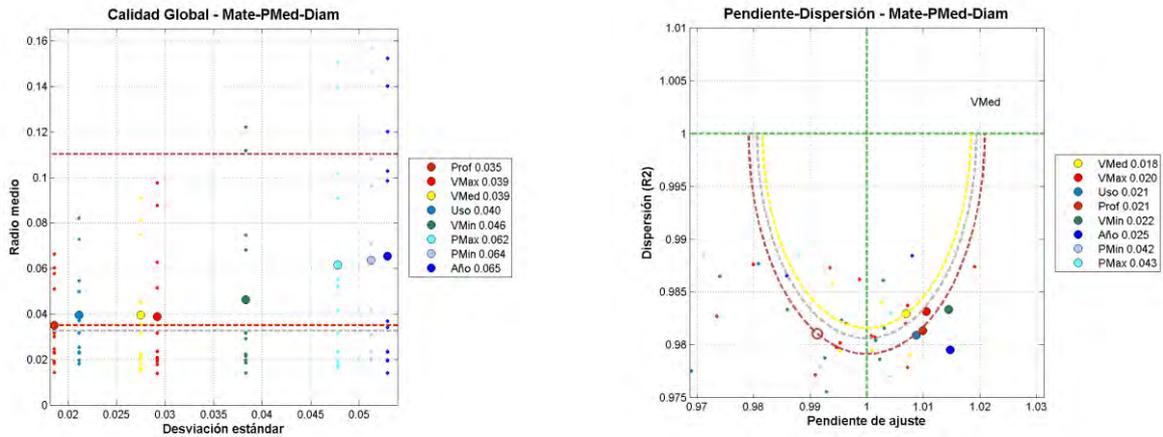


FIGURA 275. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL+PRESIÓN MEDIA-DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



De nuevo se reproducen los resultados anteriores. El mejor resultado corresponde también a la variable **Profundidad**, pero el radio medio (0,035) es superior al obtenido en la fase anterior (0,033). En el análisis del radio del punto medio también es la variable **Velocidad Media** la que mejora (0,018) el resultado obtenido en la fase anterior (0,019).

Mejores Modelos

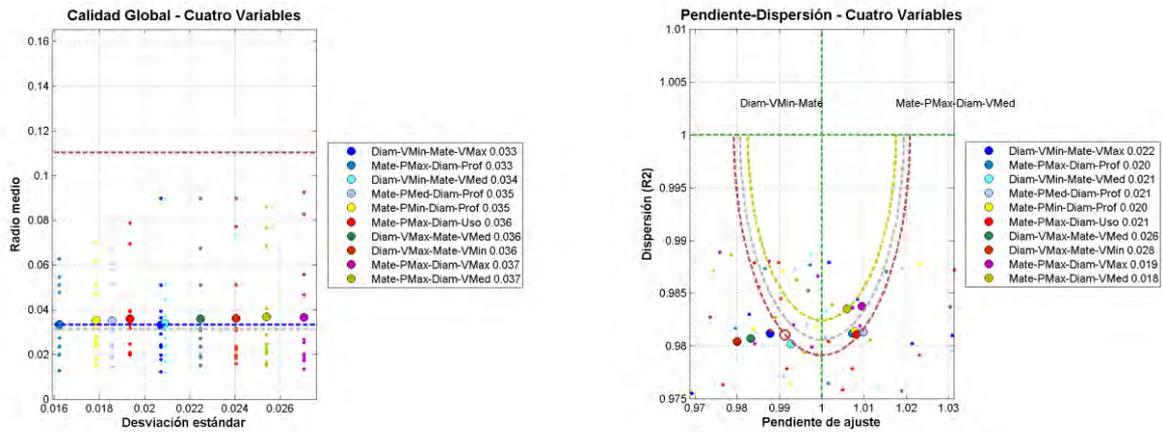
La Tabla 72 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de cuatro variables (dos conjuntas y dos independientes) en **Red Estratégica**.

TABLA 72. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN CUATRO (DOS CONJUNTAS Y DOS INDEPENDIENTES) PARA RED ESTRATÉGICA

<i>Variables conjuntas</i>	<i>Variables independientes</i>	<i>Pendiente Media</i>	<i>Coefficiente R² Medio</i>	<i>Radio Pendiente Media</i>	<i>Media de Radio</i>	<i>Des. Típ. de Radio</i>
Diámetro-Velocidad Mínima	Material-Velocidad Máxima	0.988	0.981	0.022	0.033	0.021
Material-Presión Máxima	Diámetro-Profundidad	1.007	0.981	0.020	0.033	0.016
Diámetro-Velocidad Mínima	Material-Velocidad Media	0.993	0.980	0.021	0.034	0.021
Material-Presión Media	Velocidad Media-Profundidad	1.010	0.981	0.021	0.035	0.019
Material-Presión Mínima	Diámetro-Profundidad	1.008	0.981	0.020	0.035	0.018
Material-Presión Máxima	Diámetro-Uso	1.008	0.981	0.021	0.036	0.019
Diámetro-Velocidad Máxima	Diámetro-Velocidad Media	0.983	0.981	0.026	0.036	0.022
Diámetro-Velocidad Máxima	Material-Velocidad Mínima	0.980	0.980	0.028	0.036	0.024
Material-Presión Máxima	Material-Velocidad Máxima	1.009	0.984	0.019	0.037	0.027
Material-Presión Máxima	Diámetro-Velocidad Media	1.006	0.984	0.018	0.037	0.025

Ninguno de los modelos seleccionados de orden cuatro (dos variables conjuntas y dos independientes) mejora los resultados obtenidos en la fase anterior (0,031), considerando dos variables conjuntas y una independiente. Los mejores resultados se obtienen para las combinaciones **Diámetro-Velocidad Mínima** con **Material y Velocidad Máxima** y **Material Presión Máxima** con **Diámetro y Profundidad** (0,033). Los gráficos de la Figura 276 siguiente permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden tres, que correspondía a la combinación **Material-Presión Mínima** con **Diámetro** (0,031). Puede apreciarse que ninguna de las combinaciones seleccionadas mejora el resultado del modelo de orden tres. En el caso del radio del punto medio sólo se consigue una mejora con relación al caso de referencia en dos casos: **Material-Presión Máxima** con **Diámetro y Velocidad Máxima** y **Material-Presión Máxima** con **Diámetro y Velocidad Media**.

FIGURA 276. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED ESTRATÉGICA



4.7.4. Elementos

En este epígrafe se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden cuatro (dos variables conjuntas y dos independientes) en *Elementos*.

Se muestran inicialmente (figuras 277 a 282) los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden tres (*Diámetro-Ubicación* con *Año*, *Diámetro-Profundidad* con *Año* y *Ubicación-Profundidad* con *Año*). Finalmente se presenta en la Figura 283 un resumen de los mejores modelos de orden cuatro.

Diámetro-Ubicación con Año

FIGURA 277. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+UBICACIÓN-AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

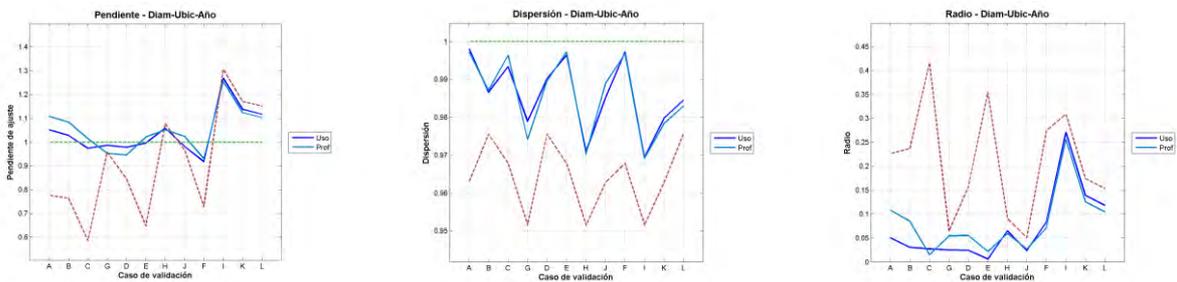
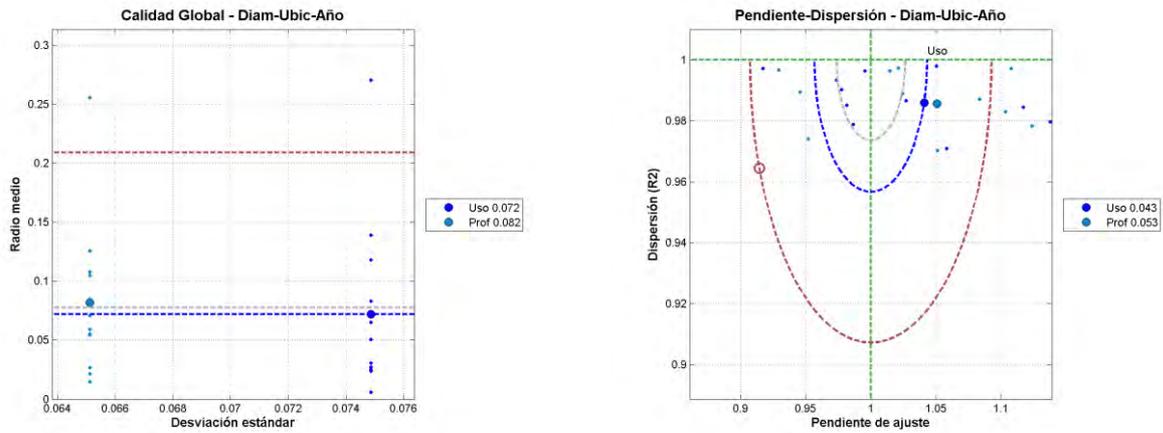


FIGURA 278. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+UBICACIÓN-AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



La combinación *Diámetro-Ubicación* con *Año* y *Uso del Suelo* mejora ligeramente (0,072) los resultados del modelo de orden tres correspondiente a *Diámetro-Ubicación* con *Año* (0,078). La combinación con la variable *Profundidad* no aporta mejoría. En el caso de radio del punto medio se obtienen resultados peores que en la fase anterior.

Diámetro-Profundidad con Año

FIGURA 279. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+PROFUNDIDAD-AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

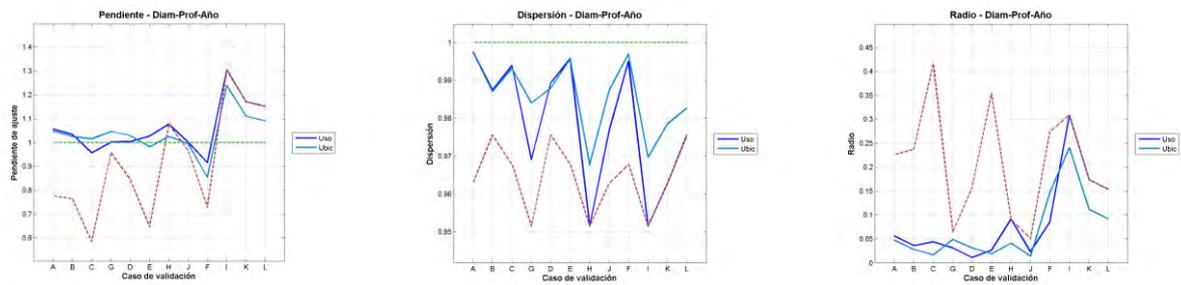
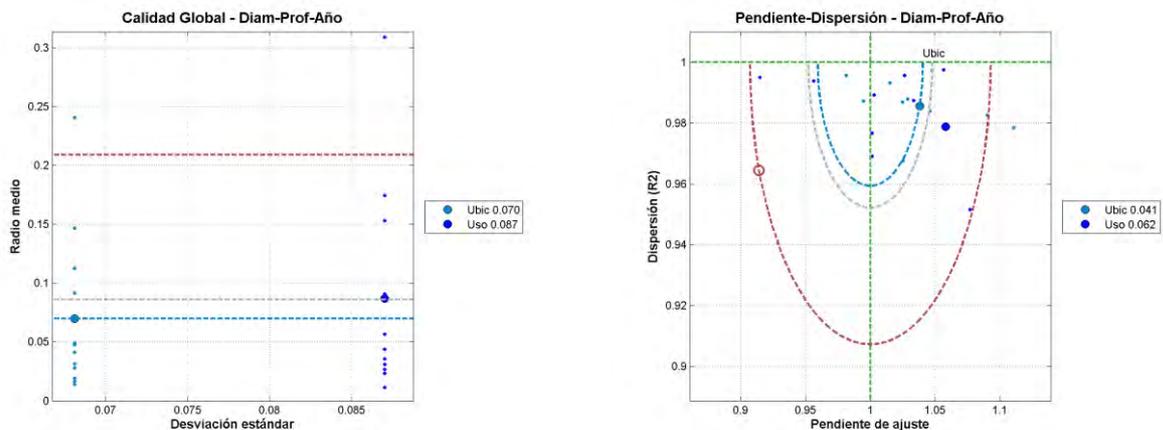


FIGURA 280. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+PROFUNDIDAD-AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



La combinación **Diámetro-Profundidad** con **Año** y **Ubicación** mejora apreciablemente (0,070) los resultados del modelo de orden tres correspondiente a **Diámetro-Profundidad** con **Año** (0,086). La combinación con la variable **Uso del Suelo** produce prácticamente el mismo resultado. En el caso de radio del punto medio también se obtiene mejoría con la variable **Ubicación**, pero no con **Uso del Suelo**.

Ubicación-Profundidad con Año

FIGURA 281. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN UBICACIÓN+PROFUNDIDAD-AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

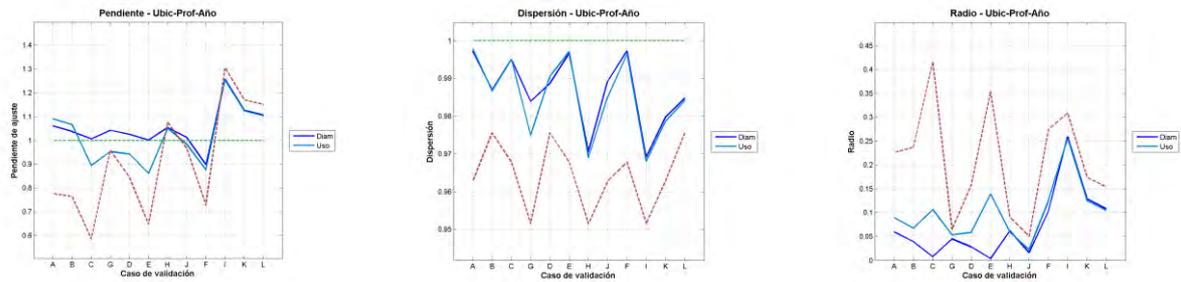
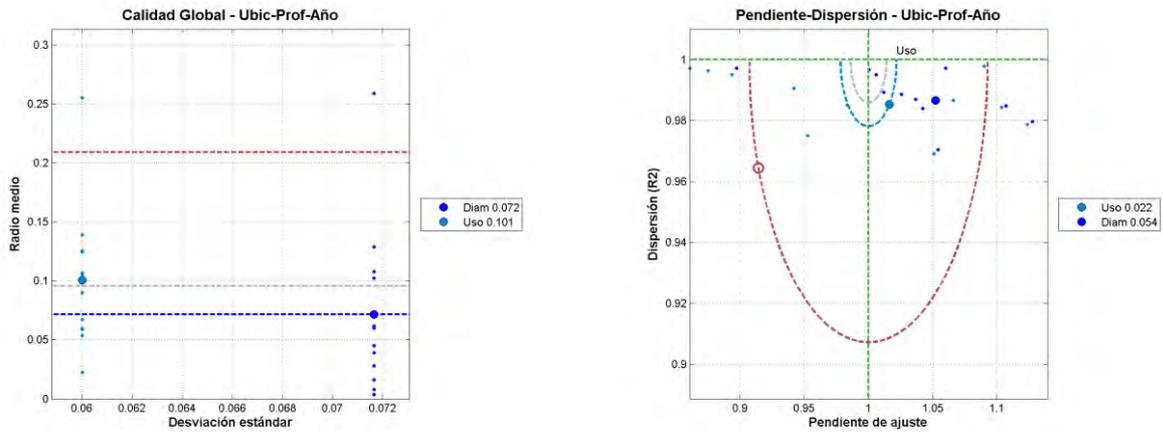


FIGURA 282. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN UBICACIÓN+PROFUNDIDAD-AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



La combinación **Ubicación-Profundidad** con **Año** y **Diámetro** produce una mejoría importante (0,072), con respecto a los resultados del modelo de orden tres correspondiente a **Ubicación-Profundidad** con **Año** (0,095).

La combinación con la variable **Uso del Suelo** no aporta mejoría. En el caso de radio del punto medio se obtienen resultados peores que en la fase anterior.

Mejores Modelos

La Tabla 73 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de cuatro variables (dos conjuntas y dos independientes) en **Elementos**.

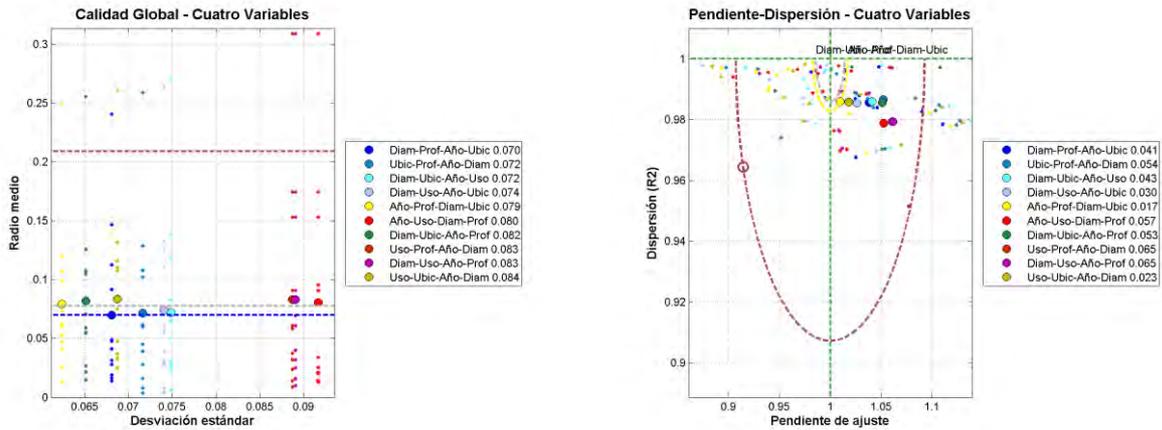
TABLA 73. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN CUATRO (DOS CONJUNTAS Y DOS INDEPENDIENTES) PARA ELEMENTOS

<i>Variables conjuntas</i>	<i>Variables independientes</i>	<i>Pendiente Media</i>	<i>Coficiente R² Medio</i>	<i>Radio Pendiente Media</i>	<i>Media de Radio</i>	<i>Des. Tip. de Radio</i>
Diámetro - Profundidad	Año - Ubicación	1.038	0.986	0.041	0.070	0.068
Ubicación - Profundidad	Año - Diámetro	1.052	0.987	0.054	0.072	0.072
Diámetro - Ubicación	Año - Uso	1.041	0.986	0.043	0.072	0.075
Diámetro - Uso	Año - Ubicación	1.026	0.985	0.030	0.074	0.074
Año - Profundidad	Diámetro - Ubicación	1.010	0.986	0.017	0.079	0.062
Año - Uso	Diámetro - Profundidad	1.053	0.979	0.057	0.080	0.092
Diámetro - Ubicación	Año - Profundidad	1.051	0.986	0.053	0.082	0.065
Uso - Profundidad	Año - Diámetro	1.061	0.979	0.065	0.083	0.089
Diámetro - Uso	Año - Profundidad	1.062	0.979	0.065	0.083	0.089
Uso - Ubicación	Año - Diámetro	1.018	0.986	0.023	0.084	0.069

Los mejores resultados se obtienen para la combinación de **Diámetro-Profundidad** con **Año y Ubicación**.

Los gráficos de la Figura 283 siguiente permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden dos, que correspondía a la combinación **Diámetro- Ubicación** con **Año**. Puede apreciarse que sólo hay cuatro modelos entre los seleccionados que producen una ligera mejora (0,070 - 0,074) con relación al mejor modelo de orden tres (0,078).

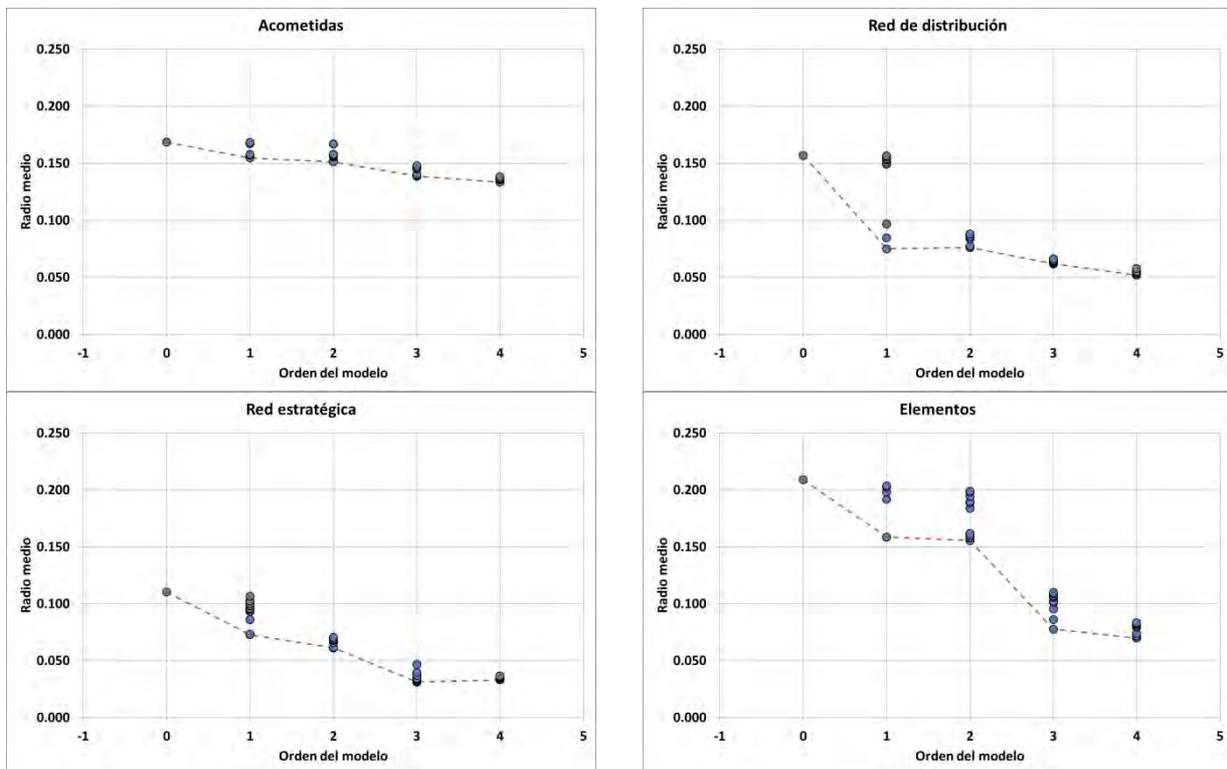
FIGURA 283. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ELEMENTOS



4.7.5. Resumen

Seguidamente se resumen los resultados obtenidos en la validación de los modelos de cuatro variables (dos conjuntas y dos independientes). La Figura 284 presenta un gráfico para cada ámbito que recoge los valores del parámetro de calidad radio medio de los mejores modelos obtenidos de orden uno, dos, tres y cuatro. La línea roja de trazos une los mejores valores obtenidos en cada tipo de modelo. Puede apreciarse que, en general, los modelos de orden cuatro suponen una ligera mejora con relación a los modelos de orden tres, exceptuando el caso de la **Red Estratégica**. También se comprueba que, a medida que se incrementa el orden del modelo la dispersión que se obtiene entre los modelos seleccionados es menor.

FIGURA 284. VALORES DEL PARÁMETRO DE CALIDAD EN MODELOS HASTA ORDEN (2,2)



4.8. MODELOS DE CUATRO VARIABLES INDEPENDIENTES

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de cuatro variables consideradas independientemente; es decir, modelos de orden (0,4). En el análisis se ha partido de los diez mejores modelos obtenidos para tres variables independientes, añadiendo una variable más. Para facilitar la comparación se presentan los mismos gráficos y tablas de resultados que en el caso de variables conjuntas.

4.8.1. Acometidas

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos cuatro variables independientes en **Acometidas**.

Se muestran inicialmente (figuras 285 a 290) los resultados para las tres combinaciones de variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden tres (**Diámetro-Año-Terreno**, **Diámetro- Año- Profundidad** y **Diámetro-Año-Usos del Suelo**). Finalmente, se presenta en la Figura 291 un resumen de los mejores modelos de cuatro variables independientes.

Diámetro-Año-Terreno

FIGURA 285. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-TERRENO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

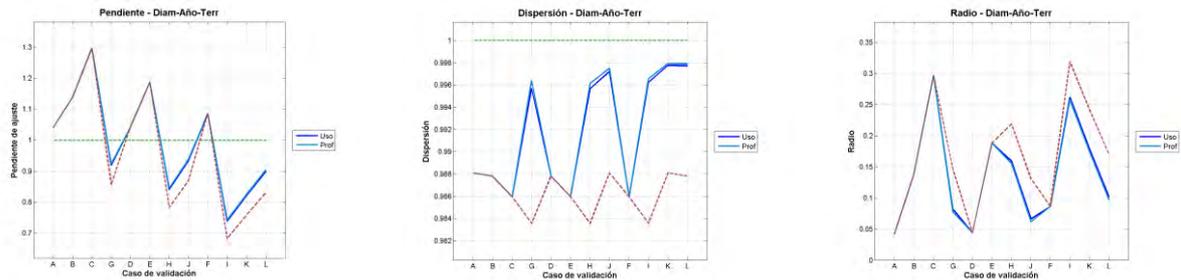
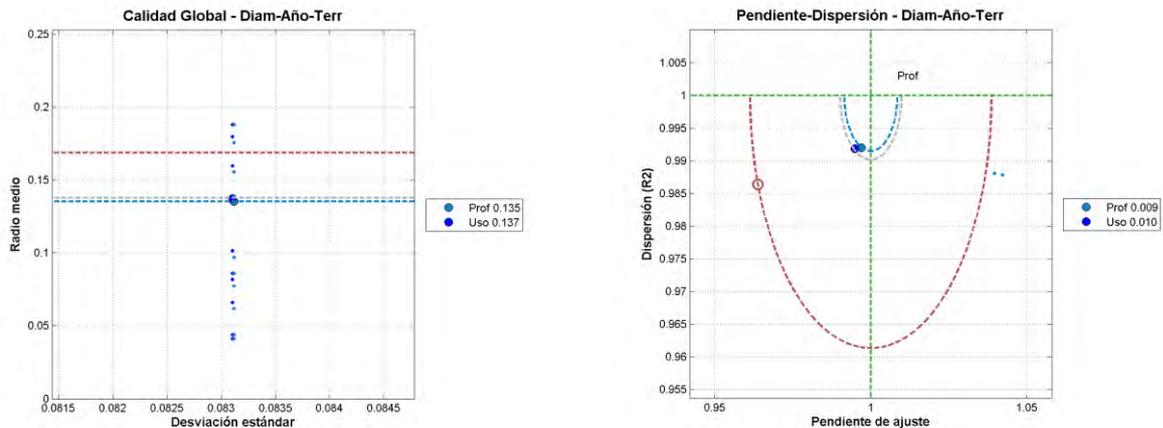


FIGURA 286. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-TERRENO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En el análisis del radio medio el mejor resultado se obtiene para la combinación de **Diámetro-Año-Terreno** con **Profundidad**, que mejora ligeramente (0,135) el resultado obtenido en el modelo de orden tres para **Diámetro-Año-Terreno** (0,138). La variable **Uso del Suelo** produce una mejora más ligera (0,137). En el análisis del radio del punto medio el mejor resultado también corresponde a la combinación de **Diámetro-Año-Terreno** con **Profundidad**.

Diámetro-Año-Profundidad

FIGURA 287. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-PROFUNDIDAD, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

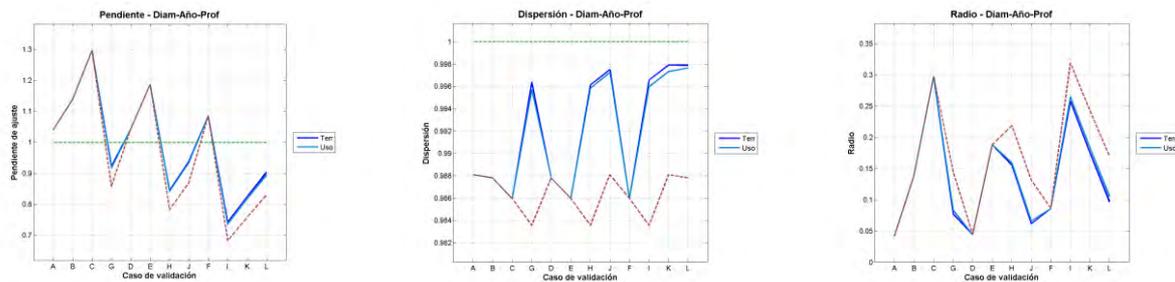
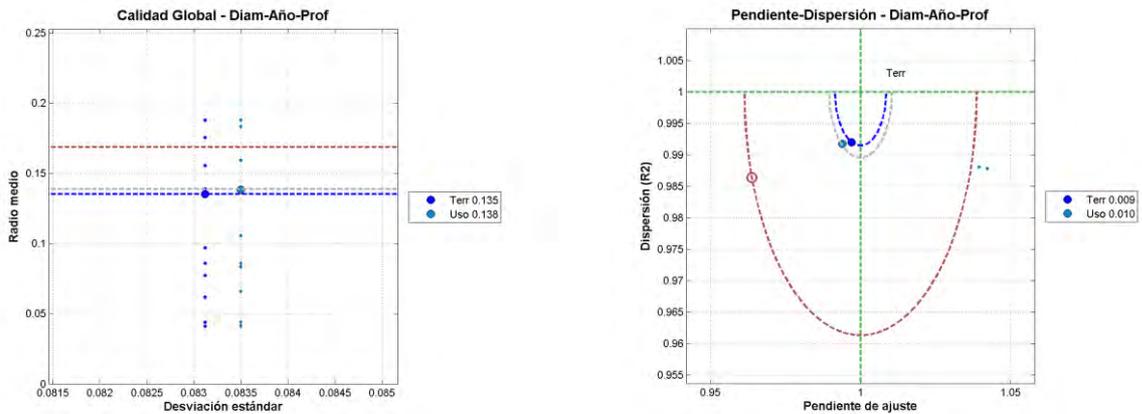


FIGURA 288. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-PROFUNDIDAD, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Diámetro-Año-Profundidad** con **Terreno**, que mejora ligeramente (0,135) el resultado obtenido en el modelo de orden tres para **Diámetro-Año-Profundidad** (0,139). La variable **Uso del Suelo** mejora los resultados de forma muy ligera (0,138).

Diámetro-Año-Uso del Suelo

FIGURA 289. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO- USO DEL SUELO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

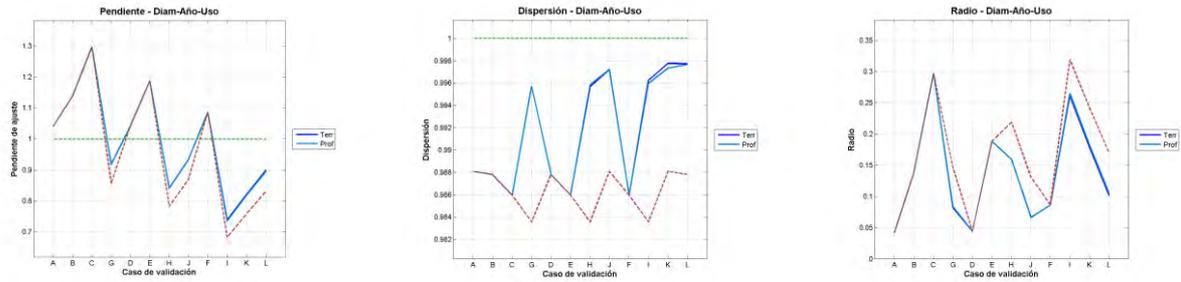
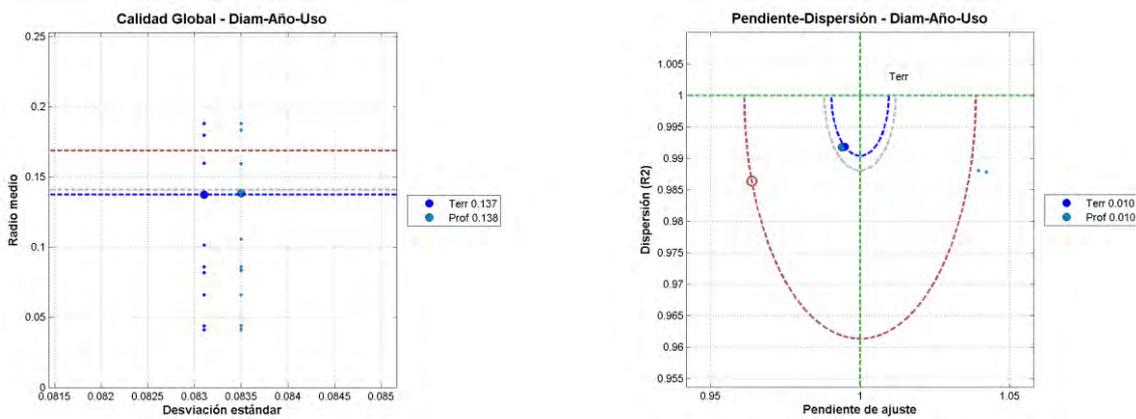


FIGURA 290. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-PROFUNDIDAD, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de *Diámetro-Año-Uso del Suelo* con *Terreno*, que mejora (0,137) el resultado obtenido en el modelo de orden tres para *Diámetro-Año-Uso del Suelo* (0,141). La variable *Profundidad* también mejora los resultados (0,138).

Mejores Modelos

La Tabla 74 siguiente presenta los mejores resultados obtenidos para modelos de cuatro variables consideradas independientemente en *Acometidas*. Únicamente hay cinco combinaciones en la selección, ya que el resto corresponde a modelos con repetición de las mismas variables en distinto orden.

TABLA 74. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS MEJORES MODELOS DE CUATRO VARIABLES INDEPENDIENTES PARA ACOMETIDAS

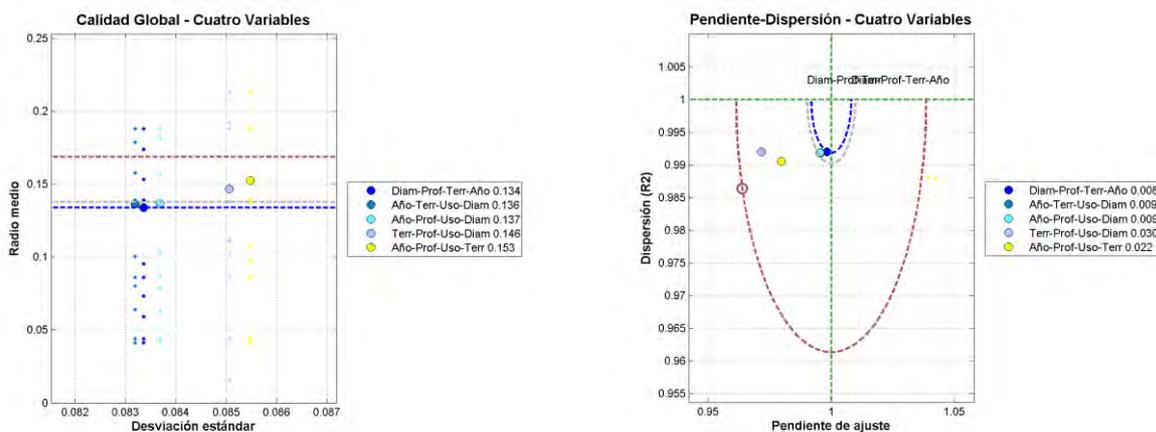
Variables anteriores	Variable adicional	Pendiente Media	Coficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Tip. de Radio
Diámetro – Profundidad - Terreno	Año	0.998	0.992	0.008	0.134	0.083
Año – Terreno – Uso del Suelo	Diámetro	0.996	0.992	0.009	0.136	0.083
Año - Profundidad- Uso del Suelo	Diámetro	0.995	0.992	0.009	0.137	0.084
Terreno – Profundidad – Uso del Suelo	Diámetro	0.972	0.992	0.030	0.146	0.085
Año – Profundidad – Uso del Suelo	Terreno	0.980	0.991	0.022	0.153	0.085

Los mejores resultados se obtienen para las combinaciones de **Diámetro y Año con Profundidad, Uso del Suelo y Terreno**.

Los gráficos de la Figura 291 permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden tres, que correspondía a la combinación **Diámetro-Año-Terreno** (0,138). Puede apreciarse que se consigue una ligera mejora en tres combinaciones: **Diámetro-Profundidad-Terreno** con **Año** (0,134); **Año-Terreno-Uso del Suelo** con **Diámetro** (0,136) y **Año-Profundidad-Uso del Suelo** con **Diámetro** (0,137); pero no en el resto de combinaciones de orden cuatro, que no proporcionan mejores resultados que el mejor modelo de orden tres. En el caso del radio del punto medio la mejor combinación es también **Diámetro-Profundidad-Terreno** con **Año**, con un valor de 0,008 frente al valor de 0,010 que correspondía a la combinación de **Diámetro-Año-Terreno**.

En conjunto la mejora obtenida al añadir una variable explicativa adicional es relativamente escasa.

FIGURA 291. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ACOMETIDAS



4.8.2. Red de Distribución

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de cuatro variables independientes en la **Red de Distribución**.

Se muestran inicialmente (figuras 292 a 297) los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden tres (**Diámetro-Terreno** con las tres variables de **Presión**). Finalmente, la Figura 298 presenta un resumen de los diez mejores modelos de orden cuatro.

Diámetro-Terreno-Presión Mínima

FIGURA 292. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MÍNIMA, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

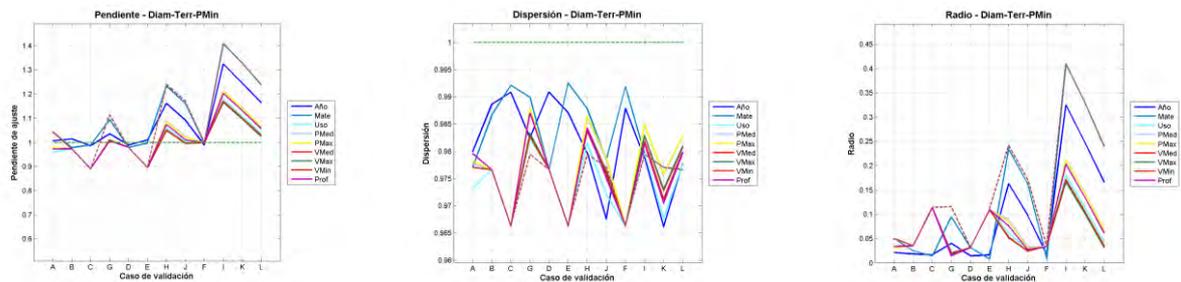
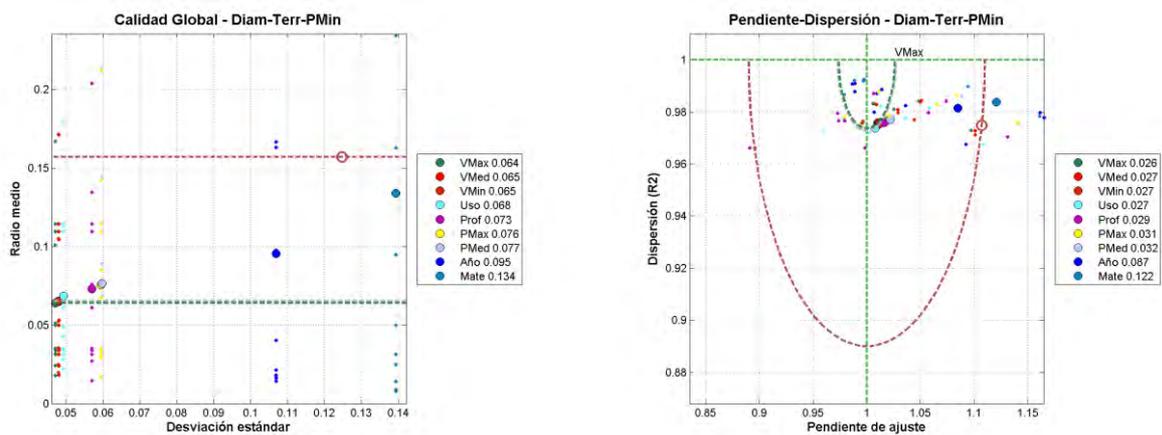


FIGURA 293. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MÍNIMA, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El modelo de cuatro variables independientes únicamente iguala o supera el resultado del modelo de orden tres en el caso de la combinación de **Diámetro-Terreno-Presión Mínima** con las variables de **Velocidad**. El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Diámetro-Terreno-Presión Mínima** con **Velocidad Máxima**, con un radio medio inferior (0,064), al que se obtiene únicamente considerando **Diámetro-Terreno-Presión Mínima** (0,065). En el caso de radio del punto la combinación óptima es también **Diámetro-Terreno-Presión Mínima** con **Velocidad Máxima**.

Diámetro-Terreno-Presión Media

FIGURA 294. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MEDIA, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

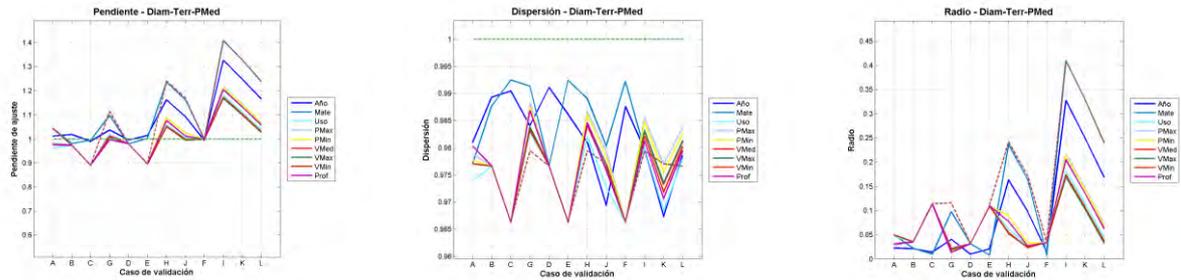
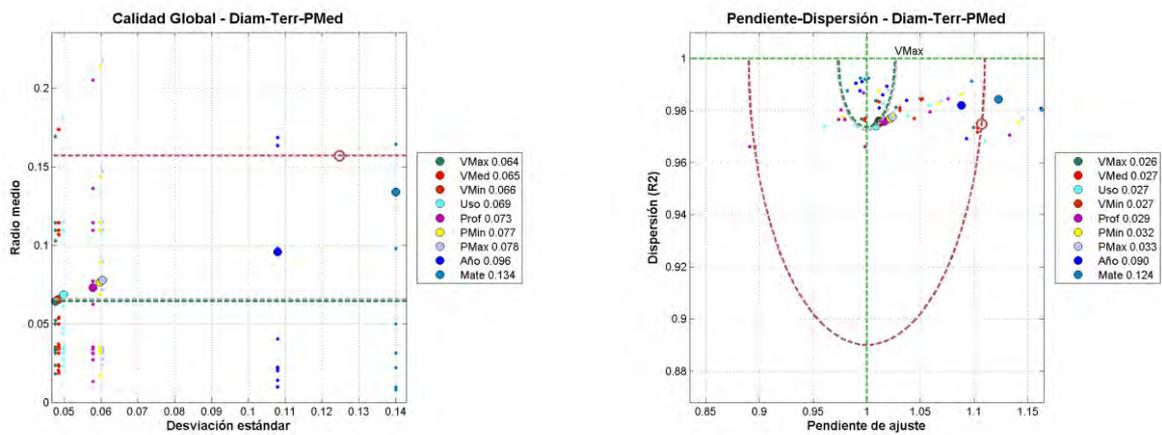


FIGURA 295. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MEDIA, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Los resultados son prácticamente idénticos al caso anterior. Se obtiene una ligerísima mejora al combinar *Diámetro-Terreno-Presión Media* con las variables de *Velocidad*. El mejor valor también corresponde a *Velocidad Máxima* (0,064).

Diámetro-Terreno-Presión Máxima

FIGURA 296. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MÁXIMA, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

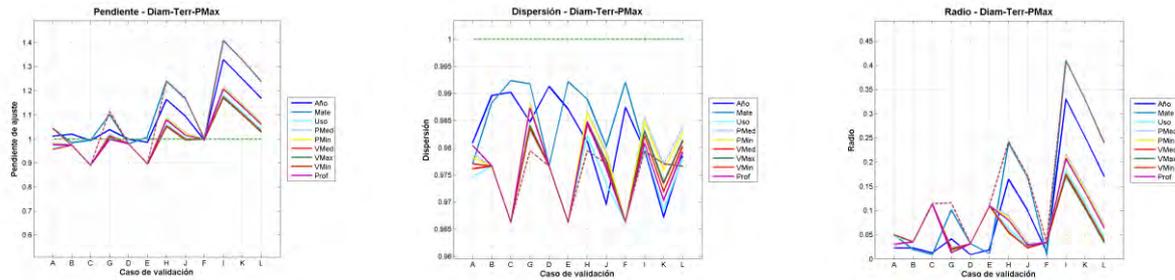
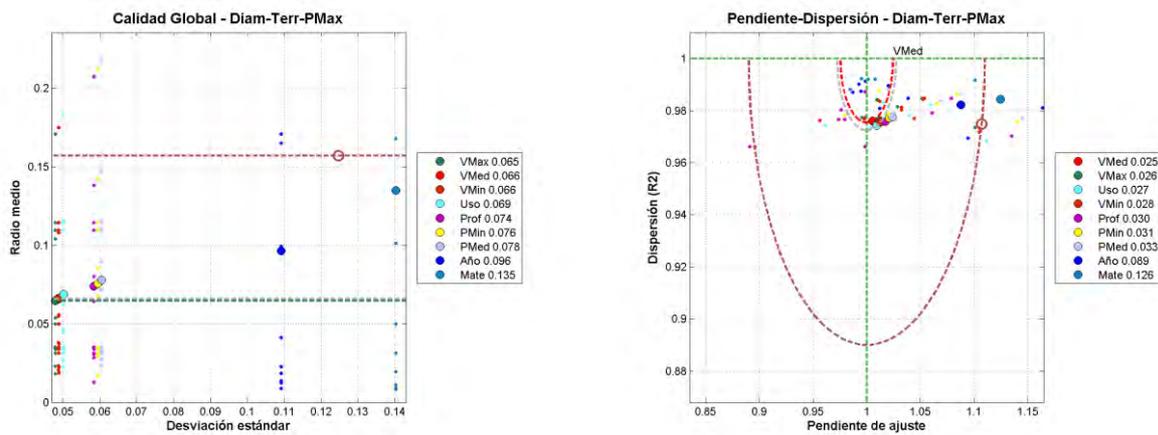


FIGURA 297. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MÁXIMA, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



De nuevo los resultados son prácticamente idénticos a los dos casos anteriores. Se obtiene una ligerísima mejora al combinar **Diámetro-Terreno-Presión Máxima** con las variables de **Velocidad**. El mejor valor también corresponde a **Velocidad Máxima** (0,065), aunque en el caso del radio del punto medio el mejor valor es de obtenido con **Velocidad Media**.

Mejores Modelos

La Tabla 75 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de cuatro variables independientes en **Red de Distribución**.

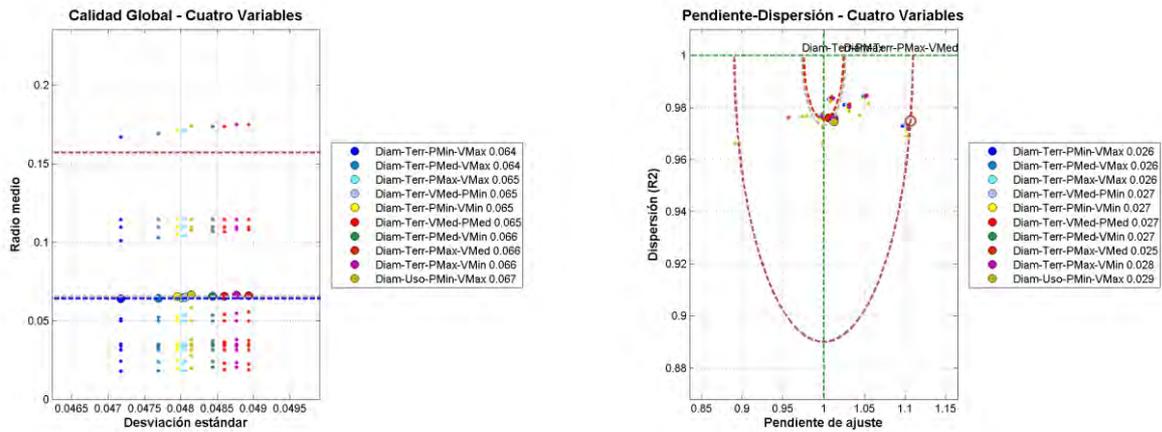
TABLA 75. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE CUATRO VARIABLES INDEPENDIENTES PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

<i>Variables anteriores</i>	<i>Variable adicional</i>	<i>Pendiente Media</i>	<i>Coefficiente R² Medio</i>	<i>Radio Pendiente Media</i>	<i>Media de Radio</i>	<i>Des. Tip. de Radio</i>
Diámetro - Terreno - Presión Mínima	Velocidad Máxima	1.010	0.976	0.026	0.064	0.047
Diámetro - Terreno - Presión Media	Velocidad Máxima	1.011	0.976	0.026	0.064	0.048
Diámetro - Terreno - Presión Máxima	Velocidad Máxima	1.011	0.976	0.026	0.065	0.048
Diámetro - Terreno - Velocidad Media	Presión Mínima	1.011	0.976	0.027	0.065	0.048
Diámetro - Terreno - Presión Mínima	Velocidad Mínima	1.011	0.975	0.027	0.065	0.048
Diámetro - Terreno - Velocidad Media	Presión Media	1.012	0.976	0.027	0.065	0.049
Diámetro - Terreno - Presión Media	Velocidad Mínima	1.012	0.976	0.027	0.066	0.048
Diámetro - Terreno - Presión Máxima	Velocidad Media	1.006	0.976	0.025	0.066	0.049
Diámetro - Terreno - Presión Máxima	Velocidad Mínima	1.013	0.976	0.028	0.066	0.049
Diámetro - Uso del Suelo - Presión Mínima	Velocidad Máxima	1.013	0.974	0.029	0.067	0.048

Los modelos de cuatro variables independientes prácticamente no mejoran los resultados obtenidos considerando tres variables. Los mejores resultados se obtienen para las combinaciones de **Diámetro- Terreno** con las variables de **Presión** y **Velocidad**, pero el radio medio que se obtiene es prácticamente el mismo que el mejor valor de los modelos de orden tres.

Los gráficos de la Figura 298 siguiente permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden tres, que correspondía a la combinación de **Diámetro-Terreno** con **Presión Mínima**. Puede apreciarse que todos los modelos seleccionados presentan resultados muy similares al mejor valor anterior (0,065), que sólo es superado (0,064) por las combinaciones **Diámetro-Terreno- Presión Mínima-Velocidad Máxima** y **Diámetro- Terreno-Presión Media-Velocidad Máxima**.

FIGURA 298. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED DE DISTRIBUCIÓN



4.8.3. Red Estratégica

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de cuatro variables independientes en la **Red Estratégica**.

Inicialmente se muestran en las figuras 299 a 304 los resultados para las combinaciones que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden tres (**Diámetro-Material** con **Uso del Suelo**, **Profundidad** y **Presión Máxima**).

Finalmente, la Figura 305 presenta un resumen de los diez mejores modelos de orden tres.

Diámetro-Material-Uso del Suelo

FIGURA 299. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-USO DEL SUELO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

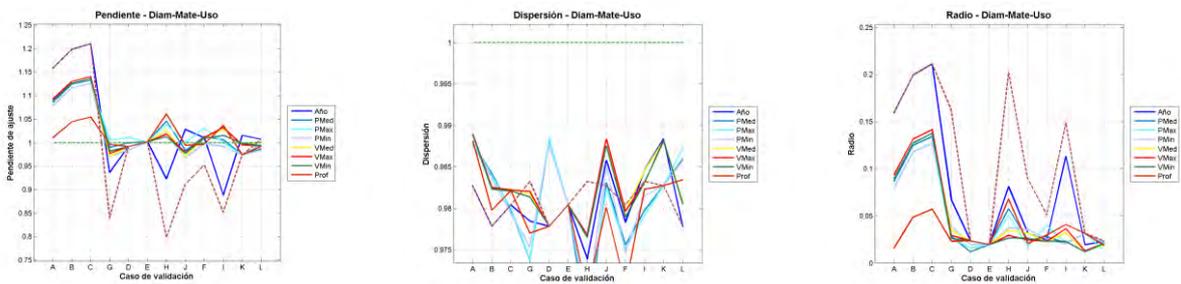
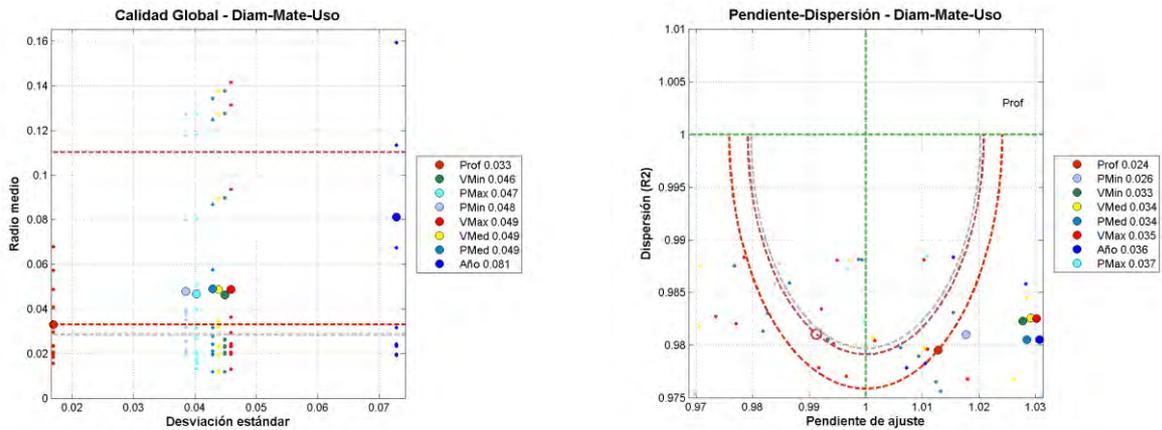


FIGURA 300. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-USO DEL SUELO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Puede verse que no hay combinaciones de variables que mejoren los resultados obtenidos empleando sólo la combinación *Diámetro-Material-Usa del Suelo* (0,028). El mejor resultado se obtiene para la combinación de *Diámetro-Material-Usa del Suelo* con *Profundidad* (0,033), que no mejora lo obtenido en la fase anterior.

Diámetro-Material-Profundidad

FIGURA 301. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-PROFUNDIDAD, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

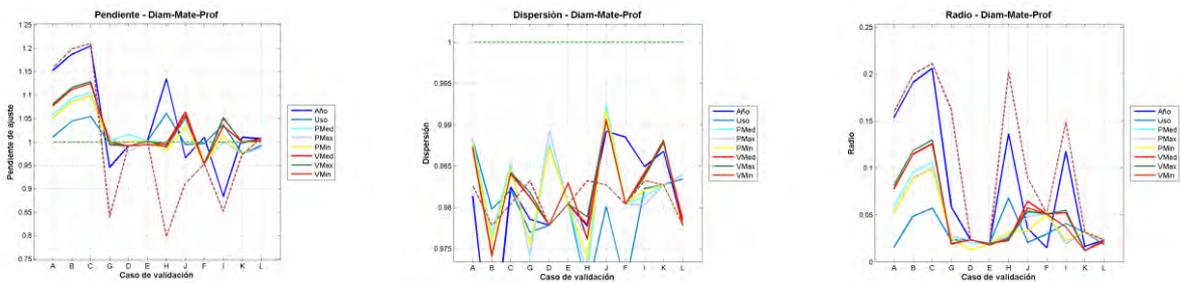
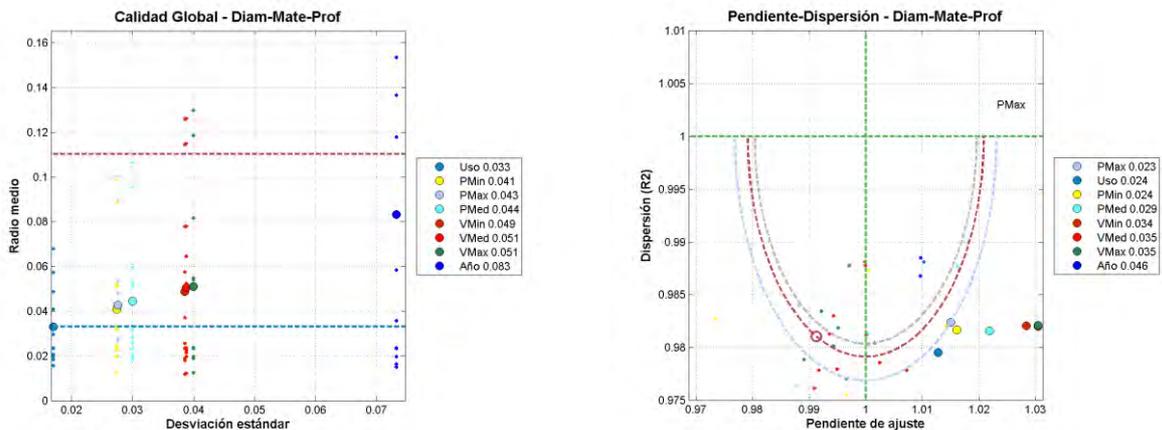


FIGURA 302. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-PROFUNDIDAD, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Tampoco en este caso se encuentran combinaciones de variables que mejoren los resultados obtenidos empleando sólo la combinación **Diámetro-Material-Profundidad** (0,033). El mejor resultado se obtiene añadiendo la variable **Uso del Suelo**, que iguala el resultado anterior (0,033). Las otras combinaciones no mejoran lo obtenido en la fase anterior.

Diámetro-Material-Presión Máxima

FIGURA 303. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-PRESIÓN MÁXIMA, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

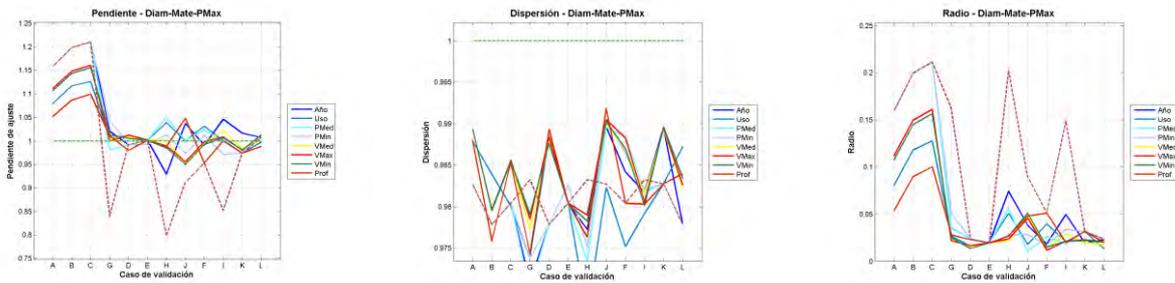
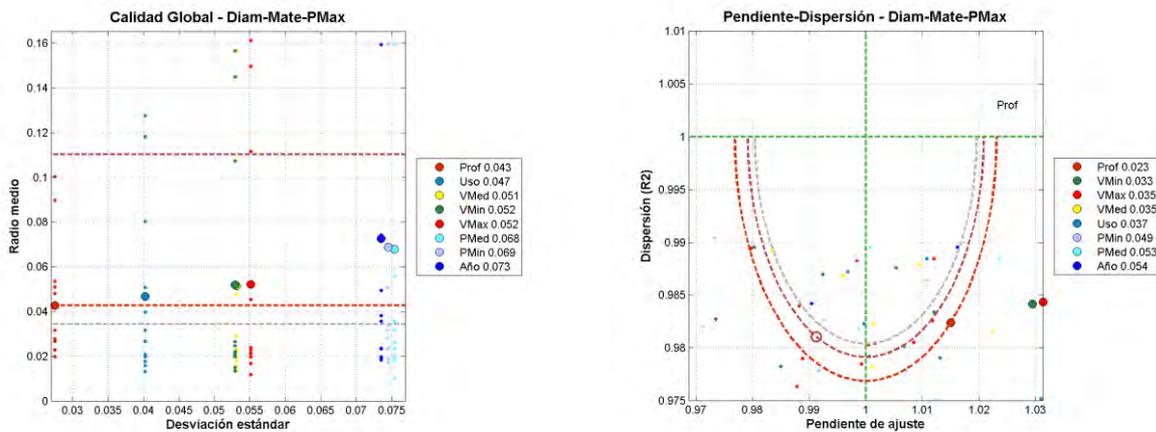


FIGURA 304. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-PRESIÓN MÁXIMA, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En este caso tampoco se mejoran los resultados.

La mejor combinación es **Diámetro-Material-Presión Máxima** con **Profundidad**, pero su radio medio (0,043) es apreciablemente superior al correspondiente al modelo de orden tres para **Diámetro - Material-Presión Máxima** (0,034).

Mejores Modelos

La Tabla 76 presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de cuatro variables consideradas independientemente en la **Red Estratégica**.

TABLA 76. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE CUATRO VARIABLES INDEPENDIENTES PARA RED ESTRATÉGICA

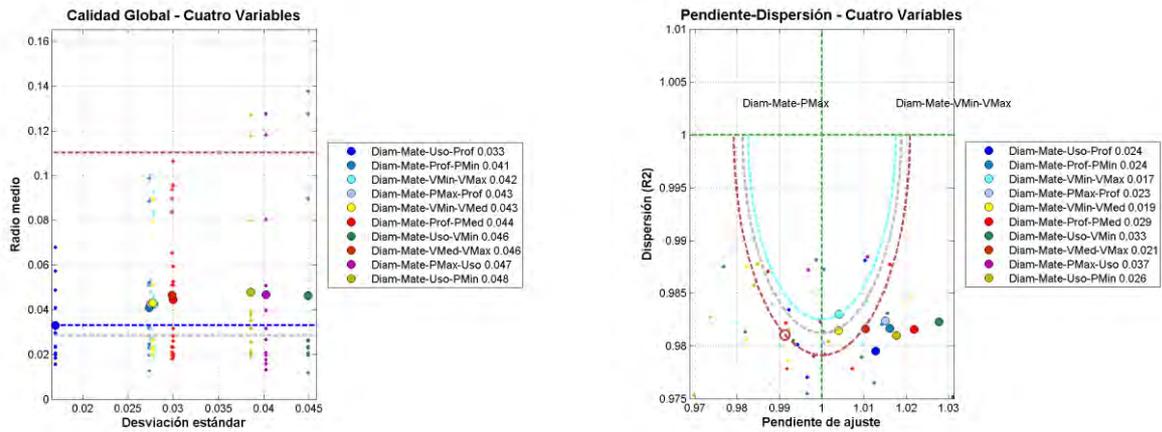
<i>Variables anteriores</i>	<i>Variable adicional</i>	<i>Pendiente Media</i>	<i>Coficiente R² Medio</i>	<i>Radio Pendiente Media</i>	<i>Media de Radio</i>	<i>Des. Tip. de Radio</i>
Diámetro - Material - Uso del Suelo	Profundidad	1.013	0.980	0.024	0.033	0.017
Diámetro - Material - Profundidad	Presión Mínima	1.016	0.982	0.024	0.041	0.027
Diámetro - Material - Velocidad Mínima	Velocidad Máxima	1.004	0.983	0.017	0.042	0.028
Diámetro - Material - Presión Máxima	Profundidad	1.015	0.982	0.023	0.043	0.028
Diámetro - Material - Velocidad Mínima	Velocidad Media	1.004	0.982	0.019	0.043	0.028
Diámetro - Material - Profundidad	Presión Media	1.022	0.982	0.029	0.044	0.030
Diámetro - Material - Uso del Suelo	Velocidad Mínima	1.028	0.982	0.033	0.046	0.045
Diámetro - Material - Velocidad Media	Velocidad Máxima	1.010	0.982	0.021	0.046	0.030
Diámetro - Material - Presión Máxima	Uso del Suelo	1.032	0.981	0.037	0.047	0.040
Diámetro - Material - Uso del Suelo	Presión Mínima	1.018	0.981	0.026	0.048	0.039

En esta fase no hay resultados mejores que los obtenidos en la fase anterior.

Los mejores resultados, según se observa en la Figura 305, se obtienen para la combinación de **Diámetro - Material** con distintas variables. De ellas la mejor es **Diámetro-Material-Uso del Suelo** con **Profundidad**, pero su radio medio (0,033) no es inferior al que se obtiene si sólo se consideran **Diámetro - Material** y **Uso del Suelo** (0,028) o **Diámetro-Material** y **Profundidad** (0,033).

En el caso de radio del punto medio sí hay una combinación de variables que mejora el resultado de la fase anterior: **Diámetro-Material-Velocidad Mínima-Velocidad Máxima** proporciona 0,017; frente a 0,019 obtenido en la fase anterior.

FIGURA 305. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED ESTRATÉGICA



4.8.4. Elementos

Seguidamente se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de cuatro variables independientes en *Elementos*.

Se presentan inicialmente (figuras 306 a 311) los resultados para las combinaciones de variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden tres (*Diámetro-Año-Profundidad*, *Diámetro - Año-Ubicación* y *Año-Profundidad-Ubicación*). Finalmente, la Figura 312 presenta un resumen de los mejores modelos de orden cuatro.

Diámetro-Año-Profundidad

FIGURA 306. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-PROFUNDIDAD, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

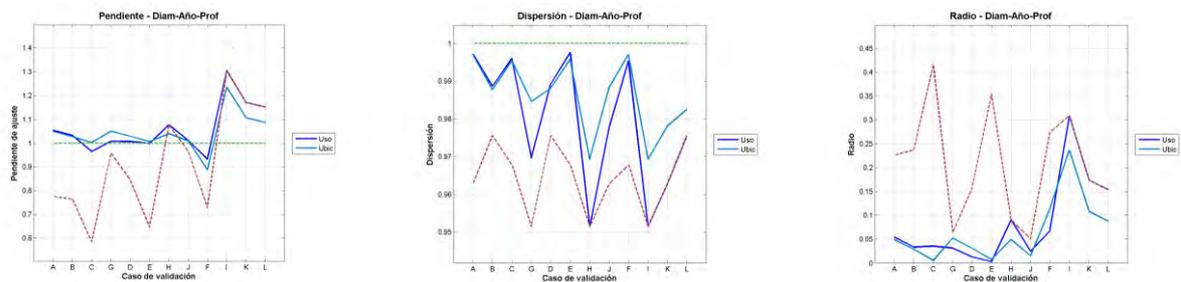
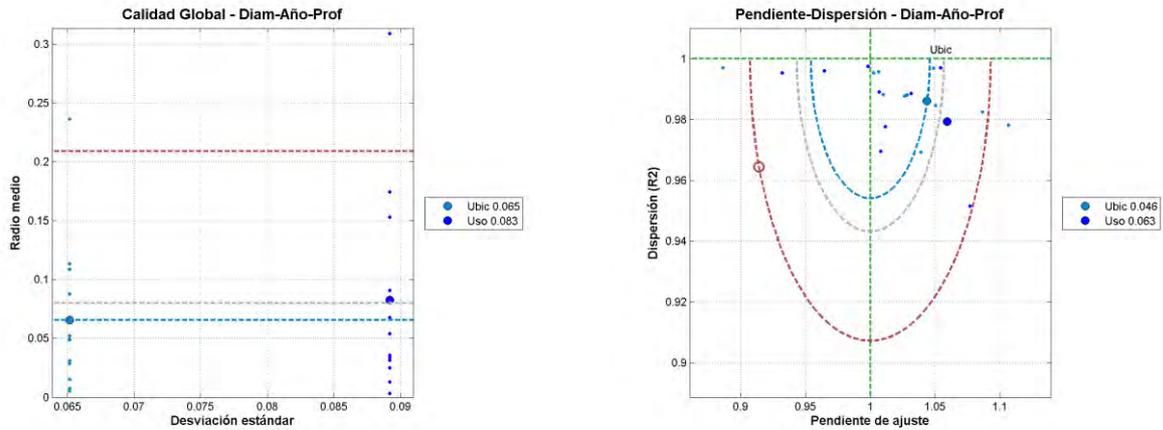


FIGURA 307. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-PROFUNDIDAD, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Sólo se mejoran los resultados obtenidos en la fase anterior con la variable **Ubicación**. Con la combinación de **Diámetro-Año-Profundidad** con **Ubicación** se obtiene un radio medio de 0,065, que es bastante mejor que el obtenido para **Diámetro-Año-Profundidad** (0,080). La variable **Uso del Suelo** no produce mejora. En el caso de radio del punto medio también se mejora el resultado del modelo de orden tres con **Ubicación**.

Diámetro-Año-Ubicación

FIGURA 308. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-UBICACIÓN, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

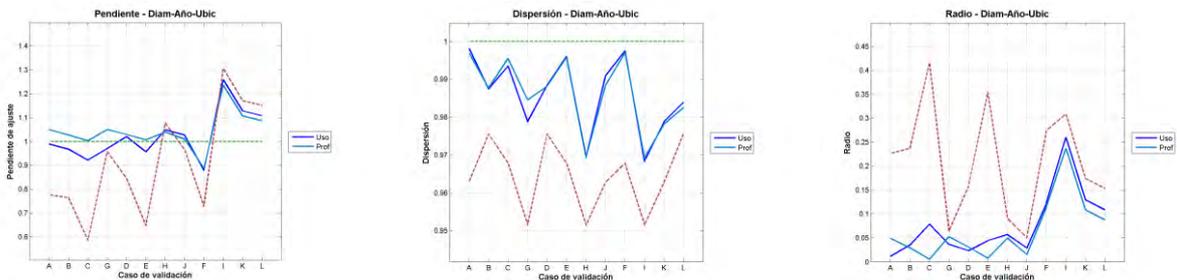
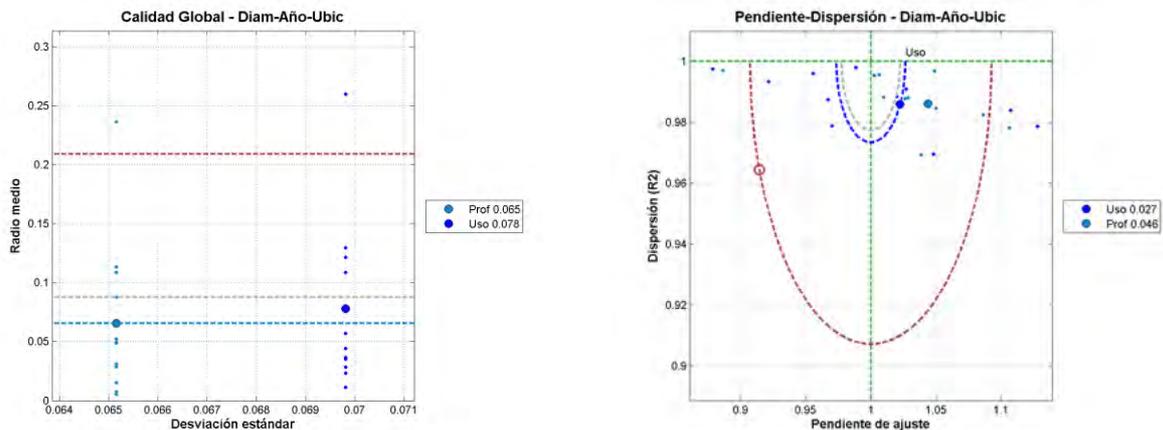


FIGURA 309. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-UBICACIÓN, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Las dos variables mejoran los resultados obtenidos considerando sólo **Diámetro-Año-Ubicación** (0,088). La mejor combinación es **Diámetro-Año-Ubicación** con **Profundidad** (0,065); pero los resultados son también buenos para **Uso del Suelo** (0,078).

En el caso de radio del punto medio no se consigue mejora con relación al modelo de orden tres.

Año-Profundidad-Ubicación

FIGURA 310. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO-PROFUNDIDAD-UBICACIÓN, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN

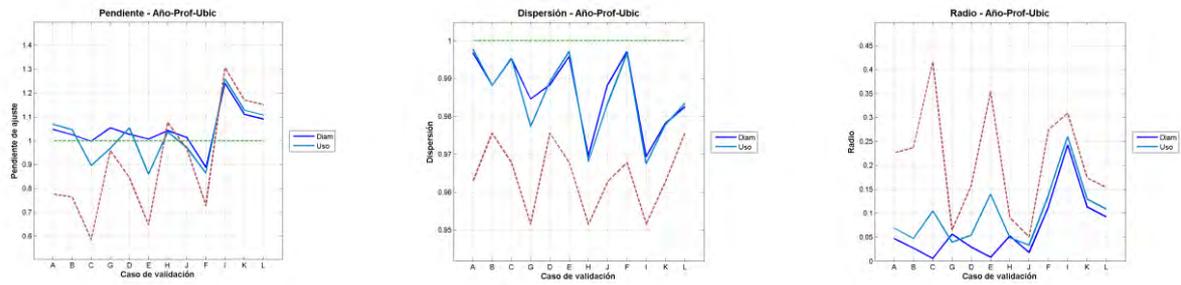
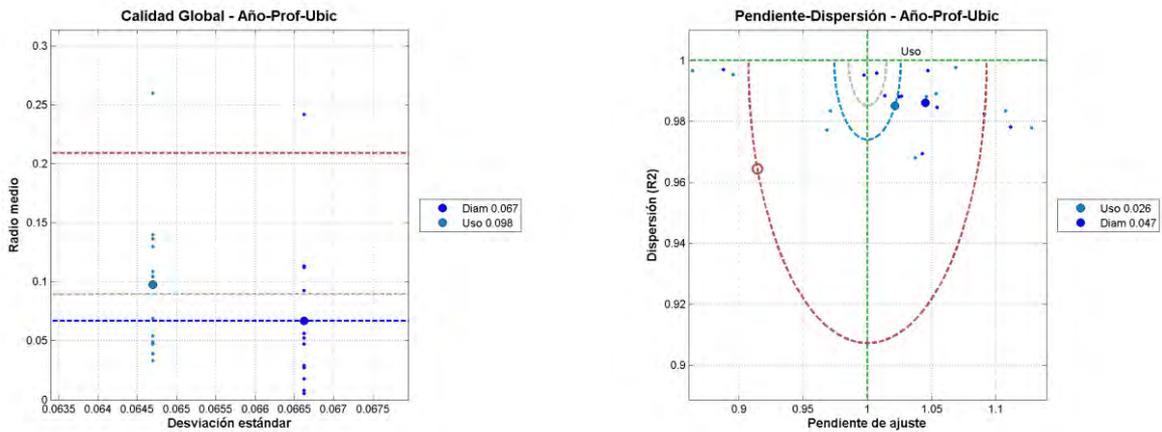


FIGURA 311. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO-PROFUNDIDAD-UBICACIÓN, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Sólo se mejoran los resultados obtenidos en la fase anterior con la variable **Diámetro**.

Con la combinación de **Año-Profundidad-Ubicación** con **Diámetro** se obtiene un radio medio de 0,067 que es mejor que el obtenido para **Año-Profundidad-Ubicación** (0,090). La variable **Uso del Suelo** no produce mejora. En el caso de radio del punto medio tampoco se mejora el resultado del modelo de orden tres con ninguna variable.

Mejores Modelos

La Tabla 77 presenta los mejores resultados obtenidos para modelos de cuatro variables consideradas conjuntamente en *Elementos*.

Sólo figuran en esta tabla cinco modelos, puesto que el resto corresponde a combinación de las mismas variables en distinto orden.

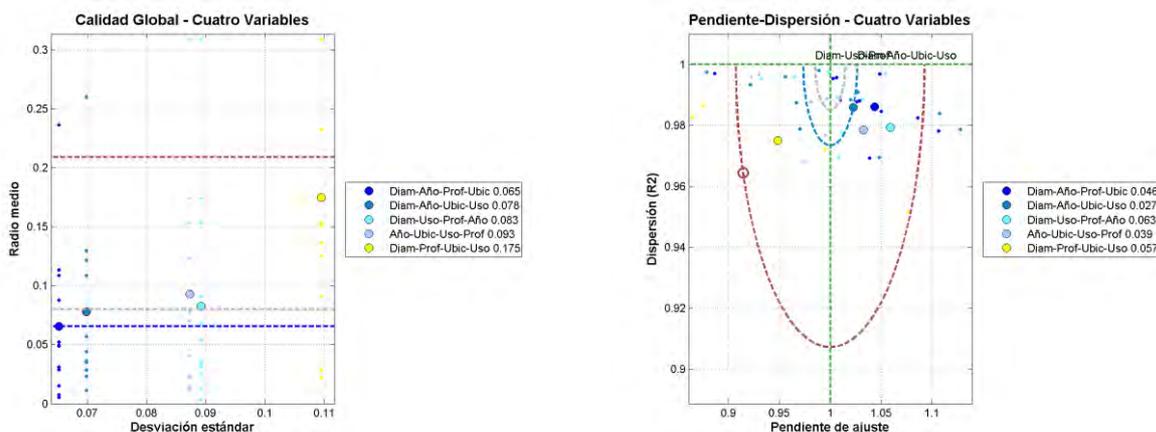
TABLA 77. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS MEJORES MODELOS DE CUATRO VARIABLES INDEPENDIENTES PARA ELEMENTOS

Variables anteriores	Variable adicional	Pendiente Media	Coficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Tip. de Radio
Diámetro - Año - Profundidad	Ubicación	1.044	0.986	0.046	0.065	0.065
Diámetro - Año - Ubicación	Uso del Suelo	1.023	0.986	0.027	0.078	0.070
Diámetro - Uso del Suelo - Profundidad	Año	1.059	0.979	0.063	0.083	0.089
Año - Ubicación - Uso del Suelo	Profundidad	1.033	0.979	0.039	0.093	0.087
Diámetro - Profundidad - Ubicación	Uso del Suelo	0.948	0.975	0.057	0.175	0.110

Los mejores resultados se obtienen para las combinaciones de *Diámetro* y *Año con Profundidad, Ubicación y Uso del Suelo*.

Los gráficos de la Figura 312 permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden dos, que correspondía a la combinación *Diámetro-Año-Profundidad* (0,080). Puede apreciarse que se consigue una mejora en dos combinaciones: *Diámetro-Año-Profundidad* con *Ubicación* (0,065) y *Diámetro-Año-Ubicación* con *Uso del Suelo* (0,078); pero no en el resto de combinaciones de orden cuatro, que no proporcionan mejores resultados que el mejor modelo de orden tres. En el caso del radio del punto medio la mejor combinación es *Diámetro-Año-Ubicación* con *Uso del Suelo*, con un valor de 0,027, que es muy superior al valor de 0,015 que correspondía a la combinación de *Año - Profundidad-Ubicación*.

FIGURA 312. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ELEMENTOS



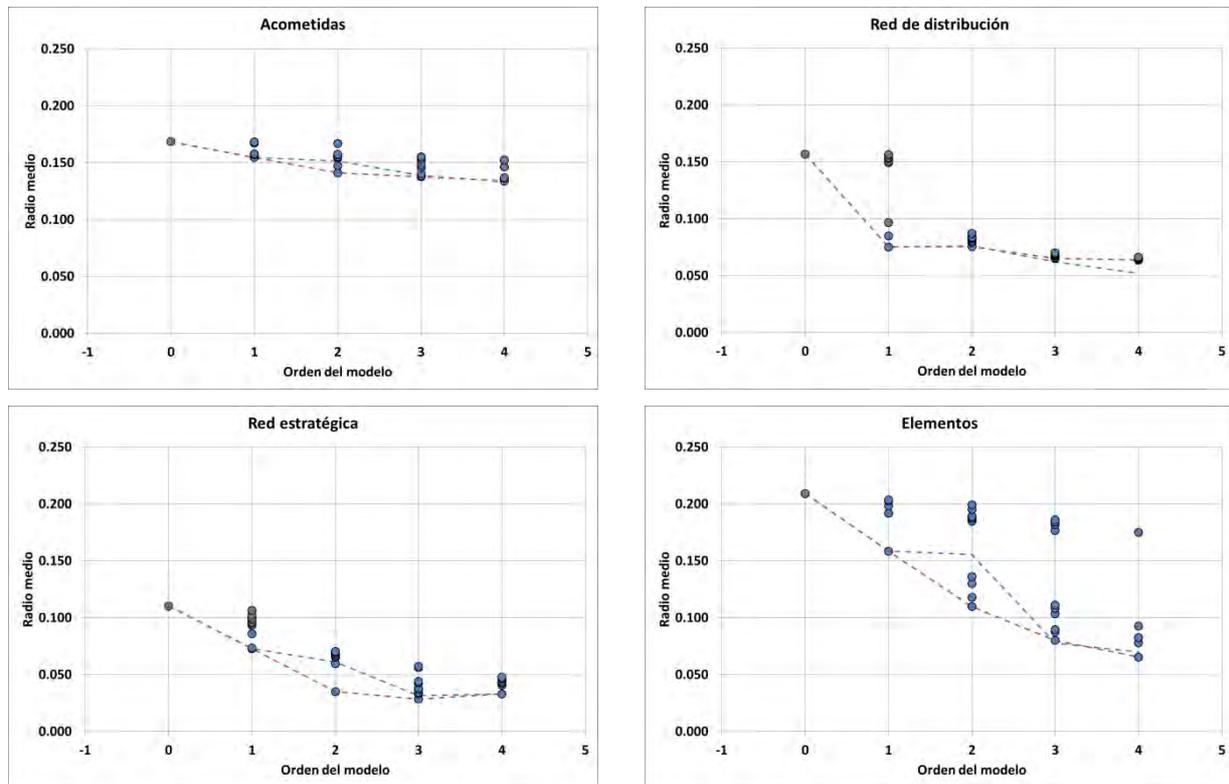
4.8.5. Resumen

Seguidamente se resumen los resultados obtenidos en la validación de los modelos de cuatro variables independientes.

En la Figura 313 se presenta un gráfico para cada ámbito, que recoge los valores del parámetro de calidad radio medio de los mejores modelos obtenidos. La línea roja de trazos une los mejores valores obtenidos en cada tipo de modelo. La línea azul representa los mejores valores obtenidos en el caso de que dos de las variables se consideren dependientes. Puede apreciarse que, excepto en el caso de la **Red de Distribución**, los modelos de orden cuatro producen resultados muy similares tanto si las variables se consideran dependientes como independientes. El único sistema donde se obtiene una mejora apreciable al pasar del modelo de orden tres al modelo de orden cuatro es en **Elementos**.

En **Red Estratégica** se obtienen peores resultados, mientras que en **Acometidas** y **Red de Distribución** los resultados, aunque mejores, son muy parecidos.

FIGURA 313. VALORES DEL PARÁMETRO DE CALIDAD EN MODELOS HASTA ORDEN (0,4)



4.9. MODELOS DE DOS VARIABLES CONJUNTAS Y TRES INDEPENDIENTES

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos formados por dos variables consideradas conjuntamente y tres variables adicionales independientes, es decir, modelos de orden (2,3). En cada ámbito se toman como punto de partida los diez mejores modelos del paso anterior (dos variables conjuntas y dos independientes) y se añade una variable más, considerada independiente de las anteriores.

Se muestran los gráficos finales de comparación, donde los pares de valores de los parámetros de calidad se representan como un punto en el espacio (pendiente, coeficiente de regresión). Se ha marcado, en marrón, la circunferencia que pasa por el punto correspondiente al cálculo realizado con el modelo de orden cero. Se ha marcado, en gris, la circunferencia correspondiente al mejor valor obtenido en el modelo anterior (dos variables conjuntas y dos independientes), indicando la combinación de variables.

4.9.1. Acometidas

Los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden cinco (dos conjuntas y tres independientes) en *Acometidas* se presentan a continuación.

Inicialmente (figuras 314 a 319) se incluyen los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en la fase anterior (*Terreno-Profundidad* con *Diámetro* y *Año*, *Diámetro-Profundidad* con *Año* y *Terreno* y *Año-Profundidad* con *Diámetro* y *Terreno*). Finalmente, la Figura 320 presenta el resultado de los mejores modelos de orden cinco (dos conjuntas y tres independientes).

Terreno-Profundidad con Diámetro y Año

FIGURA 314. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN TERRENO+PROFUNDIDAD-DIÁMETRO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

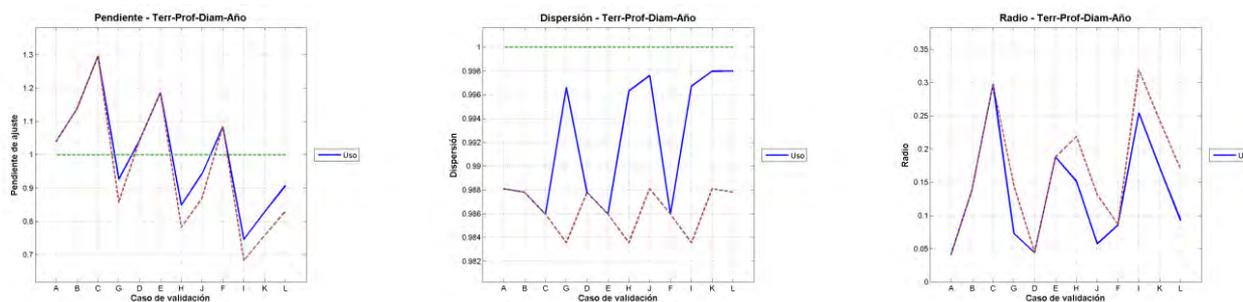
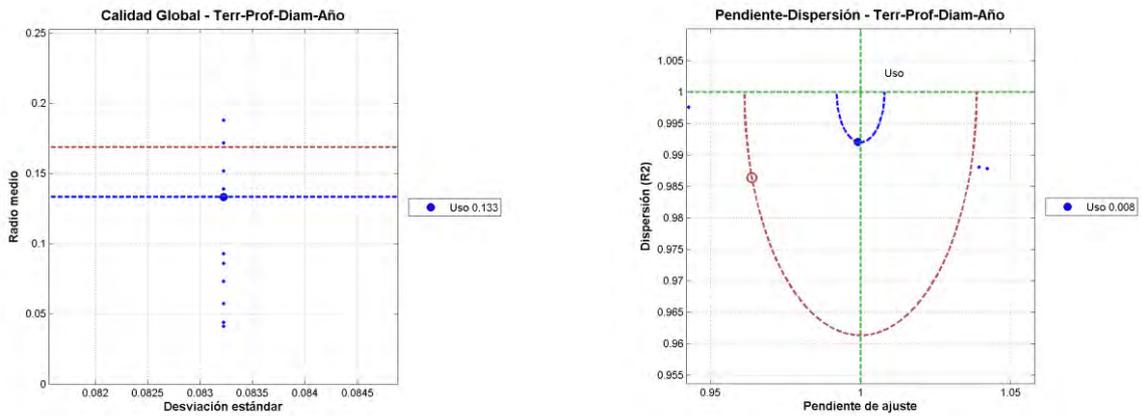


FIGURA 315. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN TERRENO+PROFUNDIDAD-DÍAMETRO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



La variable adicional proporciona una ligerísima mejora, ya que el radio medio pasa del valor 0,134, que se obtuvo en la fase anterior, a 0,133.

Diámetro-Profundidad con Año y Terreno

FIGURA 316. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+PROFUNDIDAD-AÑO-TERRENO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

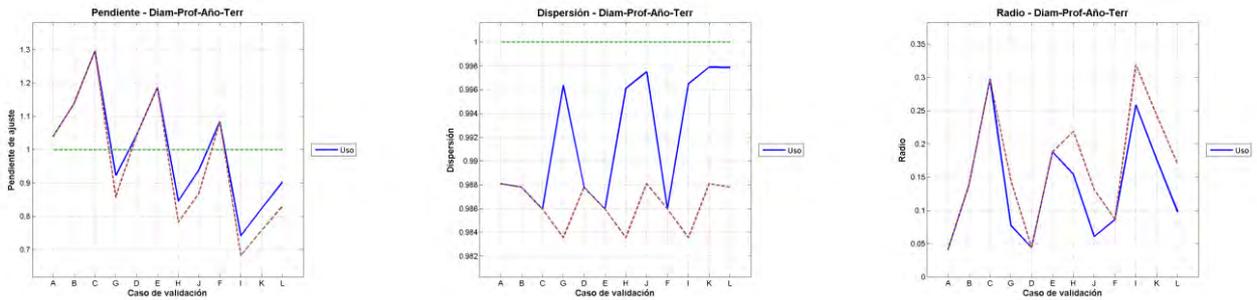
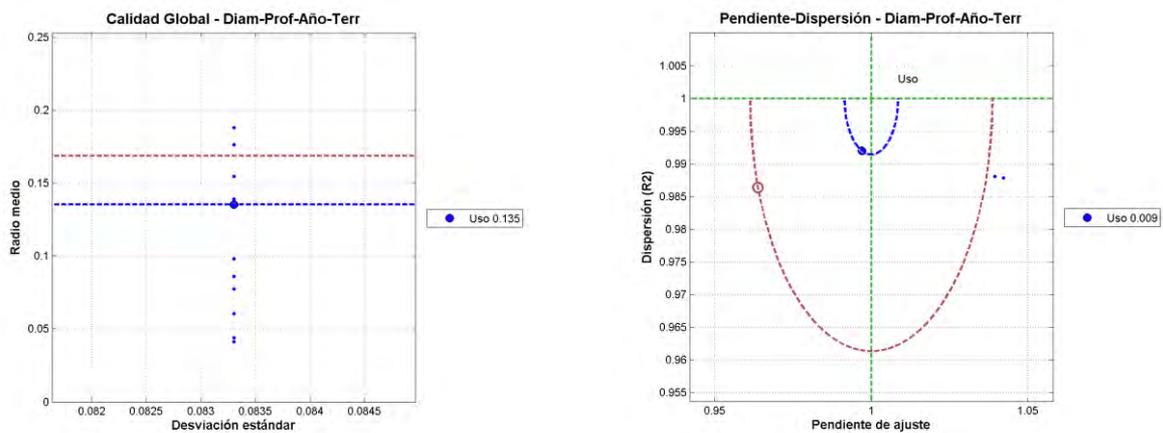


FIGURA 317. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+PROFUNDIDAD-AÑO-TERRENO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En este caso no existe mejora con relación al resultado de la fase anterior, ya que el radio medio se mantiene en 0,135.

Año-Profundidad con Diámetro y Terreno

FIGURA 318. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO+PROFUNDIDAD-DIÁMETRO-TERRENO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

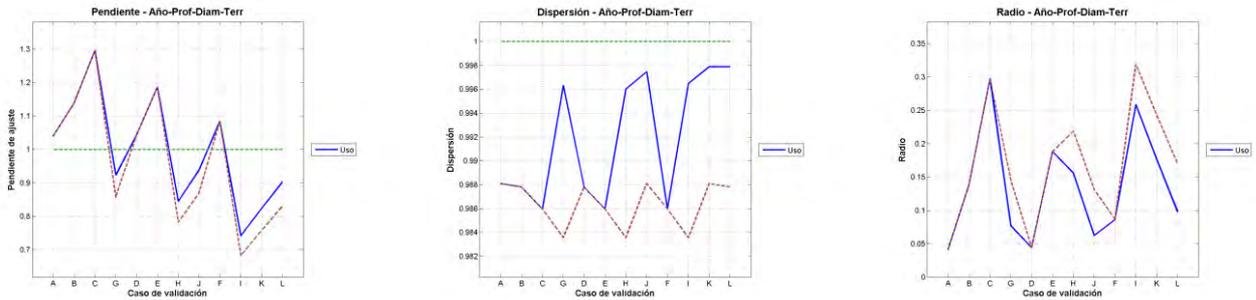
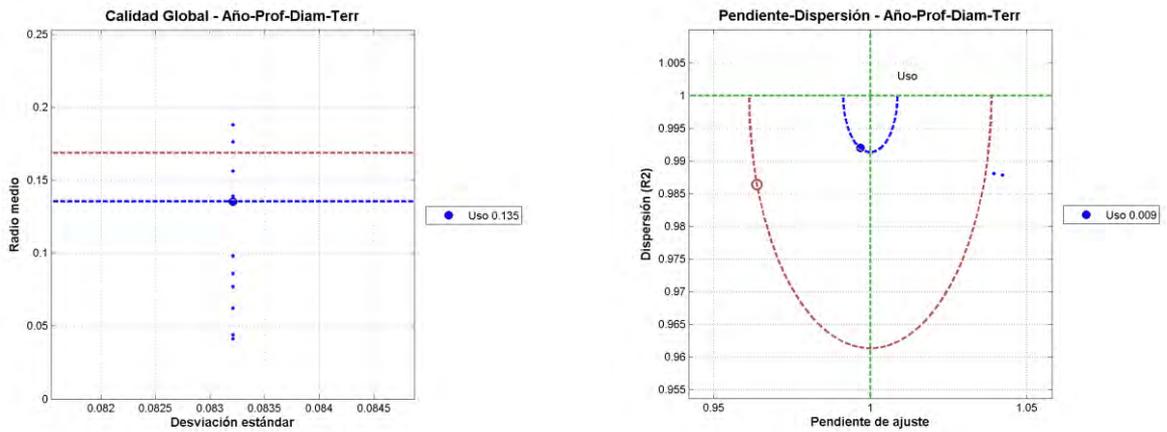


FIGURA 319. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO+PROFUNDIDAD-DIÁMETRO-TERRENO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El resultado es ligeramente mejor que en la fase anterior, ya que el radio medio es ahora de 0,135 frente a 0,136.

Mejores Modelos

La Tabla 78 presenta los mejores resultados obtenidos para modelos de cinco variables (dos conjuntas y tres independientes) en *Acometidas*.

TABLA 78. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS MEJORES MODELOS DE CINCO VARIABLES (DOS COMBINADAS Y TRES INDEPENDIENTES) EN ACOMETIDAS

<i>Variables conjuntas</i>	<i>Variables independientes</i>	<i>Pendiente Media</i>	<i>Coficiente R² Medio</i>	<i>Radio Pendiente Media</i>	<i>Media de Radio</i>	<i>Des. Tip. de Radio</i>
Terreno - Profundidad	Diámetro - Año - Uso del Suelo	0.999	0.992	0.008	0.133	0.083
Año - Uso del Suelo	Diámetro - Profundidad - Terreno	0.999	0.992	0.008	0.133	0.083
Diámetro - Uso del Suelo	Año - Terreno - Profundidad	0.998	0.992	0.008	0.134	0.083
Diámetro - Profundidad	Año - Terreno - Uso del Suelo	0.997	0.992	0.009	0.135	0.083
Año - Profundidad	Diámetro - Terreno - Uso del Suelo	0.997	0.992	0.009	0.135	0.083
Diámetro - Terreno	Año - Profundidad - Uso del Suelo	0.996	0.992	0.009	0.136	0.083
Año - Terreno	Diámetro - Profundidad - Uso del Suelo	0.996	0.992	0.009	0.136	0.083

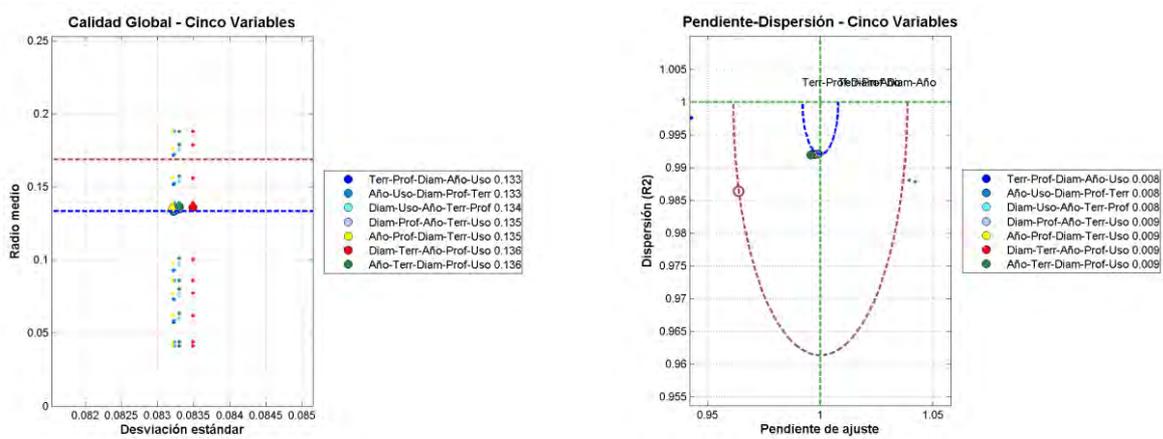
Todas las combinaciones producen resultados similares, aunque sólo dos de ellos son mejores (0,133) que el mejor resultado obtenido en la fase anterior (0,134).

Los gráficos de la Figura 320 permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado, en gris, el mejor resultado obtenido con los modelos de orden cuatro, que correspondía a la combinación *Terreno-Profundidad* con *Diámetro y Año* (0,134).

Puede apreciarse que las mejores combinaciones son las de *Terreno-Profundidad* con *Diámetro, Año y Uso del Suelo* y *Año-Uso del Suelo* con *Diámetro, Profundidad y Terreno*, aunque el resultado es muy similar al de otras combinaciones de las cinco variables.

Idénticos resultados se obtienen en el análisis del radio del punto medio.

FIGURA 320. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ACOMETIDAS



4.9.2. Red de Distribución

En este epígrafe se presentan los resultados obtenidos en la *Red de Distribución* para la validación de los modelos de orden cinco (dos conjuntas y tres independientes).

Inicialmente (figuras 321 a 326) se muestran los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden cuatro (**Diámetro-Año** con las variables de **Presión** y **Profundidad**). Finalmente, la Figura 327 presenta un resumen de los diez mejores modelos de orden cinco.

Diámetro-Año con Presión Media y Profundidad

FIGURA 321. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+AÑO-PRESIÓN MEDIA-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

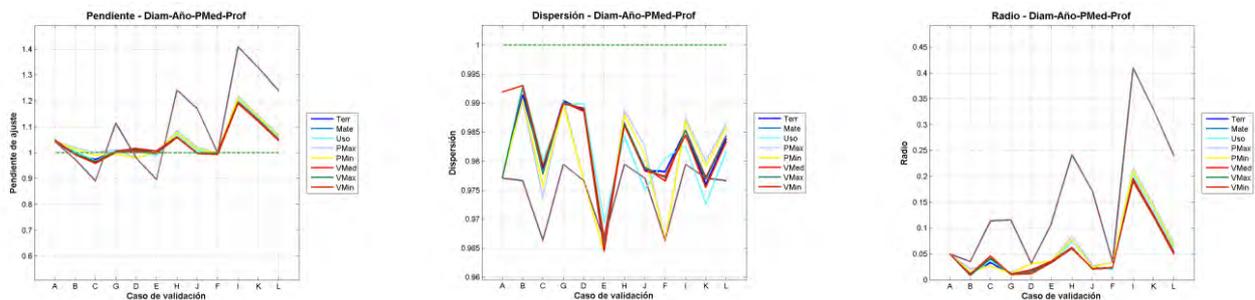
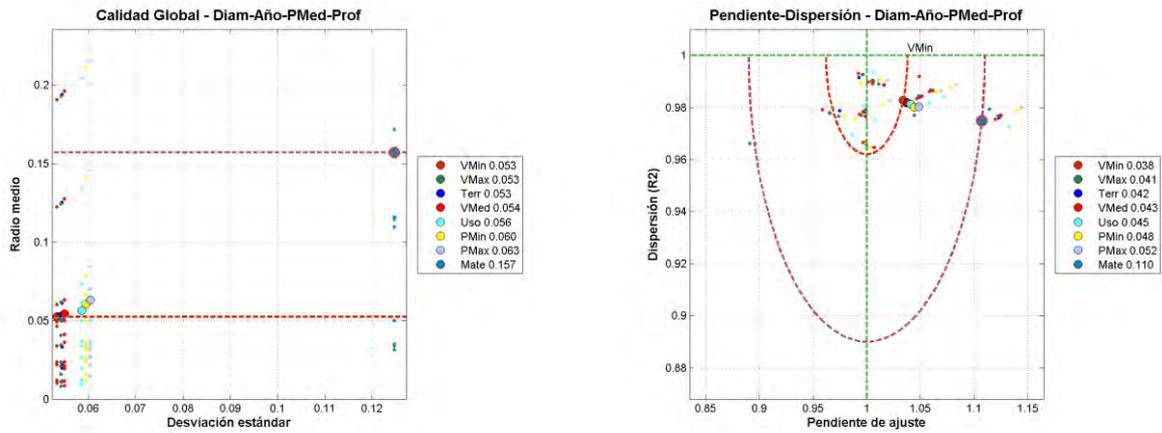


FIGURA 322. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+AÑO-PRESIÓN MEDIA-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En este caso no se mejora el resultado de la fase anterior. El radio medio del modelo de orden cuatro era de 0,052 y el radio medio de la mejor combinación (con **Velocidad Mínima**) es ahora 0,053. En el caso de radio del punto medio la mejor combinación se obtiene también con **Velocidad Mínima**.

Diámetro-Año con Presión Mínima y Profundidad

FIGURA 323. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+AÑO-PRESIÓN MÍNIMA-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

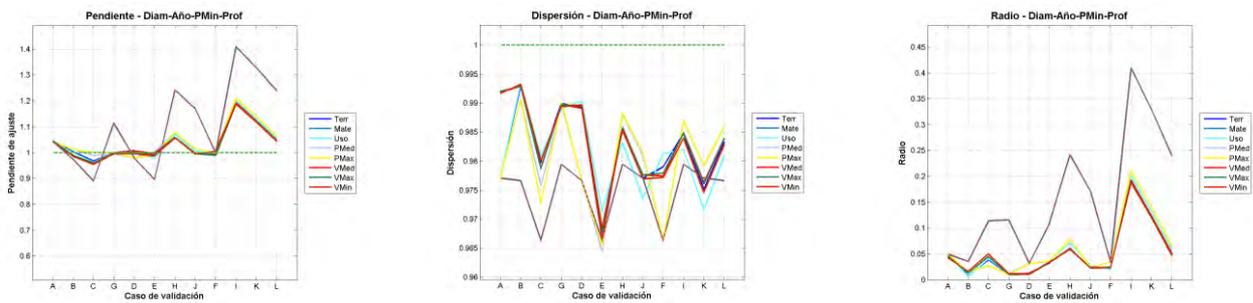
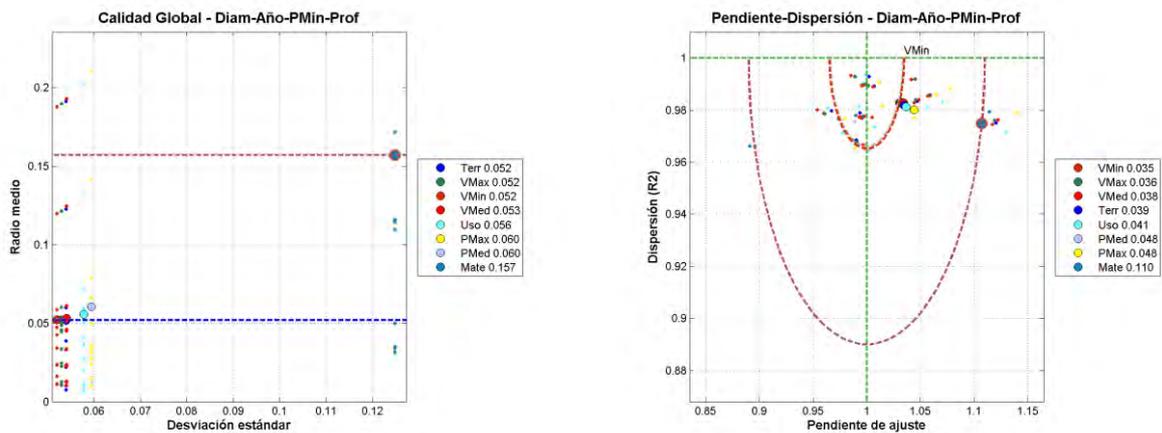


FIGURA 324. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+AÑO-PRESIÓN MÍNIMA-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Diámetro-Año** con **Presión Mínima y Profundidad** con **Terreno**, pero sólo iguala (0,052) el resultado obtenido en el modelo de orden cuatro. También se obtiene el mismo resultado con las variables de **Velocidad**. En el caso de análisis del radio del punto medio los mejores resultados se obtienen con las variables de **Velocidad**.

Diámetro-Año con Presión Máxima y Profundidad

FIGURA 325. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+AÑO-PRESIÓN MÁXIMA-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

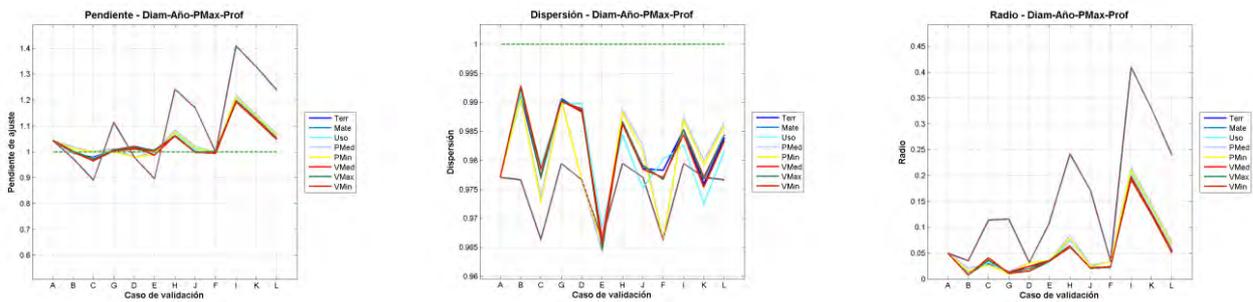
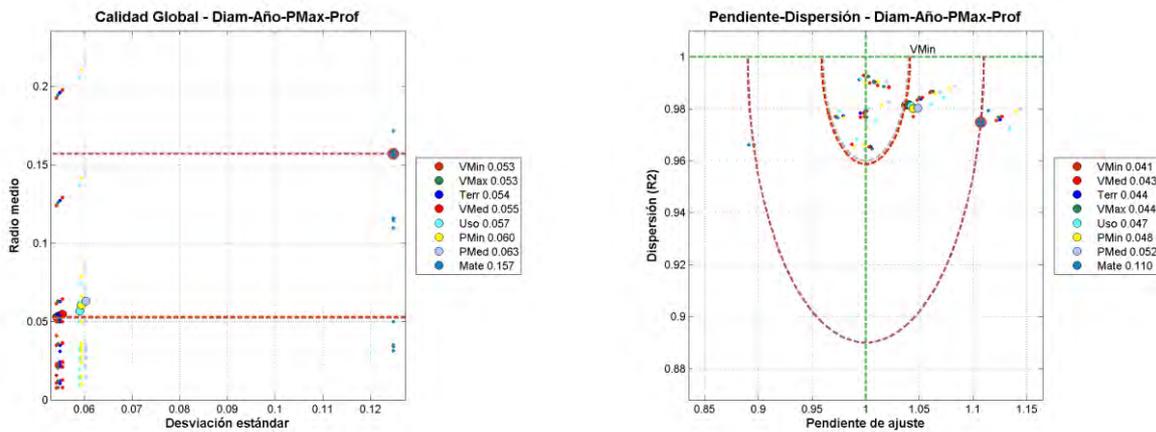


FIGURA 326. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+AÑO-PRESIÓN MÁXIMA-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



De nuevo, se obtiene el mejor resultado para la combinación con las variables de **Velocidad y Terreno**, aunque no se mejora el resultado obtenido en el modelo de orden cuatro (0,052). La combinación de **Diámetro-Material** con **Profundidad** y las variables **Terreno, Uso del Suelo y Año** ya presentan resultados peores que los obtenidos considerando únicamente el modelo de orden tres. En el caso de análisis del radio del punto medio también son las variables de velocidad y presión las que presentan mejores resultados.

Mejores Modelos

La Tabla 79 presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de cinco variables (dos conjuntas y tres independientes) en **Red de Distribución**.

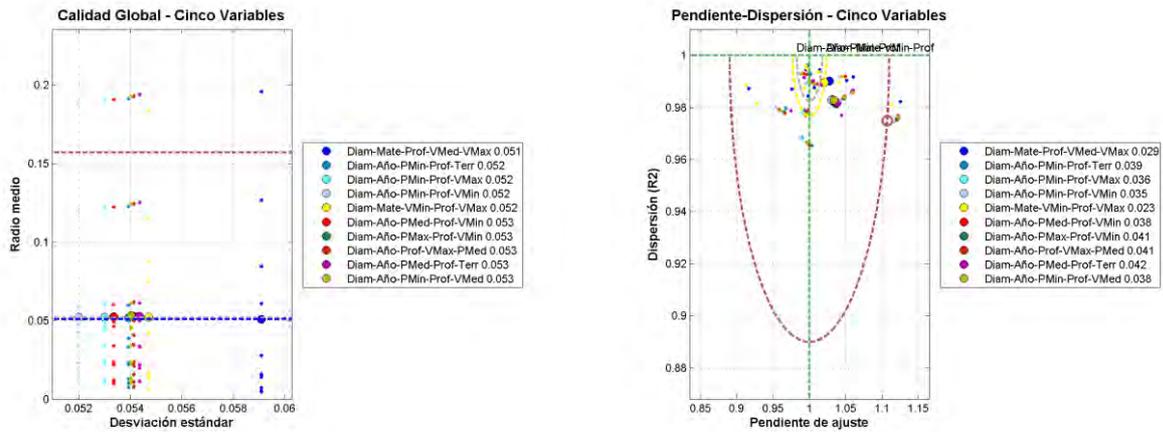
TABLA 79. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN CINCO (DOS CONJUNTAS Y TRES INDEPENDIENTES) PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

<i>Variables conjuntas</i>	<i>Variables independientes</i>	<i>Pendiente Media</i>	<i>Coefficiente R² Medio</i>	<i>Radio Pendiente Media</i>	<i>Media de Radio</i>	<i>Des. Típ. de Radio</i>
Diámetro- Material	Profundidad – Velocidad Media – Velocidad Máxima	1.028	0.990	0.029	0.051	0.059
Diámetro- Año	Presión Mínima – Profundidad - Terreno	1.035	0.982	0.039	0.052	0.054
Diámetro- Año	Presión Mínima – Profundidad – Velocidad Máxima	1.032	0.983	0.036	0.052	0.053
Diámetro- Año	Presión Mínima – Profundidad – Velocidad Mínima	1.030	0.983	0.035	0.052	0.052
Diámetro- Material	Velocidad Mínima – Profundidad – Velocidad Máxima	1.021	0.990	0.023	0.052	0.055
Diámetro- Año	Presión Media – Profundidad – Velocidad Mínima	1.034	0.983	0.038	0.053	0.053
Diámetro- Año	Presión Máxima – Profundidad – Velocidad Mínima	1.037	0.981	0.041	0.053	0.054
Diámetro- Año	Profundidad – Velocidad Máxima – Presión Media	1.037	0.982	0.041	0.053	0.054
Diámetro- Año	Presión Media – Profundidad - Terreno	1.038	0.982	0.042	0.053	0.054
Diámetro- Año	Presión Mínima – Profundidad – Velocidad Media	1.034	0.983	0.038	0.053	0.054

Solamente hay un modelo que mejora los resultados obtenidos considerando dos variables conjuntas y dos independientes (0,052). Se trata de la combinación de **Diámetro-Material** con **Profundidad**, **Velocidad Media** y **Velocidad Máxima**, para la que el radio medio es de 0,051. Hay otras cuatro combinaciones que igualan los resultados de los modelos de orden cuatro.

Los gráficos de la Figura 327 siguiente permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden cuatro, que correspondía a la combinación **Diámetro-Año** con **Presión media** y **Profundidad**. Puede apreciarse que todas las combinaciones presentan parámetros de calidad muy similares.

FIGURA 327. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN



4.9.3. Red Estratégica

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden cinco (dos variables conjuntas y tres independientes) en la **Red Estratégica**.

Se muestran inicialmente (figuras 328 a 333) los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden tres (**Diámetro-Velocidad Mínima** con **Material** y **Velocidad Máxima**, **Material** con **Presión Máxima** con **Diámetro** y **Profundidad** y **Diámetro-Velocidad Mínima** con **Material** y **Velocidad Media**). Finalmente se presenta en la Figura 334 un resumen de los diez mejores modelos de orden cinco.

Diámetro-Velocidad Mínima con Material y Velocidad Máxima

FIGURA 328. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+VELOCIDAD MÍNIMA-MATERIAL-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

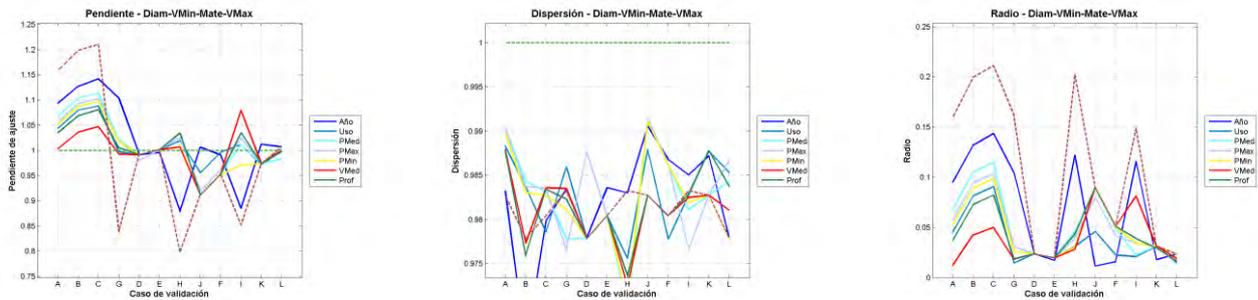
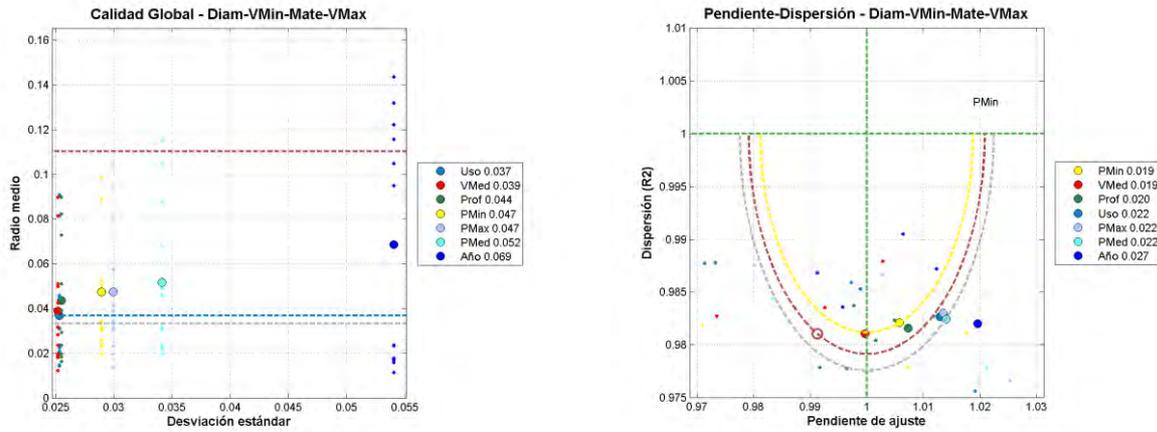


FIGURA 329. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+VELOCIDAD MÍNIMA-MATERIAL-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Ninguna de las combinaciones mejora los resultados obteniendo empleando *Diámetro-Velocidad Mínima* con *Material y Velocidad Máxima* (0,033). El mejor resultado se obtiene con la variable *Uso del Suelo*, pero el radio medio (0,037) es superior al obtenido en la fase anterior. En el análisis del radio del punto medio la variable que proporciona el mejor resultado es *Presión Mínima*.

Material con Presión Máxima con Diámetro y Profundidad

FIGURA 330. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL CON PRESIÓN MÁXIMA CON DIÁMETRO Y PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

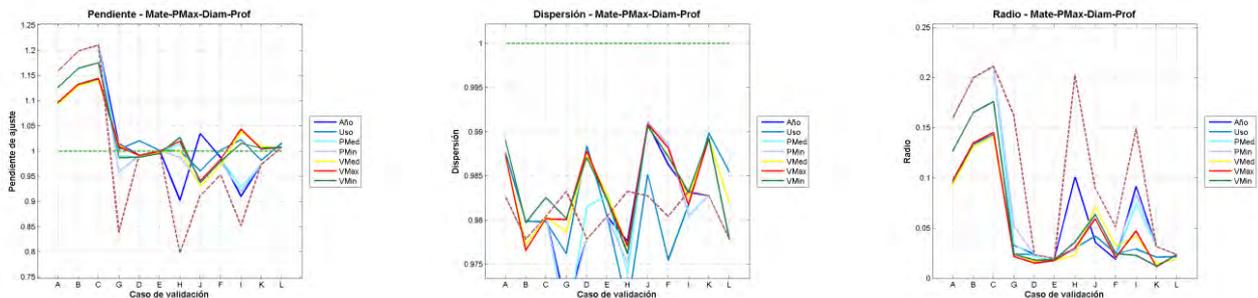
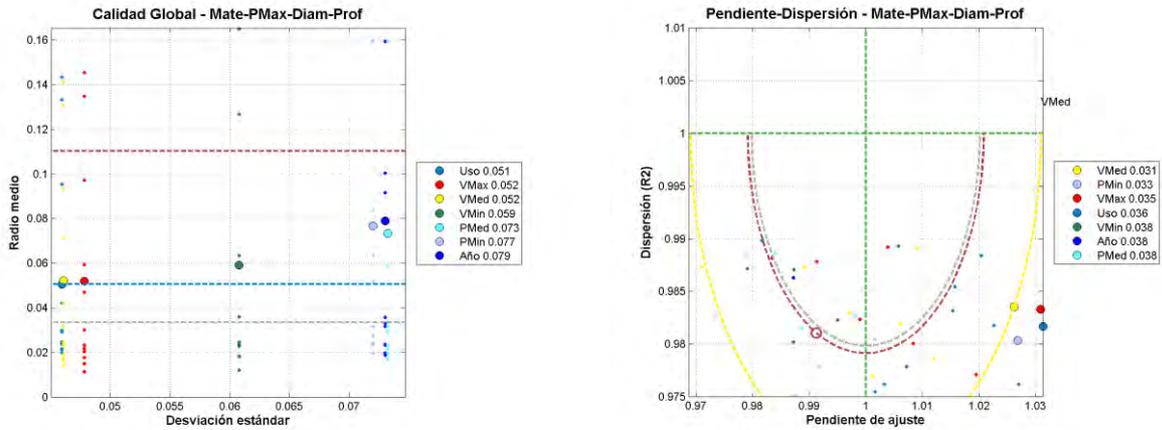


FIGURA 331. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL CON PRESIÓN MÁXIMA CON DIÁMETRO Y PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Los resultados son mucho peores que en el caso anterior. No se mejoran los resultados obtenidos empleando *Material* con *Presión Máxima* con *Diámetro* y *Profundidad* (0,033), porque todas las combinaciones presentan un radio medio superior a 0,050.

Diámetro-Velocidad Mínima con Material y Velocidad Media

FIGURA 332. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+VELOCIDAD MÍNIMA-MATERIAL-VELOCIDAD MEDIA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

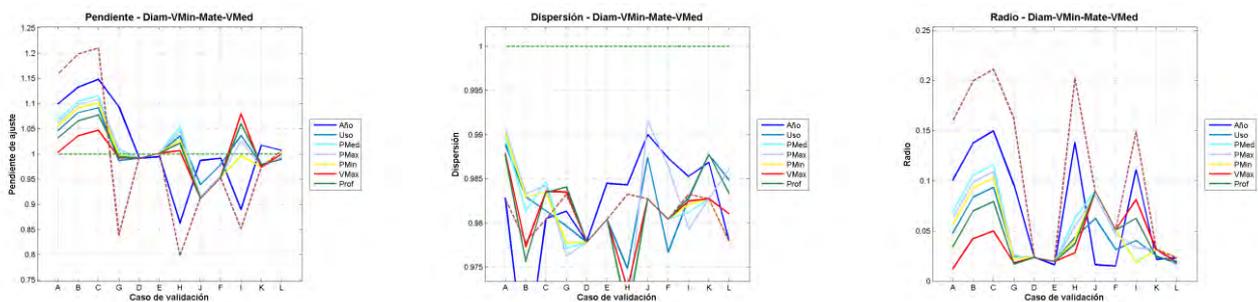
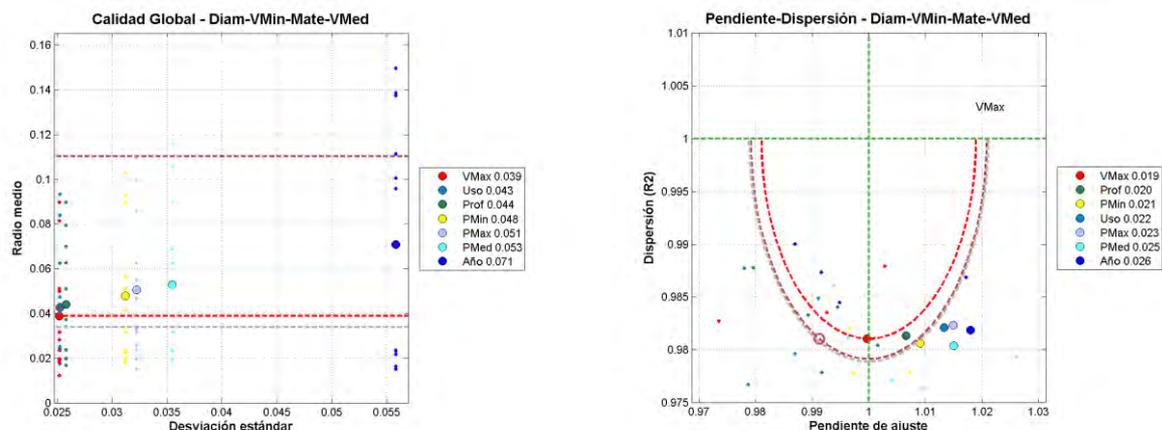


FIGURA 333. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+VELOCIDAD MÍNIMA-MATERIAL-VELOCIDAD MEDIA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



De nuevo sucede que no se mejoran los resultados de la fase anterior. El mejor resultado corresponde a la variable **Velocidad Máxima**, pero el radio medio (0,039) es superior a (0,034), obtenido en la fase anterior.

Los Mejores Modelos

La Tabla 80 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de cinco variables (dos conjuntas y tres independientes) en **Red Estratégica**.

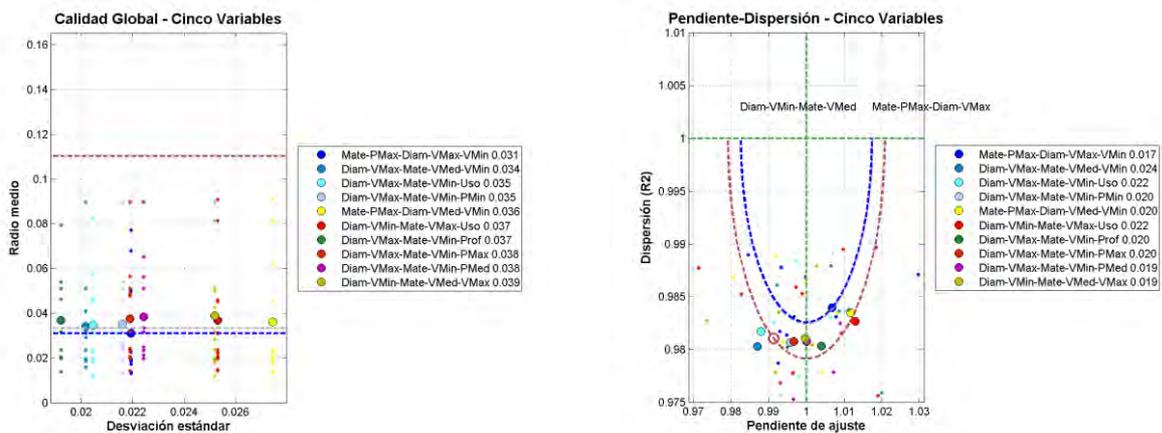
El único de los modelos seleccionados de orden cinco (dos variables conjuntas y tres independientes) que mejora los resultados obtenidos en la fase anterior es **Material-Presión Máxima** con **Diámetro, Velocidad Máxima y Velocidad Mínima**. La mejora es muy modesta (0,031 frente a 0,033).

Llama la atención que en los mejores modelos intervienen dos o tres variables de velocidad y en ningún caso figura el año de instalación (que ha obtenido el peor resultado entre las variables analizadas en los tres casos presentados). Los gráficos siguientes permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden cuatro, que correspondía a la combinación **Diámetro-Velocidad Mínima** con **Material y Velocidad Máxima** (0,033). Puede apreciarse que sólo una combinación mejora el resultado del modelo de orden cuatro (**Material-Presión Máxima** con **Diámetro, Velocidad Máxima y Velocidad Mínima**).

TABLA 80. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN CINCO (DOS CONJUNTAS Y TRES INDEPENDIENTES) PARA RED ESTRATÉGICA

Variables conjuntas	Variables independientes	Pendiente Media	Coefficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Tip. de Radio
Material - Presión Máxima	Diámetro- Velocidad Máxima – Velocidad Mínima	1.007	0.984	0.017	0.031	0.022
Diámetro – Velocidad Máxima	Material - - Velocidad Media - - Velocidad Mínima -	0.987	0.980	0.024	0.034	0.020
Diámetro – Velocidad Máxima	Material - - Velocidad Mínima – Uso del Suelo	0.988	0.982	0.022	0.035	0.020
Diámetro – Velocidad Máxima	Material - - Velocidad Mínima - - Presión Mínima	0.996	0.981	0.020	0.035	0.022
Material – Presión Máxima	Diámetro- Velocidad Media - - Velocidad Mínima -	1.012	0.984	0.020	0.036	0.027
Diámetro – Velocidad Mínima	Material - - Velocidad Máxima - - Uso del Suelo	1.013	0.983	0.022	0.037	0.025
Diámetro – Velocidad Máxima	Material - - Velocidad Mínima - - Profundidad	1.004	0.980	0.020	0.037	0.019
Diámetro – Velocidad Máxima	Material - - Velocidad Mínima - - Presión Máxima -	0.997	0.981	0.020	0.038	0.022
Diámetro – Velocidad Máxima	Material - - Velocidad Mínima - - Presión Media -	1.000	0.981	0.019	0.038	0.022
Diámetro – Velocidad Mínima	Material - - Velocidad Media - - Velocidad Máxima -	1.000	0.981	0.019	0.039	0.025

FIGURA 334. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED ESTRATÉGICA



4.9.4. Elementos

Seguidamente se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de orden cinco (dos variables conjuntas y tres independientes) en *Elementos*.

Se muestran inicialmente (figuras 335 a 340) los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden cuatro (*Diámetro-Profundidad* con *Año* y *Ubicación*, *Ubicación-Profundidad* con *Año* y *Diámetro* y *Diámetro-Ubicación* con *Año* y *Uso del Suelo*). Finalmente, en la Figura 341 se presenta un resumen de los mejores modelos de orden cinco.

Diámetro-Profundidad con Año y Ubicación

FIGURA 335. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+PROFUNDIDAD-AÑO-UBICACIÓN, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

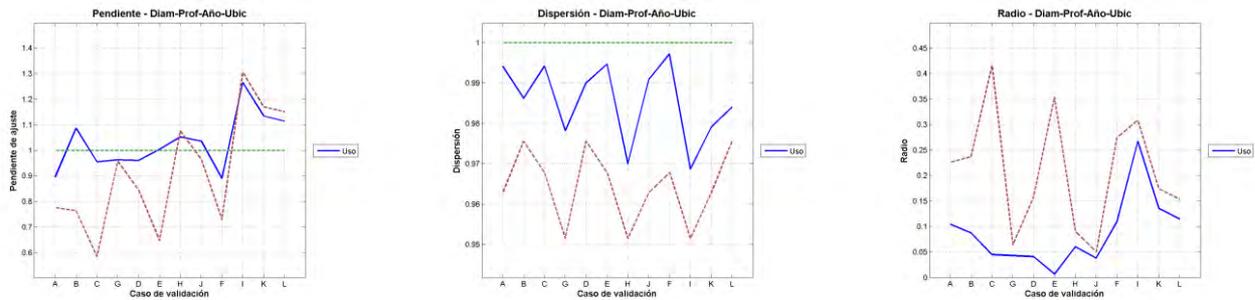
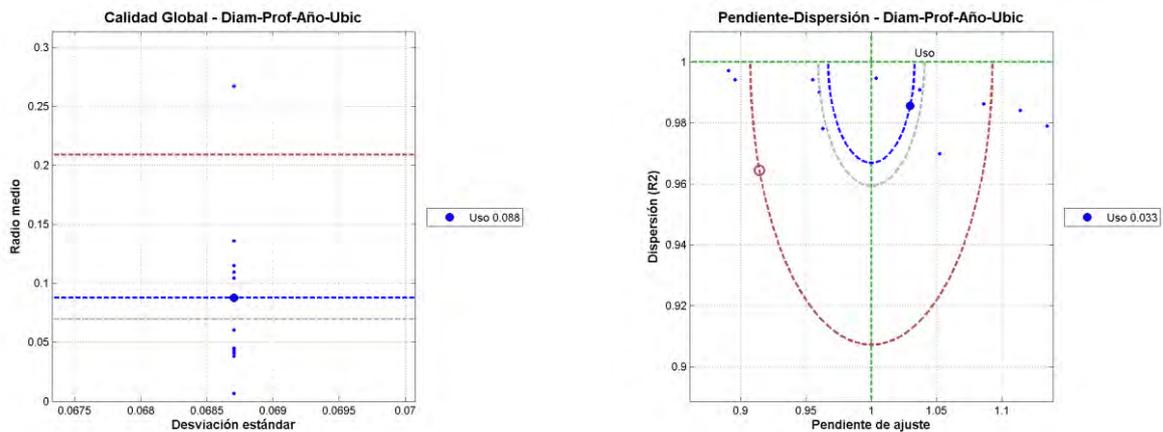


FIGURA 336. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+PROFUNDIDAD-AÑO-UBICACIÓN, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



La combinación de *Diámetro-Profundidad* con *Año* y *Ubicación* con la variable *Uso del Suelo* no mejora los resultados del modelo de orden cuatro (0,088 frente a 0,070).

Ubicación-Profundidad con Año y Diámetro

FIGURA 337. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN UBICACIÓN+PROFUNDIDAD-AÑO-DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

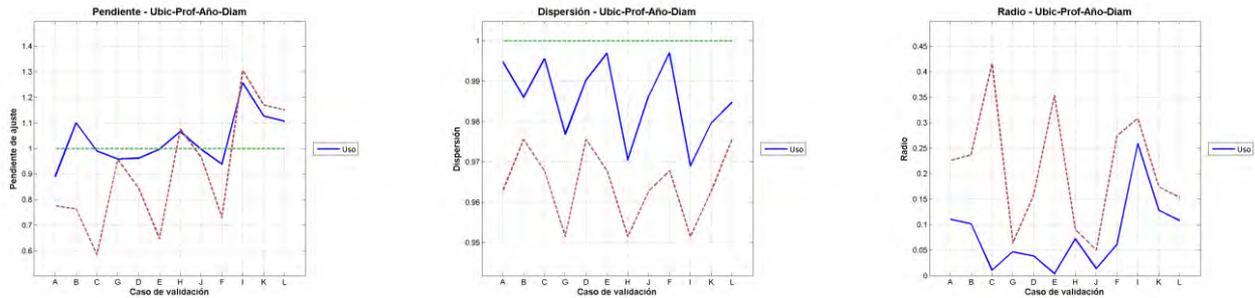
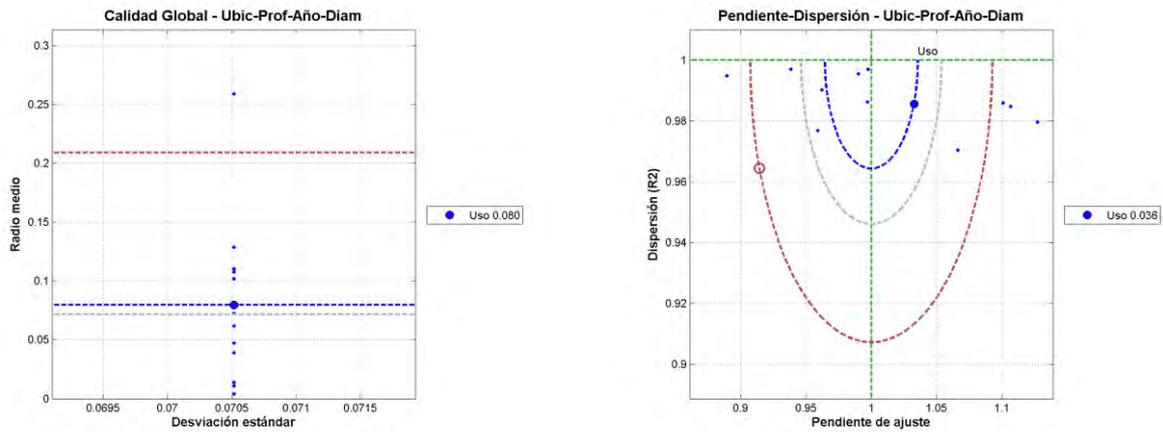


FIGURA 338. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN UBICACIÓN+PROFUNDIDAD-AÑO-DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En este caso tampoco se mejora el resultado de la fase anterior. Al añadir la variable *Uso del Suelo* a la combinación *Ubicación-Profundidad* con *Año* y *Diámetro* el resultado empeora (0,080 frente a 0,072).

Diámetro-Ubicación con Año y Uso del Suelo

FIGURA 339. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+UBICACIÓN-AÑO-USO DEL SUELO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

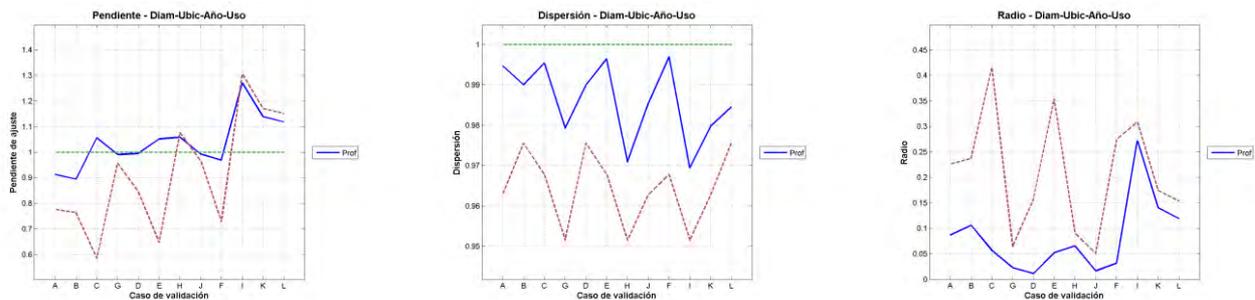
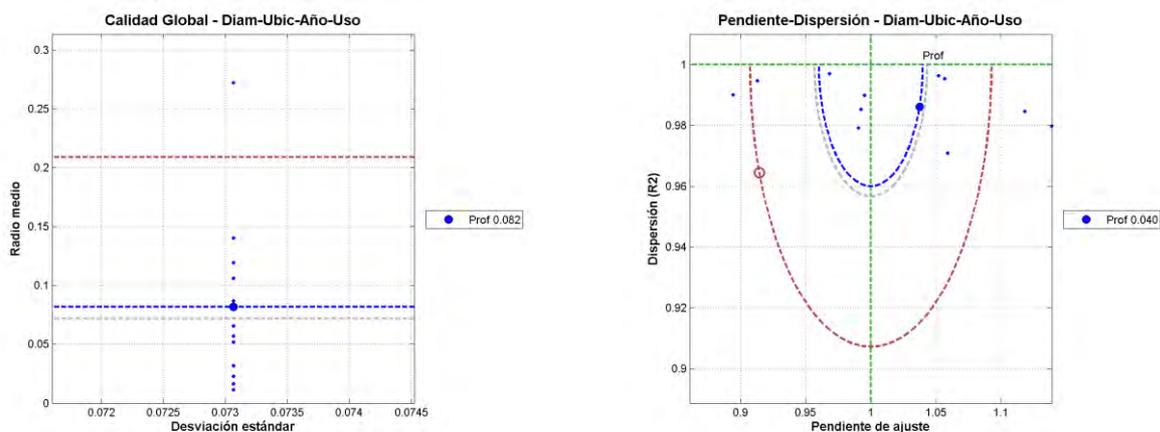


FIGURA 340. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+UBICACIÓN-AÑO-USO DEL SUELO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



De nuevo el resultado de esta fase es peor que el de la fase anterior. Al añadir la variable **Profundidad** a la combinación **Diámetro-Ubicación** con **Año** y **Uso del Suelo** no se produce mejoría (0,082, frente a 0,072).

Mejores Modelos

La Tabla 81 siguiente presenta los mejores resultados obtenidos para modelos de cinco variables (dos conjuntas y tres independientes) en **Elementos**.

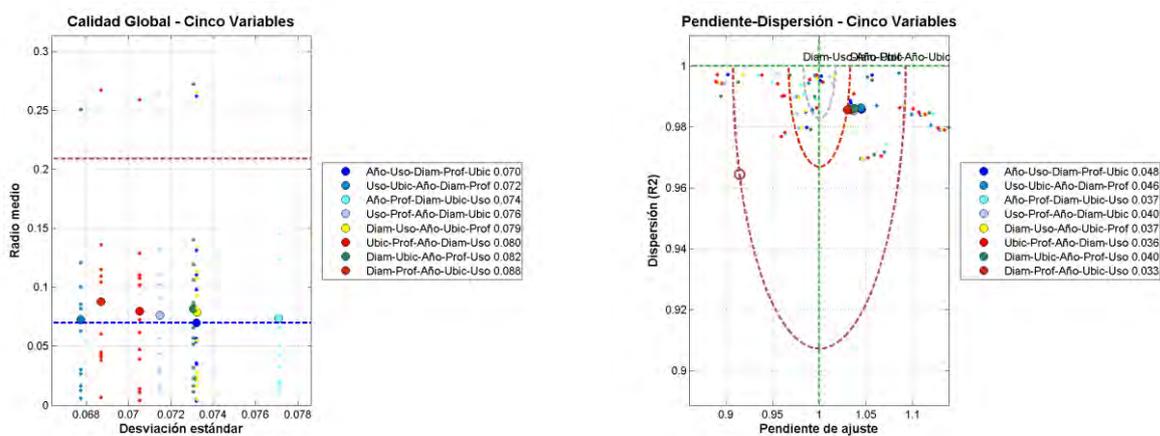
Sólo hay una combinación que iguala los resultados obtenidos en la fase anterior. Para **Año-Uso del Suelo** con **Diámetro**, **Profundidad** y **Ubicación** resulta un radio medio de 0,070, que es igual al radio medio de la mejor combinación de orden cuatro (Diámetro-Profundidad con Año y Ubicación).

Los gráficos de la Figura 341 permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden cuatro, que correspondía a la combinación **Diámetro- Profundidad** con **Año** y **Ubicación**. Puede apreciarse que no se produce mejora.

TABLA 81. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS MEJORES MODELOS DE ORDEN CINCO (DOS VARIABLES CONJUNTAS Y TRES INDEPENDIENTES) PARA ELEMENTOS

Variables conjuntas	Variables independientes	Pendiente Media	Coficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Tip. de Radio
Año - Uso	Diámetro - Profundidad - Ubicación	1.045	0.986	0.048	0.070	0.073
Uso - Ubicación	Año - Diámetro - Profundidad	1.044	0.986	0.046	0.072	0.068
Año - Profundidad	Diámetro - Ubicación - Uso del Suelo	1.034	0.986	0.037	0.074	0.077
Uso del Suelo - Profundidad	Año - Diámetro - Ubicación	1.037	0.985	0.040	0.076	0.071
Diámetro - Uso del Suelo	Año - Ubicación - Profundidad	1.034	0.986	0.037	0.079	0.073
Ubicación - Profundidad	Año - Diámetro - Uso del Suelo	1.033	0.986	0.036	0.080	0.071
Diámetro - Ubicación	Año - Profundidad - Uso del Suelo	1.037	0.986	0.040	0.082	0.073
Diámetro - Profundidad	Año - Ubicación - Uso del Suelo	1.030	0.986	0.033	0.088	0.069

FIGURA 341. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ELEMENTOS



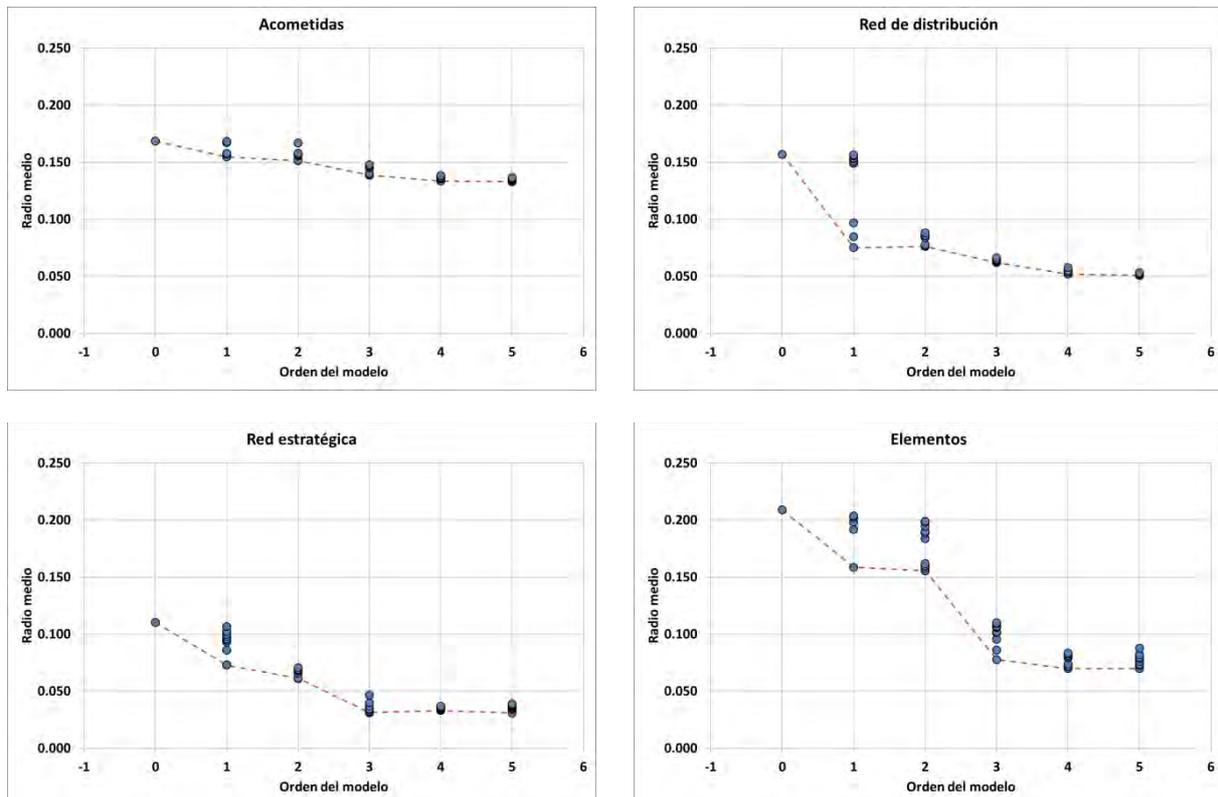
4.9.5. Resumen

Los resultados obtenidos en la validación de los modelos de cinco variables (dos conjuntas y tres independientes) se resumen a continuación.

En la Figura 342 se presenta un gráfico para cada ámbito que recoge los valores del parámetro de calidad radio medio de los mejores modelos obtenidos de orden uno, dos, tres, cuatro y cinco. La línea roja de trazos une los mejores valores obtenidos en cada tipo de modelo.

Puede apreciarse que, en general, los modelos de orden cinco ya no suponen una mejora apreciable con relación a los modelos de orden cuatro. También se comprueba que, a medida que se incrementa el orden del modelo la dispersión que se obtiene entre los modelos seleccionados es menor, lo que indica que ya nos encontramos en el entorno del óptimo.

FIGURA 342. VALORES DEL PARÁMETRO DE CALIDAD EN MODELOS HASTA ORDEN (2,3)



4.10. MODELOS DE CINCO VARIABLES INDEPENDIENTES

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de cinco variables consideradas independientemente, es decir, modelos de orden (0,5). En el análisis se ha partido de los diez mejores modelos obtenidos para cuatro variables independientes, añadiendo una variable más. Para facilitar la comparación se presentan los mismos gráficos y tablas de resultados que en el caso de variables conjuntas.

4.10.1. Acometidas

Seguidamente se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos cinco variables independientes en **Acometidas**.

Se muestran inicialmente (figuras 343 a 348) los resultados para las tres combinaciones de variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden cuatro (**Diámetro-Profundidad-Terreno-Año**, **Año-Terreno-Usa del Suelo-Diámetro** y **Año-Profundidad-Usa del Suelo-Diámetro**). Finalmente, en la Figura 349 se presenta el resultado del modelo de cinco variables independientes.

Diámetro-Profundidad-Terreno-Año

FIGURA 343. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-PROFUNDIDAD-TERRENO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

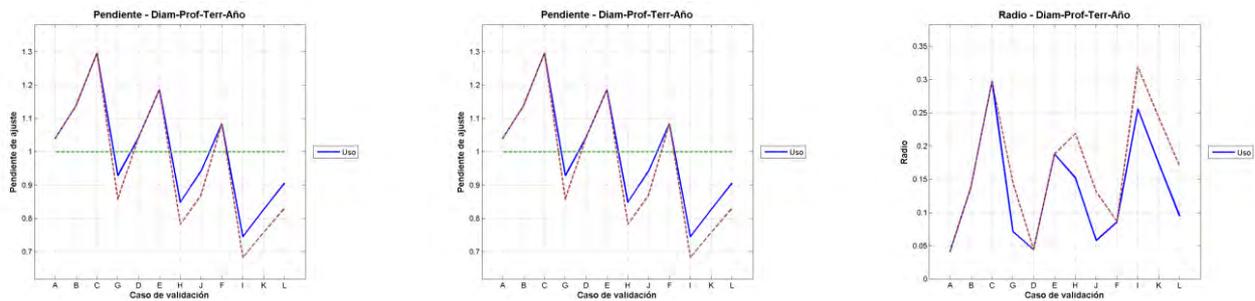
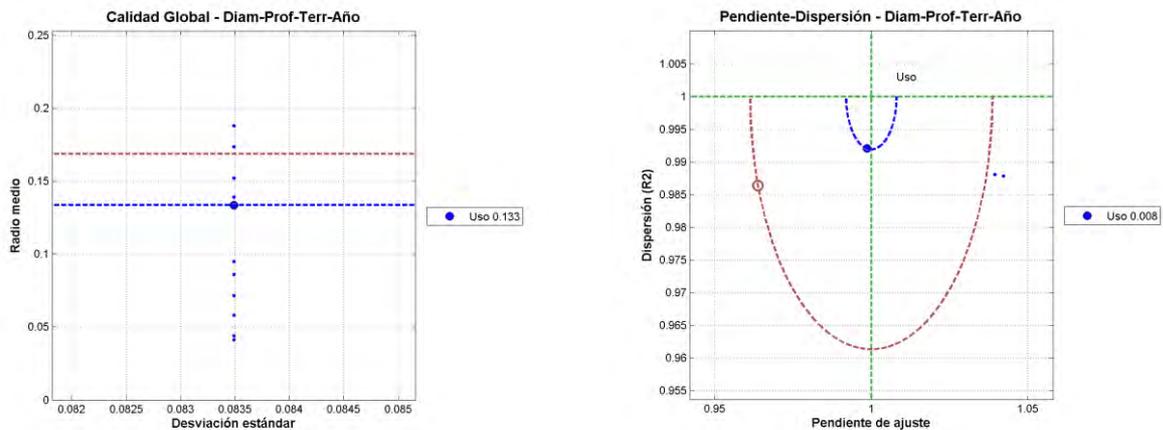


FIGURA 344. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-PROFUNDIDAD-TERRENO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En el análisis del radio medio se comprueba que se produce una ligera mejora del resultado al añadir la variable *Uso del Suelo* a la combinación *Diámetro-Profundidad-Terreno-Año* (0,133 frente a 0,134).

Año-Terreno-Uso del Suelo-Diámetro

FIGURA 345. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN AÑO-TERRENO-USO DEL SUELO-DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

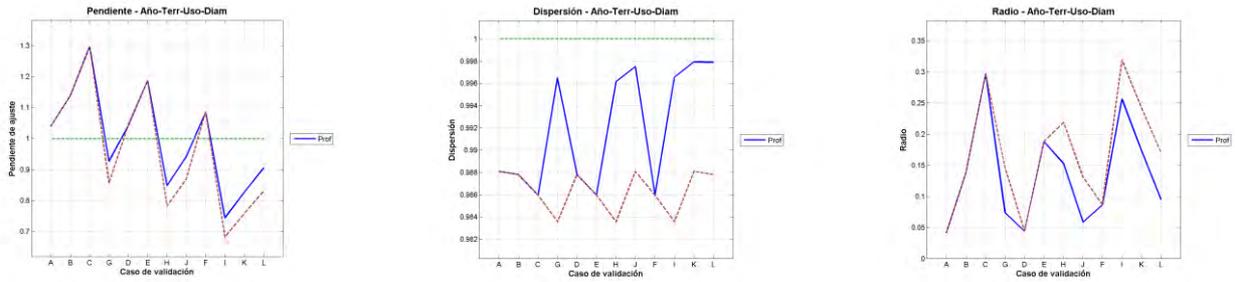
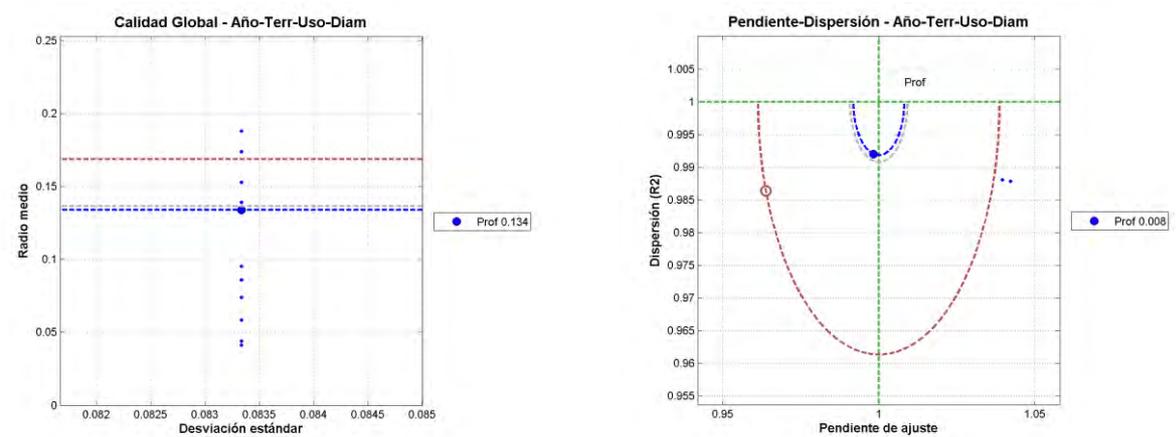


FIGURA 346. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN AÑO-TERRENO-USO DEL SUELO-DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En este caso la mejora, al añadir la variable *Profundidad* a la combinación *Año-Terreno-Uso del Suelo-Diámetro*, es de 0,134 frente a 0,136, resultado que se obtuvo en la fase anterior.

Año-Profundidad-Uso del Suelo-Diámetro

FIGURA 347. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN AÑO-PROFUNDIDAD-USO DEL SUELO-DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

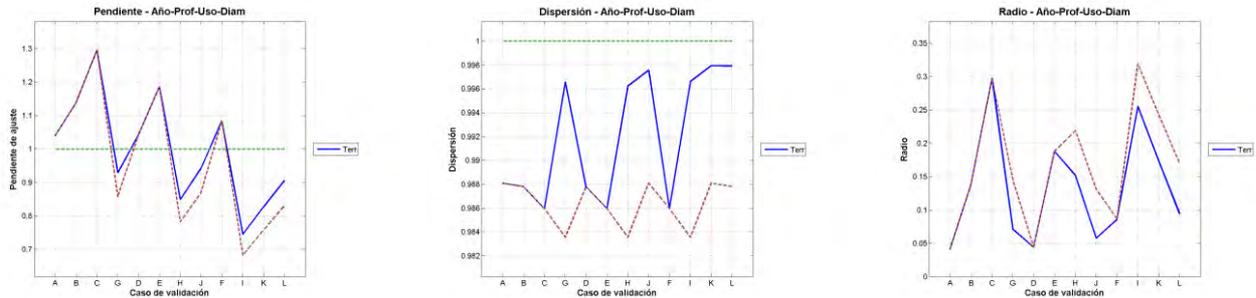
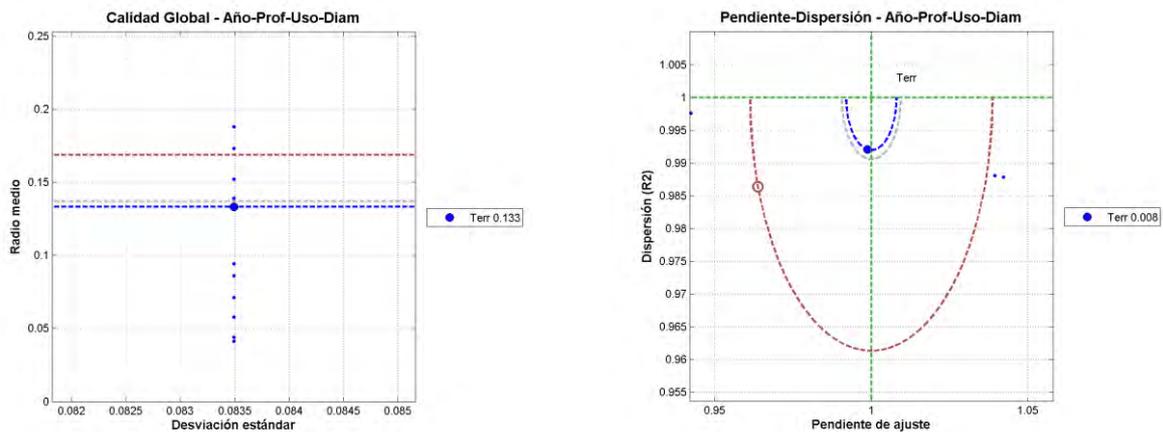


FIGURA 348. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN AÑO-PROFUNDIDAD-USO DEL SUELO-DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El resultado obtenido al añadir la variable Terreno a la combinación *Año-Profundidad-Uso del Suelo-Diámetro* es de un radio medio de 0,133, que mejora ligeramente el valor anterior (0,137).

Mejores Modelos

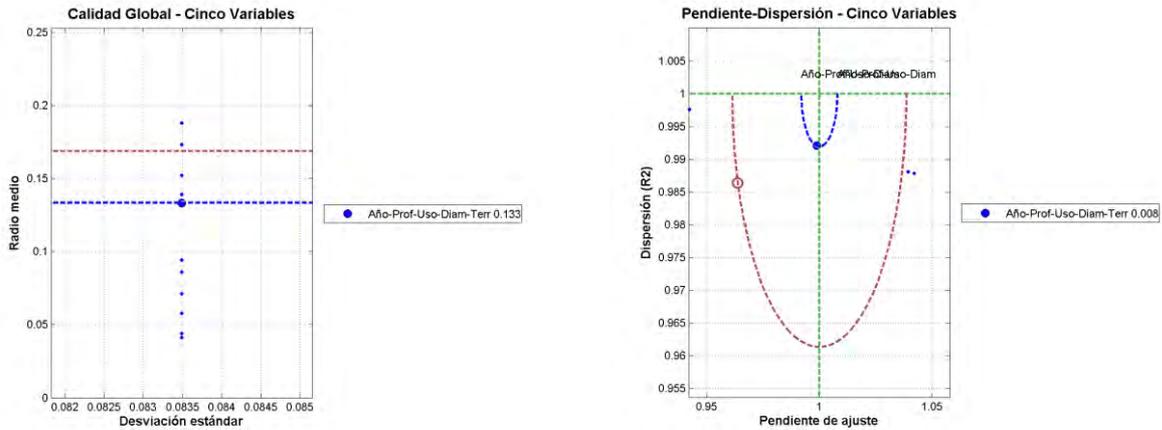
La Tabla 82 presenta el resultado obtenido para el único modelo de cinco variables consideradas independientemente en *Acometidas*.

TABLA 82. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE CINCO VARIABLES INDEPENDIENTES PARA ACOMETIDAS

Variables anteriores	Variable adicional	Pendiente Media	Coficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Tip. de Radio
Año – Profundidad – Uso del Suelo – Diámetro	Terreno	0.999	0.992	0.008	0.133	0.083

El resultado obtenido en radio medio (0,133) mejora ligerísimamente el mejor valor de los modelos de orden cuatro (0,134). Los gráficos de la Figura 349 permiten la comparación de los distintos modelos. En el caso del radio del punto medio el valor obtenido de 0,008 iguala el mejor valor de la fase anterior.

FIGURA 349. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ACOMETIDAS



4.10.2. Red de Distribución

En este epígrafe se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de cinco variables independientes en la **Red de Distribución**.

Se muestran inicialmente (figuras 350 a 355) los resultados para las variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden cuatro (**Diámetro-Terreno-Presión Mínima-Velocidad Máxima**, **Diámetro – Terreno - Presión Media - Velocidad Máxima** y **Diámetro – Terreno - Presión Máxima - Velocidad Máxima**).

Finalmente, en la Figura 356 se presenta un resumen de los diez mejores modelos de orden cinco.

Diámetro-Terreno- Presión Mínima-Velocidad Máxima

FIGURA 350. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MÍNIMA-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

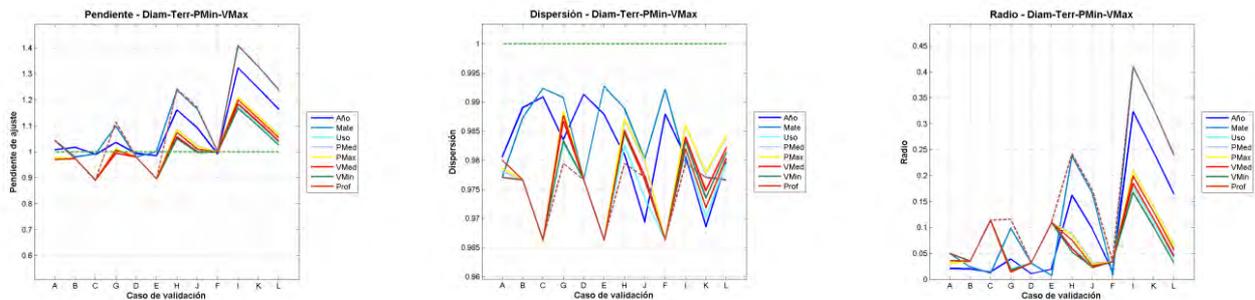
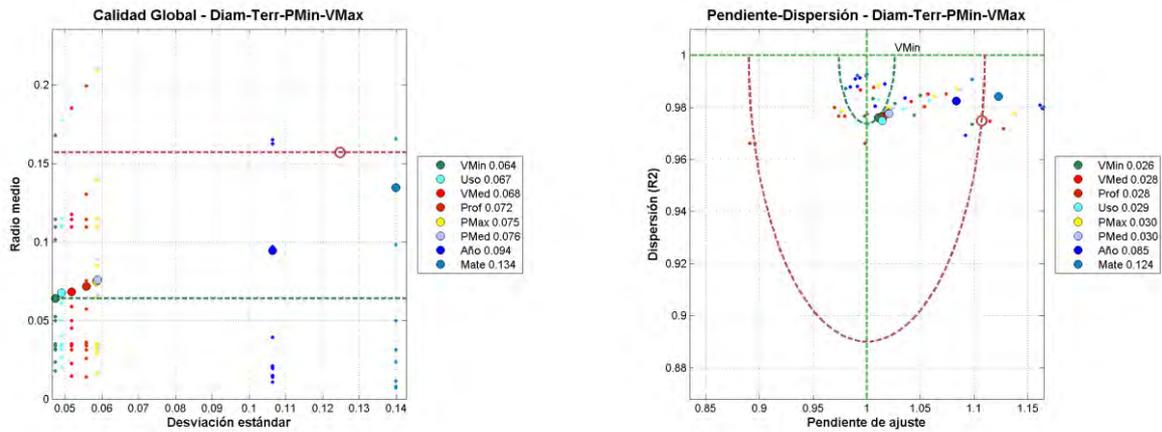


FIGURA 351. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MÍNIMA-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



El mejor modelo de cinco variables independientes iguala el resultado del modelo de orden cuatro.

El mejor resultado se obtiene para la combinación de *Diámetro – Terreno – Presión Mínima – Velocidad Máxima* con *Velocidad Mínima*, con un radio medio de 0,064 que iguala al que se obtiene únicamente considerando *Diámetro-Terreno-Presión Mínima-Velocidad Máxima*. En el caso de radio del punto medio la combinación óptima es también con *Velocidad Mínima*.

Diámetro-Terreno-Presión Media-Velocidad Máxima

FIGURA 352. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MEDIA-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

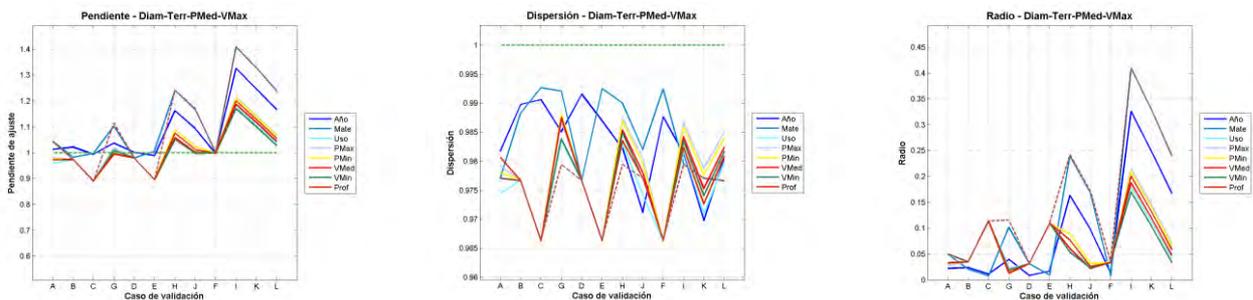
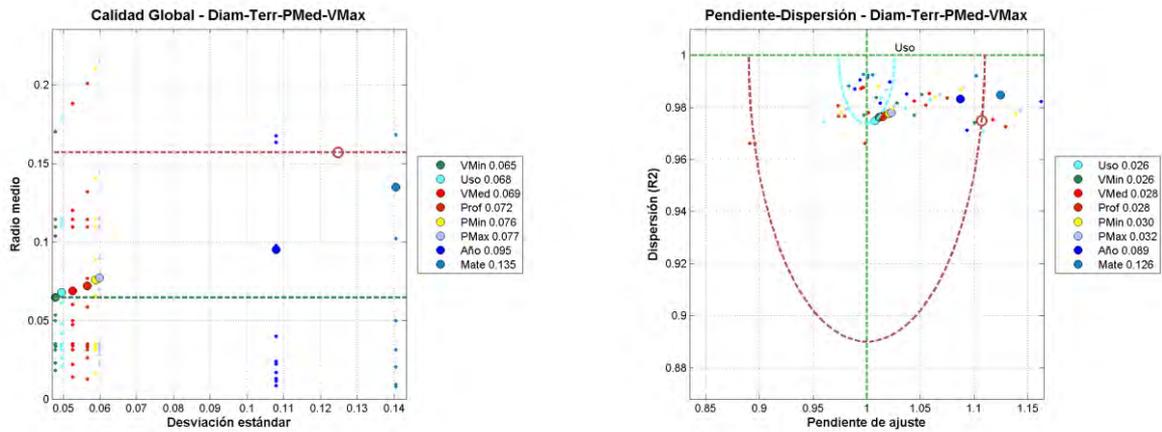


FIGURA 353. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MEDIA-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Los resultados son similares al caso anterior, aunque ahora el mejor modelo obtenido con *Velocidad Mínima* (0,065) no supera el radio medio del modelo de orden cuatro con *Diámetro-Terreno-Presión Media-Velocidad Máxima* (0,064).

Diámetro-Terreno-Presión Máxima-Velocidad Máxima

FIGURA 354. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MÁXIMA-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

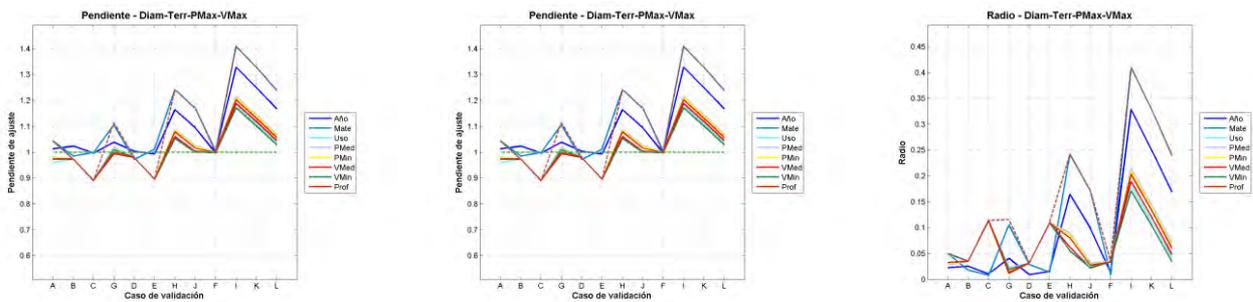
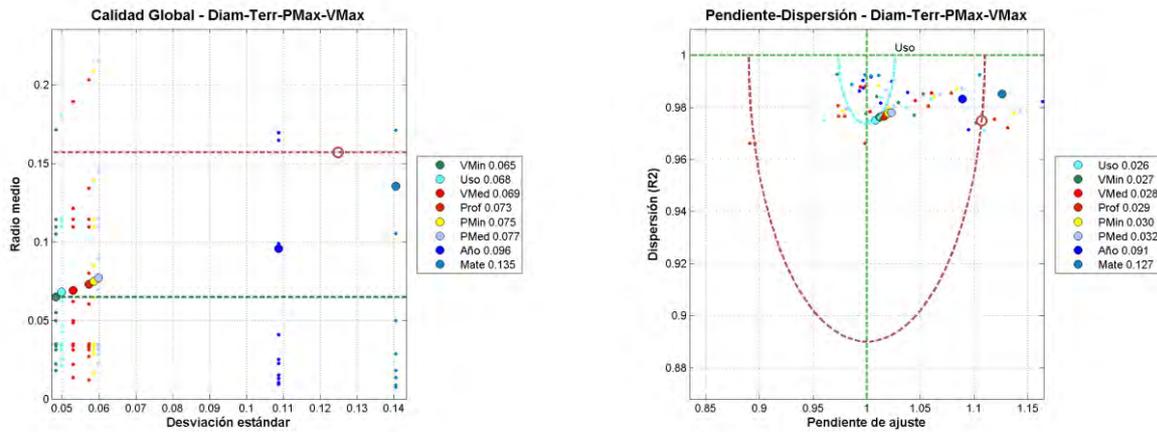


FIGURA 355. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MÁXIMA-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



De nuevo los resultados son prácticamente idénticos a los dos casos anteriores. Se obtiene el mismo valor de radio medio (0,065) para la misma variable: **Velocidad Mínima**.

Mejores Modelos

La Tabla 83 siguiente presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de cinco variables independientes en **Red de Distribución**.

Los modelos de cinco variables independientes no mejoran los resultados obtenidos considerando cuatro variables.

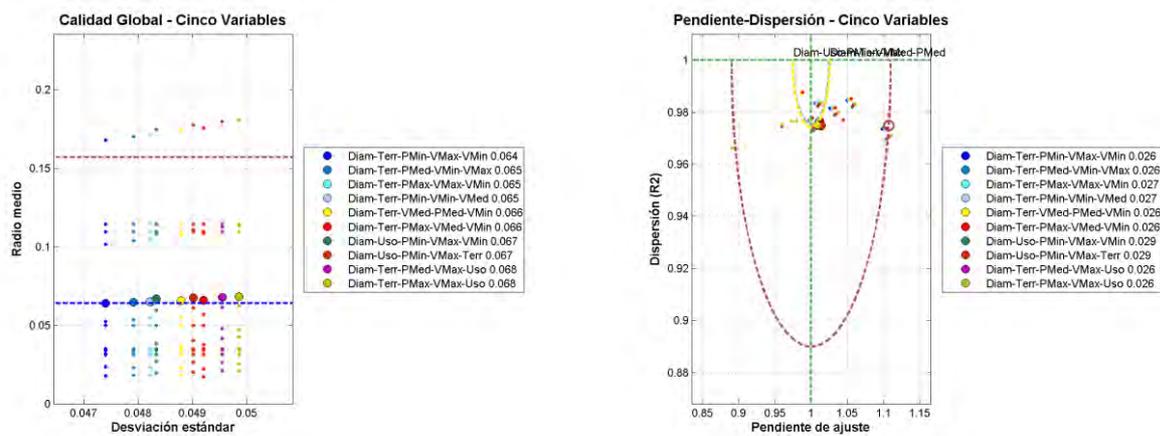
Los mejores resultados se obtienen para las combinaciones de **Diámetro-Terreno** o **Diámetro-Usa** con las variables de **Presión** y **Velocidad**, pero el radio medio que se obtiene es igual o superior que los de los mejores modelos de orden cuatro.

Los gráficos de la Figura 356 siguiente permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden cuatro, que correspondía a la combinación de **Diámetro-Terreno-Presión Mínima-Velocidad Máxima**. Puede apreciarse que todos los modelos seleccionados presentan resultados muy similares al mejor valor anterior (0,064).

TABLA 83. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE CINCO VARIABLES INDEPENDIENTES PARA ACOMETIDAS

Variables anteriores	Variable adicional	Pendiente Media	Coefficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Tip. de Radio
Diámetro - Terreno -- Presión Mínima - Velocidad Máxima	Velocidad Mínima	1.011	0.976	0.026	0.064	0.047
Diámetro - Terreno - Presión Media - Velocidad Mínima	Velocidad Máxima	1.011	0.976	0.026	0.065	0.048
Diámetro - Terreno - Presión Máxima - Velocidad Máxima	Velocidad Mínima	1.012	0.976	0.027	0.065	0.048
Diámetro - Terreno - Presión Mínima - Velocidad Mínima	Velocidad Media	1.012	0.976	0.027	0.065	0.048
Diámetro - Terreno - Velocidad Media - Presión Media	Velocidad Mínima	1.011	0.976	0.026	0.066	0.049
Diámetro - Terreno - Presión Máxima - Velocidad Media	Velocidad Mínima	1.012	0.977	0.026	0.066	0.049
Diámetro - Uso del Suelo - Presión Mínima - Velocidad Máxima	Velocidad Mínima	1.013	0.975	0.029	0.067	0.048
Diámetro - Uso del Suelo - Presión Mínima - Velocidad Máxima	Terreno	1.014	0.975	0.029	0.067	0.049
Diámetro - Terreno - Presión Media - Velocidad Máxima	Uso del Suelo	1.008	0.975	0.026	0.068	0.050
Diámetro - Terreno -- Presión Máxima - Velocidad Máxima	Uso del Suelo	1.008	0.975	0.026	0.068	0.050

FIGURA 356. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED DE DISTRIBUCIÓN



4.10.3. Red Estratégica

En este epígrafe se presentan los resultados obtenidos en la validación de los modelos de cinco variables independientes en la **Red Estratégica**.

Se muestran inicialmente (figuras 357 a 362) los resultados para las combinaciones que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden cuatro (**Diámetro-Material-Uso del Suelo-Profundidad**, **Diámetro – Material – Profundidad - Presión Mínima** y **Diámetro – Material - Velocidad Mínima - Velocidad Máxima**). Finalmente, la Figura 363 presenta un resumen de los diez mejores modelos de orden cinco.

Diámetro-Material-Uso del Suelo-Profundidad

FIGURA 357. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-USO SUELO-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

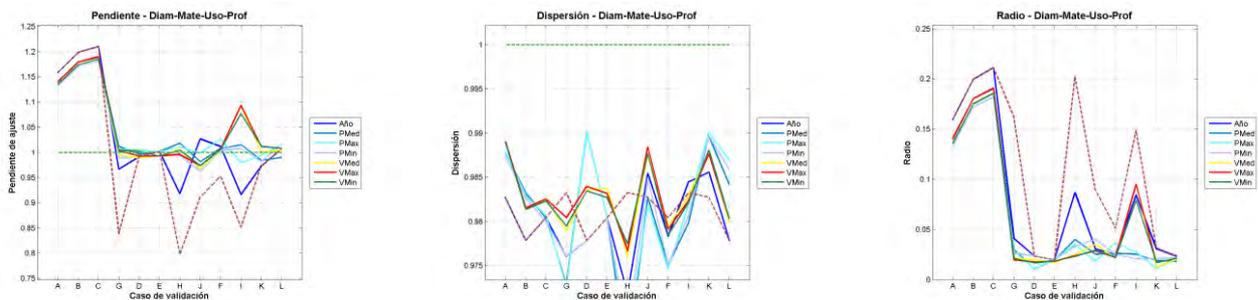
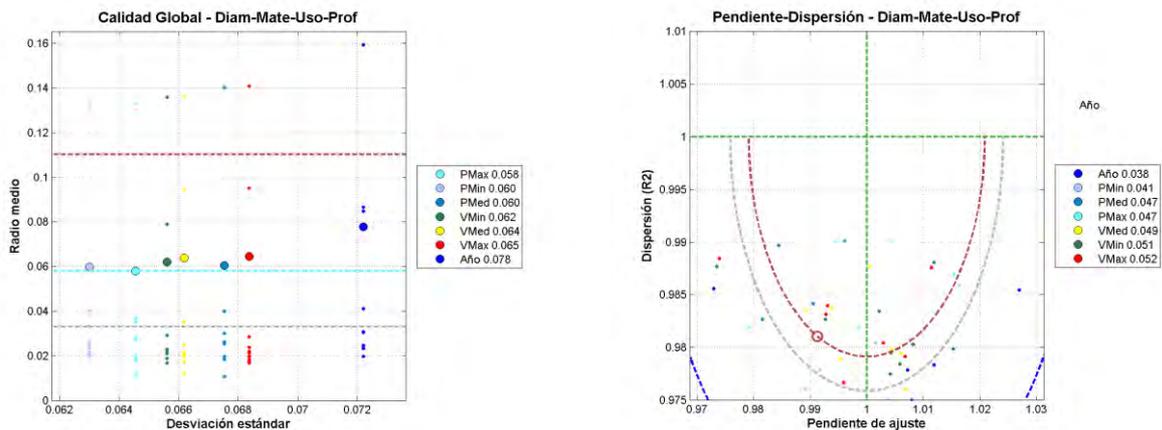


FIGURA 358. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-USO DEL SUELO-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Puede verse que los resultados son mucho peores que en la fase anterior. No hay combinaciones de variables que mejoren los resultados obtenidos empleando sólo la combinación **Diámetro-Material-Uso del Suelo-Profundidad** (0,033). El mejor resultado se obtiene para la combinación de **Diámetro-Material-Uso del Suelo-Profundidad** con **Presión Máxima** (0,058), que es muy superior al valor obtenido en la fase anterior.

Diámetro-Material-Profundidad-Presión Mínima

FIGURA 359. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-PROFUNDIDAD-PRESIÓN MÍNIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

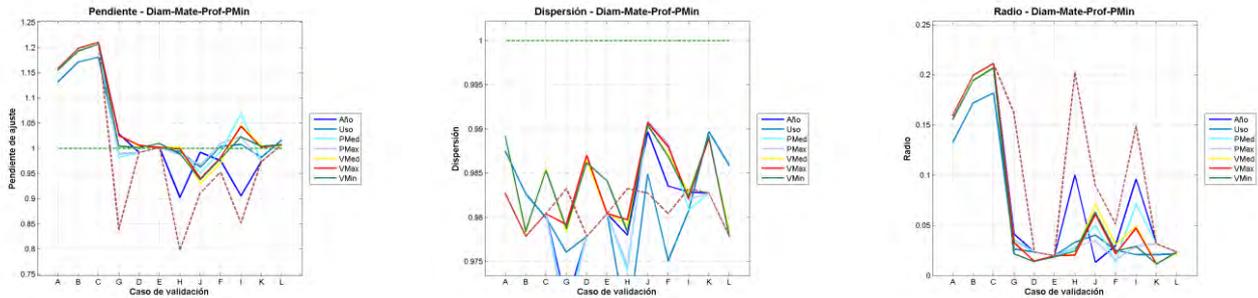
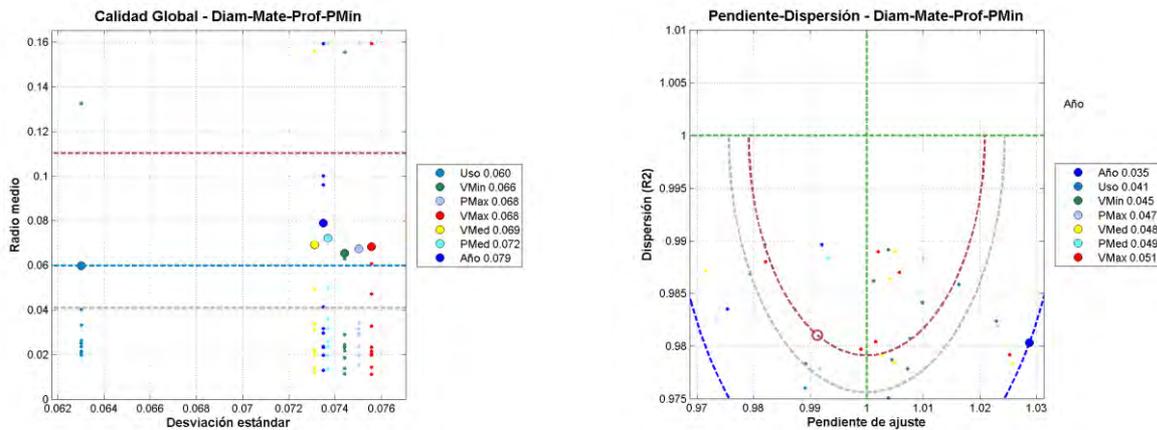


FIGURA 360. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-PROFUNDIDAD-PRESIÓN MÍNIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Tampoco en este caso se encuentran combinaciones de variables que mejoren los resultados obtenidos empleando sólo la combinación *Diámetro-Material-Profundidad-Presión mínima* (0,041).

El mejor resultado se obtiene añadiendo la variable *Uso del Suelo*, pero su radio medio (0,060) es mucho mayor.

Diámetro-Material-Velocidad Mínima-Velocidad Máxima

FIGURA 361. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL- VELOCIDAD MÍNIMA-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

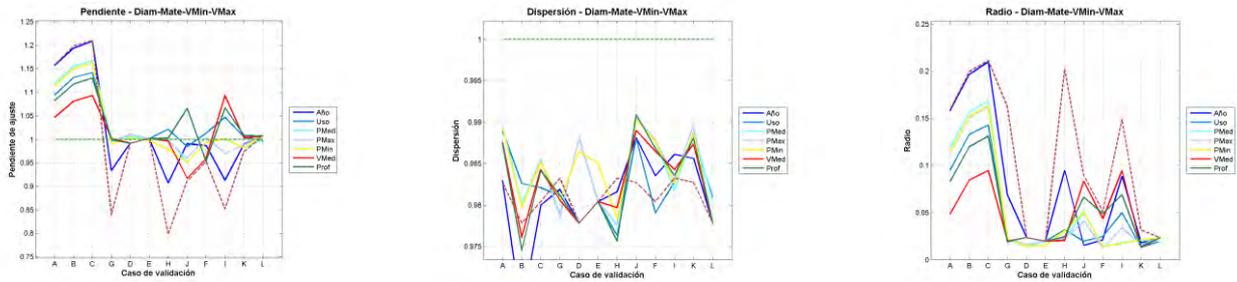
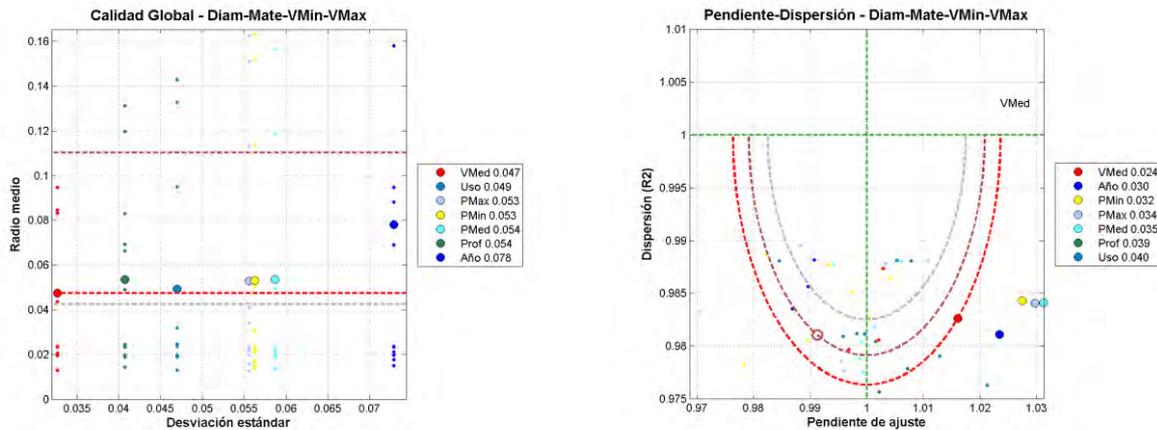


FIGURA 362. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-VELOCIDAD MÍNIMA-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En este caso tampoco se mejoran los resultados. La mejor combinación es *Diámetro-Material-Velocidad Mínima-Velocidad Máxima* con *Velocidad Media*, pero su radio medio (0,047) es ligeramente superior al correspondiente al modelo de orden cuatro para *Diámetro-Material-Velocidad Mínima-Velocidad Máxima* (0,042).

Mejores Modelos

La Tabla 84 presenta los diez mejores resultados obtenidos para modelos de cinco variables independientes en **Red Estratégica**.

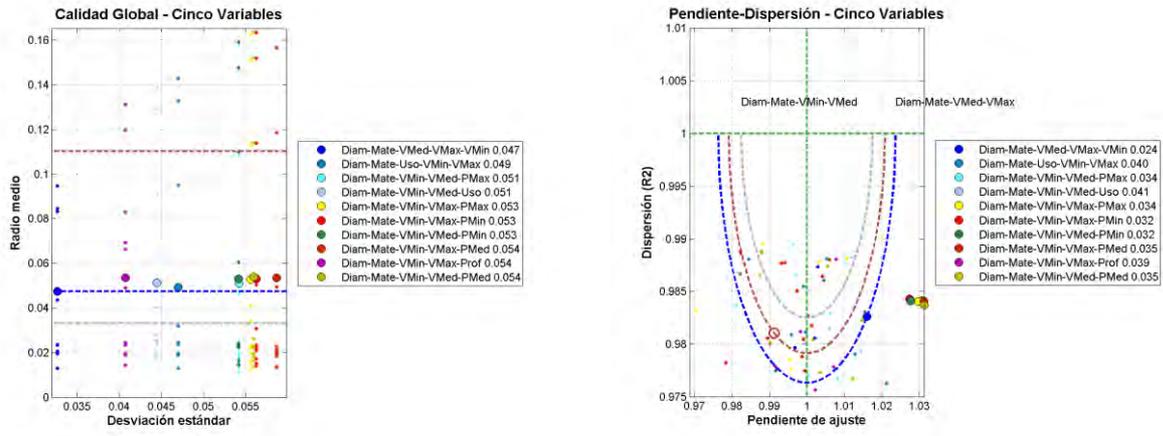
TABLA 84. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE CINCO VARIABLES INDEPENDIENTES PARA RED ESTRATÉGICA

<i>Variables anteriores</i>	<i>Variable adicional</i>	<i>Pendiente Media</i>	<i>Coefficiente R² Medio</i>	<i>Radio Pendiente Media</i>	<i>Media de Radio</i>	<i>Des. Tip. de Radio</i>
Diámetro - Material - Velocidad Media - Velocidad Máxima	Velocidad Mínima	1.016	0.983	0.024	0.047	0.033
Diámetro - Material - Uso del Suelo - Velocidad Mínima	Velocidad Máxima	1.036	0.982	0.040	0.049	0.047
Diámetro - Material - Velocidad Mínima - Velocidad Media	Presión Máxima	1.031	0.984	0.034	0.051	0.054
Diámetro - Material - Velocidad Mínima - Velocidad Media	Uso del Suelo	1.037	0.982	0.041	0.051	0.044
Diámetro - Material - Velocidad Mínima - Velocidad Máxima	Presión Máxima	1.030	0.984	0.034	0.053	0.056
Diámetro - Material - Velocidad Mínima - Velocidad Máxima	Presión Mínima	1.027	0.984	0.032	0.053	0.056
Diámetro - Material - Velocidad Mínima - Velocidad Media	Presión Mínima	1.028	0.984	0.032	0.053	0.054
Diámetro - Material - Velocidad Mínima- Velocidad Máxima	Presión Media	1.031	0.984	0.035	0.054	0.059
Diámetro - Material - Velocidad Mínima - Velocidad Máxima	Profundidad	1.035	0.982	0.039	0.054	0.041
Diámetro - Material - Velocidad Mínima - Velocidad Media	Presión Media	1.031	0.984	0.035	0.054	0.056

En esta fase los resultados son sensiblemente peores que los obtenidos en la fase anterior.

Los mejores resultados se obtienen para la combinación de **Diámetro-Material** con velocidades y otras variables **Uso del Suelo**, **Profundidad** y **variables de presión**, (ver Figura 363). De ellas la mejor es **Diámetro-Material-Velocidad Media-Velocidad Máxima** con **Velocidad Mínima**, pero su radio medio (0,047) es muy superior al mejor valor obtenido con cuatro variables (0,033) correspondiente a **Diámetro-Material-Uso del Suelo-Profundidad**. En el caso de radio del punto medio tampoco se mejoran los resultados.

FIGURA 363. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED ESTRATÉGICA



4.10.4. Elementos

Se presentan seguidamente los resultados obtenidos en la validación de los modelos de cinco variables independientes en *Elementos*.

Inicialmente, se muestra en las figuras 364 a 369 los resultados para las combinaciones de variables que obtuvieron una mejor valoración en los modelos de orden cuatro (*Diámetro-Año-Profundidad-Ubicación*, *Diámetro-Año-Ubicación-Usos del Suelo* y *Diámetro-Usos del Suelo-Profundidad-Año*). Finalmente se presenta en la Figura 370 un resumen de los mejores modelos de orden cinco.

Diámetro-Año-Profundidad-Ubicación

FIGURA 364. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ELEMENTOS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-PROFUNDIDAD-UBICACIÓN, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

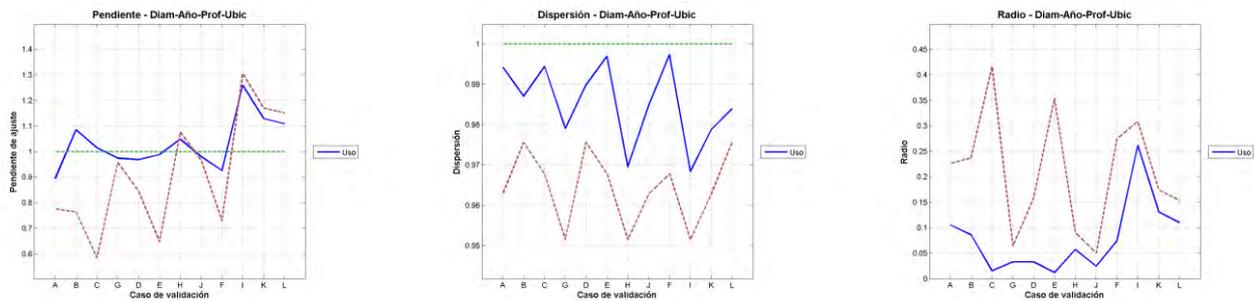
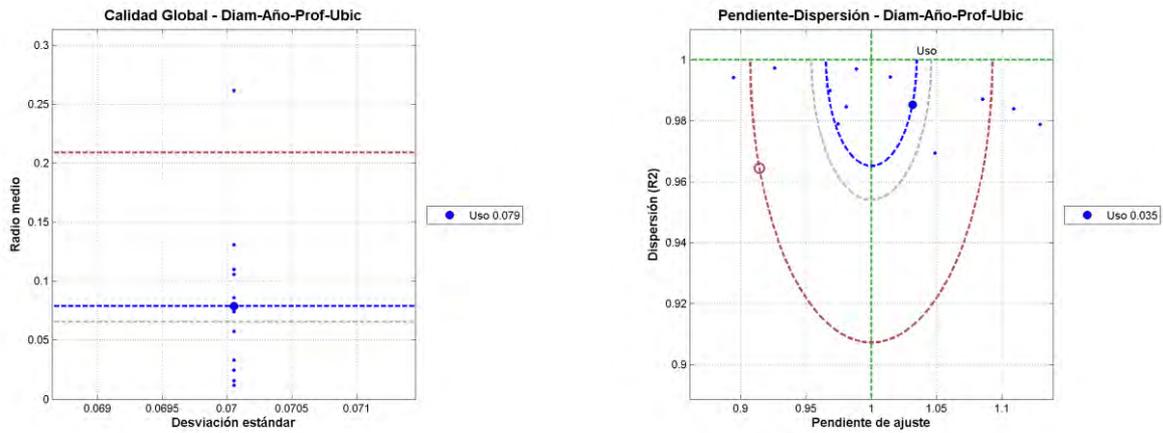


FIGURA 365. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ELEMENTOS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-PROFUNDIDAD-UBICACIÓN, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



No se mejoran los resultados obtenidos en la fase anterior. Al añadir la variable *Uso del Suelo a Diámetro-Año-Profundidad-Ubicación* se obtiene un radio medio de 0,079, que es bastante peor que el obtenido para *Diámetro-Año-Profundidad-Ubicación* (0,065).

Diámetro-Año-Ubicación-Uso del Suelo

FIGURA 366. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ELEMENTOS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-UBICACIÓN-USO DEL SUELO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

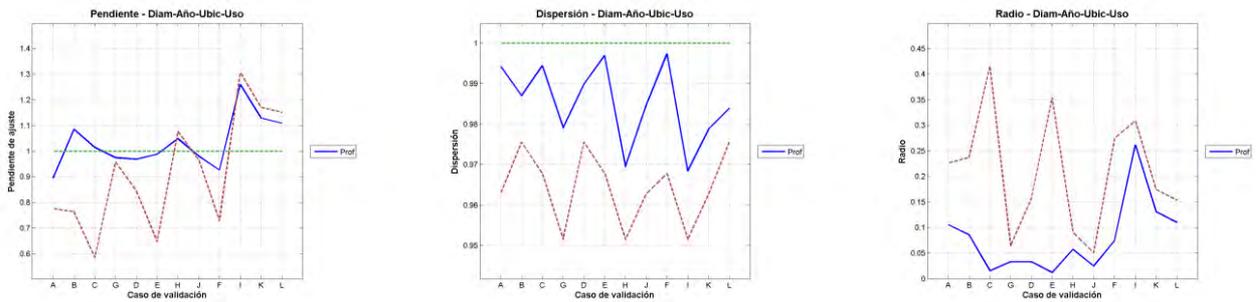
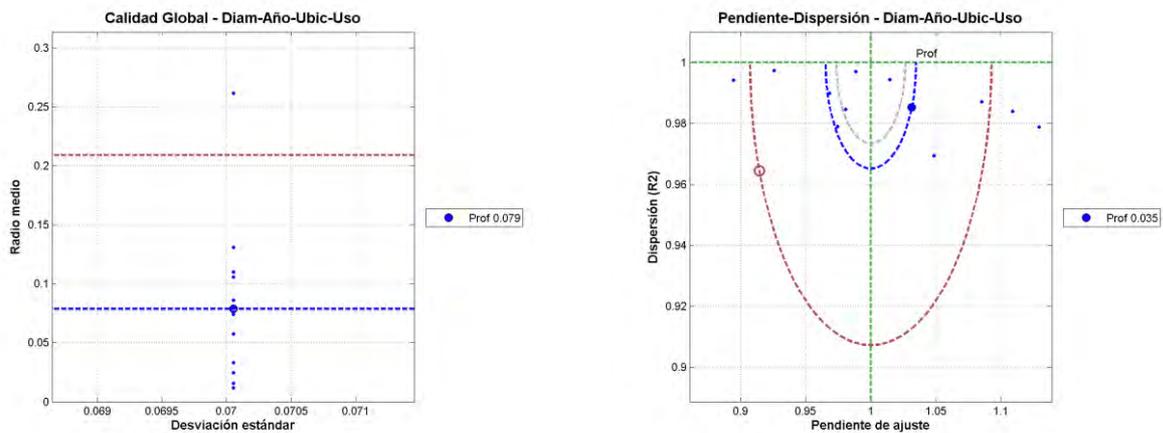


FIGURA 367. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ELEMENTOS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-UBICACIÓN-USO DEL SUELO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



Este caso prácticamente se igualan los resultados obtenidos considerando sólo *Diámetro-Año-Ubicación-Usó del Suelo* (0,078). Al añadir la variable *Profundidad* se obtiene un radio medio ligerísimamente superior (0,079).

Diámetro-Usó del Suelo-Profundidad-Año

FIGURA 368. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ELEMENTOS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-USO DEL SUELO-PROFUNDIDAD-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN

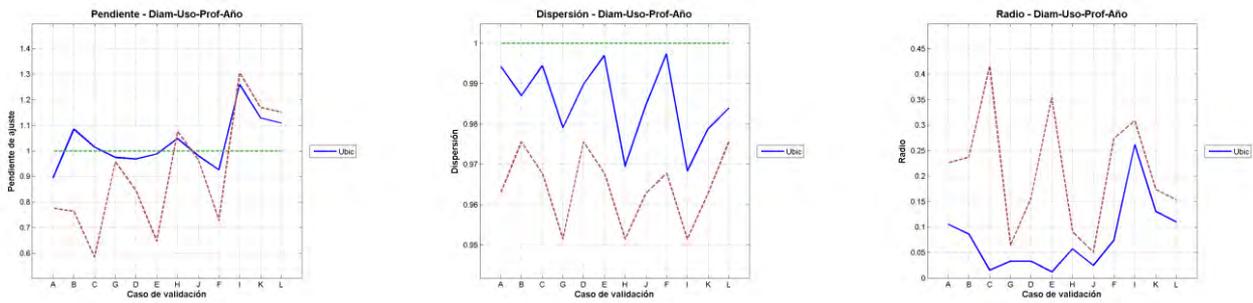
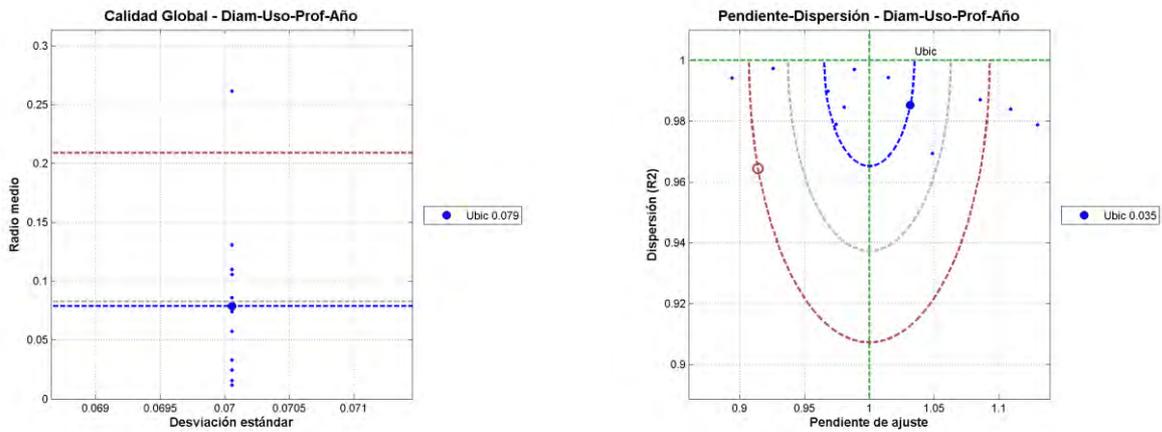


FIGURA 369. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ELEMENTOS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-USO DEL SUELO-PROFUNDIDAD-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN



En este caso también se mejoran ligeramente los resultados de la fase anterior, que eran de un radio medio de 0,083 para la combinación *Diámetro-Usó del Suelo-Profundidad-Año*. Al añadir *Ubicación* se obtiene un valor de 0,079.

Mejores Modelos

La Tabla 85 presenta el resultado del modelo de cinco variables consideradas independientemente en *Elementos*.

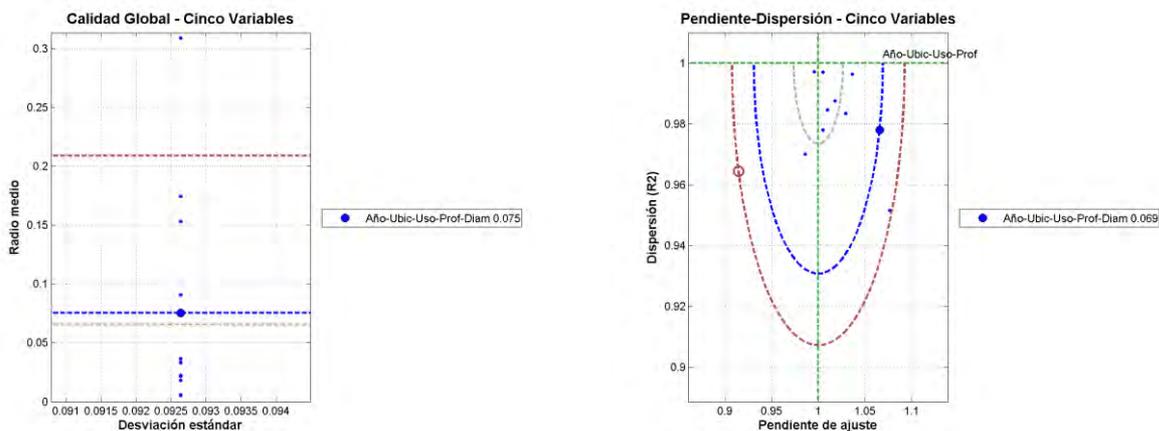
TABLA 85. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE CINCO VARIABLES INDEPENDIENTES PARA ELEMENTOS

Variables anteriores	Variable adicional	Pendiente Media	Coficiente R ² Medio	Radio Pendiente Media	Media de Radio	Des. Tip. de Radio
Año - Ubicación – Uso del Suelo - Profundidad	Diámetro	1.066	0.978	0.069	0.079	0.093

El resultado que se obtiene con el modelo de cinco variables independientes (0,079) es peor que el obtenido con el mejor de los modelos de orden cuatro (0,065).

Los gráficos de la Figura 370 permiten la comparación de los distintos modelos. Se ha representado en gris el mejor resultado obtenido con los modelos de orden cuatro, que correspondía a la combinación *Diámetro-Año-Profundidad-Ubicación* (0,065). En el caso del radio del punto medio tampoco se mejora el resultado.

FIGURA 370. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ELEMENTOS



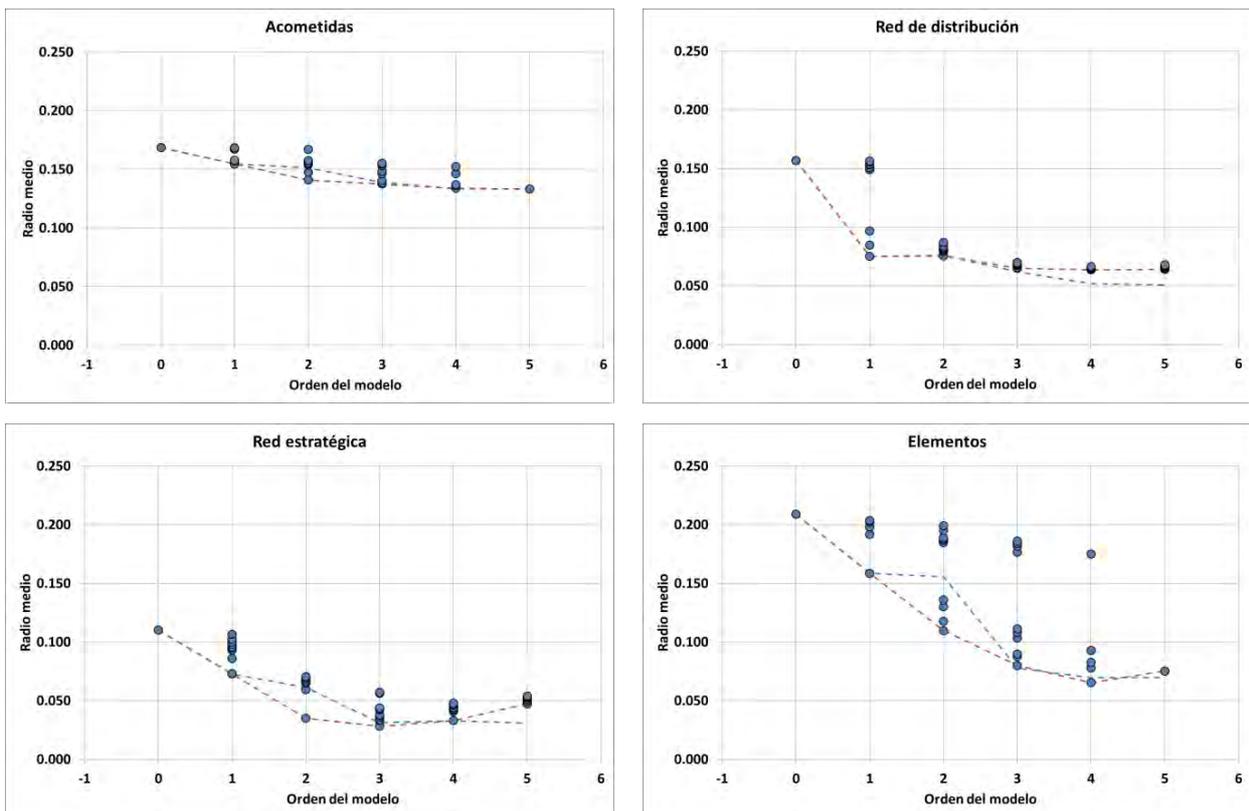
4.10.5. Resumen

Se resumen en esta sección los resultados obtenidos en la validación de los modelos de cinco variables independientes.

Para cada ámbito se presenta (Figura 371) un gráfico que recoge los valores del parámetro de calidad radio medio de los mejores modelos obtenidos. La línea roja de trazos une los mejores valores obtenidos en cada tipo de modelo. La línea azul representa los mejores valores obtenidos en el caso de que dos de las variables se consideren dependientes. Puede apreciarse que, excepto en el caso de **Acometidas**, en los modelos de orden cinco se obtienen resultados ligeramente mejores si se consideran dos variables conjuntamente.

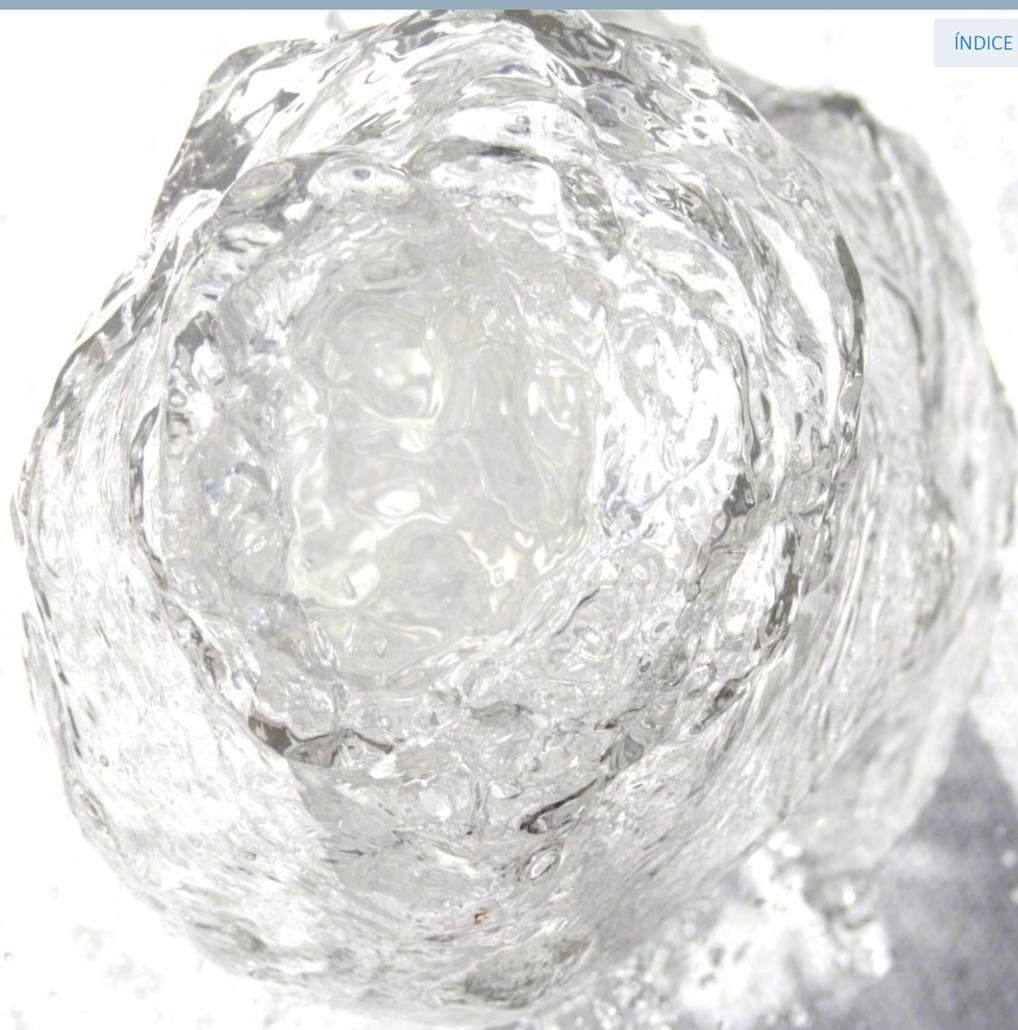
En el caso de cinco variables independientes, en general, no se obtienen mejores resultados que los obtenidos con los modelos de cuatro variables.

FIGURA 371. VALORES DEL PARÁMETRO DE CALIDAD EN MODELOS HASTA ORDEN (0,5)



5. Conclusiones

[ÍNDICE](#)



Como resumen de los análisis realizados, se presentan en este capítulo las conclusiones obtenidas en el estudio, especificando los indicadores de calidad de diferentes configuraciones de modelos. Para cada ámbito analizado se presentan los mejores modelos para los que se ha obtenido el mejor indicador de calidad en cada tipo (con dos variables consideradas conjuntamente y el resto independientes y con todas las variables consideradas independientes) y para cada orden del modelo.

5.1. MEJORES OPCIONES

Se presentan en este epígrafe las mejores opciones en cada una de las combinaciones analizadas.

5.1.1. Acometidas

La Tabla 86 muestra los modelos que han obtenido los mejores indicadores de calidad, con dos variables consideradas conjuntamente y el resto independientes. El mejor valor se ha obtenido para el modelo de orden cinco, con un radio medio de 0.133.

TABLA 86. MEJORES RESULTADOS EN ACOMETIDAS PARA MODELOS CON DOS VARIABLES ANALIZADAS CONJUNTAMENTE

Orden	VARIABLES CONJUNTAS	VARIABLES INDEPENDIENTES	Radio medio
2	Diámetro - Profundidad		0.151
3	Diámetro - Terreno	Año	0.139
4	Terreno - Profundidad	Diámetro - Año	0.134
5	Terreno - Profundidad	Diámetro - Año - Uso	0.133

En la Tabla 87 se resumen los modelos para los que se han obtenido los mejores indicadores de calidad en **Acometidas**, considerando todas las variables independientes. El mejor valor es también un radio medio de 0.133 y corresponde a las mismas variables, en este caso consideradas conjuntamente.

TABLA 87. MEJORES RESULTADOS EN ACOMETIDAS PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES

Orden	VARIABLES INDEPENDIENTES	Radio medio
2	Diámetro - Año	0.151
3	Diámetro - Año - Terreno	0.139
4	Diámetro - Año - Terreno - Profundidad	0.134
5	Diámetro - Año - Terreno - Profundidad - Uso	0.133

En el caso de **Acometidas** se observa que los modelos de orden cuatro y cinco contienen las mismas variables y han dado como resultado unos indicadores de calidad muy similares entre sí (0.133-0.134). Esta circunstancia sugiere que el grado de dependencia de las variables que se analizan conjuntamente (**Diámetro y Terreno** o **Diámetro y Profundidad**) es relativamente débil. En principio estos modelos son equivalentes, por lo que resulta lógico escoger el más sencillo de entre los cuatro: el de cuatro variables independientes.

5.1.2. Red de Distribución

Los mejores modelos con dos variables consideradas conjuntamente y el resto independientes en **Red de Distribución** se presentan en la Tabla 88. Los mejores radios medios, 0,051-0,052, se han obtenido para los modelos de orden cuatro y cinco.

TABLA 88. MEJORES RESULTADOS EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA MODELOS CON DOS VARIABLES ANALIZADAS CONJUNTAMENTE

Orden	VARIABLES CONJUNTAS	VARIABLES INDEPENDIENTES	RADIO MEDIO
2	Diámetro - Transitorios		0.075
3	Diámetro - Transitorios	Presión Mínima	0.060
4	Diámetro - Año	Presión Media - Profundidad	0.052
5	Diámetro - Material	Profundidad - Velocidad Media - Velocidad Máxima	0.051

La Tabla 89 presenta los modelos de **Red de Distribución** que han obtenido los mejores indicadores de calidad en cada orden considerando todas las variables independientes. La mejor opción corresponde a los modelos de orden cuatro y cinco, pero el valor del radio medio (0,064) es superior a los modelos con variables conjuntas.

TABLA 89. MEJORES RESULTADOS EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES

Orden	VARIABLES INDEPENDIENTES	RADIO MEDIO
2	Diámetro - Terreno	0.076
3	Diámetro - Terreno – Presión Mínima	0.065
4	Diámetro - Terreno – Presión Mínima – Velocidad Máxima	0.064
5	Diámetro - Terreno – Presión Mínima – Velocidad Máxima – Velocidad Mínima	0.064

En la **Red de Distribución** hay una cierta variedad en la composición de los modelos óptimos. El **Diámetro** es la única variable común en todas las configuraciones óptimas. El tipo de **Terreno** está presente en todas las combinaciones de variables independientes, pero no aparece en el otro grupo.

Los modelos de orden cuatro y cinco son los que mejores parámetros de calidad presentan, pero son significativamente mejores los indicadores de calidad en el caso de dos variables conjuntas (0,051-0,052), que en el de todas las variables independientes (0,064). En el caso de variables independientes los mejores modelos se obtienen añadiendo, sucesivamente, una variable al mejor modelo del orden anterior. Sin embargo, a partir de orden tres la mejora es muy pequeña. En el caso de dos variables conjuntas la mejora a partir del orden 3 es mucho más significativa. Los modelos de dos variables conjuntas, con dos o tres variables adicionales independientes, se consideran equivalentes y puede elegirse cualquiera de ellos.

5.1.3. Red Estratégica

Los mejores resultados obtenidos en la **Red Estratégica** para modelos con dos variables consideradas conjuntamente y el resto independientes se presentan en la Tabla 90. El mejor valor de radio medio (0,031) corresponde a los modelos de orden tres y cinco.

TABLA 90. MEJORES RESULTADOS EN RED ESTRATÉGICA PARA MODELOS CON DOS VARIABLES ANALIZADAS CONJUNTAMENTE

Orden	Variables conjuntas	Variables independientes	Radio medio
2	Material - Profundidad		0.061
3	Material - Presión Mínima	Diámetro	0.031
4	Diámetro - Velocidad Mínima	Material - Velocidad Máxima	0.033
5	Material - Presión Máxima	Diámetro – Velocidad Máxima- Velocidad Mínima	0.031

La Tabla 91 resume los modelos para los que se han obtenido los mejores indicadores de calidad, en la **Red Estratégica**, considerando todas las variables independientes. El mínimo radio medio es 0,028, y se ha obtenido para el modelo de orden tres.

TABLA 91 MEJORES RESULTADOS EN RED ESTRATÉGICA PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES

Orden	Variables independientes	Radio medio
2	Diámetro - Material	0.035
3	Diámetro – Material – Uso del Suelo	0.028
4	Diámetro - Material -Uso del Suelo - Profundidad	0.033
5	Diámetro - Material – Velocidad Media – Velocidad Máxima – Velocidad Mínima	0.047

En la Red Estratégica se han obtenido los mejores indicadores de calidad del estudio, a pesar de que el número de componentes es significativamente inferior al de otros ámbitos. Los modelos más adecuados son los de orden tres o cuatro. Todos tienen valores de calidad similares, con una ligera ventaja a favor del modelo de tres variables independientes (0,028).

Resulta muy llamativo que la variable **Año** no intervenga en ninguna combinación, que sugiere que el envejecimiento no es un factor relevante en las roturas que se producen en la red estratégica. Esto puede deberse, entre otros factores, a un mejor mantenimiento de la red.

5.1.4. Elementos

La Tabla 92 resume los mejores modelos de **Elementos** con dos variables consideradas conjuntamente y el resto independientes. El mejor radio medio (0,070) corresponde a los modelos de orden cuatro y cinco.

TABLA 92. MEJORES RESULTADOS EN ELEMENTOS PARA MODELOS CON DOS VARIABLES ANALIZADAS CONJUNTAMENTE

Orden	Variables conjuntas	Variables independientes	Radio medio
2	Año - Uso del Suelo		0.156
3	Diámetro - Ubicación	Año	0.078
4	Diámetro - Profundidad	Año- Ubicación	0.070
5	Año-Uso del Suelo	Diámetro - Profundidad - Ubicación	0.070

Los modelos de **Elementos** con todas las variables independientes para los que se han obtenido los mejores indicadores de calidad se resumen en la Tabla 93. El modelo que proporciona el mejor indicador (radio medio 0.065) es el de orden cuatro.

TABLA 93. MEJORES RESULTADOS EN ELEMENTOS PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES

Orden	Variables independientes	Radio medio
2	Diámetro - Material	0.110
3	Diámetro – Año – Profundidad	0.080
4	Diámetro – Año – Profundidad - Ubicación	0.065
5	Año - Ubicación – Uso del Suelo - Profundidad - Diámetro	0.075

En el caso de **Elementos** la pareja **Año-Diámetro** aparece en casi todas las combinaciones óptimas. El mejor resultado se obtiene con el modelo de cuatro variables independientes (radio medio 0.065), donde se añaden las variables **Profundidad** y **Ubicación**.

5.2. DESAGREGACIÓN DE VARIABLES

Por necesidad de mantener un proceso de cálculo simple, en los análisis realizados se ha considerado en todo caso, que el nivel de desagregación era el mismo en todas las variables que intervienen en la combinación. Se ha trabajado dividiendo las variables en un número de grupos entre dos y diez, más un caso adicional con toda la desagregación posible. Esto ha permitido elegir las combinaciones de variables que han presentado un mejor comportamiento.

En esta última fase se ha refinado la desagregación de variables. Para ello, se han analizado modelos formados por un número diferente de intervalos de desagregación en cada una de las variables que intervienen. El análisis se ha limitado a las combinaciones óptimas identificadas en cada tipo de modelo. Se ha trabajado de manera secuencial, siguiendo el proceso de búsqueda empleado en el paso anterior. Inicialmente se han analizado todas las combinaciones posibles de desagregación en la primera pareja de variables de cada modelo (las variables conjuntas, o las dos primeras variables independientes). Se ha evaluado el indicador de calidad (valor medio de los radios obtenidos en los casos de validación) y se ha seleccionado la combinación de niveles de desagregación que produce el mejor resultado. Seguidamente se ha combinado este modelo óptimo con la tercera variable, seleccionado el nivel de desagregación óptimo de esta nueva variable, mediante el indicador de calidad. Finalmente se han fijado secuencialmente los niveles óptimos de desagregación de la cuarta y quinta variables.

En esta sección se presentan los resultados obtenidos. En las tablas se indica el valor del radio medio, que difiere del calculado anteriormente porque en este caso se ha aplicado el mismo nivel de desagregación a todos los casos de validación, por lo que los resultados son algo peores que los obtenidos en el proceso de selección.

5.2.1. Acometidas

Los resultados de desagregación de variables obtenidos en **Acometidas** para los modelos con dos variables consideradas conjuntamente y el resto independientes se presentan en la Tabla 94. La información de la tabla indica las variables de los modelos y el número de intervalos que proporciona el mejor valor del radio medio.

TABLA 94. DESAGREGACIÓN DE VARIABLES EN ACOMETIDAS PARA MODELOS CON DOS VARIABLES ANALIZADAS CONJUNTAMENTE

Orden	VARIABLES CONJUNTAS	VARIABLES INDEPENDIENTES	RADIO MEDIO	V1	V2	V3	V4	V5
2	Diámetro - Profundidad		0.157	34	85			
3	Diámetro - Terreno	Año	0.168	34	2	3		
4	Terreno - Profundidad	Diámetro - Año	0.157	2	85	34	2	
5	Terreno - Profundidad	Diámetro - Año – Uso del Suelo	0.157	2	85	34	2	2

Los resultados para modelos de **Acometidas** con todas las variables independientes se presentan en la Tabla 95, con una estructura similar a la de la tabla anterior.

TABLA 95. DESAGREGACIÓN DE VARIABLES EN ACOMETIDAS PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES

Orden	Variables independientes	Radio medio	V1	V2	V3	V4	V5
2	Diámetro - Año	0.168	34	3			
3	Diámetro - Año - Terreno	0.168	34	3	2		
4	Diámetro - Profundidad - Terreno - Año	0.155	34	85	2	2	
5	Año - Profundidad - Uso del Suelo - Diámetro - Terreno	0.156	2	85	2	34	7

Las variables **Diámetro** y **Profundidad** entran con su máxima desagregación posible, mientras que **Año** interviene sólo con dos o tres intervalos. A la vista de los resultados del proceso de selección y de los obtenidos en la fase de desagregación de variables se selecciona la siguiente alternativa:

Modelo de cuatro variables independientes, formado por:

- 💧 **Diámetro**, con toda la desagregación posible (34 valores)
- 💧 **Profundidad**, con toda la desagregación posible (85 valores)
- 💧 **Terreno**, con dos intervalos: ['LI', 'MA', 'AC', 'AR'], ['RO', 'GR', 'IE']
- 💧 **Año**, con dos intervalos: [1900-1996], [1997-2015]

5.2.2. Red de Distribución

La Tabla 96 presenta los resultados de desagregación de variables en la **Red de Distribución** para los modelos construidos con dos variables consideradas conjuntamente y el resto independientes.

TABLA 96. DESAGREGACIÓN DE VARIABLES EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA MODELOS CON DOS VARIABLES ANALIZADAS CONJUNTAMENTE

Orden	Variables conjuntas	Variables independientes	Radio medio	V1	V2	V3	V4	V5
2	Diámetro - Transitorios		0.128	6	8			
3	Diámetro - Transitorios	Presión Mínima	0.116	2	7	54		
4	Diámetro - Año	Presión Media - Profundidad	0.115	8	4	58	3	
5	Diámetro - Material	Profundidad - Velocidad Media Velocidad Máxima	0.106	2	7	5	9	9

Los resultados para modelos de **Red de Distribución** con todas las variables independientes se presentan en la Tabla 97.

TABLA 97. DESAGREGACIÓN DE VARIABLES EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES

Orden	Variables independientes	Radio medio	V1	V2	V3	V4	V5
2	Diámetro - Terreno	0.129	8	4			
3	Diámetro – Terreno – Presión Mínima	0.126	8	4	54		
4	Diámetro - Terreno – Presión Mínima – Velocidad Máxima	0.126	8	4	54	6	
5	Diámetro - Terreno – Presión Mínima – Velocidad Máxima Velocidad Mínima	0.126	8	4	54	6	6

Las variables de **Presión**, **Velocidad** y **Profundidad** entran en algunos casos con su máxima desagregación posible, mientras que el resto de variables intervienen sólo con, entre cuatro y siete intervalos. La combinación seleccionada es la siguiente:

Modelo de dos variables conjuntas y dos independientes, formado por:

- 💧 **Diámetro**, con ocho intervalos: (0-80], (80-100], (100-140], (140-150], (150-200], (200-250], (250 - 300], (300-3000].
- 💧 **Año**, con cuatro intervalos: [1900-1940], [1941-1993], [1994-2004], [2005-2015].
- 💧 **Presión Media**, con toda la desagregación posible (58 valores).
- 💧 **Profundidad**, con tres intervalos: (0-1,2], (1,2-1,4], (1,4-10].

5.2.3. Red Estratégica

Los resultados de desagregación de variables obtenidos en la **Red Estratégica** para modelos con dos variables consideradas conjuntamente y el resto independientes se presentan en la Tabla 98.

TABLA 98. DESAGREGACIÓN DE VARIABLES EN RED ESTRATÉGICA PARA MODELOS CON DOS VARIABLES ANALIZADAS CONJUNTAMENTE

Orden	Variables conjuntas	Variables independientes	Radio medio	V1	V2	V3	V4	V5
2	Material - Profundidad		0.079	11	10			
3	Material – Presión Mínima	Diámetro	0.115	11	61	3		
4	Diámetro – Velocidad Mínima	Material – Velocidad Máxima	0.069	52	124	2	9	
5	Material – Presión Máxima	Diámetro – Velocidad Máxima – Velocidad Mínima	0.162	11	6	3	3	3

La Tabla 99 resume los resultados de desagregación de variables para modelos de la **Red Estratégica** con todas las variables independientes.

TABLA 99. DESAGREGACIÓN DE VARIABLES EN RED ESTRATÉGICA PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES

Orden	Variables independientes	Radio medio	V1	V2	V3	V4	V5
2	Diámetro - Material	0.103	10	3			
3	Diámetro – Material – Uso del Suelo	0.083	10	3	6		
4	Diámetro - Material -Uso del Suelo - Profundidad	0.081	10	3	6	96	
5	Diámetro - Material – Velocidad Media – Velocidad Máxima – Velocidad Mínima	0.084	10	3	124	2	2

En la **Red Estratégica** se adopta como mejor modelo el correspondiente al mejor valor de radio medio. El mejor modelo de la Red Estratégica es el siguiente:

Modelo de dos variables conjuntas y dos independientes, formado por:

- 💧 **Diámetro**, con toda la desagregación posible (52 valores)
- 💧 **Velocidad Mínima**, con toda la desagregación posible (124 valores)
- 💧 **Material**, con dos intervalos: ['FV', 'PN', 'CA', 'FC', 'PO', 'PL', 'PV', 'FG', 'PE', 'HO', 'ST'], ['FD'].
- 💧 **Velocidad Máxima**, con nueve intervalos: (0-0.08], (0.08-0.18], (0.18-0.26], (0.26-0.36], (0.36-0.50], (0.50-64], (0.64-0.88], (0.88-18.06].

5.2.4. Elementos

La Tabla 100 presenta los resultados de desagregación de variables en **Elementos** para los modelos construidos con dos variables consideradas conjuntamente y el resto independientes.

TABLA 100. DESAGREGACIÓN DE VARIABLES EN ELEMENTOS PARA MODELOS CON DOS VARIABLES ANALIZADAS CONJUNTAMENTE

Orden	Variables conjuntas	Variables independientes	Radio medio	V1	V2	V3	V4	V5
2	Año – Uso del Suelo		0.197	10	2			
3	Diámetro - Ubicación	Año	0.182	2	3	6		
4	Diámetro - Profundidad	Año - Ubicación	0.180	5	8	3	2	
5	Año-Uso del Suelo	Diámetro - Profundidad - Ubicación	0.187	10	2	52	3	3

Los resultados en **Elementos** de los modelos de desagregación de variables construidos con todas las variables independientes se presentan en la Tabla 101.

TABLA 101. DESAGREGACIÓN DE VARIABLES EN ELEMENTOS PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES

Orden	Variables independientes	Radio medio	V1	V2	V3	V4	V5
2	Diámetro - Año	0.179	8	3			
3	Diámetro - Año - Profundidad	0.168	8	3	4		
4	Diámetro - Año - Profundidad - Ubicación	0.156	8	3	4	9	
5	Año - Ubicación - Uso del Suelo - Profundidad - Diámetro	0.186	0	2	2	4	4

En el caso de Elementos la combinación que presenta el mejor valor de radio medio es el modelo de orden cuatro con variables independientes. La alternativa seleccionada es la siguiente:

Modelo de cuatro variables independientes, formado por:

- ◆ Diámetro, con ocho intervalos: (0-78], (78-80], (80-100], (100-140], (140-150], (150-200], (200-300], (300-3000].
- ◆ Año, con tres intervalos: [1900-1988], [1989-2003], [2004-2015].
- ◆ Profundidad, con cuatro intervalos: (0-1,1], (1,1-1,3], (1,3-1,5], (1,5-10].
- ◆ Ubicación, con nueve intervalos: ['AQ','GA','GP','OG'], ['PO'], ['CN'], ['EN'], ['ES'], ['EX','GC','TI'], ['DE'], ['AC','AL','AR','BY','CM','CR','CS','GF','SI','SU','TA','TC'].

ANEXOS

[ÍNDICE](#)

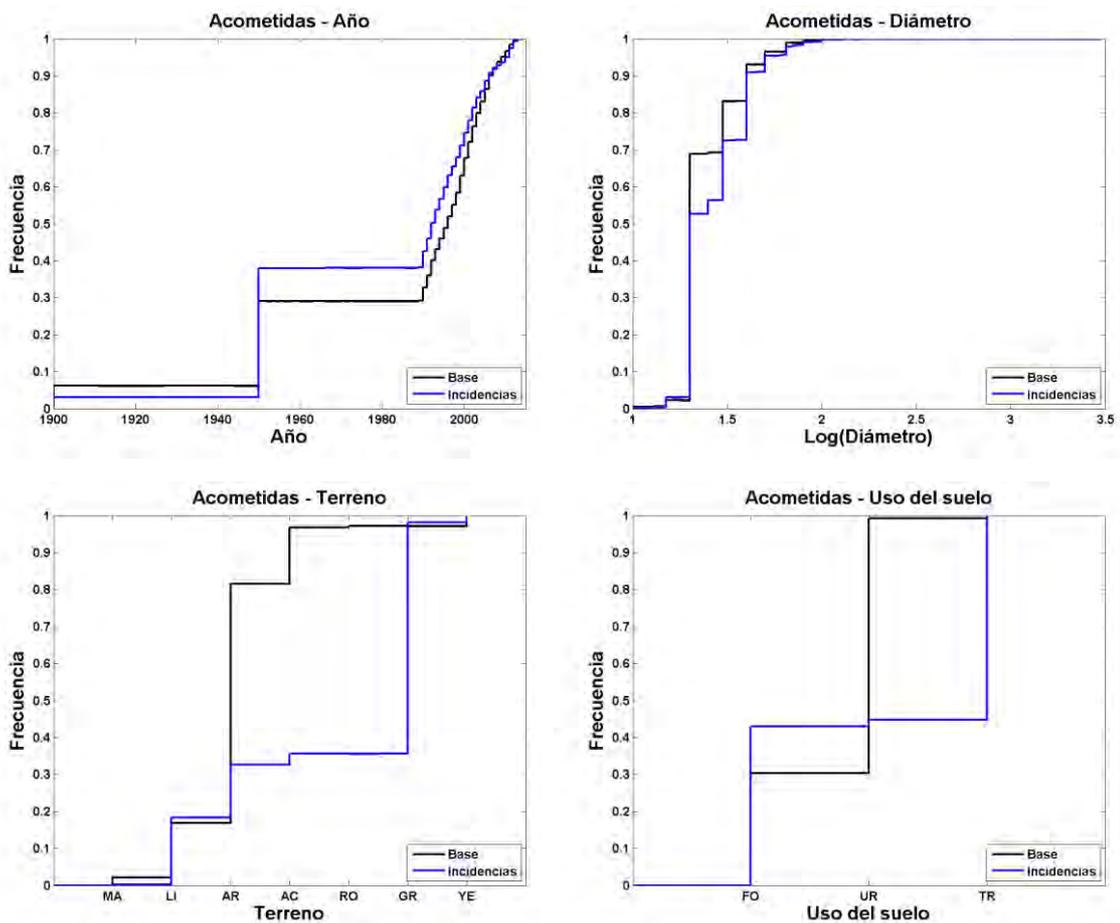


ANEXO 1. VARIABLES ANALIZADAS

En el Anexo 1 se presentan las funciones de distribución de las variables analizadas, incluyendo tanto la función de distribución de la base de datos genérica como la función de distribución de la base de datos de roturas. Cuanto mayor sea la diferencia entre ambas, mayor será la influencia de la variable en la rotura del componente.

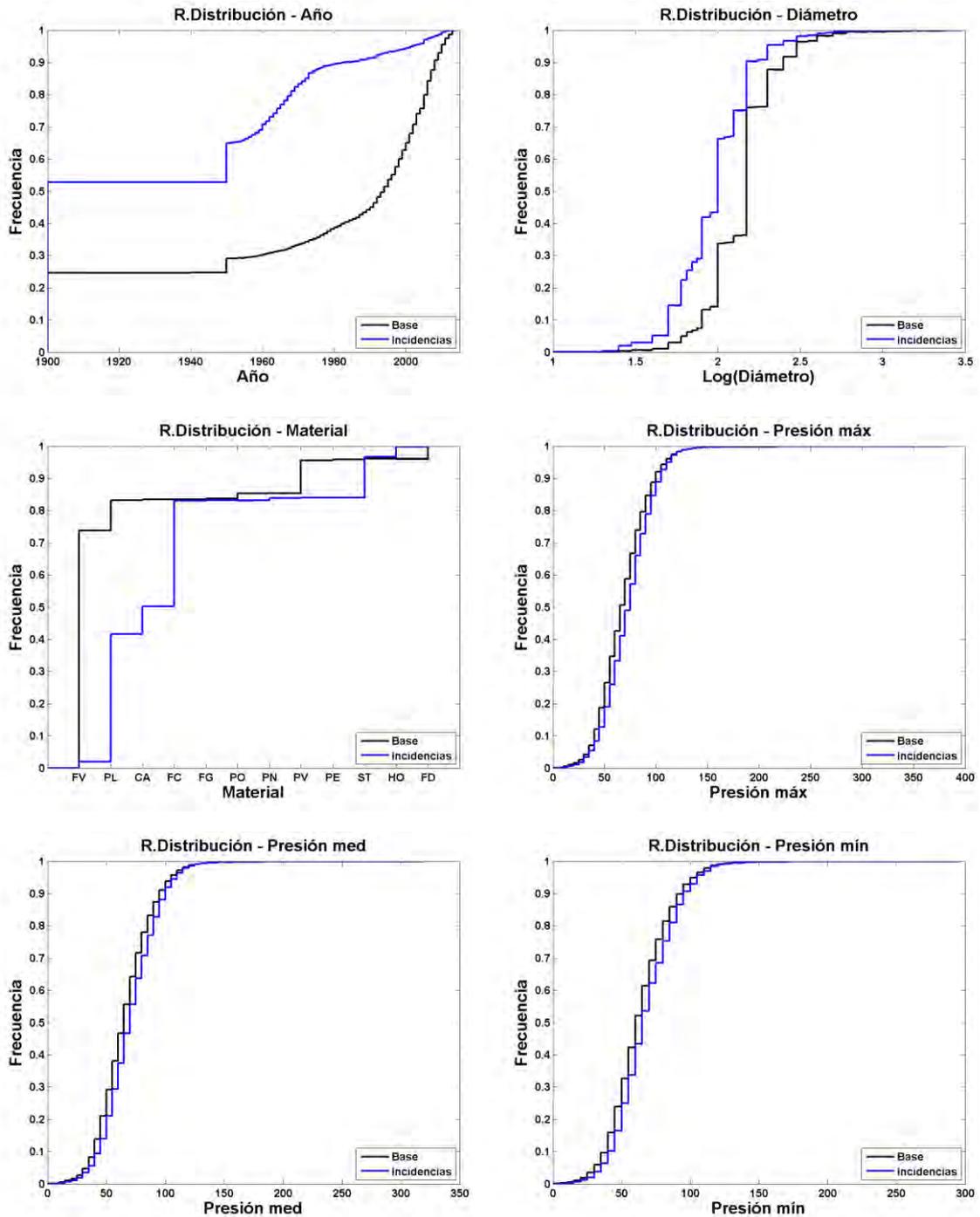
Acometidas

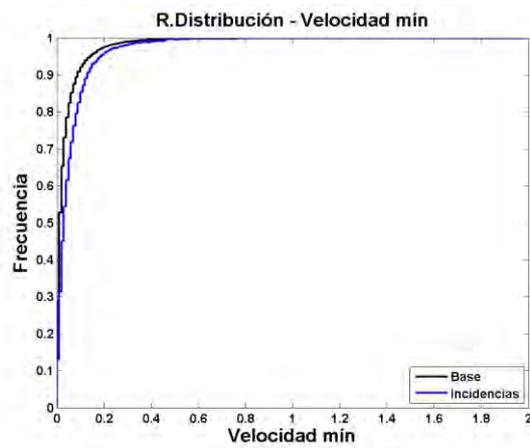
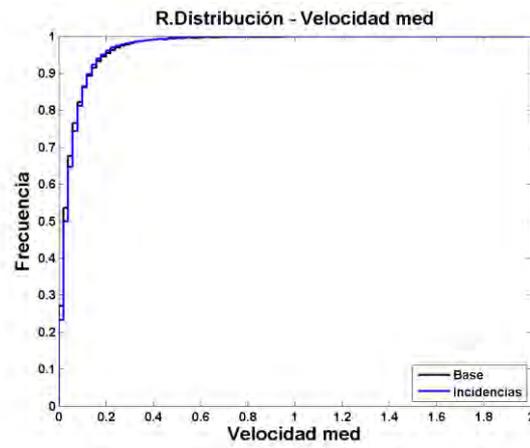
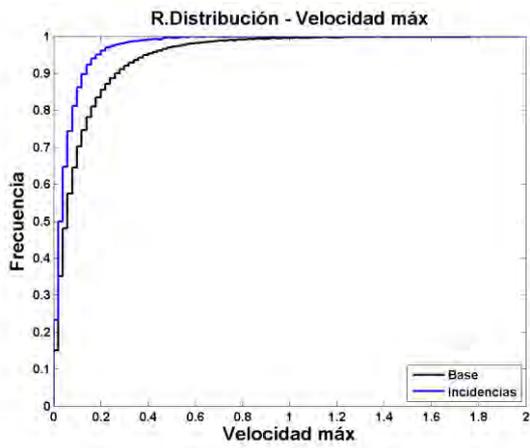
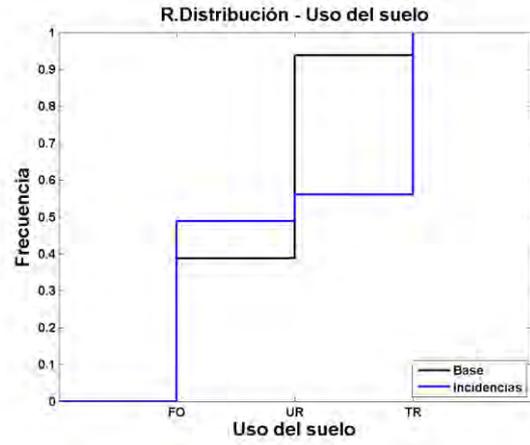
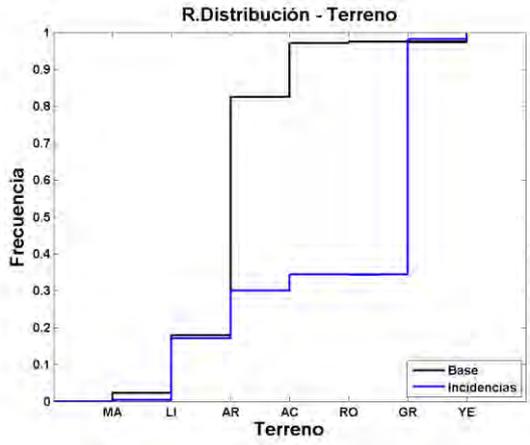
En esta sección se presentan los gráficos de las funciones de distribución de las variables analizadas en *Acometidas*.



Red de Distribución

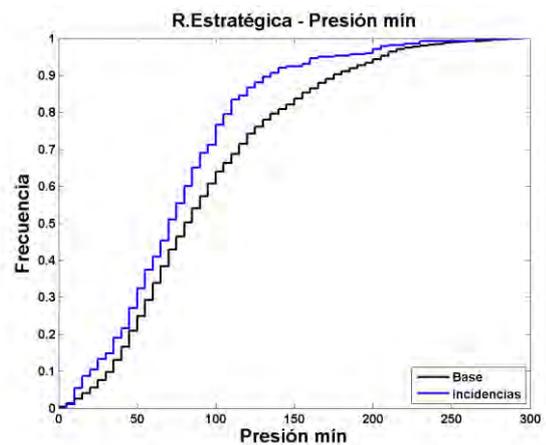
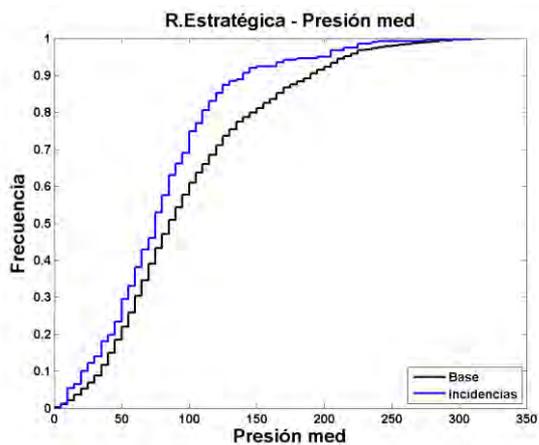
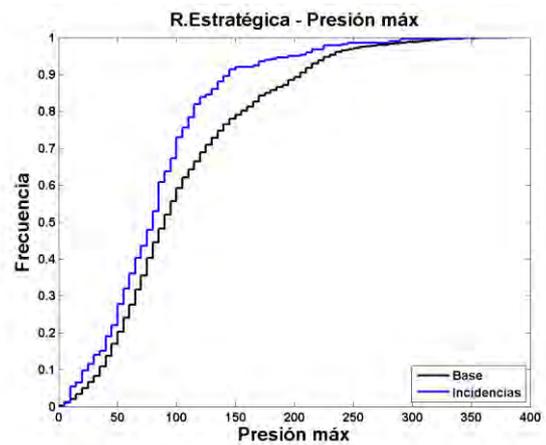
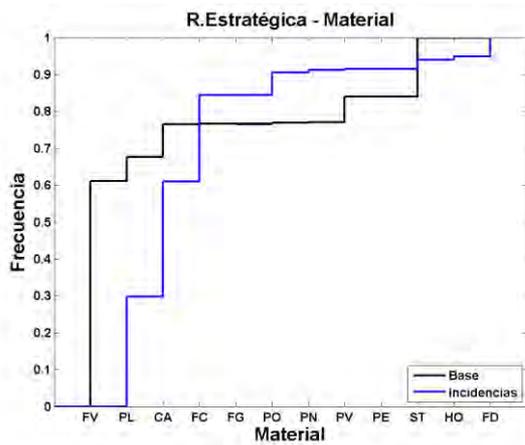
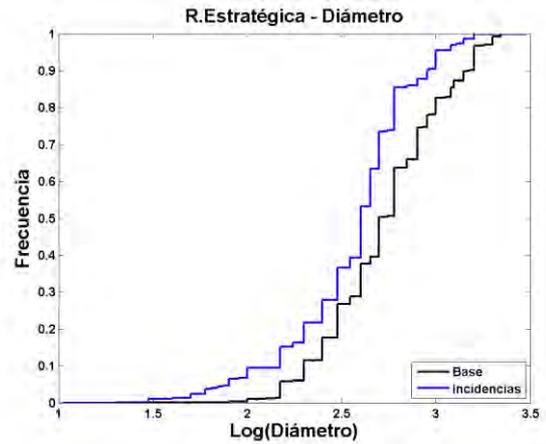
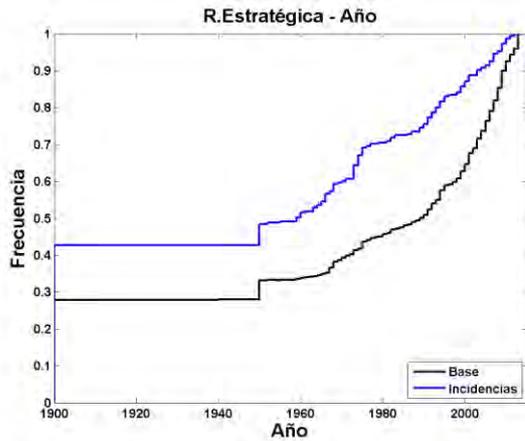
Seguidamente se incluyen los gráficos de las funciones de distribución de las variables analizadas en la *Red de Distribución*.

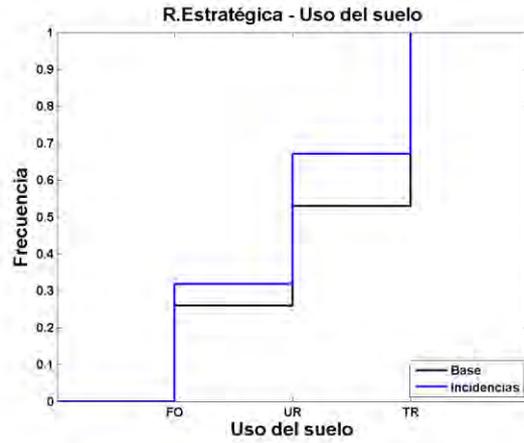




Red Estratégica

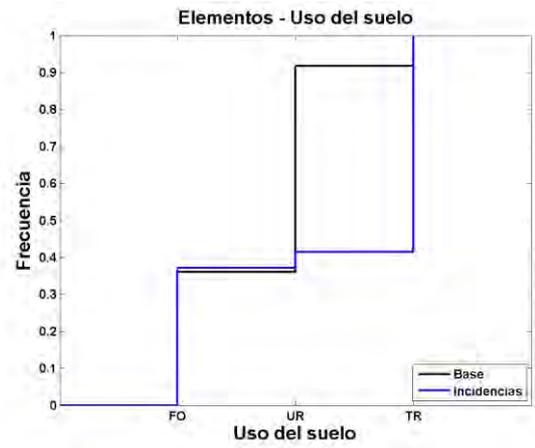
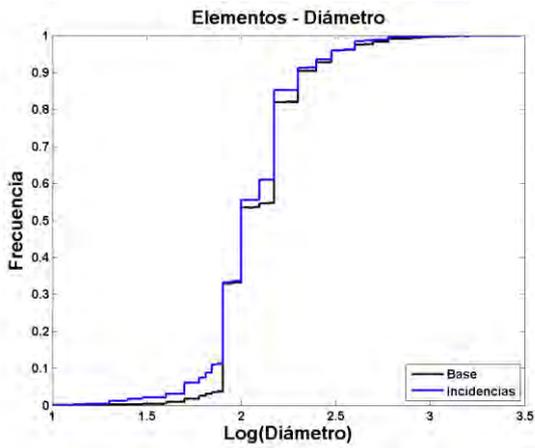
En el caso de la **Red Estratégica**, las funciones de distribución de las variables analizadas son las representadas en los gráficos siguientes.





Elementos

Finalmente se presentan los gráficos de las funciones de distribución de las variables analizadas en *Elementos*.



ANEXO 2. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**Achim, D., Ghotb, F. & McManus, K.**

Prediction of water pipe asset life using neuronal networks. *Journal of Infrastructure System* 13(1), pp. 26- 30. 2007.

Berardi, L., Giustolisi, O., Kapelan, Z. & Savic, D.A.

Development of pipe deterioration models for water distribution systems using EPR. *Journal of Hydroinformatics* 10.2, pp. 113 a 126, 2008.

Canal de Isabel II

Estudio de casuística y modos de fallo en tuberías, acometidas y conjuntos de medida de la Comunidad de Madrid, Serie Cuadernos de I+D+i número 24. Canal de Isabel II, 2017.

Davies, J., Clarke, B., Whiter, J. & Cunningham, R.

Factors influencing the structural deterioration and collapse of rigid sewer pipes. *Urban Water* 3, pp. 73 - 89. 2001.

Dridi, L., Mailhot, A., Parizeau, M. & Villeneuve, J.P

Multiobjective approach for pipe replacement based on Bayesian inference of break model parameters. *Journal of Water Resources Planning and Management*, pp. 344 a 354. 2009.

Economou, T.

Bayesian modelling of recurrent pipe failures in urban water systems using non-homogeneous Poisson processes with latent structure. PhD Thesis. University of Exeter. Exeter, UK. 2010.

Engelhardt, M., Skipworth, P.J., Savic, D.A., Saul, A.J. & Walters, G.A. 2000.

Rehabilitation strategies for water distribution networks: a literature review with a UK perspective. *Urban Water-2* (2000), pp. 153-170.

Gómez-Martínez, P., Cubillo, F., Martín-Carrasco, F. J., Garrote, L.

Statistical Dependence of Pipe Breaks on Explanatory Variables. *Water*, 9, 158; Doi:10.3390/W9030158. 2017.

Hong, H., Allouche, E. & Trivedi, M.

Optimal scheduling of replacement and rehabilitation of water distribution systems. *Journal of Infrastructures Systems*, Vol 12, pp. 184-191. 2006.

Kleiner, Y. & Rajani, B.

Comprehensive review of structural deterioration of water mains: statistical models. *Urban Water* 3, pp. 131-150. 2001.

Pelletier, G., Mailhot, A. & Villeneuve, J.-P.

Modelling Water Pipe Breaks-Three Case Studies. *Journal of Water Resources Planning and Management* 129 (2), pp. 115-123. 2003.

Rajani, B. & Kleiner, Y

Comprehensive review of structural deterioration of water mains: physically based models. *Urban Water* 3, pp. 151-164. 2001.

Rostum, J.

Thesis: Statistical Modelling of Pipe Failures in Water Networks. PhD Thesis. Norwegian University of Science and Technology. Trondheim, Norway. 2000.

Shamir, U. & Howard, C. D.

An Analytic Approach to Scheduling Pipe Replacement. *Journal of American Water Works Association*, pp. 71(5), 248-258. 1979.

Wang, Y., Osama Moselhi, F. & Tarek Zayed, M.

Study of the Suitability of Existing Deterioration Models for Water Mains. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, pp. 40-46. 2009.

Watson, T. C., Christian, D., Mason, A.J., Smith, M.H. & Meyer, R.

Bayesian-based pipe failure model. *Journal of Hydroinformatics*, pp. 259-264. 2004.

Xu, Q., Chen, Q., Li, W. & Ma, J.

Pipe break prediction based on evolutionary data-driven methods with brief recorded data. *Reliability Engineering and System Safety* 96 (2011), pp. 942-948. 2011.

Yamijala, S., Statistical Estimation of Water Distribution System Pipe Break Risk.

Master Thesis. Texas A&M University. Texas, USA. 2007.

ANEXO 3. ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
1	EVOLUCIÓN DEL RADIO MEDIO OBTENIDO EN ACOMETIDAS, EN FUNCIÓN DEL ORDEN DE LOS MODELOS	19
2	EVOLUCIÓN DEL RADIO MEDIO OBTENIDO EN RED DE DISTRIBUCIÓN, EN FUNCIÓN DEL ORDEN DE LOS MODELOS	21
3	EVOLUCIÓN DEL RADIO MEDIO OBTENIDO EN LA RED ESTRATÉGICA, EN FUNCIÓN DEL ORDEN DE LOS MODELOS	22
4	EVOLUCIÓN DEL RADIO MEDIO OBTENIDO EN ELEMENTOS, EN FUNCIÓN DEL ORDEN DE LOS MODELOS	24
5	METODOLOGÍA DE DISCRETIZACIÓN DE VARIABLES	30
6	EJEMPLO DE MUESTRA DE LADO L	35
7	INTERPRETACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AJUSTE	36
8	INTERPRETACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AJUSTE. COMPARACIÓN	37
9	VARIABLES ANALIZADAS EN CADA UNO DE LOS ÁMBITOS	42
10	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO	43
11	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS	45
12	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS	46
13	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS	47
14	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	48
15	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	50
16	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	51
17	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA	52
18	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA	54
19	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA	55
20	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS	56
21	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS	57
22	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS	58
23	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS	59
24	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS	60
25	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN-1	61

Figura	Título	Página
26	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN-2	62
27	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN-3	63
28	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN-1	64
29	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN-2	65
30	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA-1	67
31	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA-2	68
32	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA-1	69
33	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA-2	70
34	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS	72
35	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS	73
36	RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE VALIDACIÓN PARA LOS CUATRO ÁMBITOS ANALIZADOS	75
37	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	79
38	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	79
39	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	80
40	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	80
41	COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN ACOMETIDAS PARA VALIDACIÓN DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	81
42	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	83
43	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO, PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	83
44	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS, PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	84
45	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS, PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	84
46	COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA VALIDACIÓN, CON TAMAÑO DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	85
47	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	87
48	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	87

Figura	Título	Página
49	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	88
50	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	88
51	COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN RED ESTRATÉGICA PARA VALIDACIÓN, CON TAMAÑO DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	89
52	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	90
53	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	90
54	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	91
55	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS, PARA TAMAÑOS DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	91
56	COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN ELEMENTOS PARA VALIDACIÓN CON TAMAÑO DE MUESTRA DE 100 ZONAS (IZQUIERDA) Y 500 ZONAS (DERECHA)	92
57	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ACOMETIDAS-1	93
58	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ACOMETIDAS-2	94
59	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED DE DISTRIBUCIÓN-1	95
60	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED DE DISTRIBUCIÓN-2	96
61	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED ESTRATÉGICA-1	97
62	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED ESTRATÉGICA-2	98
63	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ELEMENTOS-1	99
64	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ELEMENTOS-2	100
65	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ELEMENTOS-3	100
66	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO EN LOS CUATRO ÁMBITOS PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)-1	101
67	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO EN LOS CUATRO ÁMBITOS PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)-2	102
68	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	104

Figura	Título	Página
69	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	105
70	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	105
71	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	106
72	COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN ACOMETIDAS, PARA VALIDACIÓN CON TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	106
73	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	109
74	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	109
75	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	110
76	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	110
77	COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA VALIDACIÓN CON TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	111
78	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	113
79	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	113
80	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	114
81	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	114
82	COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN RED ESTRATÉGICA, PARA VALIDACIÓN CON TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	115
83	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	116
84	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	117
85	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	117
86	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS, PARA TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	118
87	COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN ELEMENTOS, PARA VALIDACIÓN CON TAMAÑOS MEDIOS DE ZONA DE 25 KM (IZQUIERDA) Y 55 KM (DERECHA)	118
88	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE ZONA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ACOMETIDAS-1	119
89	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE ZONA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ACOMETIDAS-2	120

Figura	Título	Página
90	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE ZONA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED DE DISTRIBUCIÓN-1	121
91	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE ZONA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED DE DISTRIBUCIÓN-2	122
92	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE ZONA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED ESTRATÉGICA-1	123
93	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE ZONA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED ESTRATÉGICA-2	124
94	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE ZONA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ELEMENTOS-1	125
95	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE ZONA, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ELEMENTOS-2	126
96	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO EN LOS CUATRO ÁMBITOS PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)-1	128
97	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO EN LOS CUATRO ÁMBITOS PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)-2	129
98	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	131
99	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)-1	131
100	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)-2	132
101	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	132
102	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS, PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	132
103	COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN ACOMETIDAS PARA VALIDACIÓN CON EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	133
104	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	135
105	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	135
106	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	136
107	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN, PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	136
108	COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA VALIDACIÓN, CON EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	137
109	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	139
110	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	139

Figura	Título	Página
111	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	140
112	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA, PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	140
14113	COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN RED ESTRATÉGICA PARA VALIDACIÓN, CON EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	141
114	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	142
115	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS, PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	143
116	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS, PARA EL PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	143
117	MEJORES RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS, PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	144
118	COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN ELEMENTOS PARA VALIDACIÓN, PERIODO 1 (IZQUIERDA) Y EL PERIODO 2 (DERECHA)	144
119	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO EN LOS CUATRO ÁMBITOS, PARA EL PERIODO A (IZQUIERDA), EL PERIODO B (CENTRO) Y EL PERIODO C (DERECHA)	146
120	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO EN LOS CUATRO ÁMBITOS, PARA EL PERIODO G (IZQUIERDA), EL PERIODO D (CENTRO) Y EL PERIODO E (DERECHA)	147
121	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO EN LOS CUATRO ÁMBITOS, PARA EL PERIODO H (IZQUIERDA), EL PERIODO I (CENTRO) Y EL PERIODO F (DERECHA)	148
122	RESULTADOS DEL MODELO DE ORDEN CERO EN LOS CUATRO ÁMBITOS, PARA EL PERIODO J (IZQUIERDA), EL PERIODO K (CENTRO) Y EL PERIODO L (DERECHA)	149
123	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL PERIODO PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ACOMETIDAS	150
124	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS EN ACOMETIDAS PARA LOS DISTINTOS PERIODOS ANALIZADOS	151
125	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL PERIODO, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED DE DISTRIBUCIÓN	152
126	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LOS DISTINTOS PERIODOS ANALIZADOS	153
127	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL PERIODO, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN RED ESTRATÉGICA	154
128	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS EN RED ESTRATÉGICA PARA LOS DISTINTOS PERIODOS ANALIZADOS	155
129	PARÁMETROS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DEL PERIODO, PARA UNA SELECCIÓN DE MODELOS DE UNA Y DOS VARIABLES EN ELEMENTOS	156
130	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS EN ELEMENTOS PARA LOS DISTINTOS PERIODOS ANALIZADOS	157
131	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN UNO EN ACOMETIDAS, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	161

<i>Figura</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
132	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN UNO EN ACOMETIDAS	162
133	GRÁFICO COMPLETO PENDIENTE-DISPERSIÓN DE LOS MODELOS DE ORDEN UNO EN ACOMETIDAS	162
134	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN UNO EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	163
135	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN UNO EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	164
136	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN UNO EN RED DISTRIBUCIÓN	165
137	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN UNO EN RED ESTRATÉGICA	166
138	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN UNO EN ELEMENTOS, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	167
139	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN UNO EN ELEMENTOS	167
140	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ACOMETIDAS PARA LA VARIABLE PROFUNDIDAD EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	168
141	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ACOMETIDAS PARA LA VARIABLE PROFUNDIDAD EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	168
142	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ACOMETIDAS PARA LA VARIABLE DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	169
143	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ACOMETIDAS PARA LA VARIABLE DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	169
144	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ACOMETIDAS PARA LA VARIABLE AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	170
145	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ACOMETIDAS PARA LA VARIABLE AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	170
146	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ACOMETIDAS	171
147	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA VARIABLE DIÁMETRO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	172
148	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA VARIABLE DIÁMETRO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	172
149	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA VARIABLE MATERIAL, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	173
150	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA VARIABLE MATERIAL, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	173
151	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA VARIABLE AÑO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	174
152	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA VARIABLE AÑO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	174
153	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED DE DISTRIBUCIÓN	176

Figura	Título	Página
154	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA VARIABLE MATERIAL, PARA CASOS DE VALIDACIÓN	176
155	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA VARIABLE MATERIAL, PARA CASOS DE VALIDACIÓN	177
156	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA VARIABLE DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	177
157	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA VARIABLE DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	178
158	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA VARIABLE AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	178
159	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA VARIABLE AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	179
160	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN RED ESTRATÉGICA	180
161	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE USO DEL SUELO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	180
162	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE USO DEL SUELO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	181
163	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE USO DEL SUELO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	181
164	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE USO DEL SUELO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	182
165	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	182
166	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	183
167	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,0) EN ELEMENTOS	184
168	VALORES DEL PARÁMETRO DE CALIDAD EN MODELOS HASTA ORDEN (2,0)	185
169	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA VARIABLE PROFUNDIDAD EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	186
170	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA VARIABLE PROFUNDIDAD EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	186
171	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	187
172	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	187
173	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA VARIABLE AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	188
174	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA VARIABLE AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	188
175	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ACOMETIDAS	190

<i>Figura</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
176	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	190
177	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	191
178	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA VARIABLE MATERIAL EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	191
179	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA VARIABLE MATERIAL EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	192
180	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA VARIABLE AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	192
181	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA VARIABLE AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	193
182	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN	194
183	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED ESTRATÉGICA, PARA LA VARIABLE MATERIAL EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	194
184	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED ESTRATÉGICA, PARA LA VARIABLE MATERIAL EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	195
185	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED ESTRATÉGICA, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	195
186	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED ESTRATÉGICA, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	195
187	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED ESTRATÉGICA, PARA LA VARIABLE AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	196
188	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED ESTRATÉGICA, PARA LA VARIABLE AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	196
189	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN LA RED ESTRATÉGICA	198
190	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE AÑO PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	198
191	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE AÑO PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	199
192	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE AÑO PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	199
193	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE USO DEL SUELO PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	200
194	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	200
195	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ELEMENTOS, PARA LA VARIABLE DIÁMETRO PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	201
196	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,2) EN ELEMENTOS	202
197	VALORES DEL PARÁMETRO DE CALIDAD EN MODELOS HASTA ORDEN (0,2)	203

Figura	Título	Página
198	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	204
199	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	204
200	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	205
201	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	205
202	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN USO DEL SUELO + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	206
203	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN USO DEL SUELO + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	206
204	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ACOMETIDAS	208
205	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + TRANSITORIOS, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	208
206	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + TRANSITORIOS, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	209
207	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + MATERIAL, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	209
208	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + MATERIAL, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	210
209	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	210
210	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	211
211	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED DE DISTRIBUCIÓN	213
212	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	213
213	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	214
214	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL + PRESIÓN MEDIA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	214
215	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL + PRESIÓN MEDIA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	214
216	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL + TRANSITORIOS, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	215
217	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL + TRANSITORIOS, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	215
218	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN RED ESTRATÉGICA	217

Figura	Título	Página
219	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO + USO DEL SUELO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	217
220	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO + USO DEL SUELO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	218
221	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	218
222	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	218
223	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO + AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	219
224	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO + PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	219
225	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,1) EN ELEMENTOS	221
226	VALORES DEL PARÁMETRO DE CALIDAD EN MODELOS HASTA ORDEN (2,1)	221
227	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	222
228	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	222
229	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	223
230	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	223
231	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN TERRENO-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	223
232	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN TERRENO-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	224
233	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ACOMETIDAS	225
234	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	226
235	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	226
236	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	227
237	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	227
238	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-VELOCIDAD MEDIA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	228
239	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-VELOCIDAD MEDIA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	228
240	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN	230

Figura	Título	Página
241	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	230
242	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	231
243	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	231
244	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	232
245	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN PRESIÓN MÁXIMA-PRESIÓN MÍNIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	232
246	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN PRESIÓN MÁXIMA-PRESIÓN MÍNIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	233
247	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN RED ESTRATÉGICA	234
248	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	235
249	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	235
250	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO- PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	236
251	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	236
252	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO-UBICACIÓN, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	237
253	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO-UBICACIÓN, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	237
254	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,3) EN ELEMENTOS	239
255	VALORES DEL PARÁMETRO DE CALIDAD EN MODELOS HASTA ORDEN (0,3)	239
256	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+TERRENO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	240
257	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+TERRENO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	241
258	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+PROFUNDIDAD-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	241
259	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+PROFUNDIDAD-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	242
260	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO+PROFUNDIDAD-DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	242
261	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO+PROFUNDIDAD-DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	243

Figura	Título	Página
262	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ACOMETIDAS	244
263	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+TRANSITORIOS-PRESIÓN MÍNIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	245
264	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+TRANSITORIOS-PRESIÓN MÍNIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	245
265	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+TRANSITORIOS-PRESIÓN MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	246
266	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+TRANSITORIOS-PRESIÓN MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	246
267	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+MATERIAL-VELOCIDAD MÍNIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	247
268	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+MATERIAL-VELOCIDAD MÍNIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	247
269	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED DE DISTRIBUCIÓN	249
270	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL+PRESIÓN MÍNIMA-DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	249
271	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL+PRESIÓN MÍNIMA-DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	250
272	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL+PRESIÓN MÁXIMA-DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	250
273	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL+PRESIÓN MÁXIMA-DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	250
274	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL+PRESIÓN MEDIA-DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	251
275	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL+PRESIÓN MEDIA-DIÁMETRO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	251
276	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN RED ESTRATÉGICA	253
277	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+UBICACIÓN-AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	253
278	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+UBICACIÓN-AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	254
279	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+PROFUNDIDAD-AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	254
280	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+PROFUNDIDAD-AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	254

Figura	Título	Página
281	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN UBICACIÓN+PROFUNDIDAD-AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	255
282	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN UBICACIÓN+PROFUNDIDAD-AÑO EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	255
283	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,2) EN ELEMENTOS	257
284	VALORES DEL PARÁMETRO DE CALIDAD EN MODELOS HASTA ORDEN (2,2)	257
285	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-TERRENO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	258
286	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-TERRENO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	258
287	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-PROFUNDIDAD, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	259
288	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-PROFUNDIDAD, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	259
289	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO- USO DEL SUELO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	260
290	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-PROFUNDIDAD, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	260
291	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ACOMETIDAS	261
292	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MÍNIMA, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	262
293	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MÍNIMA, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	262
294	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MEDIA, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	263
295	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MEDIA, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	263
296	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MÁXIMA, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	264
297	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MÁXIMA, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	264
298	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED DE DISTRIBUCIÓN	266
299	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-USO DEL SUELO, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	266
300	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-USO DEL SUELO, EN LOS CASOS DE	267
301	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-PROFUNDIDAD, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	267

<i>Figura</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
302	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-PROFUNDIDAD, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	267
303	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-PRESIÓN MÁXIMA, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	268
304	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-PRESIÓN MÁXIMA, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	268
305	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN RED ESTRATÉGICA	270
306	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-PROFUNDIDAD, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	270
307	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-PROFUNDIDAD, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	271
308	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO- PROFUNDIDAD-UBICACIÓN, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	271
309	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-UBICACIÓN, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	271
310	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-UBICACIÓN, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	272
311	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO-PROFUNDIDAD-UBICACIÓN, EN LOS CASOS DE VALIDACIÓN	272
312	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,4) EN ELEMENTOS	273
313	VALORES DEL PARÁMETRO DE CALIDAD EN MODELOS HASTA ORDEN (0,4)	274
31427 5	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN TERRENO+PROFUNDIDAD-DIÁMETRO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	275
315	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN TERRENO+PROFUNDIDAD-DIÁMETRO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	276
316	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+PROFUNDIDAD-AÑO-TERRENO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	276
317	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+PROFUNDIDAD-AÑO-TERRENO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	276
318	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO+PROFUNDIDAD-DIÁMETRO-TERRENO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	277
319	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ACOMETIDAS, PARA LA COMBINACIÓN AÑO+PROFUNDIDAD-DIÁMETRO-TERRENO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	277
320	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ACOMETIDAS	279
321	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+AÑO-PRESIÓN MEDIA-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	279
322	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+AÑO-PRESIÓN MEDIA-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	280

Figura	Título	Página
323	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+AÑO-PRESIÓN MÍNIMA-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	280
324	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+AÑO-PRESIÓN MÍNIMA-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	280
325	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+AÑO-PRESIÓN MÁXIMA-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	281
326	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+AÑO-PRESIÓN MÁXIMA-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	281
327	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED DE DISTRIBUCIÓN	283
328	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+VELOCIDAD MÍNIMA-MATERIAL-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	283
329	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+VELOCIDAD MÍNIMA-MATERIAL-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	284
330	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL CON PRESIÓN MÁXIMA CON DIÁMETRO Y PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	284
331	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN MATERIAL CON PRESIÓN MÁXIMA CON DIÁMETRO Y PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	285
332	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+VELOCIDAD MÍNIMA-MATERIAL-VELOCIDAD MEDIA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	285
333	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED ESTRATÉGICA, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+VELOCIDAD MÍNIMA-MATERIAL-VELOCIDAD MEDIA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	286
334	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN RED ESTRATÉGICA	287
335	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+PROFUNDIDAD-AÑO-UBICACIÓN, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	288
336	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+PROFUNDIDAD-AÑO-UBICACIÓN, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	288
337	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN UBICACIÓN+PROFUNDIDAD-AÑO-DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	289
338	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN UBICACIÓN+PROFUNDIDAD-AÑO-DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	289
339	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+UBICACIÓN-AÑO-USO DEL SUELO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	289
340	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ELEMENTOS, PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO+UBICACIÓN-AÑO-USO DEL SUELO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	290

<i>Figura</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
341	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (2,3) EN ELEMENTOS	291
342	VALORES DEL PARÁMETRO DE CALIDAD EN MODELOS HASTA ORDEN (2,3)	292
343	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-PROFUNDIDAD-TERRENO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	293
344	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-PROFUNDIDAD-TERRENO-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	293
345	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN AÑO-TERRENO-USO DEL SUELO-DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	294
346	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN AÑO-TERRENO-USO DEL SUELO-DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	294
347	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN AÑO-PROFUNDIDAD-USO DEL SUELO-DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	295
348	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN AÑO-PROFUNDIDAD-USO DEL SUELO-DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	295
349	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ACOMETIDAS PARA LA COMBINACIÓN AÑO-PROFUNDIDAD-USO DEL SUELO-DIÁMETRO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	296
350	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MÍNIMA-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	296
351	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MÍNIMA-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	297
352	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MEDIA-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	297
353	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MEDIA-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	298
354	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MÁXIMA-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	298
355	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-TERRENO-PRESIÓN MÁXIMA-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	299
356	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED DE DISTRIBUCIÓN	300
357	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-USO SUELO-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	301
358	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-USO SUELO-PROFUNDIDAD, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	301

Figura	Título	Página
359	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-PROFUNDIDAD-PRESIÓN MÍNIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	302
360	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL-PROFUNDIDAD-PRESIÓN MÍNIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	302
361	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL- VELOCIDAD MÍNIMA-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	303
362	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED ESTRATÉGICA PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-MATERIAL- VELOCIDAD MÍNIMA-VELOCIDAD MÁXIMA, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	303
363	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN RED ESTRATÉGICA	305
364	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ELEMENTOS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-PROFUNDIDAD-UBICACIÓN, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	305
365	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ELEMENTOS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-PROFUNDIDAD-UBICACIÓN, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	306
366	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ELEMENTOS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-UBICACIÓN-USO DEL SUELO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	306
367	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ELEMENTOS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-AÑO-UBICACIÓN-USO DEL SUELO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	306
368	RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ELEMENTOS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-USO DEL SUELO-PROFUNDIDAD-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	307
369	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ELEMENTOS PARA LA COMBINACIÓN DIÁMETRO-USO DEL SUELO-PROFUNDIDAD-AÑO, PARA LOS CASOS DE VALIDACIÓN	307
370	RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE ORDEN (0,5) EN ELEMENTOS	308
371	VALORES DEL PARÁMETRO DE CALIDAD EN MODELOS HASTA ORDEN (0,5)	309

ANEXO 4. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Título	Página
1	RESUMEN DE RESULTADOS EN ACOMETIDAS PARA MODELOS CON DOS VARIABLES CONSIDERADAS CONJUNTAMENTE Y EL RESTO INDEPENDIENTES	18
2	RESUMEN DE RESULTADOS EN ACOMETIDAS PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES	19
3	RESUMEN DE RESULTADOS EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA MODELOS CON DOS VARIABLES CONSIDERADAS CONJUNTAMENTE Y EL RESTO INDEPENDIENTES	20
4	RESUMEN DE RESULTADOS EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES	20
5	RESUMEN DE RESULTADOS EN RED ESTRATÉGICA PARA MODELOS CON DOS VARIABLES CONSIDERADAS CONJUNTAMENTE Y EL RESTO INDEPENDIENTES	21
6	RESUMEN DE RESULTADOS EN RED ESTRATÉGICA PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES	22
7	RESUMEN DE RESULTADOS EN ELEMENTOS PARA MODELOS CON DOS VARIABLES CONSIDERADAS CONJUNTAMENTE Y EL RESTO INDEPENDIENTES	23
8	RESUMEN DE RESULTADOS EN ELEMENTOS PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES	23
9	DATOS DISPONIBLES	28
10	NÚMERO DE INCIDENCIAS REGISTRADAS EN EL PERIODO DE DATOS	40
11	MODELO DE ORDEN CERO	43
12	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN CERO	44
13	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS	45
14	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	49
15	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA	53
16	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS	56
17	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS	61
18	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	66
19	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA	71
20	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS	74
21	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS	78

Tabla	Título	Página
22	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS	78
23	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCION	81
24	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCION	82
25	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA	85
26	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA	86
27	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS	89
28	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS	89
29	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN CERO	103
30	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS	103
31	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS	104
32	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	107
33	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	108
34	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA	111
35	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA	112
36	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS	115
37	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS	116
38	NÚMERO DE INCIDENCIAS REGISTRADAS EN CADA PERIODO DE DATOS	127
39	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS	130
40	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ACOMETIDAS	130
41	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	133
42	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	134

<i>Tabla</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
43	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA	137
44	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA RED ESTRATÉGICA	138
45	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS	141
46	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN DOS PARA ELEMENTOS	142
47	NÚMERO DE INCIDENCIAS REGISTRADAS EN CADA PERIODO DE DATOS	145
48	DENOMINACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE AJUSTE Y VALIDACIÓN DEL MODELO	145
49	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN CERO	160
50	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ACOMETIDAS	161
51	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	163
52	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA RED ESTRATÉGICA	165
53	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE ORDEN UNO PARA ELEMENTOS	166
54	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE DOS VARIABLES CONJUNTAS PARA ACOMETIDAS	171
55	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE DOS VARIABLES CONJUNTAS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	175
56	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE DOS VARIABLES CONJUNTAS PARA RED ESTRATÉGICA	179
57	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE DOS VARIABLES CONJUNTAS PARA ELEMENTOS	183
58	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE DOS VARIABLES INDEPENDIENTES PARA ACOMETIDAS	189
59	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE DOS VARIABLES INDEPENDIENTES PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	193
60	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE DOS VARIABLES INDEPENDIENTES PARA RED ESTRATÉGICA	197
61	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE DOS VARIABLES INDEPENDIENTES PARA ELEMENTOS	201
62	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN TRES (DOS CONJUNTAS Y UNA INDEPENDIENTE) PARA ACOMETIDAS	207
63	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN TRES (DOS CONJUNTAS Y UNA INDEPENDIENTE) PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	212
64	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN TRES (DOS VARIABLES CONJUNTAS Y UNA INDEPENDIENTE) PARA RED ESTRATÉGICA	216

Tabla	Título	Página
65	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN TRES (DOS VARIABLES CONJUNTAS Y UNA INDEPENDIENTE) PARA ELEMENTOS	220
66	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE TRES VARIABLES INDEPENDIENTES PARA ACOMETIDAS	224
67	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE TRES VARIABLES INDEPENDIENTES PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	229
68	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE TRES VARIABLES INDEPENDIENTES PARA RED ESTRATÉGICA	233
69	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE TRES VARIABLES INDEPENDIENTES PARA ELEMENTOS	238
70	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN CUATRO (DOS CONJUNTAS Y DOS INDEPENDIENTES) PARA ACOMETIDAS	243
71	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN CUATRO (DOS CONJUNTAS Y DOS INDEPENDIENTES) PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	248
72	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN CUATRO (DOS VARIABLES CONJUNTAS Y DOS INDEPENDIENTES) PARA RED ESTRATÉGICA	252
73	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN CUATRO (DOS VARIABLES CONJUNTAS Y DOS INDEPENDIENTES) PARA ELEMENTOS	256
74	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS MEJORES MODELOS DE CUATRO VARIABLES INDEPENDIENTES PARA ACOMETIDAS	261
75	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE CUATRO VARIABLES INDEPENDIENTES PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	265
76	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE CUATRO VARIABLES INDEPENDIENTES PARA RED ESTRATÉGICA	269
77	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS MEJORES MODELOS DE CUATRO VARIABLES INDEPENDIENTES PARA ELEMENTOS	273
78	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS MEJORES MODELOS DE ORDEN CINCO (DOS CONJUNTAS Y TRES INDEPENDIENTES) PARA ACOMETIDAS	278
79	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN CINCO (DOS CONJUNTAS Y TRES INDEPENDIENTES) PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	282
80	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE ORDEN CINCO (DOS VARIABLES CONJUNTAS Y TRES INDEPENDIENTES) PARA RED ESTRATÉGICA	287
81	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS MEJORES MODELOS DE ORDEN CINCO (DOS VARIABLES CONJUNTAS Y TRES INDEPENDIENTES) PARA ELEMENTOS	291
82	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE CINCO VARIABLES INDEPENDIENTES PARA ACOMETIDAS	295
83	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE CINCO VARIABLES INDEPENDIENTES PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	300
84	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS DIEZ MEJORES MODELOS DE CINCO VARIABLES INDEPENDIENTES PARA RED ESTRATÉGICA	304
85	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MODELO DE CINCO VARIABLES INDEPENDIENTES PARA ELEMENTOS	308

<i>Tabla</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
86	MEJORES RESULTADOS EN ACOMETIDAS PARA MODELOS CON DOS VARIABLES ANALIZADAS CONJUNTAMENTE	311
87	MEJORES RESULTADOS EN ACOMETIDAS PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES	311
88	MEJORES RESULTADOS EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA MODELOS CON DOS VARIABLES ANALIZADAS CONJUNTAMENTE	312
89	MEJORES RESULTADOS EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES	312
90	MEJORES RESULTADOS EN RED ESTRATÉGICA PARA MODELOS CON DOS VARIABLES ANALIZADAS CONJUNTAMENTE	313
91	MEJORES RESULTADOS EN RED ESTRATÉGICA PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES	313
92	MEJORES RESULTADOS EN ELEMENTOS PARA MODELOS CON DOS VARIABLES ANALIZADAS CONJUNTAMENTE	314
93	MEJORES RESULTADOS EN ELEMENTOS PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES	314
94	DESAGREGACIÓN DE VARIABLES EN ACOMETIDAS PARA MODELOS CON DOS VARIABLES ANALIZADAS CONJUNTAMENTE	315
95	DESAGREGACIÓN DE VARIABLES EN ACOMETIDAS PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES	316
96	DESAGREGACIÓN DE VARIABLES EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA MODELOS CON DOS VARIABLES ANALIZADAS CONJUNTAMENTE	316
97	DESAGREGACIÓN DE VARIABLES EN RED DE DISTRIBUCIÓN PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES	317
98	DESAGREGACIÓN DE VARIABLES EN RED ESTRATÉGICA PARA MODELOS CON DOS VARIABLES ANALIZADAS CONJUNTAMENTE	317
99	DESAGREGACIÓN DE VARIABLES EN RED ESTRATÉGICA PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES	318
100	DESAGREGACIÓN DE VARIABLES EN ELEMENTOS PARA MODELOS CON DOS VARIABLES ANALIZADAS CONJUNTAMENTE	318
101	DESAGREGACIÓN DE VARIABLES EN ELEMENTOS PARA MODELOS CON TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES	319



Santa Engracia, 125. 28003 Madrid
www.canaldeisabelsegunda.es