

Sala polivalente. Biblioteca Eugenio Trias.  
Jardines El Buen Retiro. Madrid.

Organiza:



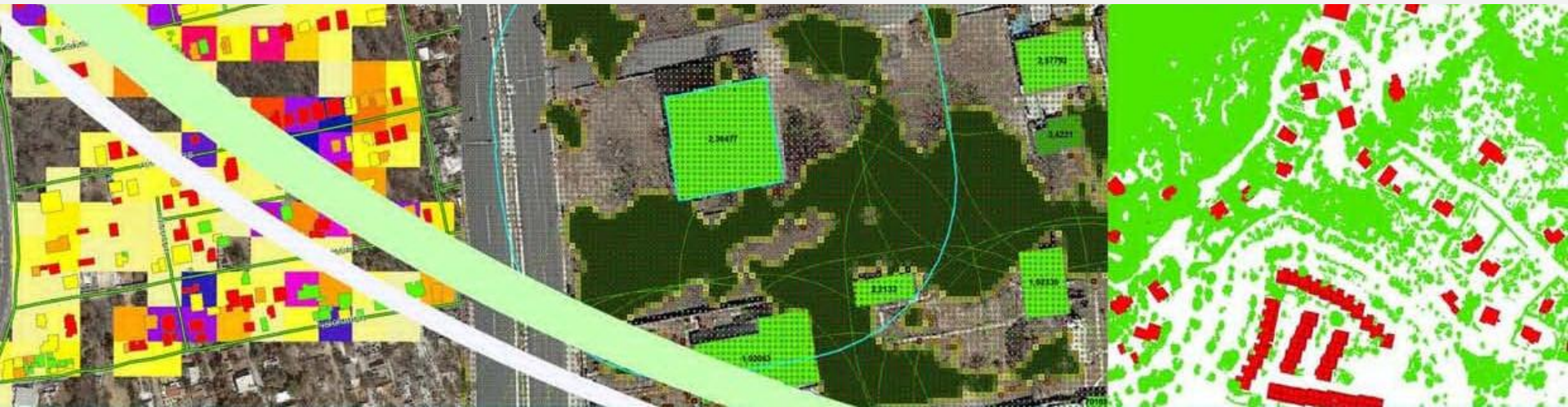
Colabora:



**Jornada WUIX  
sobre Mesoescala de  
Interfaz Urbano-Forestal**  
**Madrid, 15 de noviembre de 2019**

## Bloque 2

# Fundamentos y cálculo de WUIX



# Introducción y cálculo



# La necesidad de una métrica

Punta Grossa, Ibiza ©2019 David Caballero



Impacto

Propagación



# El índice WUIX

- Índice WUIX (*Wildland-Urban Interface IndeX*)
- Incorpora dos aspectos: la continuidad y la fricción
- Carácter meramente topológico (posición relativa)
- En dos dimensiones, no considera la topografía
- No considera la carga de combustible ni el viento
- Análisis intrínseco de dos factores independiente del escenario
- Ofrece una métrica y un método de clasificación

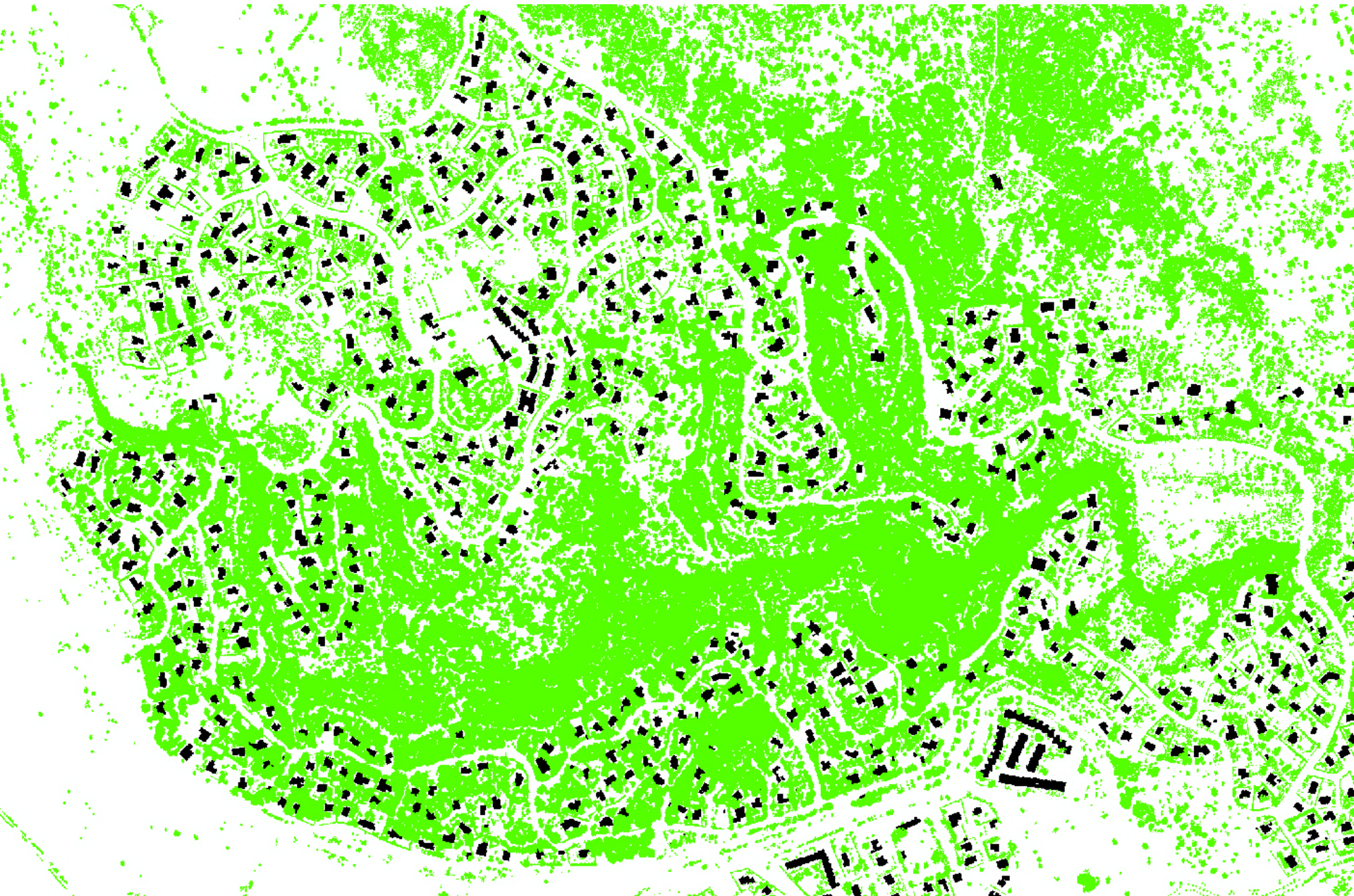


# Datos - Ortofoto



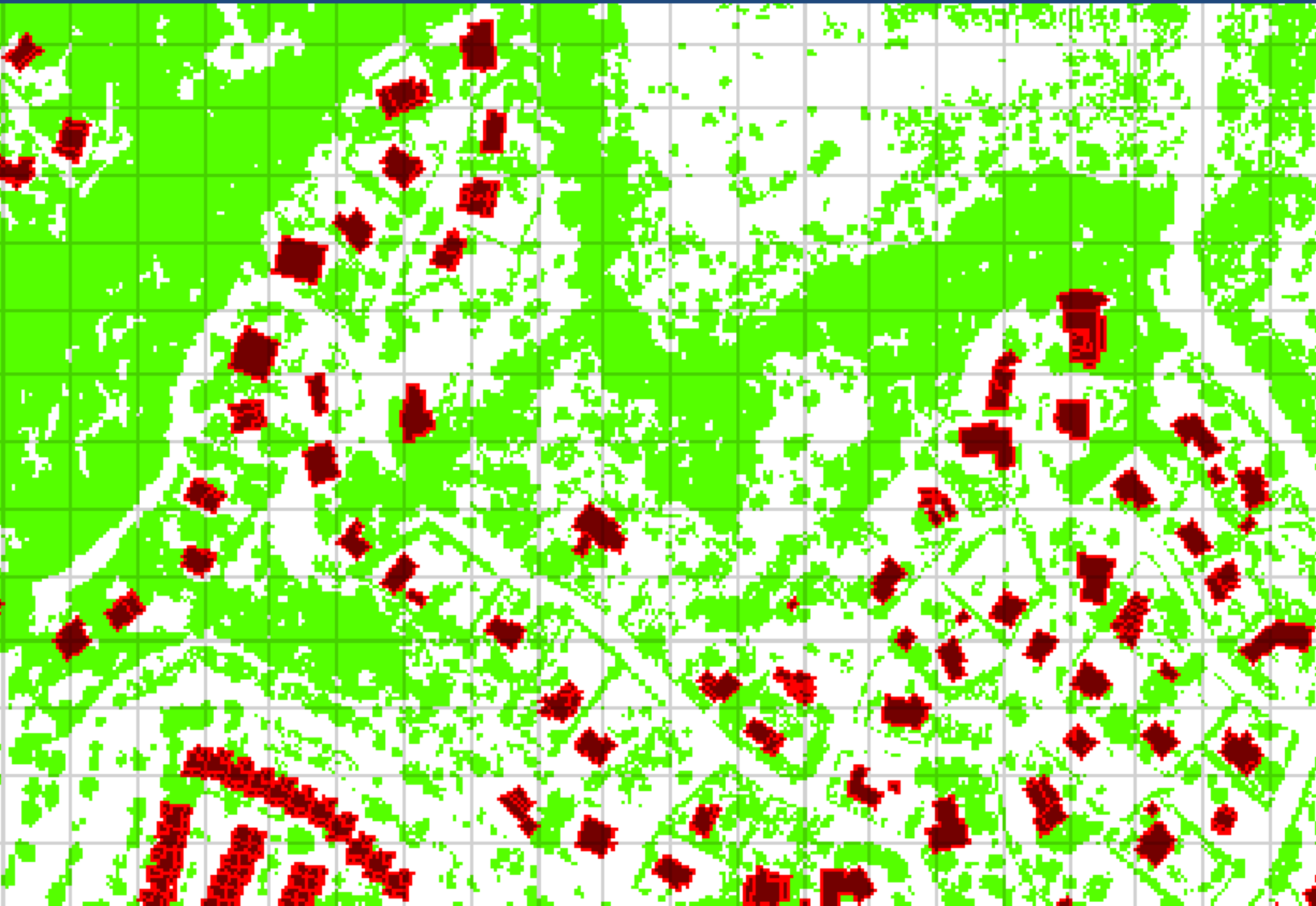


Datos de entrada = Vegetación + Edificaciones

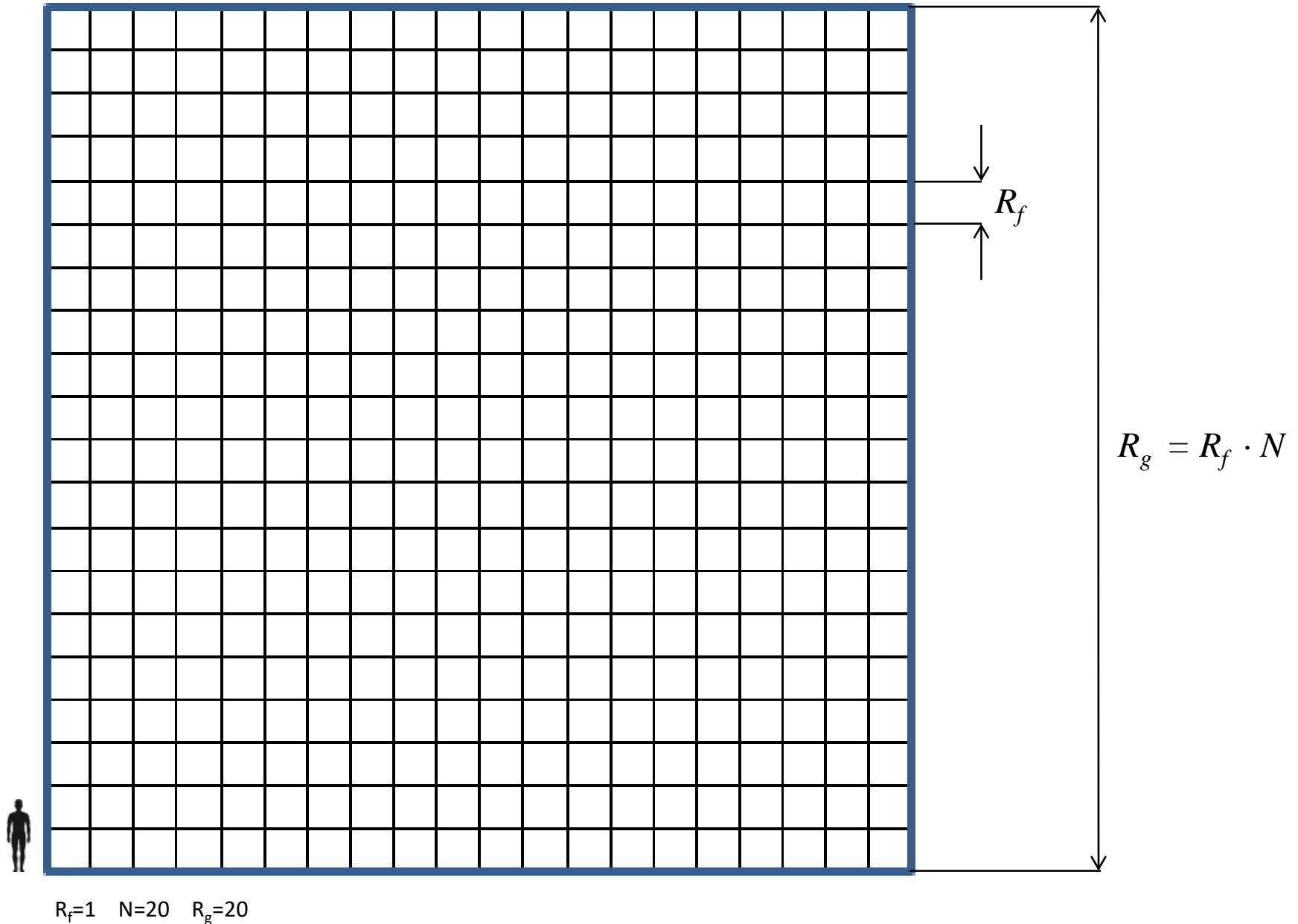




Datos de entrada = Vegetación + Edificaciones

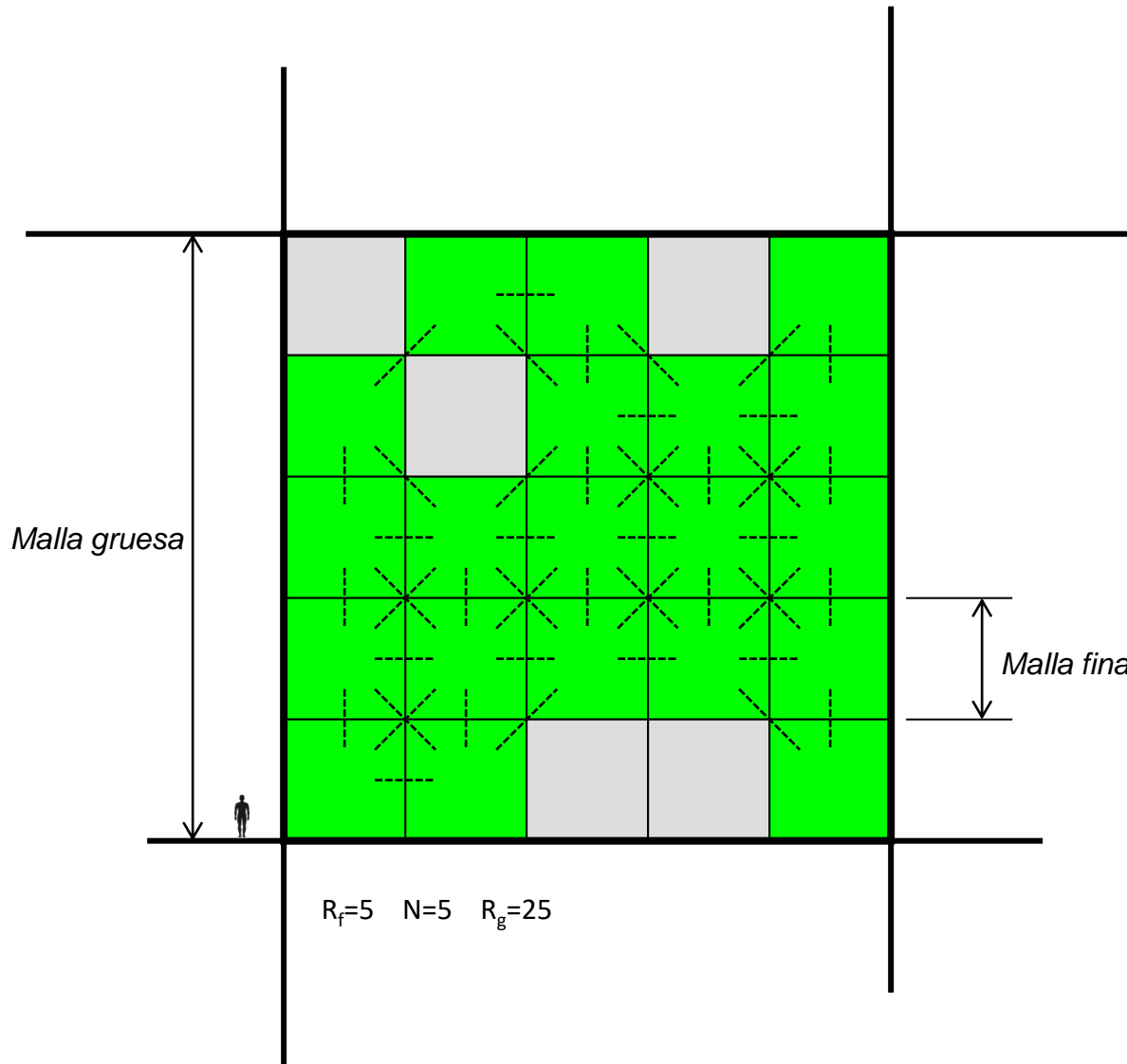


# Algoritmo básico de análisis - Mallas



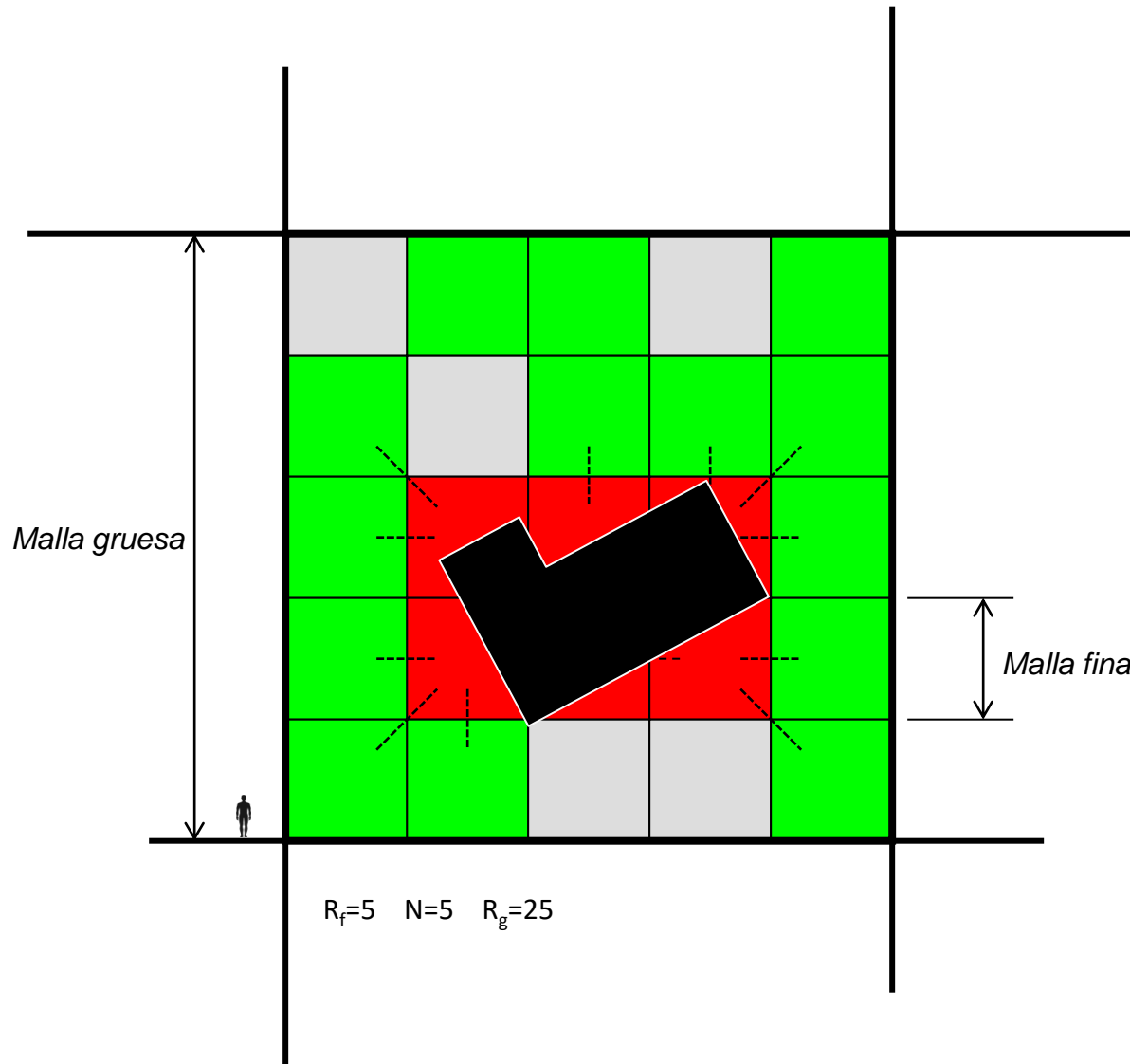


# Algoritmo básico de análisis - Continuidad



$$C_g = R_f \cdot \sum_{i=1}^{N^2} c_i$$

# Algoritmo básico de análisis – Fricción y WUIX

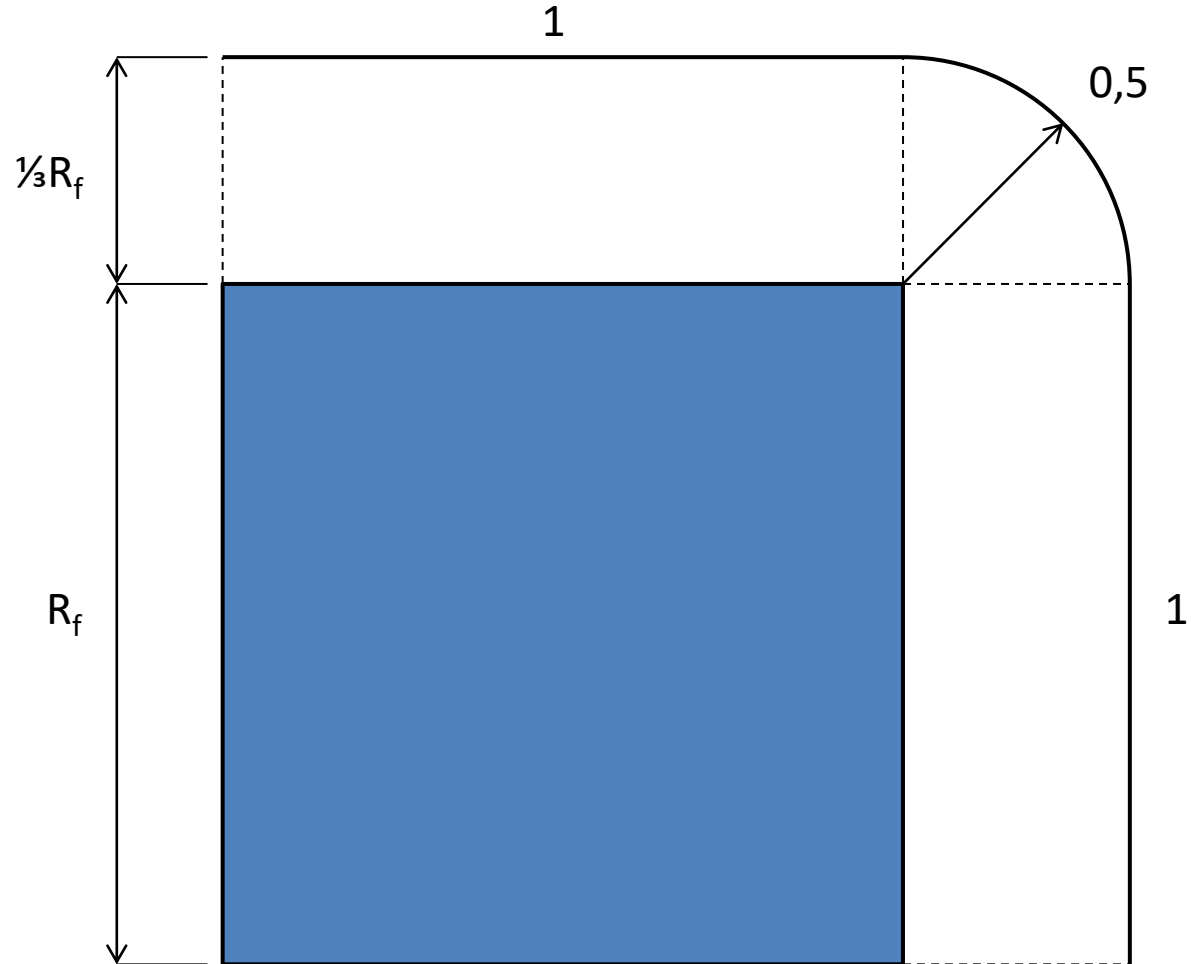


$$F_g = R_f \cdot \sum_{i=1}^{N^2} f_i$$

$$W_g = C_g \cdot F_g$$



# Algoritmo básico de análisis – Esquinas

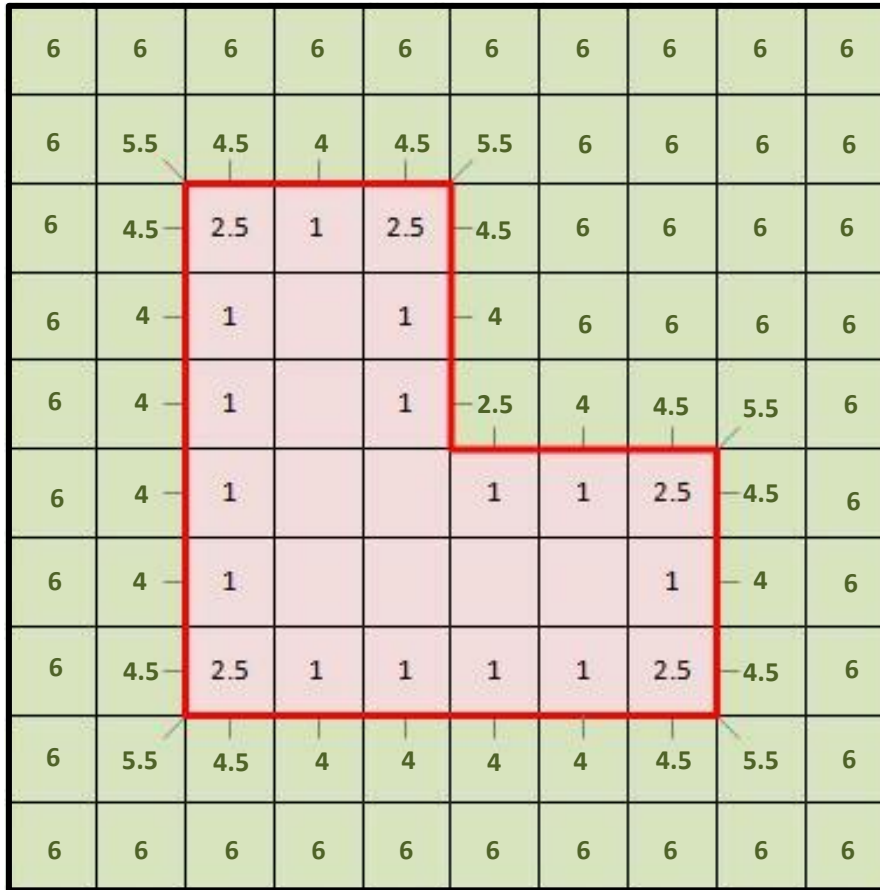


$$P_4 = \frac{1}{4} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{1}{3} = \pi / 6 = 0,52 \approx 0,5$$

$$P = 4 \cdot 1 + 4 \cdot 0,5 = 6$$

# Algoritmo básico de análisis – Ejemplo

$$R_f=1 \text{ m} \quad R_g=10 \text{ m} \quad N=10 \quad S_g=100 \text{ m}^2$$



6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6	5.5	4.5	4	4.5	5.5	6	6	6	6
6	4.5	2.5	1	2.5	4.5	6	6	6	6
6	4	1		1	4	6	6	6	6
6	4	1		1	2.5	4	4.5	5.5	6
6	4	1			1	1	2.5	4.5	6
6	4	1					1	4	6
6	4.5	2.5	1	1	1	1	2.5	4.5	6
6	5.5	4.5	4	4	4	4	4.5	5.5	6
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

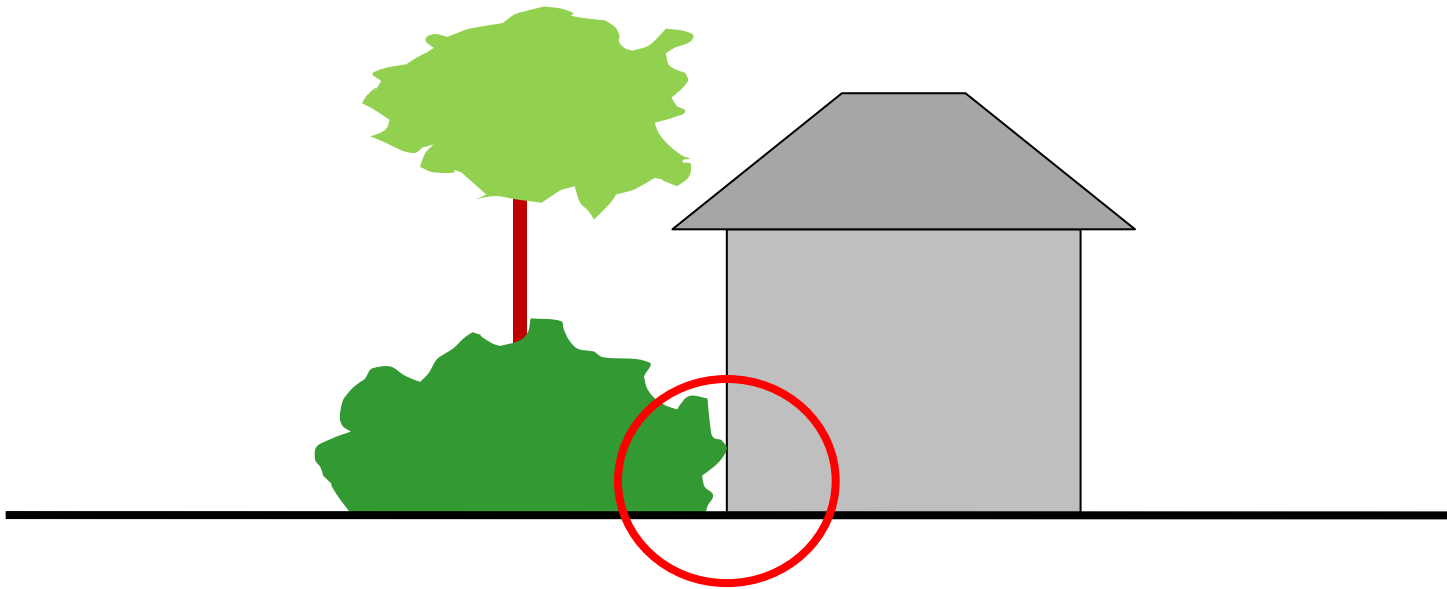
$$C_g = 393,5 \text{ m}$$

$$F_g = 25,5 \text{ m}$$

$$W_g = 10.034,25 \text{ m}^2$$

# El concepto de fricción

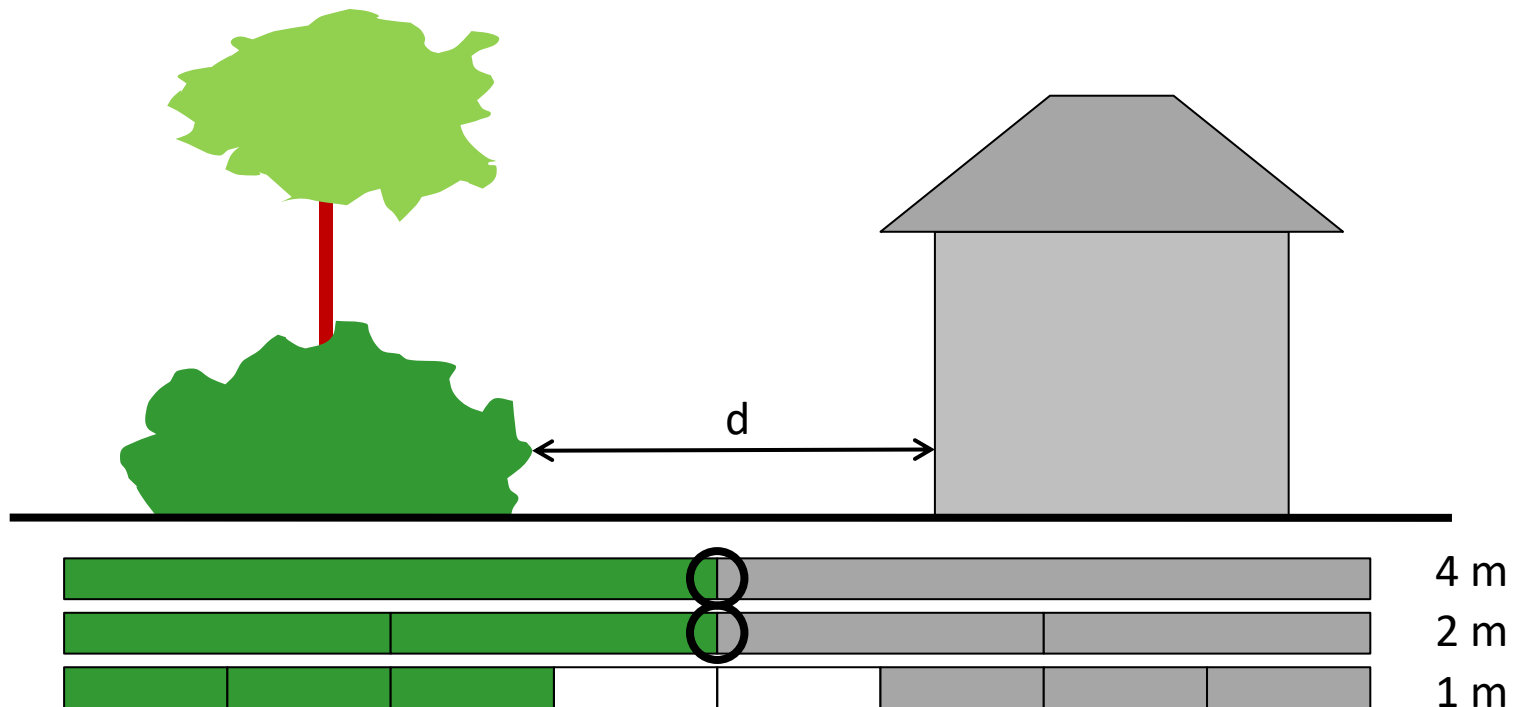
Fricción como contacto físico





# El concepto de fricción

Fricción «geométrica» en función de la resolución



# Escala y resolución

$R_f = 1 \text{ m}$





# Escala y resolución

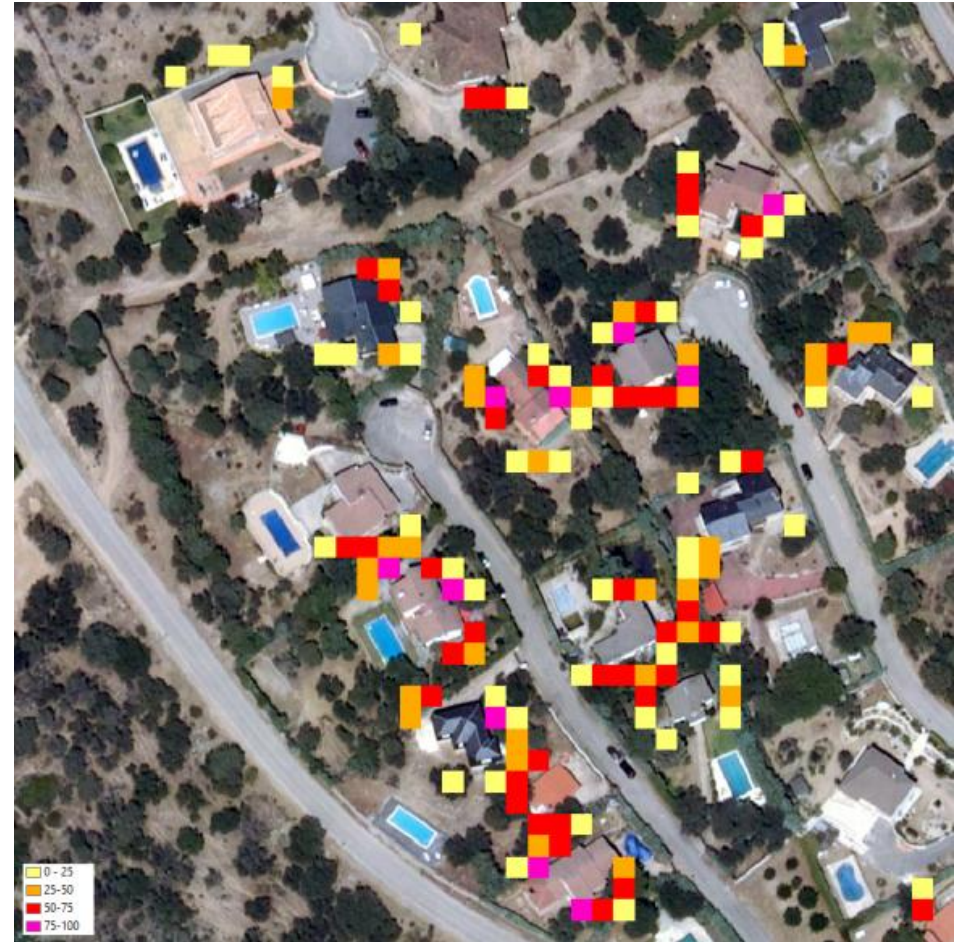
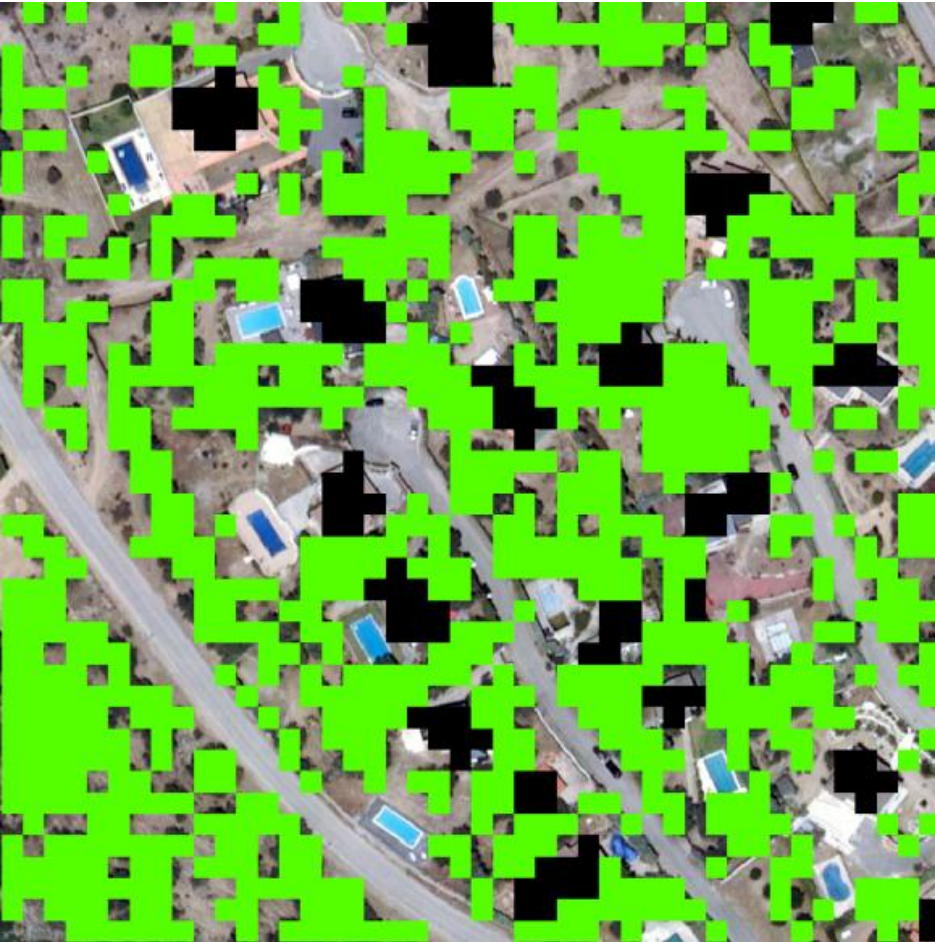
$R_f = 2 \text{ m}$





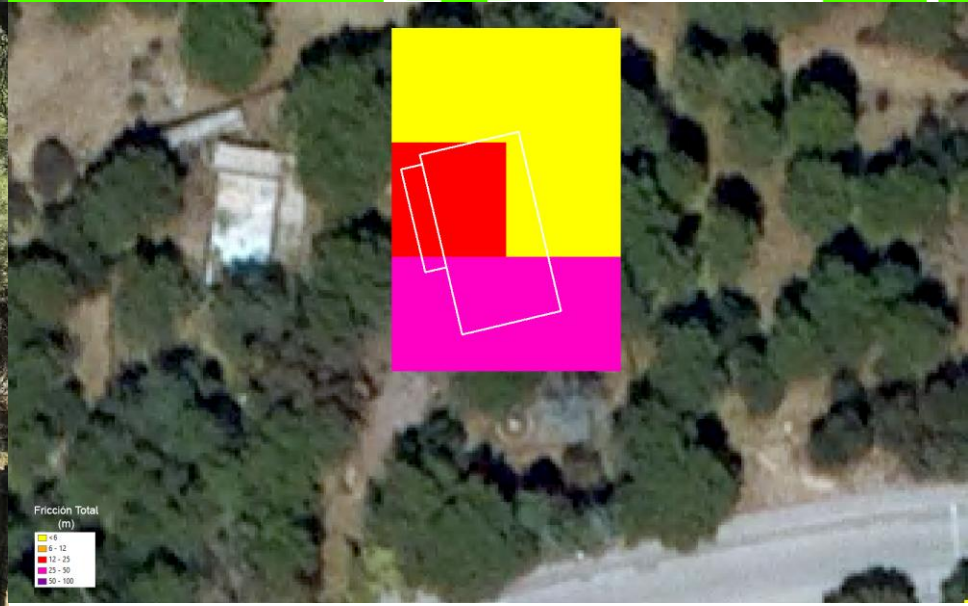
# Escala y resolución

$R_f = 5 \text{ m}$



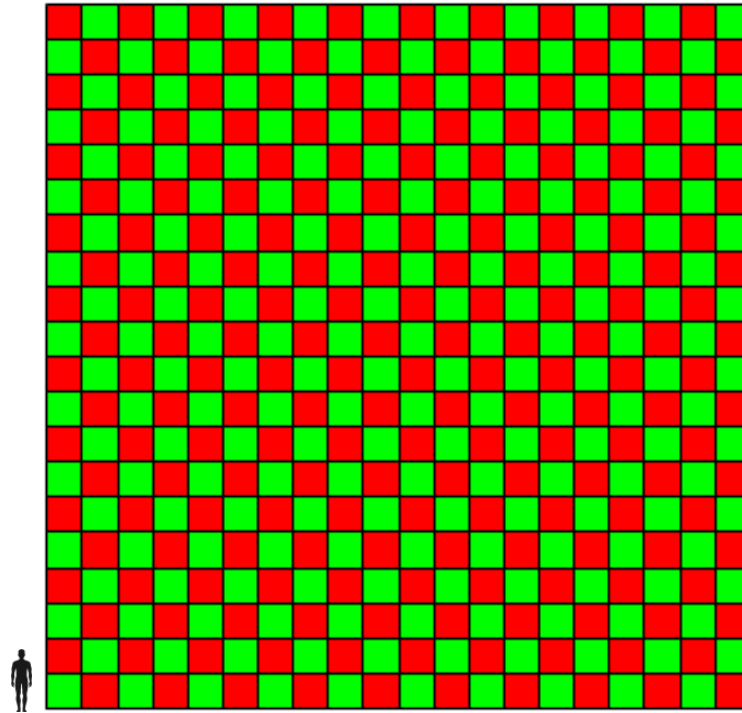


# Solape casa-arbolado



# Cálculo de valores máximos

$R_f=1$  m  $R_g=20$   $N=20$



Para el caso N par:  $N_N = N^2 / 2$

Para el caso N impar:  $N_N = (N^2 + 1) / 2$

$$C_x = 6 \cdot N^2$$

$$F_x = 5 \cdot N_N$$

$$W_x = C_x \cdot F_x$$



# Normalización

La normalización refiere los cálculos al máximo absoluto del escenario en damero

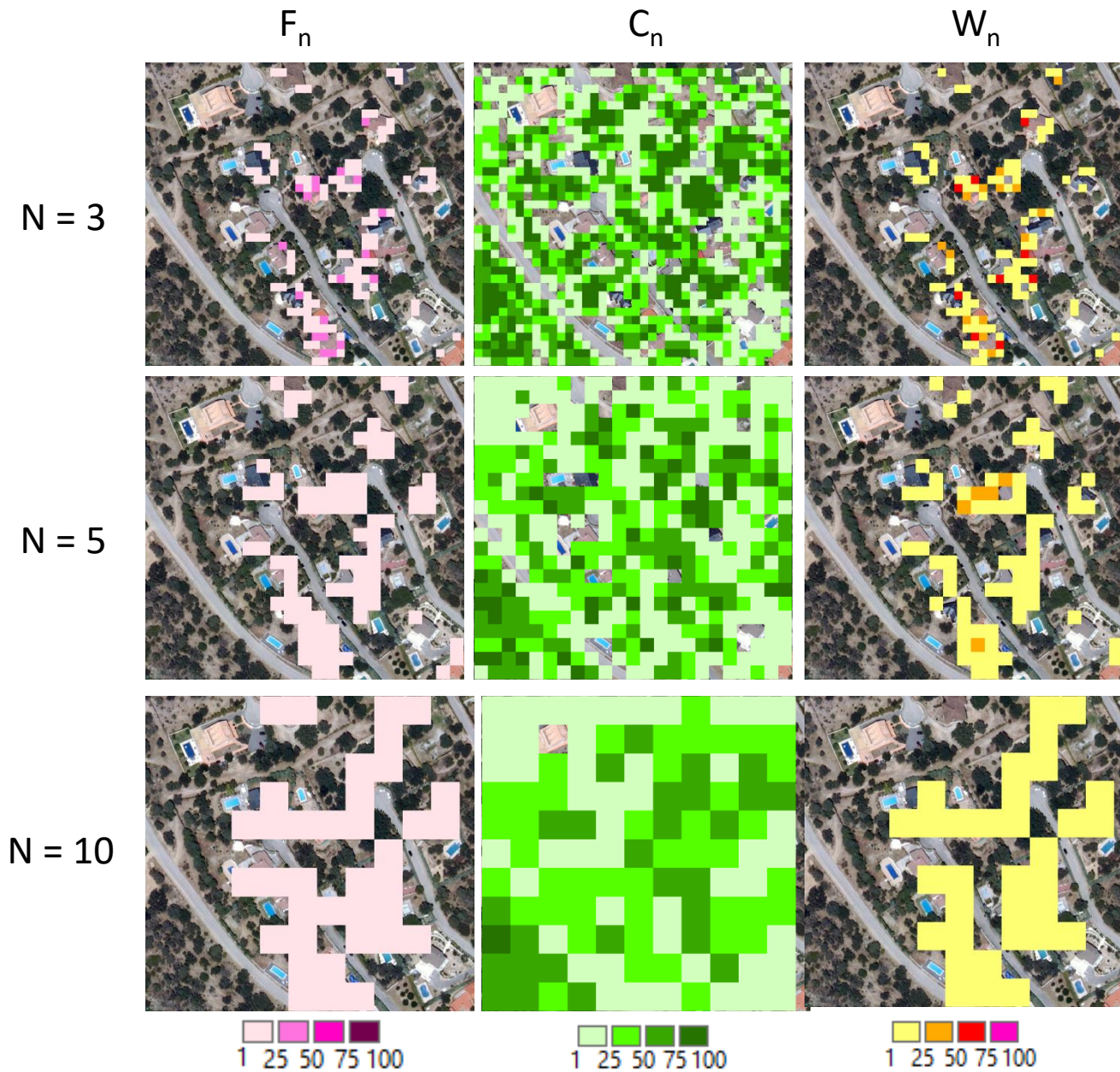
$$C_n = 100 \cdot C_g / C_x$$

$$F_n = 100 \cdot F_g / F_x$$

$$W_n = 100 \cdot W_g / W_x$$

# La influencia de N

$R_f = 2$  m



# Valores específicos

$$S_g = R_f^2 \cdot N^2 = R_g^2$$

$$C_o = C_g / S_g$$

$$F_o = F_g / S_g$$

$$W_o = C_o \cdot F_o$$

$$U_g = R_f \cdot \sum_{i=1}^{N^2} u_i$$

$$U_o = U_g / S_g$$

$$C'_{ox} = 6$$

$$U'_{ox} = 6$$

$$F'_{ox} = 2,5$$

$$W'_{ox} = 15$$



# Influencia del tamaño de las viviendas





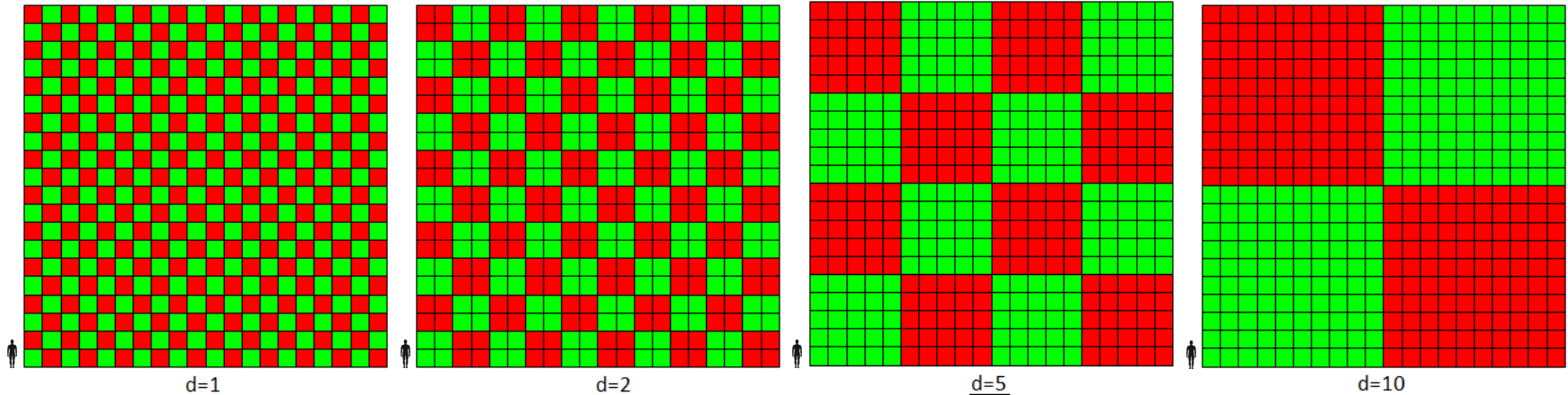
# Influencia del tamaño de las viviendas





# Influencia del tamaño de las viviendas

$R_f=1$   $R_g=20$   $N=20$



$d$ (m)	$F_g$ (m)	$C_g$ (m)	$W_g$ ( $m^2$ )	$N_U$	$N_N$
1	1000	2400	2400000	20	200
2	600	2400	1440000	10	50
4	416	2400	998400	5	13
5	360	2400	864000	4	8
10	140	2400	336000	2	2



# Valores normalizados máximos realistas

d (m)	F <sub>g</sub> (m)	C <sub>g</sub> (m)	W <sub>g</sub> (m <sup>2</sup> )	N <sub>N</sub>	F <sub>n</sub>	C <sub>n</sub>	W <sub>n</sub>
1	1000	2400	2400000	200	100	100	100
2	600	2400	1440000	50	60	100	60
4	416	2400	998400	13	41,6	100	41,6
5	360	2400	864000	8	36	100	36
10	140	2400	336000	2	14	100	14

$$C_{nx} = 100 \quad U_{nx} = 100 \quad F_{nx} = 40 \quad W_{nx} = 40$$

	C <sub>n</sub>	F <sub>n</sub>	W <sub>n</sub>
BAJO	<25	<10	<10
MEDIO	25 - 50	10 - 20	10 - 20
ALTO	50 - 75	20 - 30	20 - 30
MUY ALTO	75 - 100	>30	>30

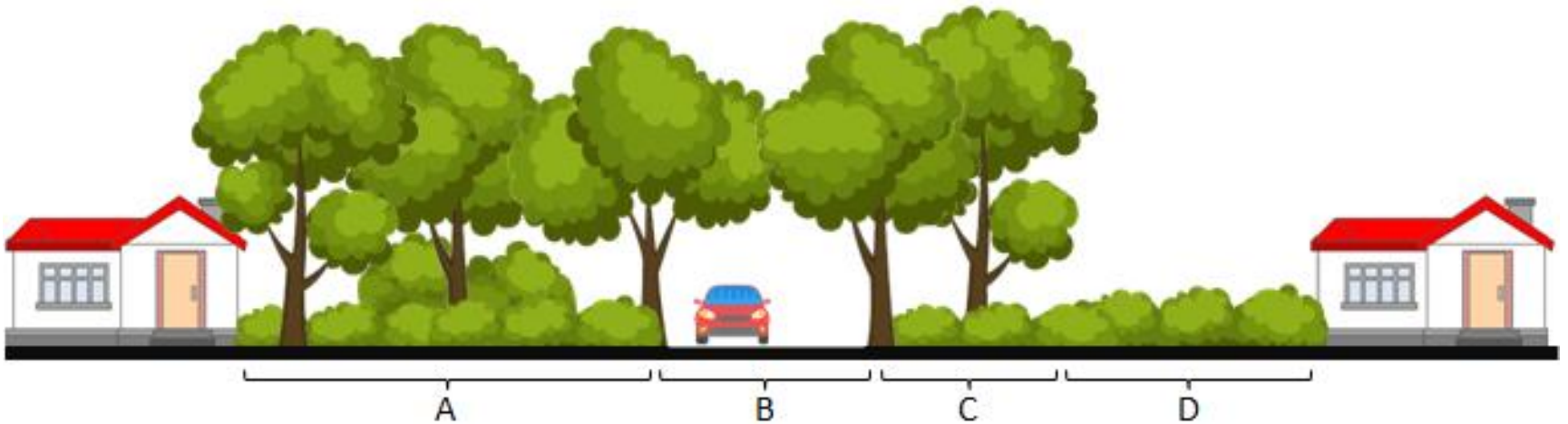
# Valores específicos máximos realistas

d (m)	F <sub>g</sub> (m)	C <sub>g</sub> (m)	W <sub>g</sub> (m <sup>2</sup> )	N <sub>N</sub>	F <sub>o</sub> (m <sup>-1</sup> )	C <sub>o</sub> (m <sup>-1</sup> )	W <sub>o</sub> (m <sup>-2</sup> )
1	1000	2400	2400000	200	2,5	6	15
2	600	2400	1440000	50	1,5	6	9
4	416	2400	998400	13	1,04	6	6,2
5	360	2400	864000	8	0,9	6	5,4
10	140	2400	336000	2	0,35	6	2,1

$$C_{ox} = 6 \quad U_{ox} = 6 \quad F_{ox} = 1 \quad W_{ox} = 6$$

	C <sub>o</sub>	F <sub>o</sub>	W <sub>o</sub>
BAJO	<1,5	<0,25	<1,5
MEDIO	1,5 - 3,0	0,25 - 0,50	1,5 - 3,0
ALTO	3,0 - 4,5	0,50 - 0,75	3,0 - 4,5
MUY ALTO	>4,5	>0,75	>4,5

# Técnicas de apilado



- Escenarios con varios estratos de vegetación
- Continuidad diferente en cada estrato
- Fricción debida a uno, otro o ambos estratos
- Necesario hacer tantos cálculos como estratos
- Combinación de los resultados según casos



# Técnicas de apilado – Cálculo de WUIX



(I) Continuidad y fricción de superficie, no se realiza apilado.



(III) Continuidad de superficie y de copas sin continuidad vertical. El apilado es el máximo valor de ambos.



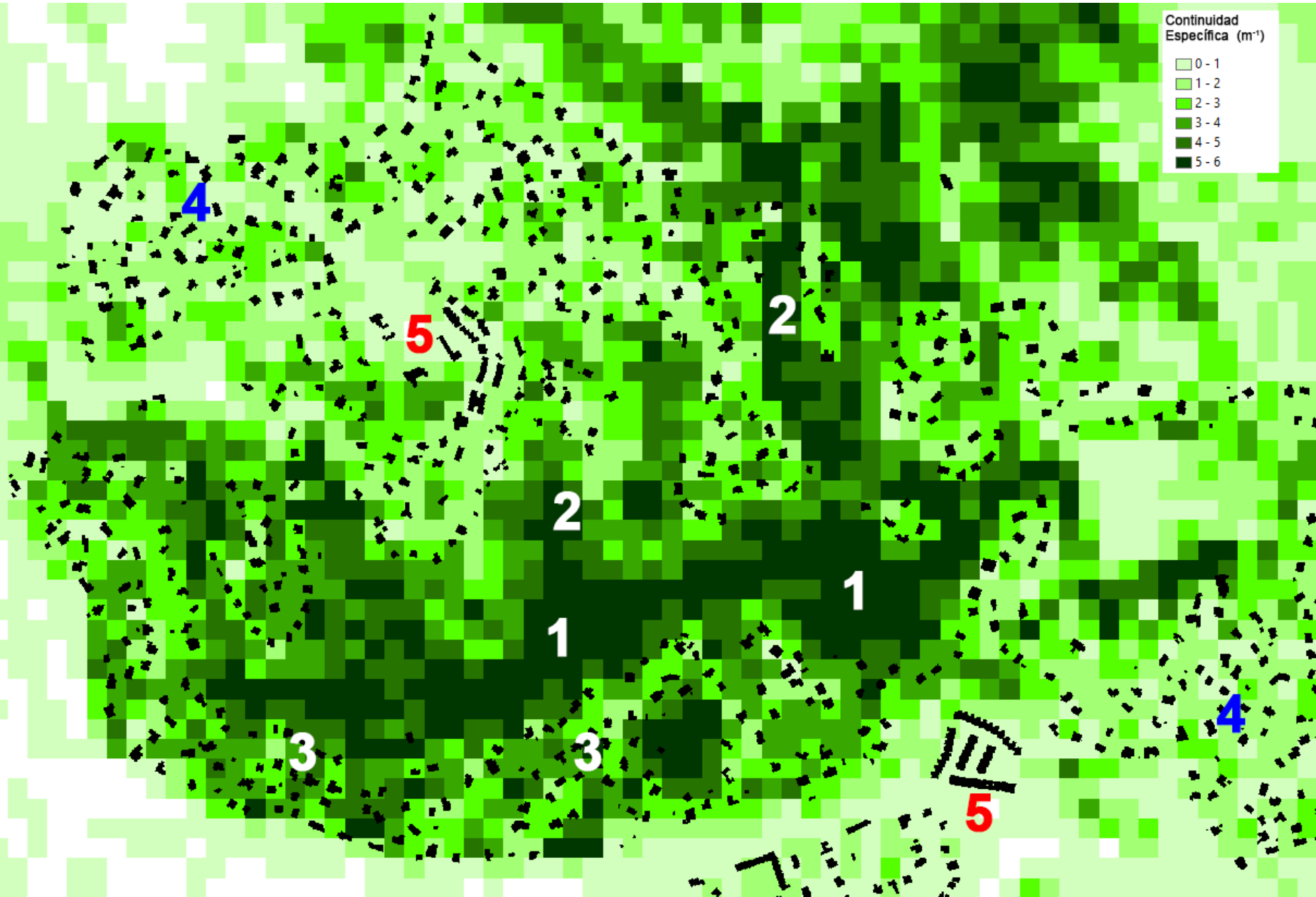
(II) Continuidad y fricción de copas, no se realiza apilado.



(IV) Continuidad de superficie y de copas con continuidad vertical. El apilado es la suma de ambos cálculos.

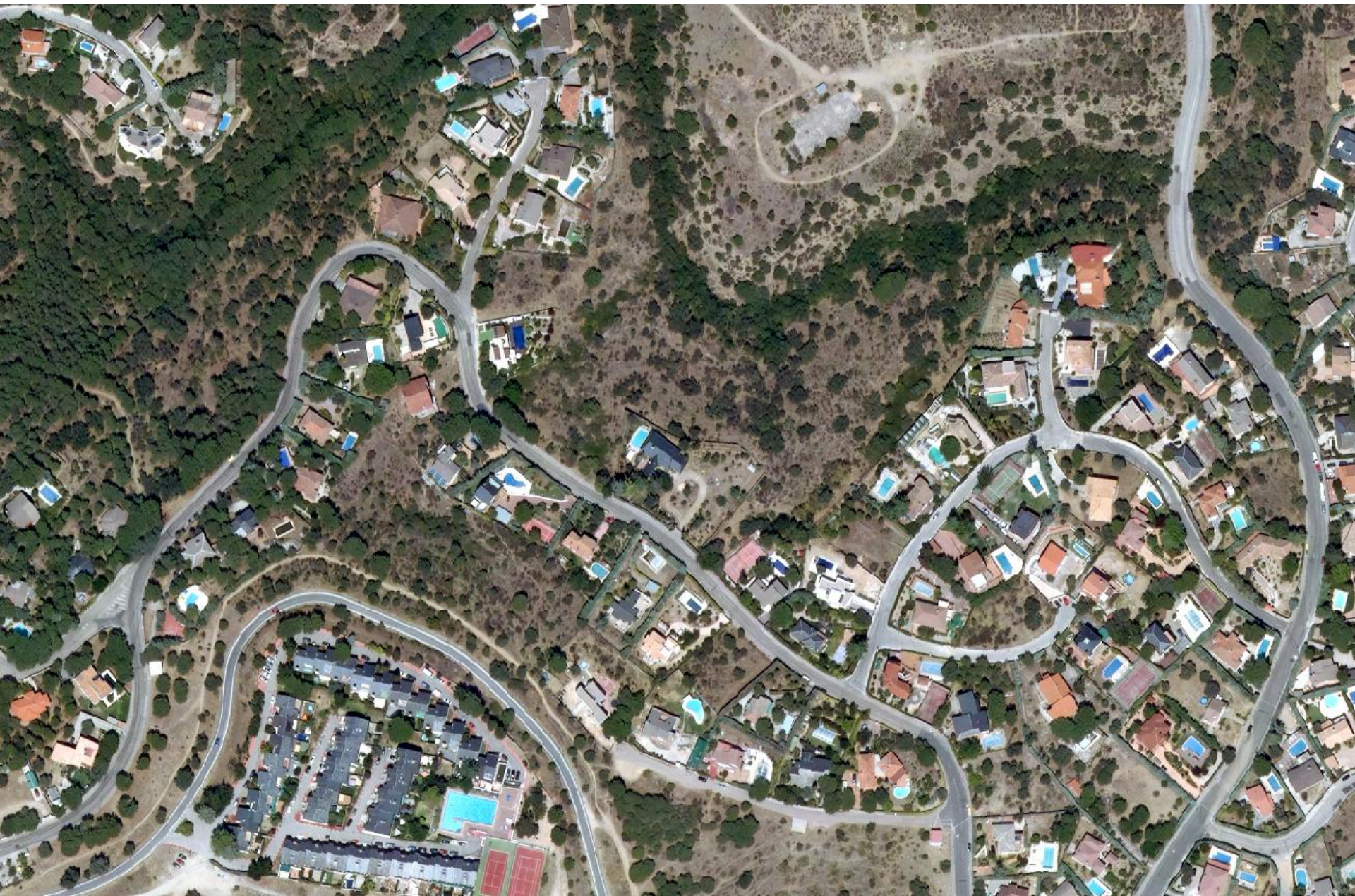
# Interpretación

# Continuidad vegetal



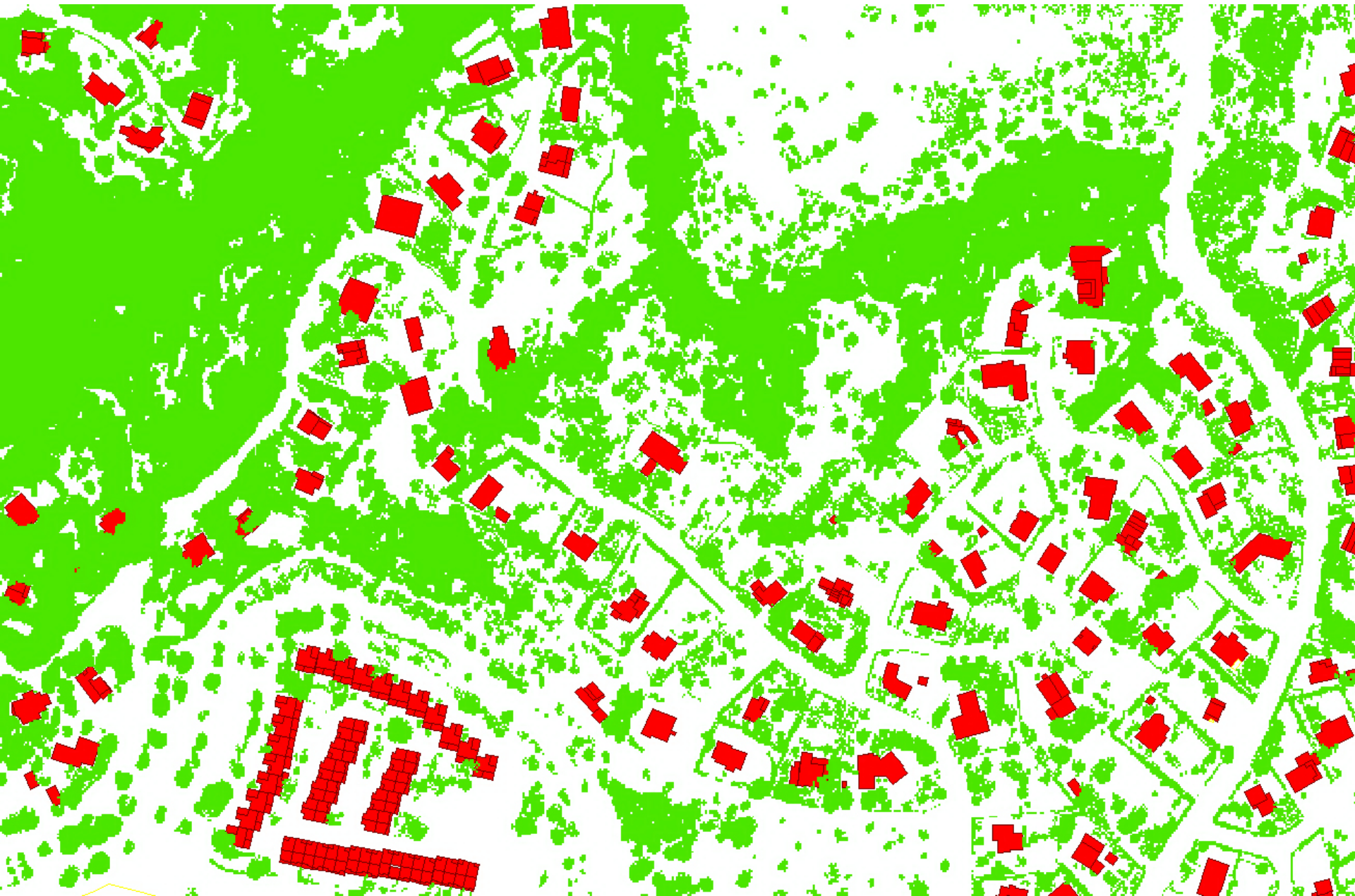


# Continuidad vegetal



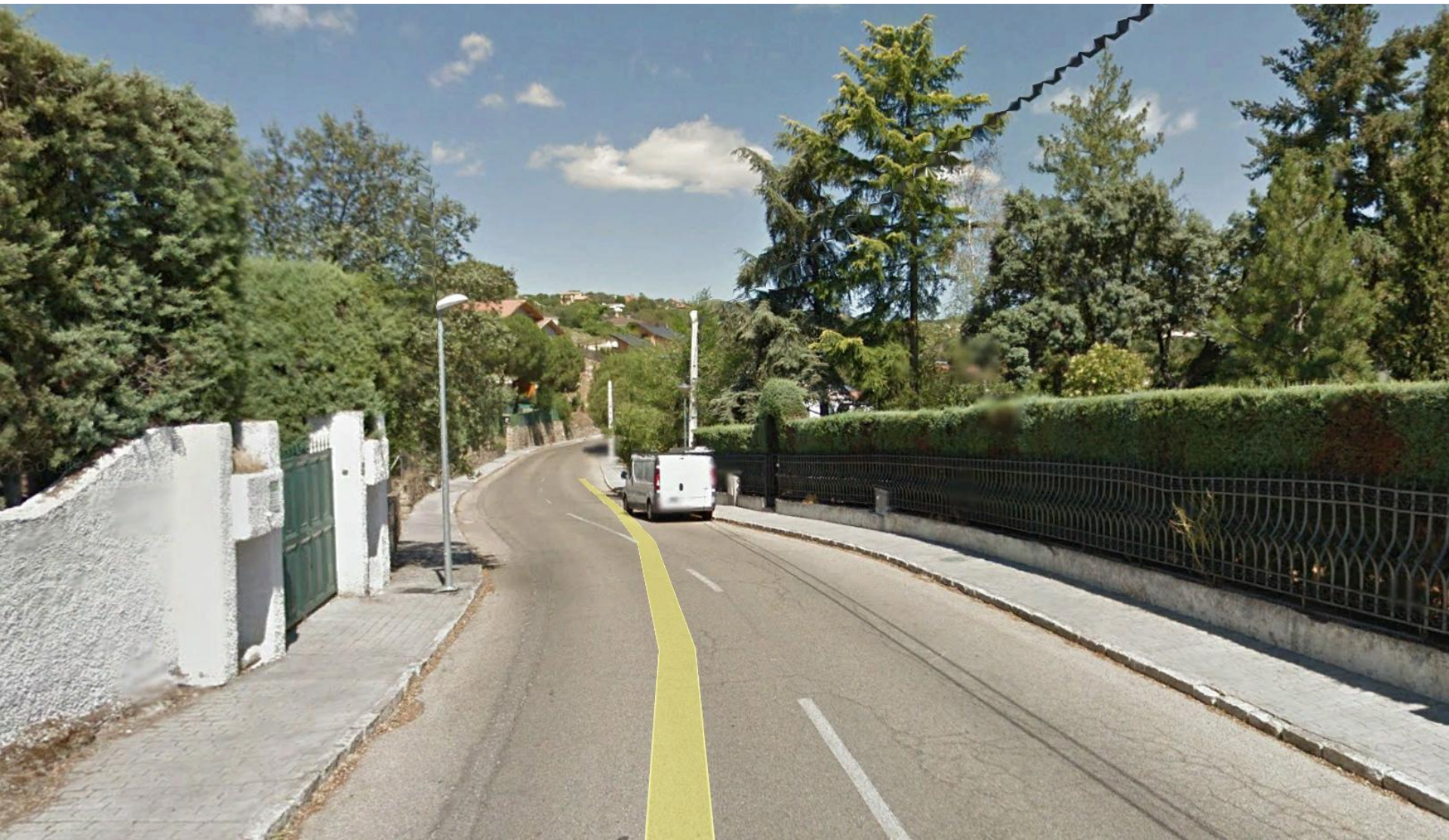


# Continuidad vegetal



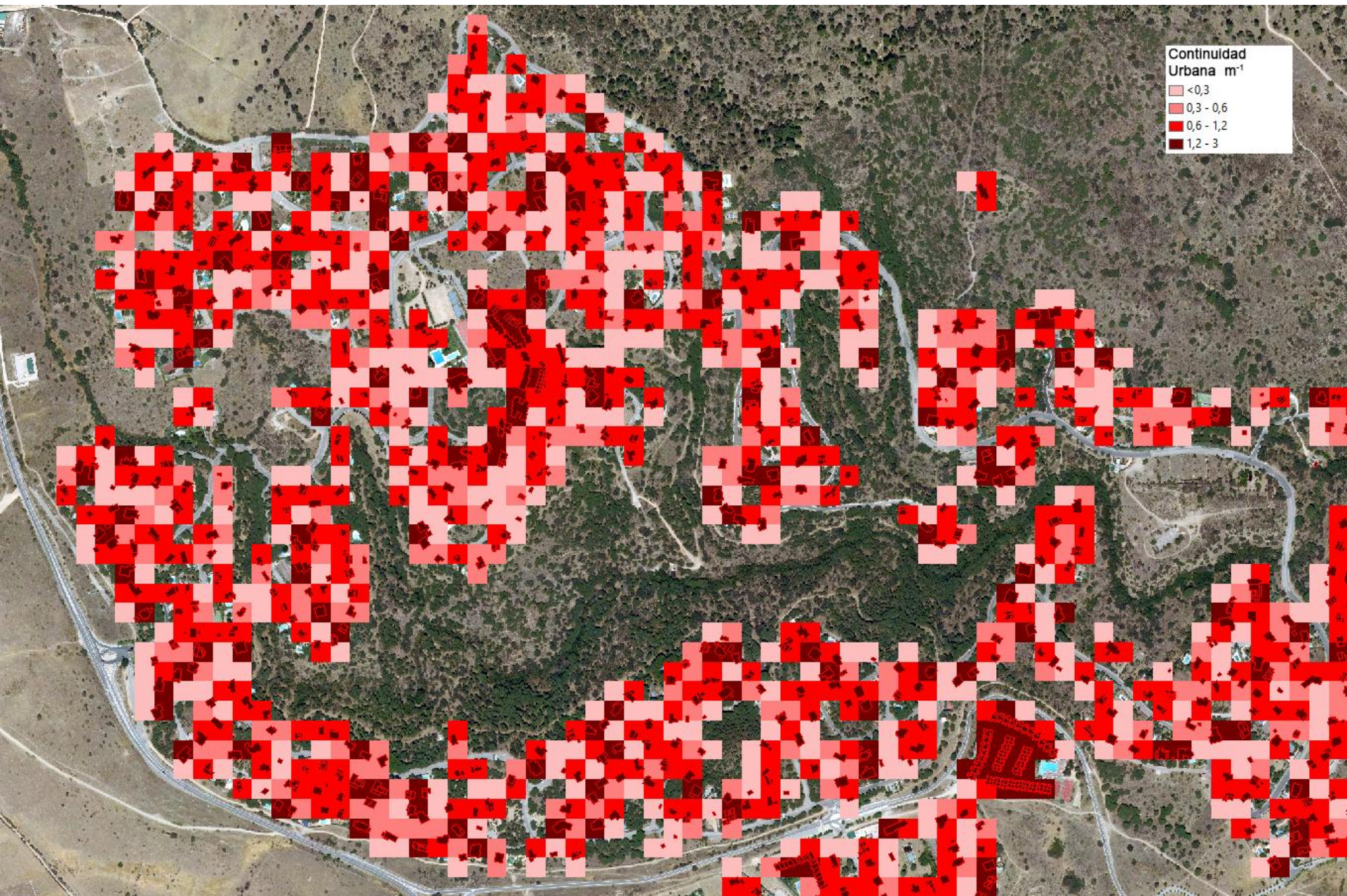


# Continuidad vegetal





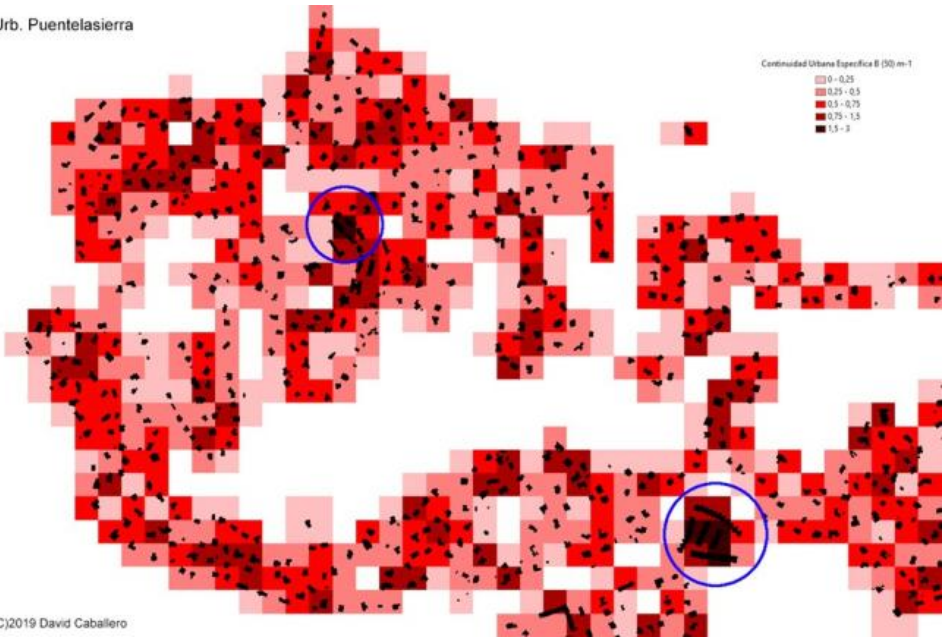
# Continuidad urbana





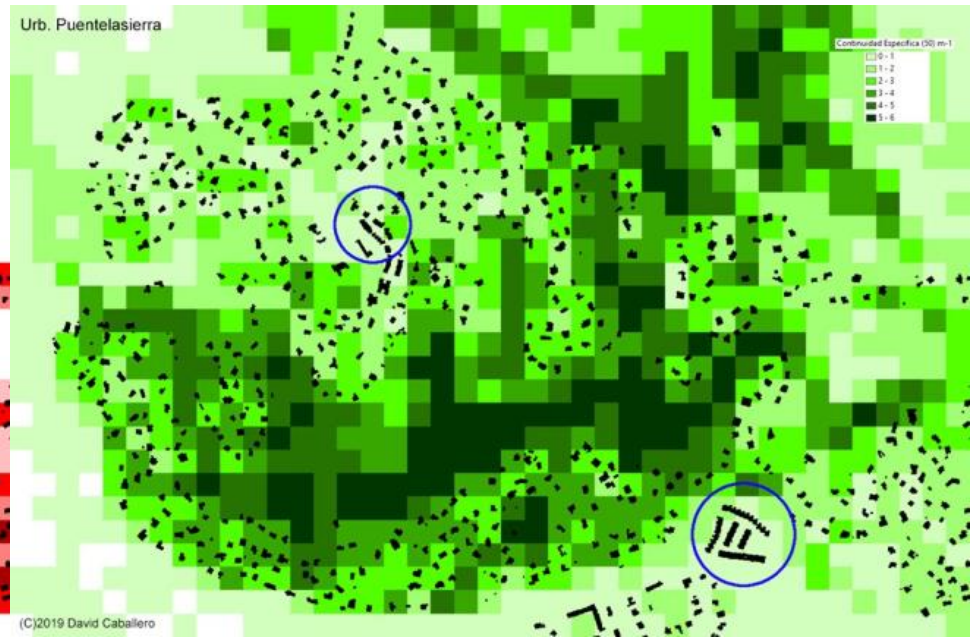
# Continuidad urbana / vegetal

Urb. Puentelasierra



(C)2019 David Caballero

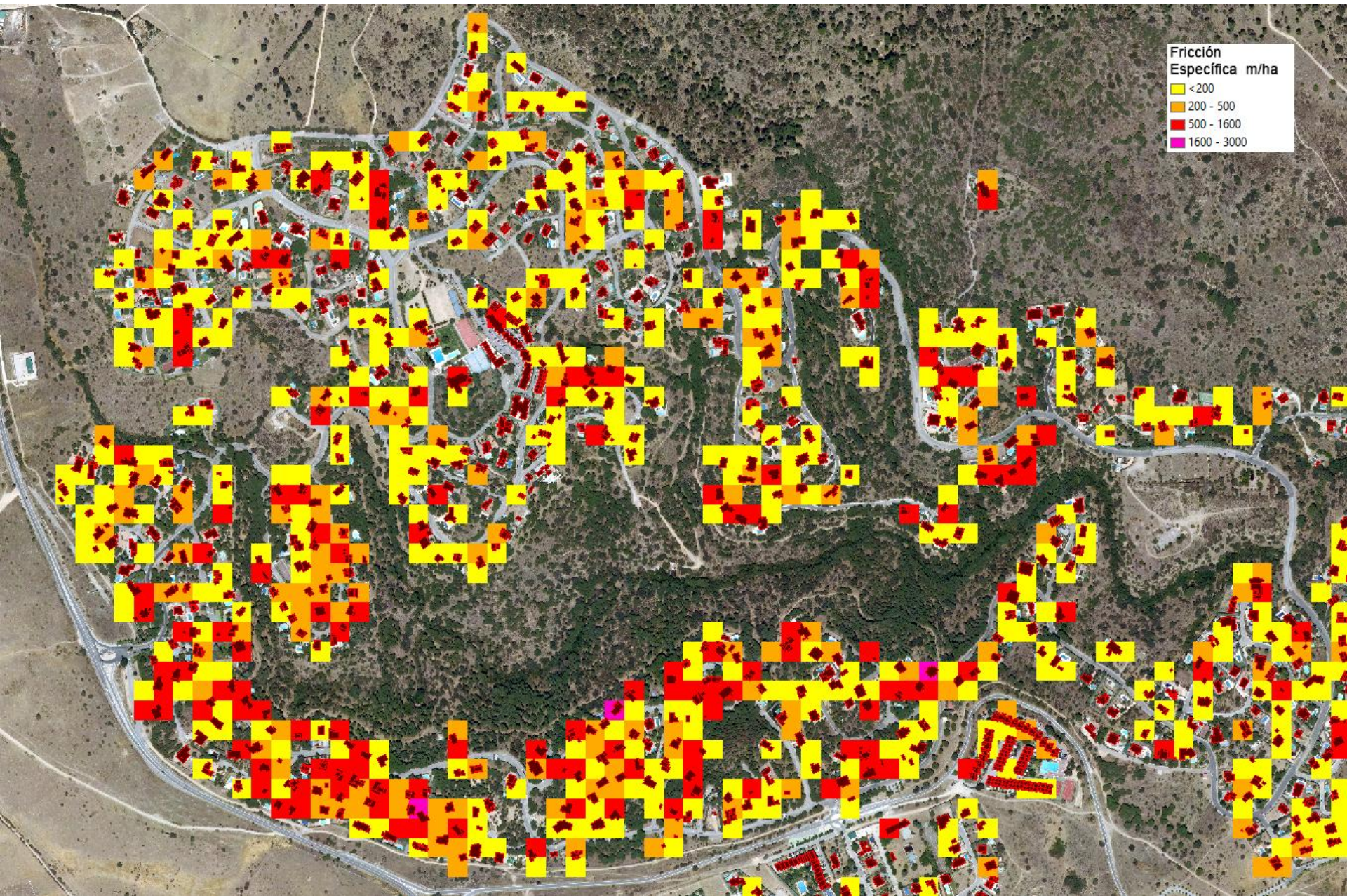
Urb. Puentelasierra



(C)2019 David Caballero



# Fricción



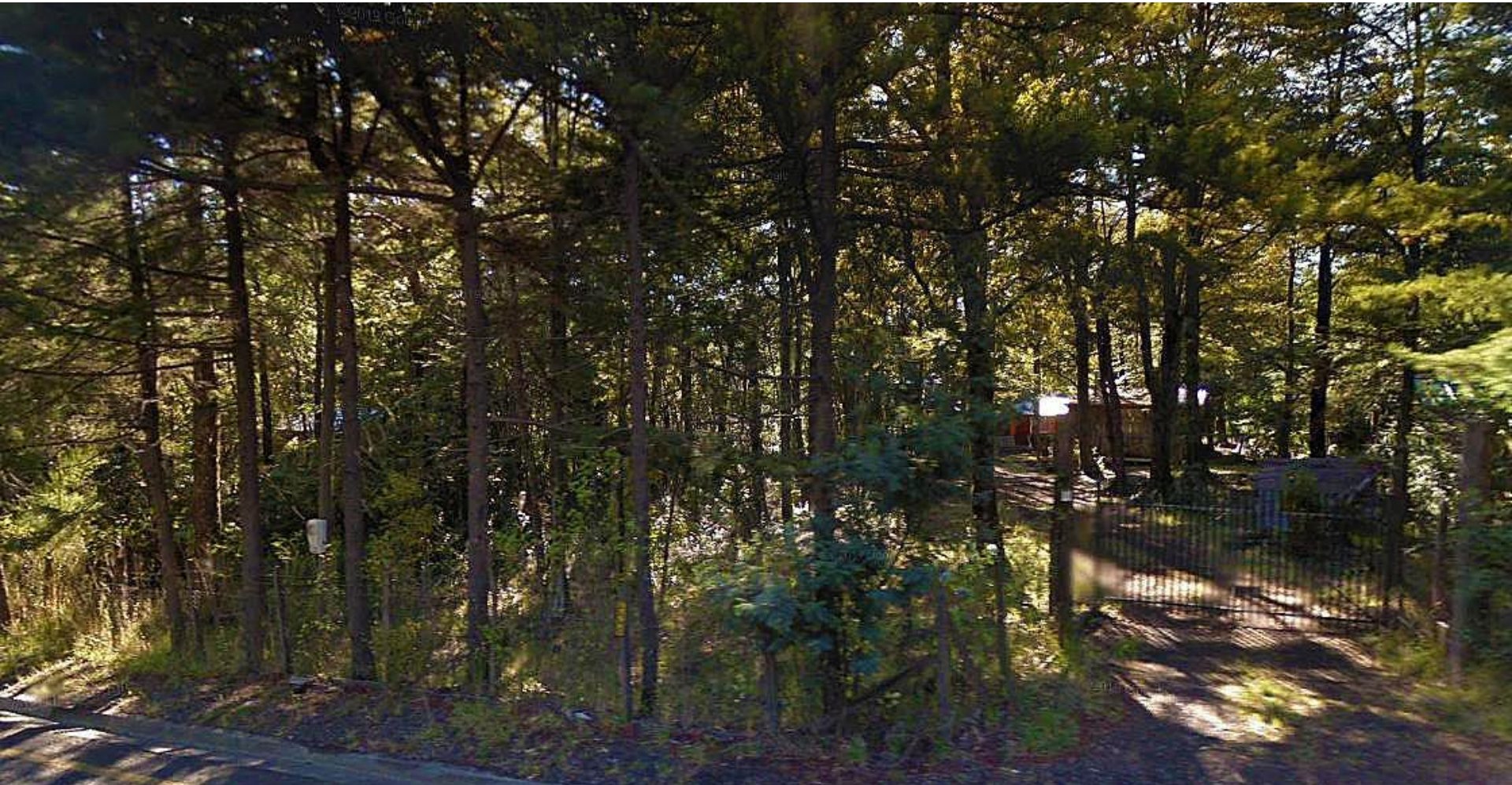


# Fricción



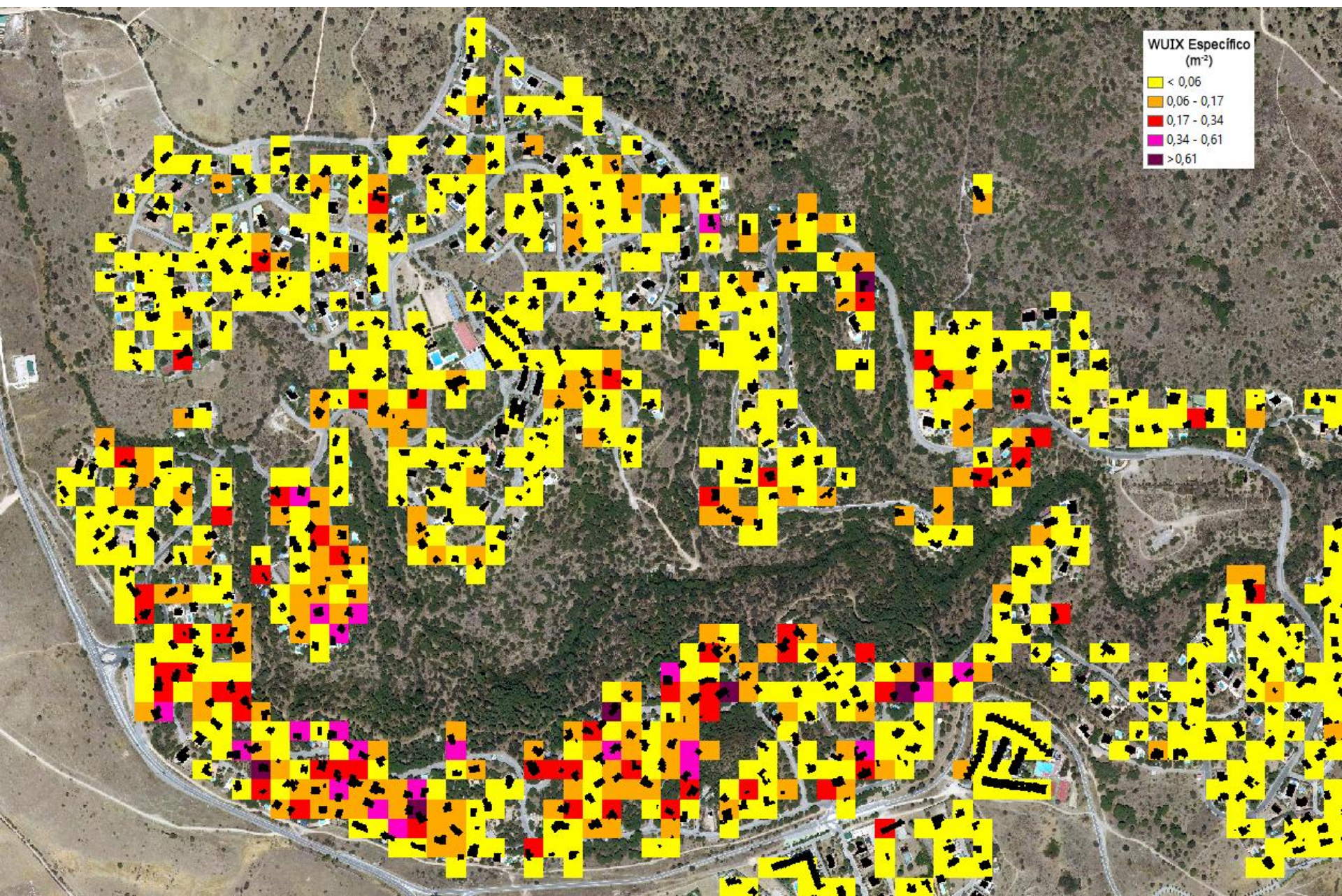


# Fricción





# Índice WUIX

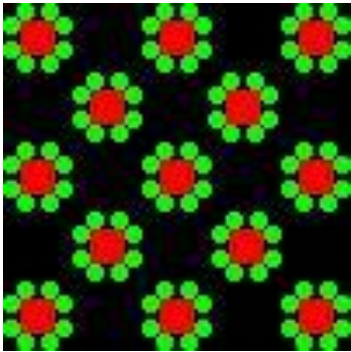
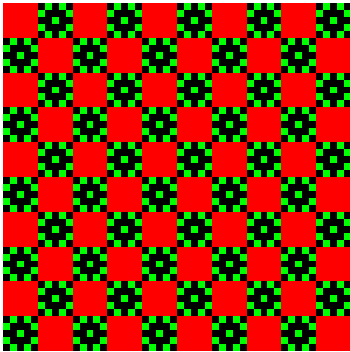
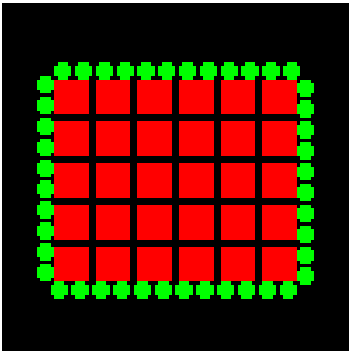
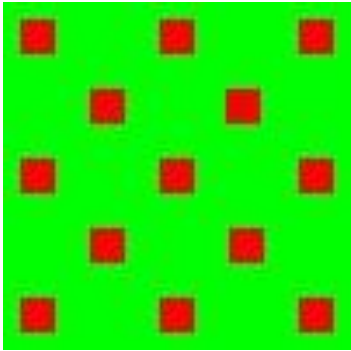
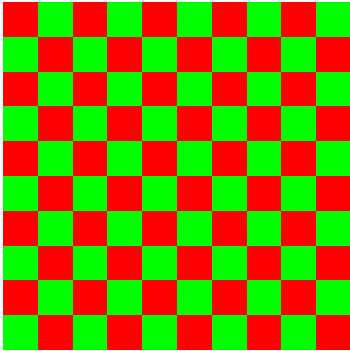
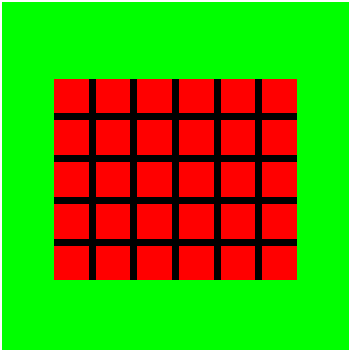




# Índices específicos

- Refieren los cálculos a la superficie de referencia ( $S_g$ )
- Eliminan el efecto de N
- Permite comparar los resultados en el territorio
- Independientes de la resolución  $R_f$  y  $R_g$
- Es la mejor manera de interpretar los componentes de WUIX
- Permiten clasificar las tipologías de interfaz

# Índices específicos - Clasificación

ALTA FRICCIÓN	$U_o$ Bajo	$U_o$ Medio	$U_o$ Alto
$C_o$ Bajo	 <p><b>H1</b> (IIA, IIB, IIIA, IIIB)</p>	 <p><b>H2</b> (IVA, IVB)</p>	 <p><b>H3</b> (VA, VB)</p>
$C_o$ Alto	 <p><b>H4</b> (IID, IIE, IIID, IIIE)</p>	 <p><b>H5</b> (IVD, IVE)</p>	 <p><b>H6</b> (VD, VE)</p>

Verde = vegetación. Rojo = edificaciones. Negro = incombustible. Entre paréntesis las clases de interfaz



# Índices específicos - Clasificación



H6

H2

H4



# Índices específicos - Clasificación





# Índices específicos - Clasificación



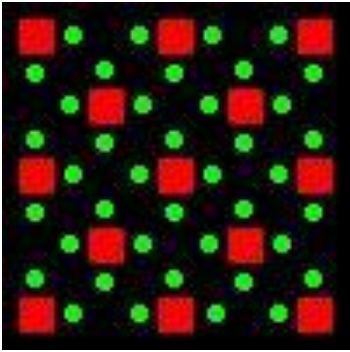
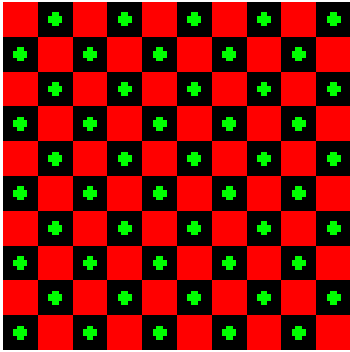
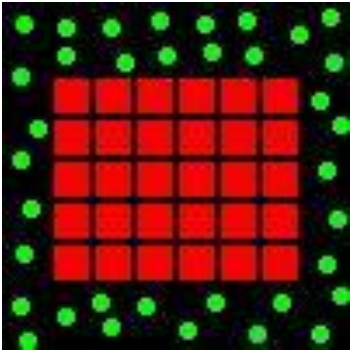
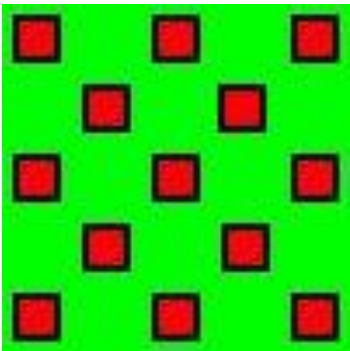
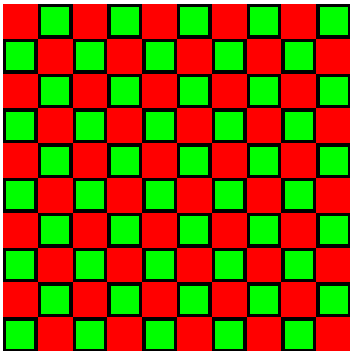
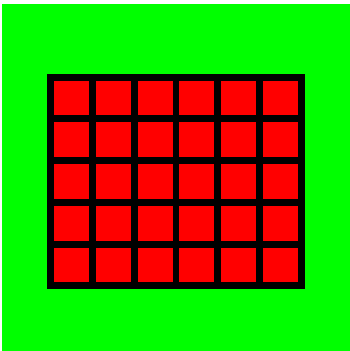


# Índices específicos - Clasificación





# Índices específicos - Clasificación

BAJA FRICCIÓN	$U_o$ Bajo	$U_o$ Medio	$U_o$ Alto
$C_o$ Bajo	 <p data-bbox="484 691 801 768"><b>L1</b> (IIA, IIB, IIIA, IIIB)</p>	 <p data-bbox="993 691 1309 768"><b>L2</b> (IVA, IVB)</p>	 <p data-bbox="1477 691 1794 768"><b>L3</b> (VA, VB)</p>
$C_o$ Alto	 <p data-bbox="484 1135 801 1212"><b>L4</b> (IID, IIE, IIID, IIIE)</p>	 <p data-bbox="993 1135 1309 1212"><b>L5</b> (IVD, IVE)</p>	 <p data-bbox="1477 1135 1794 1212"><b>L6</b> (VD, VE)</p>

Verde = vegetación. Rojo = edificaciones. Negro = incombustible. Entre paréntesis las clases de interfaz

# Clasificación tipificada de situaciones IUF

I	Sin edificar	$U_o = 0$
II	Aislado	$0 < U_o \leq 1,5$
III	Diseminado	$1,5 < U_o \leq 3$
IV	Intermix	$3 < U_o \leq 4,5$
V	Urbano	$U_o > 4,5$

A	Sin vegetación	$C_o = 0$
B	Vegetación rala	$0 < C_o \leq 1,5$
C	Vegetación media	$1,5 < C_o \leq 3$
D	Vegetación densa	$3 < C_o \leq 4,5$
E	Vegetación muy densa	$C_o > 4,5$

n	Cod	Descripción equivalente (1 ha)		n	Cod	Descripción equivalente (1 ha)
1	IA	Vacío		14	IIID	Diseminado con veget. densa
2	IB	Vegetación rala		15	IIIE	Diseminado con veget. muy densa
3	IC	Vegetación media		16	IVIA	Intermix (sin vegetación)
4	ID	Vegetación densa		17	IVB	Intermix con veget. rala
5	IE	Vegetación muy densa		18	IVC	Intermix con veget. media
6	IIA	Aislado (sin vegetación)		19	IVD	Intermix con veget. densa
7	IIB	Aislado con veget. rala		20	IVE	Intermix con veget. muy densa
8	IIC	Aislado con veget. media		21	VA	Urbano (sin vegetación)
9	IID	Aislado con veget. densa		22	VB	Urbano con veget. rala
10	IIE	Aislado con veget. muy densa		23	VC	Urbano con veget. media
11	IIIA	Diseminado (sin vegetación)		24	VD	Urbano con veget. densa
12	IIIB	Diseminado con veget. rala		25	VE	Urbano con veget. muy densa
13	IIIC	Diseminado con veget. media				

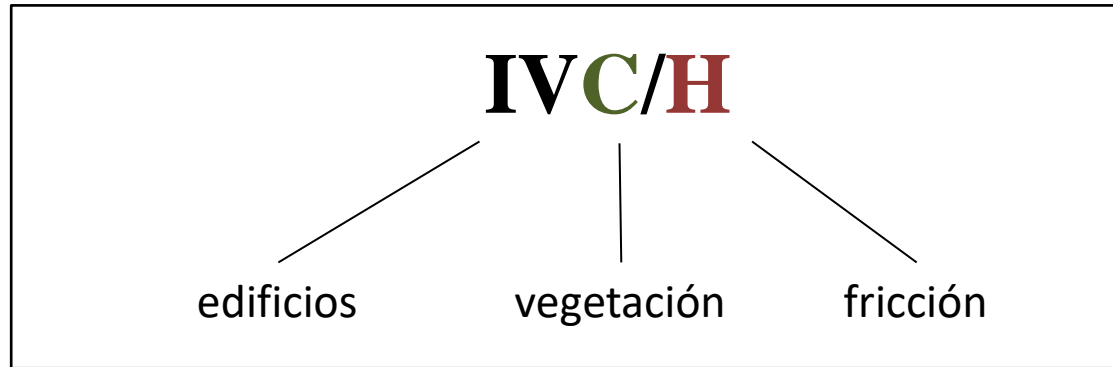


# Clasificación tipificada de situaciones IUF

Bajo (**L**) si  $F_o < 0,25$

Medio (**M**) si  $0,25 \leq F_o \leq 0,5$

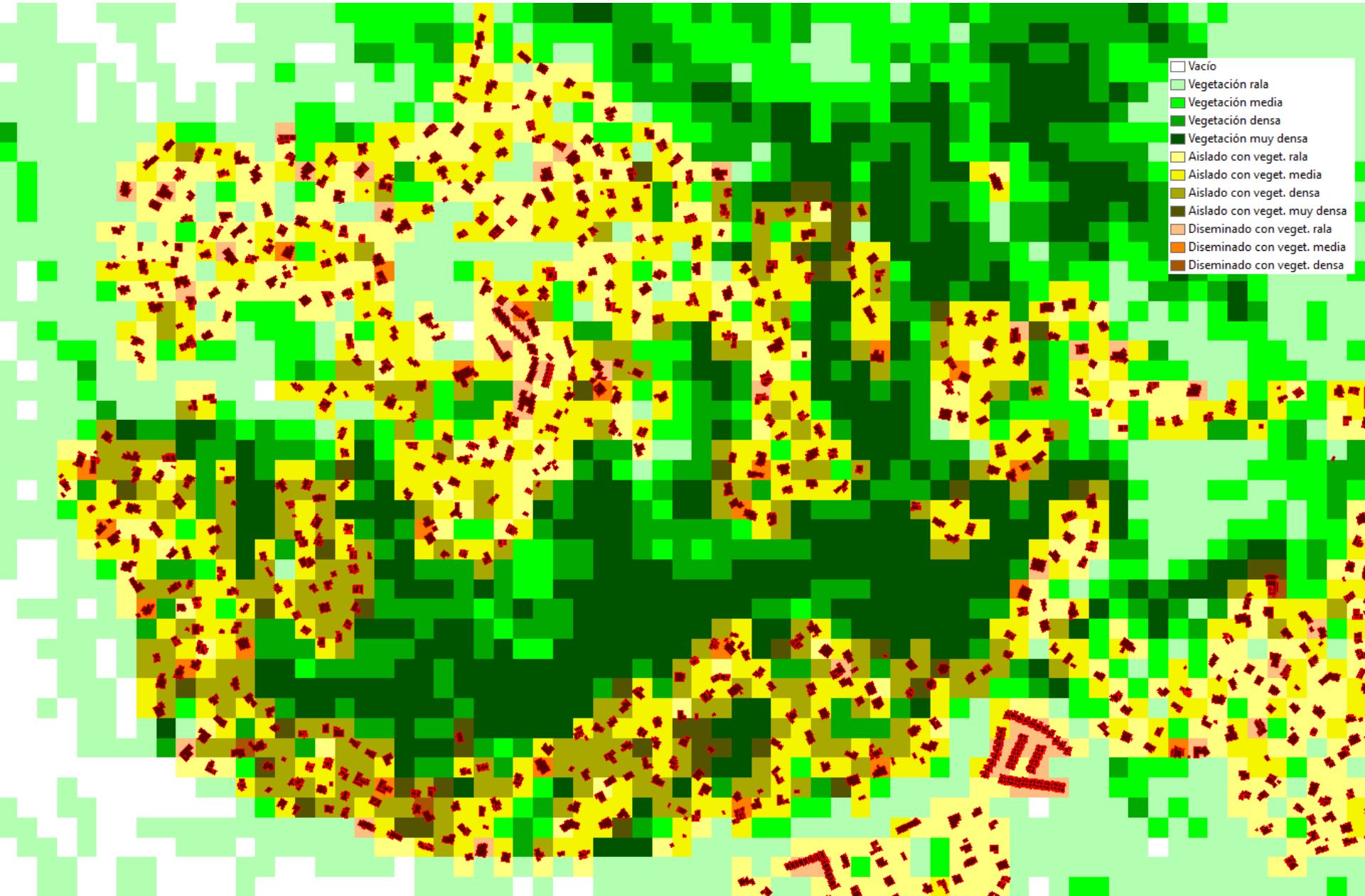
Alto (**H**) si  $F_o > 0,5$



Códigos de color

	n	Cod	R	G	B		n	Cod	R	G	B
	1	IA	255	255	255		14	IIID	168	84	0
	2	IB	178	255	178		15	IIIE	84	42	0
	3	IC	0	255	0		16	IVA	84	0	0
	4	ID	0	168	0		17	IVB	168	0	0
	5	IE	0	84	0		18	IVC	255	0	0
	6	IIA	255	255	178		19	IVD	255	128	128
	7	IIB	255	255	128		20	IVE	255	178	178
	8	IIC	255	255	0		21	VA	84	0	84
	9	IID	168	168	0		22	VB	168	0	168
	10	IIE	84	84	0		23	VC	255	0	255
	11	IIIA	255	217	178		24	VD	255	128	255
	12	IIIB	255	191	128		25	VE	255	178	255
	13	IIIC	255	127	0						

# Clasificación tipificada de situaciones IUF





# Algunas limitaciones

# Calidad de los datos de entrada - Catastro

Descuadres con la ortofoto





# Calidad de los datos de entrada - Catastro

Viviendas sin croquis





# Calidad de los datos de entrada - Catastro

Croquis sin viviendas





# Calidad de los datos de entrada - LiDAR

1º y 2º retornos, clases 4 y 5 (verde) y 6 (rojo) - SITNA





# Calidad de los datos de entrada - LiDAR

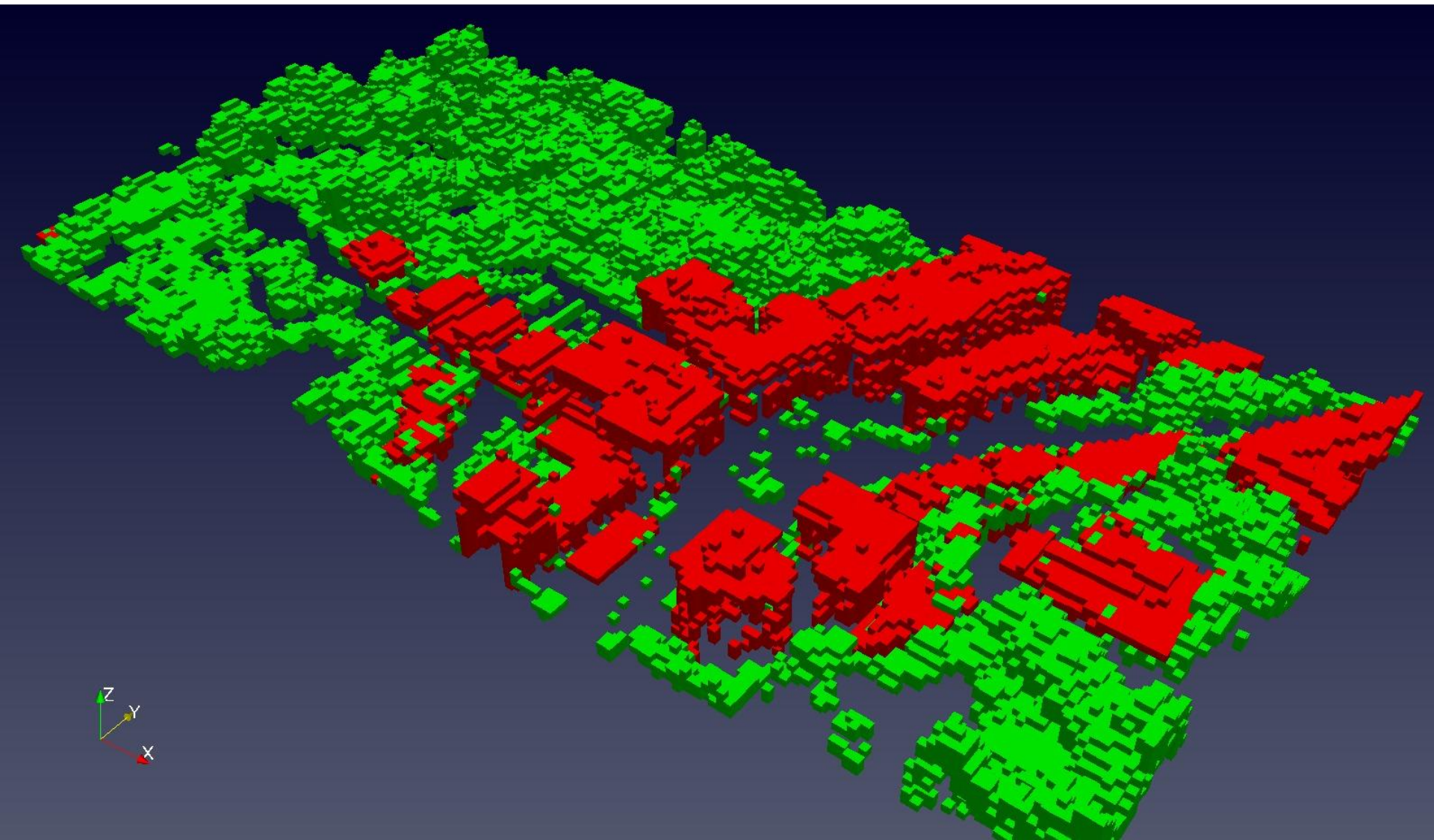
Segmentación 2D (2m) – LAS Tools





# Calidad de los datos de entrada - LiDAR

Segmentación 3D (2m)





# Calidad de los datos de entrada - LiDAR

Errores de clasificación (clases 4 y 5)

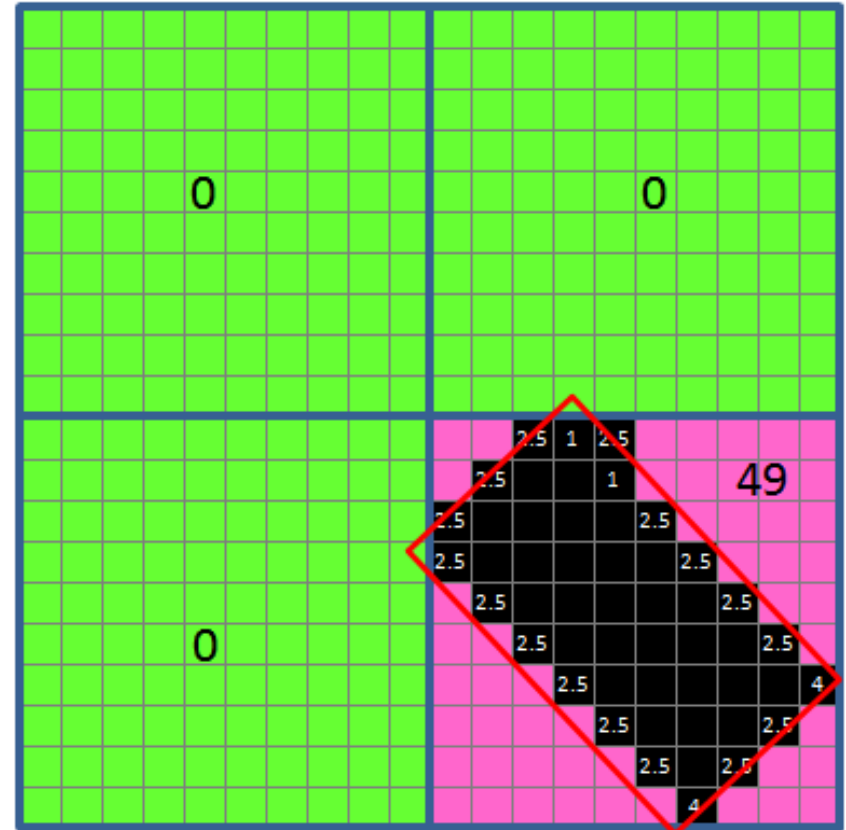
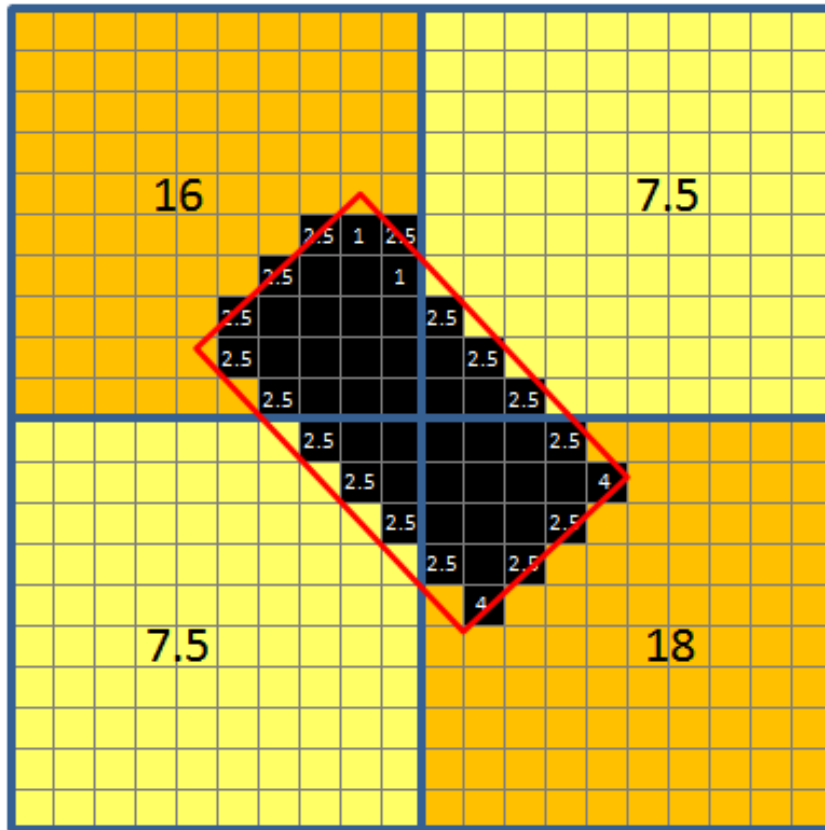






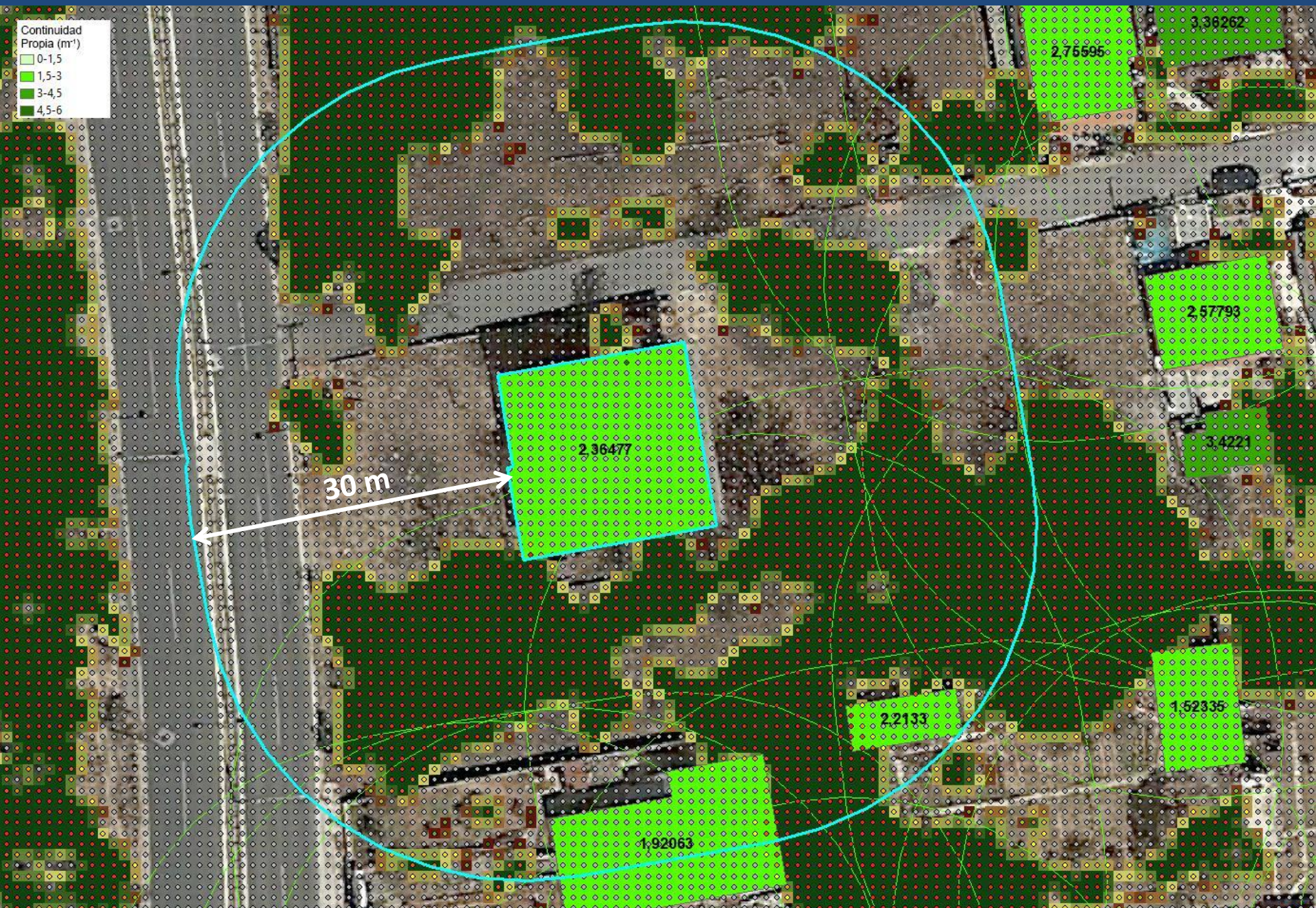
# Posición relativa en las mallas

$$R_f=1 \quad R_g=10 \quad N=10 \quad \sum f_i=49$$



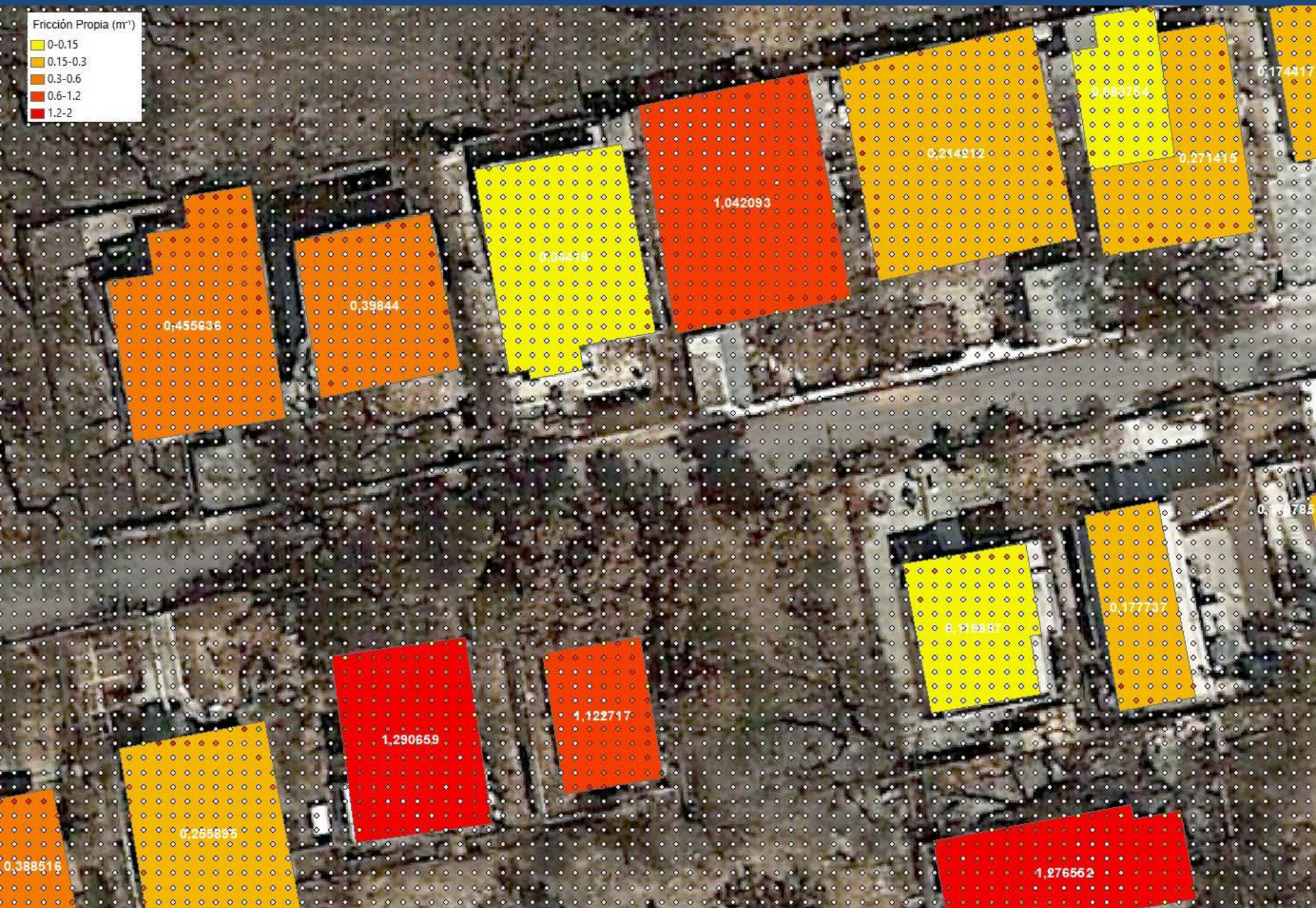


# Análisis orientado a viviendas





# Análisis orientado a viviendas





# Limitaciones

- Geometría rígida malla cuadrada, taxigeometría
- No incorpora otros elementos combustibles en la continuidad
- No realiza un análisis tridimensional de la topología
- Fricción geométrica, sin efecto de viento o topografía
- No se consideran áreas de fricción (aproximación lineal)
- No considera factores y procesos en la combustión cercana
- No incorpora el factor forma (solo la distancia)

Gracias por la atención

[davidcaballero@europe.com](mailto:davidcaballero@europe.com)