

ANNEX 1

Càlculs estadístics de diàmetres i longituds de les mostres 1, 2, 3 i 4

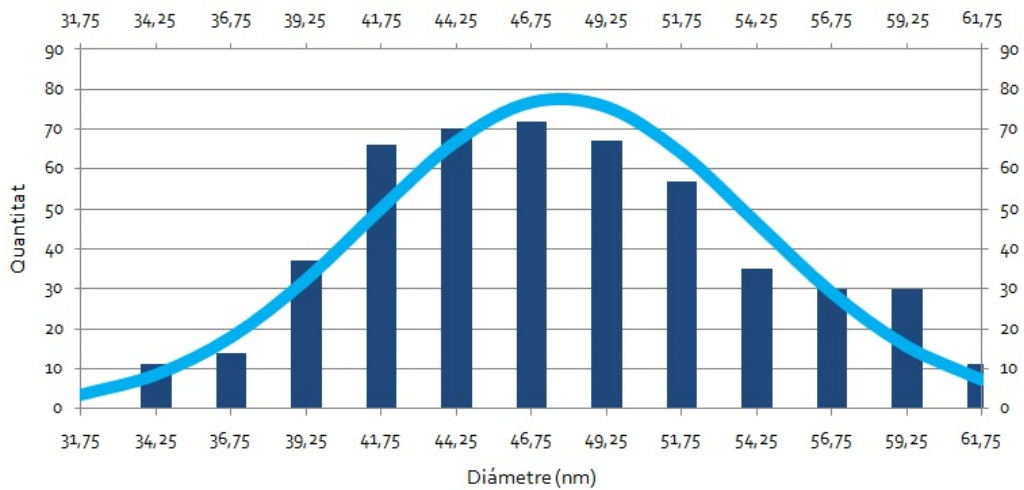
Longituds

Parámetro	Mostra 1	Mostra 2	Mostra 3 a	Mostra 3 b	Mostra 4
Media	2,98	0,17	1,65	0,31	2,74
Error estándar	0,14	0,01	0,09	0,02	0,14
Mediana	2,68	0,16	1,45	0,30	2,51
Desviación estándar	0,99	0,05	0,65	0,12	1,02
Varianza	0,97	0,00	0,43	0,01	1,05
Kurtosis	1,62	2,27	2,30	2,10	1,13
Asimetría	1,23	1,27	1,47	1,08	1,20
Rango	4,67	0,24	3,12	0,61	4,45
Mínimo	1,47	0,08	0,87	0,12	1,53
Máximo	6,14	0,32	3,99	0,73	5,98
Suma	148,78	8,39	82,49	15,42	137,02
Nº observaciones	50,00	50,00	50,00	50,00	50

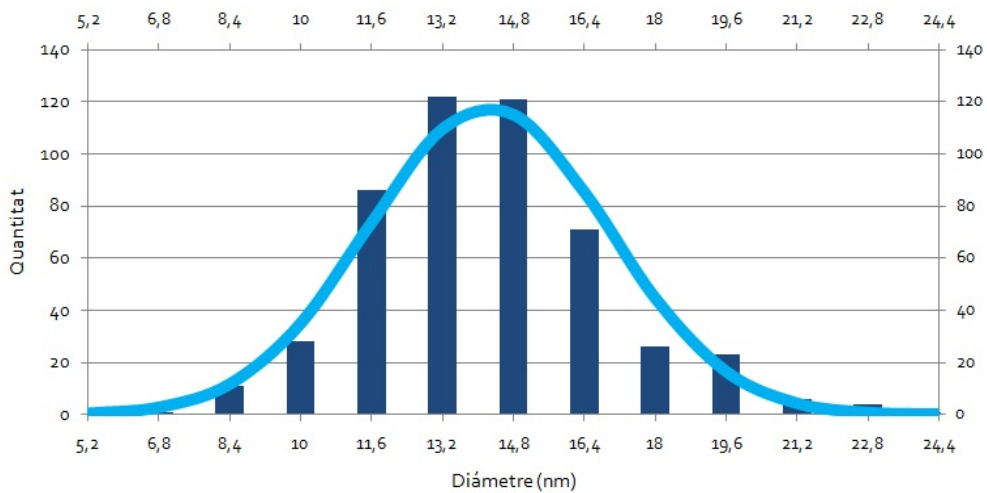
Diàmetres

Parámetro	Mostra 1	Mostra 2	Mostra 3 a	Mostra 3 b	Mostra 4
Media	47,76	14,22	92,82	20,79	29,79
Error estándar	0,29	0,12	1,29	0,33	0,54
Mediana	47,32	14,09	88,17	20,65	28,31
Moda	44,79	13,17	81,06	22,38	26,64
Desviación estándar	6,42	2,71	22,33	6,22	12,10
Varianza	41,19	7,35	498,47	38,68	146,45
Kurtosis	-0,60	0,75	0,12	0,24	2,38
Asimetría	0,19	0,54	0,66	0,49	1,05
Rango	28,34	18,02	112,93	34,30	78,45
Mínimo	33,95	6,43	51,86	8,82	6,61
Máximo	62,29	24,45	164,79	43,12	85,06
Nº observaciones	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
Intervalo	2,50	1,60	9,50	3,00	6,60
Paso	1,25	0,80	4,75	1,50	3,30
Nivell de confiança 68,26%	41,34 54,18	11,51 16,94	70,49 115,14	14,57 27,01	17,68 41,89
Nivell de confiança 95,44%	34,92 60,60	8,80 19,65	48,16 137,47	8,35 33,23	5,58 53,99
Nivell de confiança 99,74%	28,51 67,01	6,09 22,36	25,84 159,80	2,13 39,45	0,00 66,09

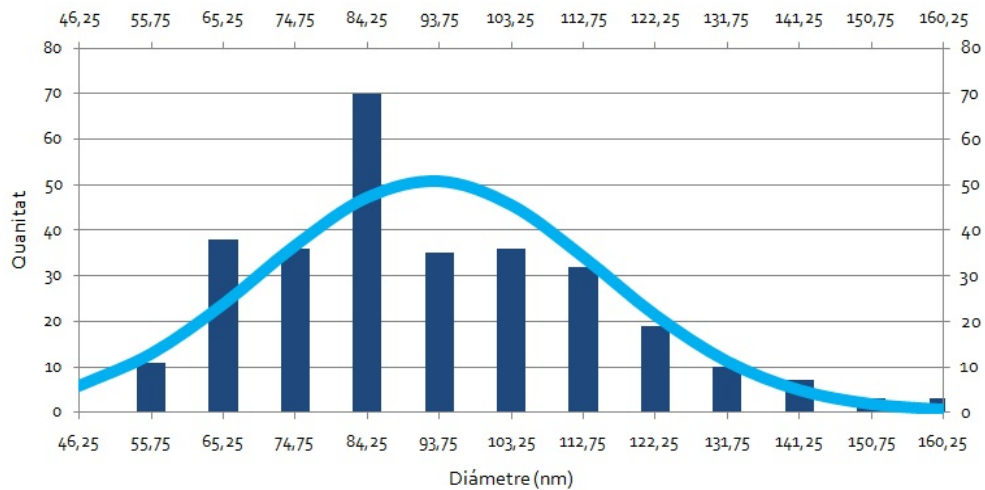
Distribució normal dels diàmetres de la mostra 1



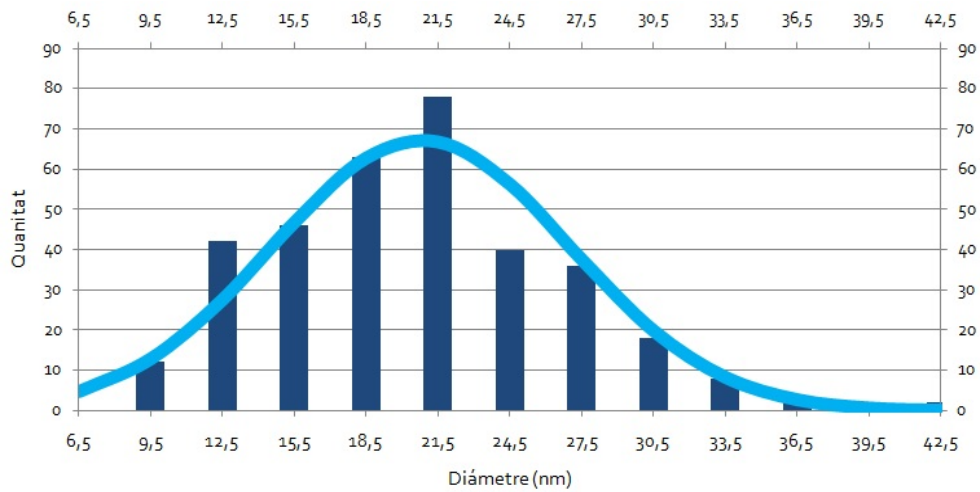
Distribució normal dels diàmetres de la mostra 2



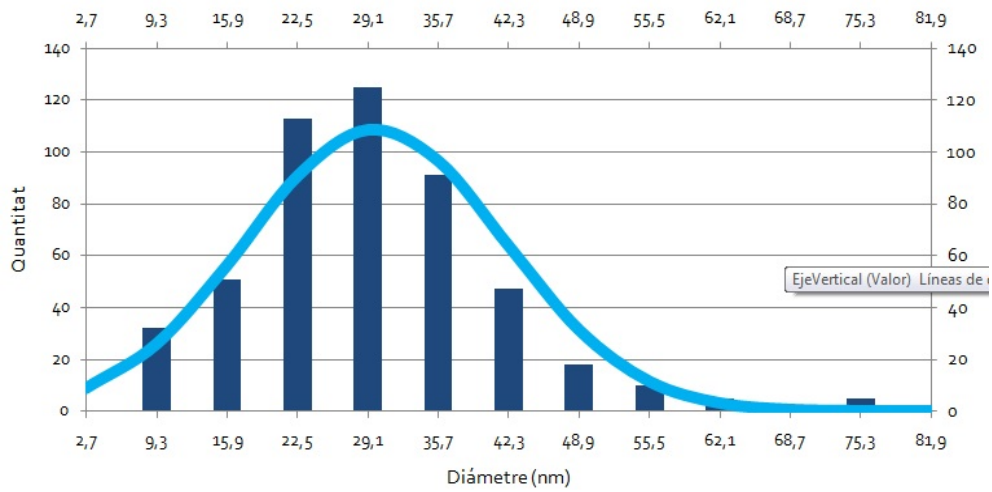
Distribució normal dels diàmetres de la mostra 3a



Distribució normal dels diàmetres de la mostra 3b



Distribució normal dels diàmetres de la mostra 4



ANNEX 2

Càlculs estadístics de diàmetres i longituds de les mostres sintetitzades amb un camp magnètic

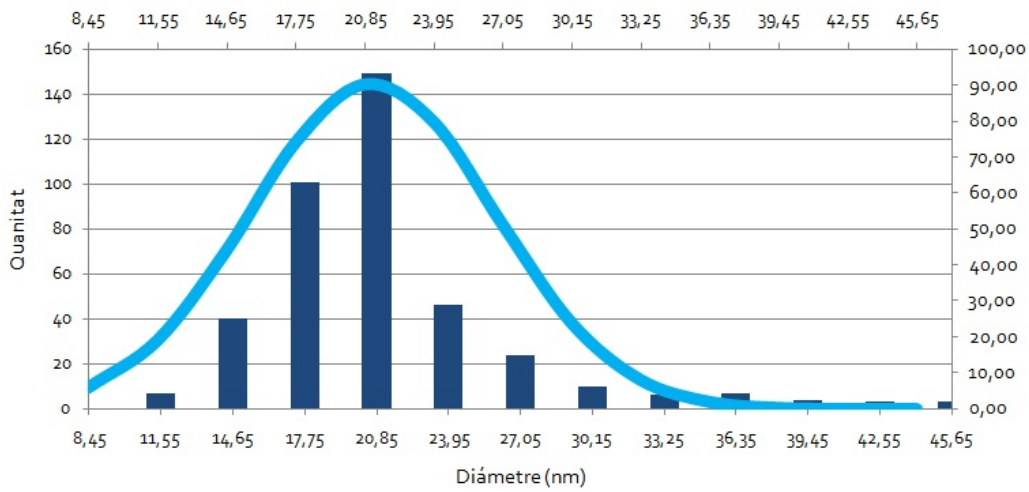
Longituds

Paràmetre	500°C	600°C 2h	600°C 4h	600°C 6h	700°C
Media	0,25	4,67	2,97	3,86	0,91
Error típic	0,03	0,33	0,13	0,50	0,07
Mediana	0,23	4,02	2,76	2,82	0,88
Desviación estándar	0,13	2,21	0,91	2,62	0,33
Varianza de la muestra	0,02	4,90	0,82	6,88	0,11
Curtosis	4,06	-0,37	0,14	1,79	0,50
Coefficiente de asimetría	1,91	0,81	0,63	1,59	0,88
Rango	0,59	8,24	4,23	9,92	1,26
Mínimo	0,07	1,87	1,42	1,20	0,38
Máximo	0,66	10,11	5,64	11,13	1,64
Cuenta	50,00	50,00	50,00	28,00	50,00

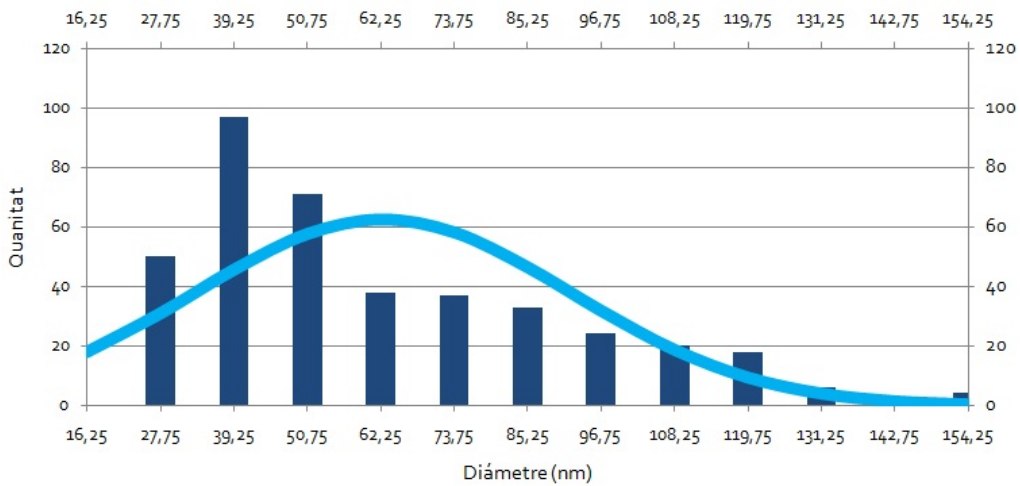
Diàmetres

Paràmetre	500°C	600°C 2h	600°C 4h	600°C 6h	700°C
Media	21,21	62,59	103,98	68,12	21,21
Error estándar	0,27	1,47	2,29	1,34	0,27
Mediana	20,29	52,59	95,67	66,77	20,29
Moda	18,89	36,19	62,71	32,98	18,89
Desviación estándar	5,48	29,42	45,75	26,76	5,48
Varianza	30,04	865,39	2093,47	715,84	30,04
Kurtosis	4,45	0,11	0,23	0,46	4,45
Asimetría	1,77	0,93	0,74	0,67	1,77
Rango	37,08	135,07	253,98	151,98	37,08
Mínimo	10,01	22,98	18,88	13,60	10,01
Máximo	47,10	158,04	272,86	165,58	47,10
Nº observaciones	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
Intervalo	3,10	11,50	21,25	12,75	3,10
Paso	1,55	5,75	10,63	6,38	1,55

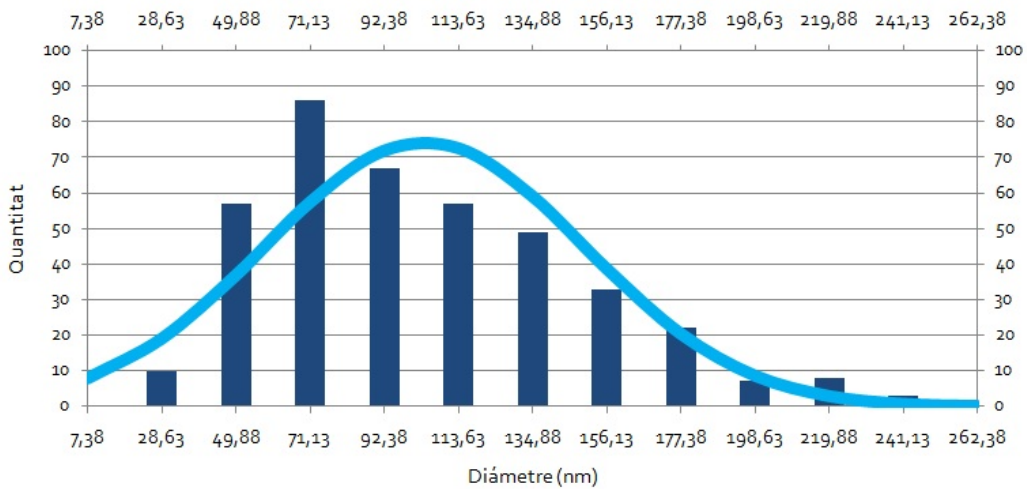
Distribució normal dels diàmetres de la mostra a 500°C



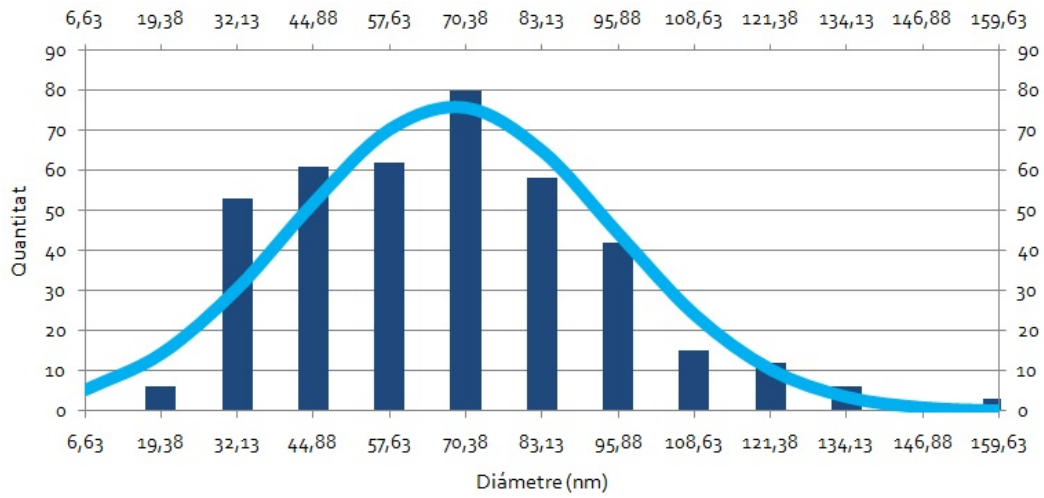
Distribució normal dels diàmetres de la mostra a 600°C i 2 h



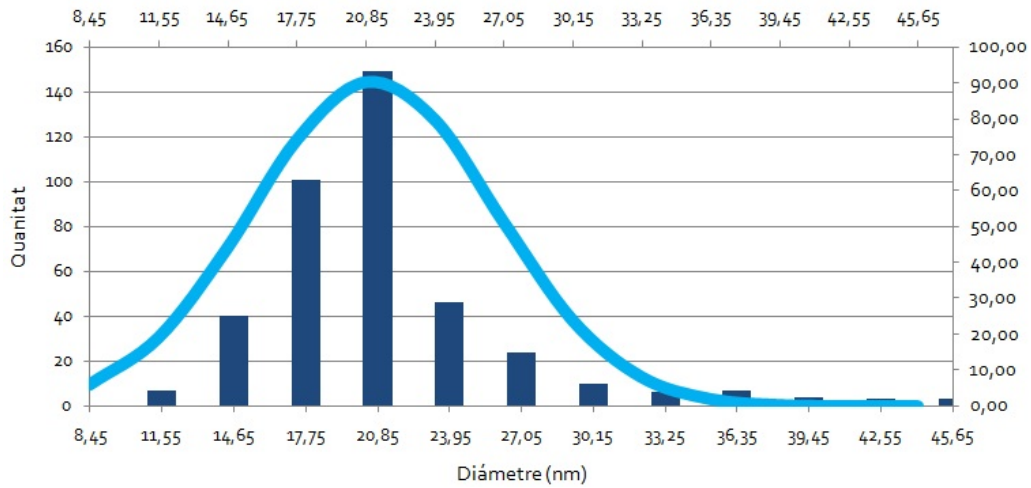
Distribució normal dels diàmetres de la mostra a 600°C i 4 h



Distribució normal dels diàmetres de la mostra a 600°C i 6 h

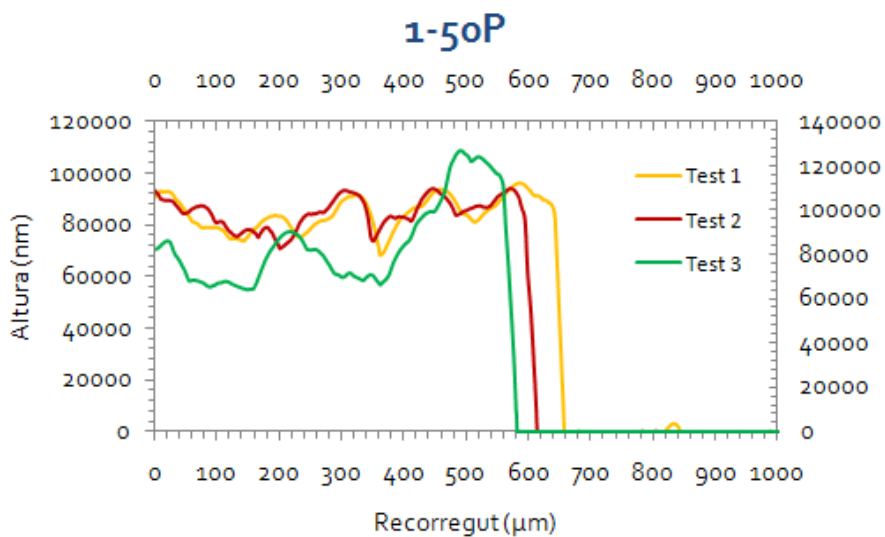
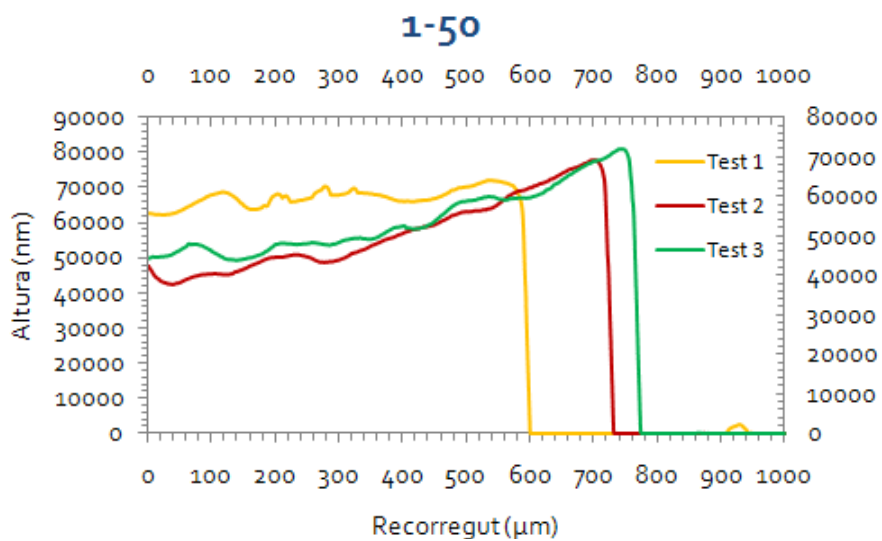
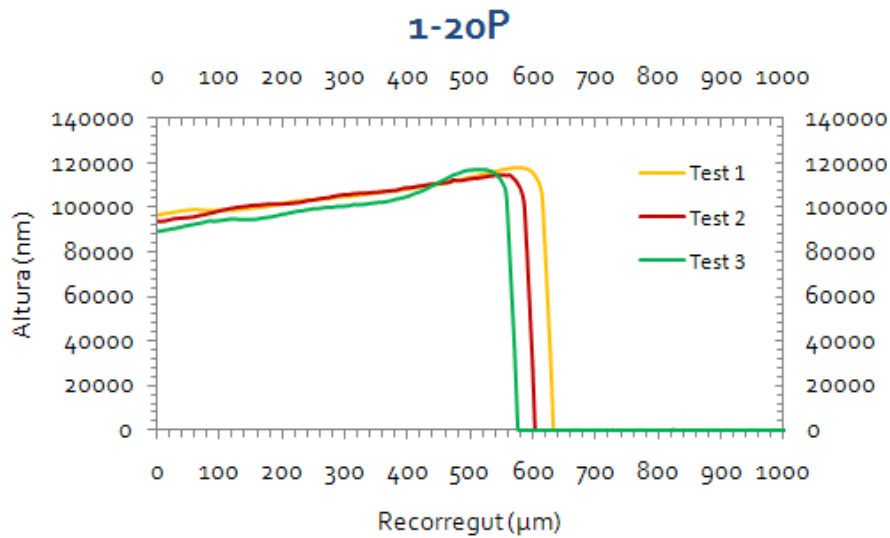


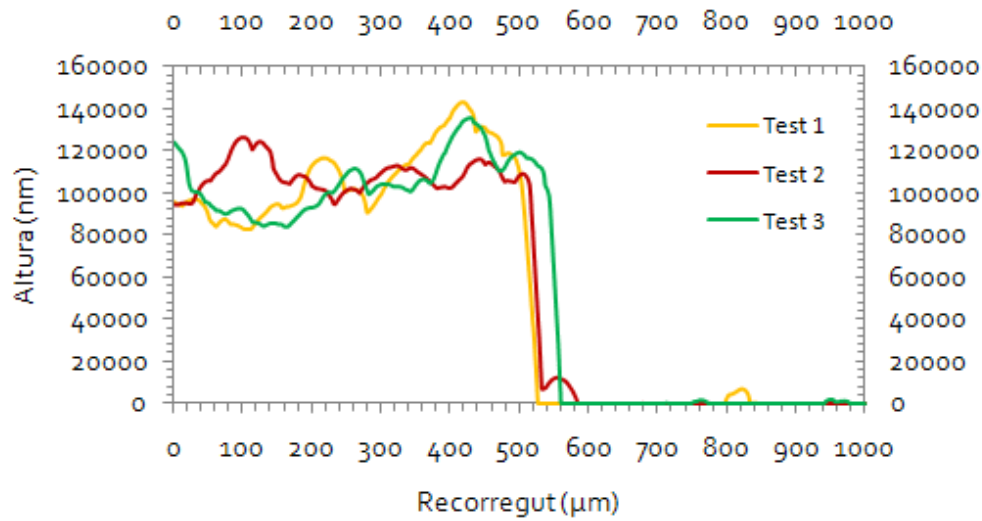
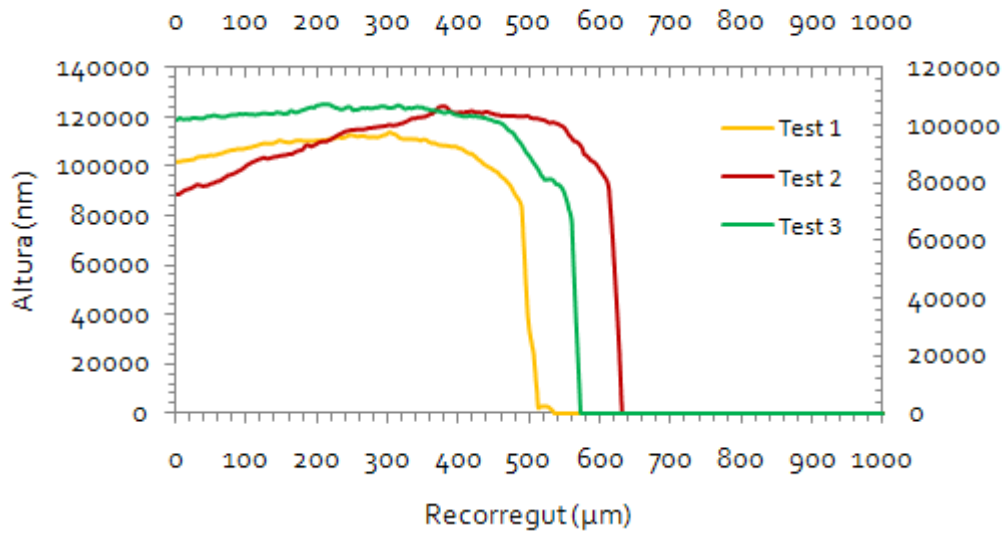
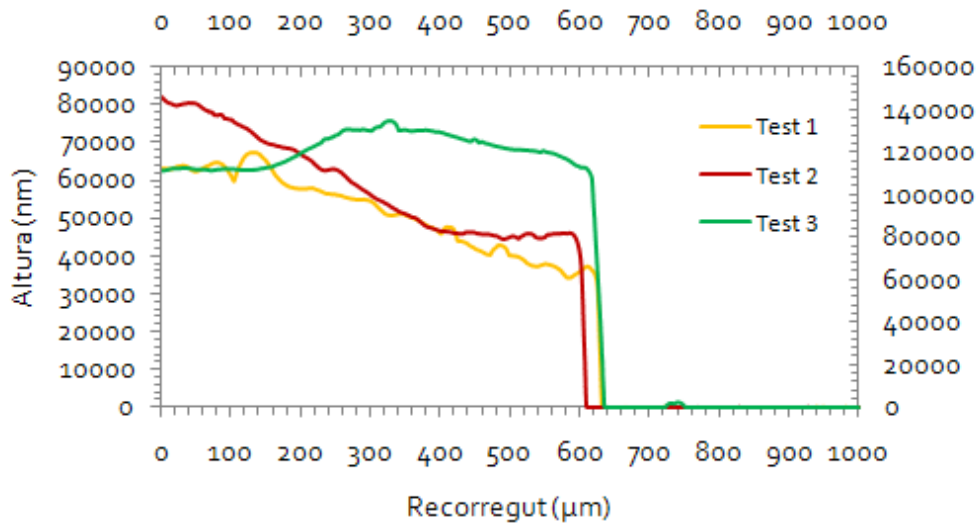
Distribució normal dels diàmetres de la mostra a 700°C



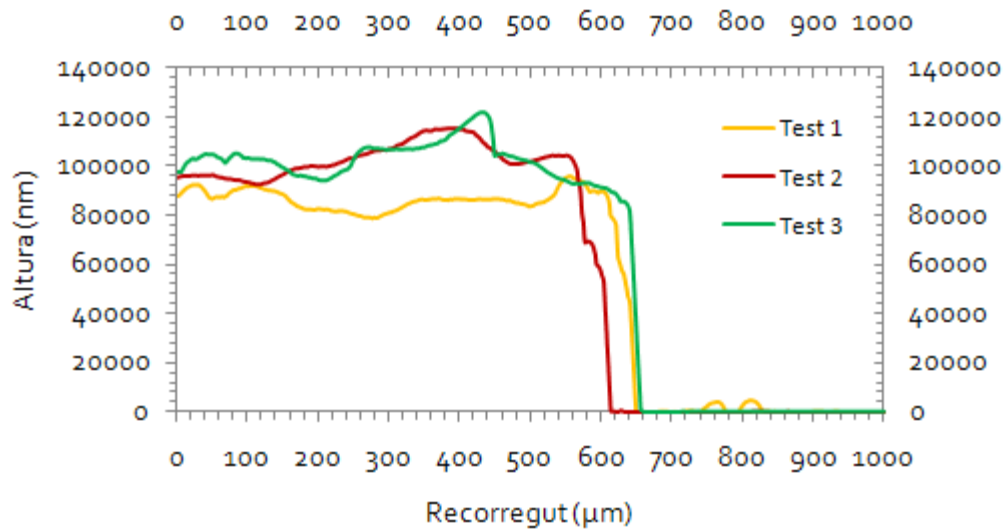
ANNEX 3

Perfilometries

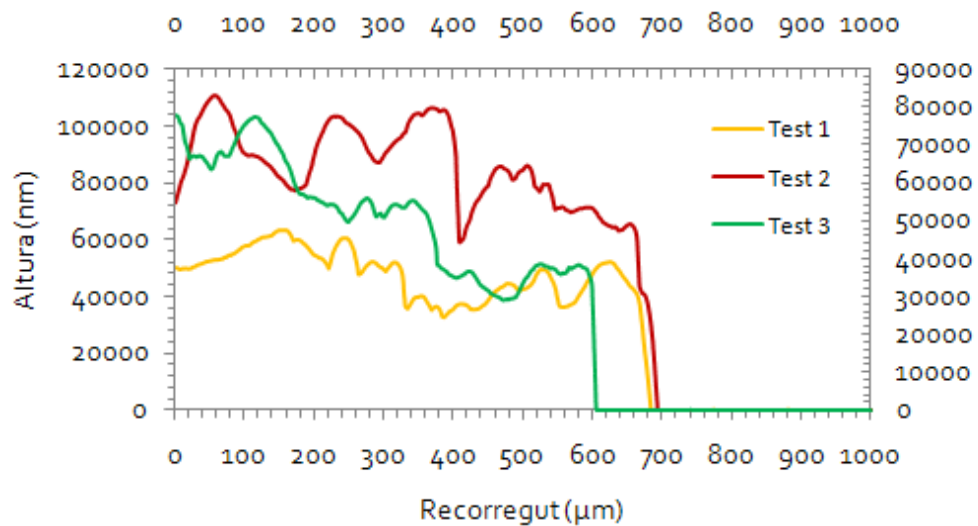


1-80**2-20****2-50**

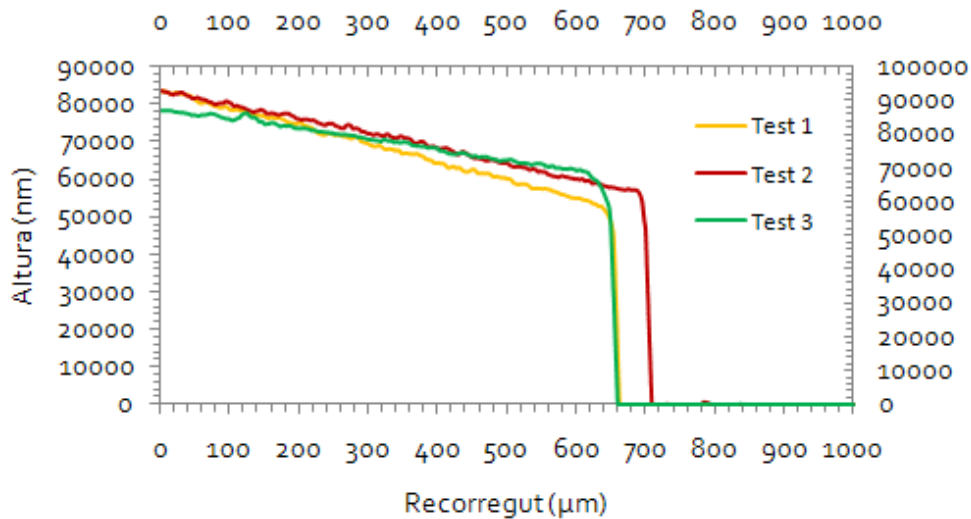
2-50P

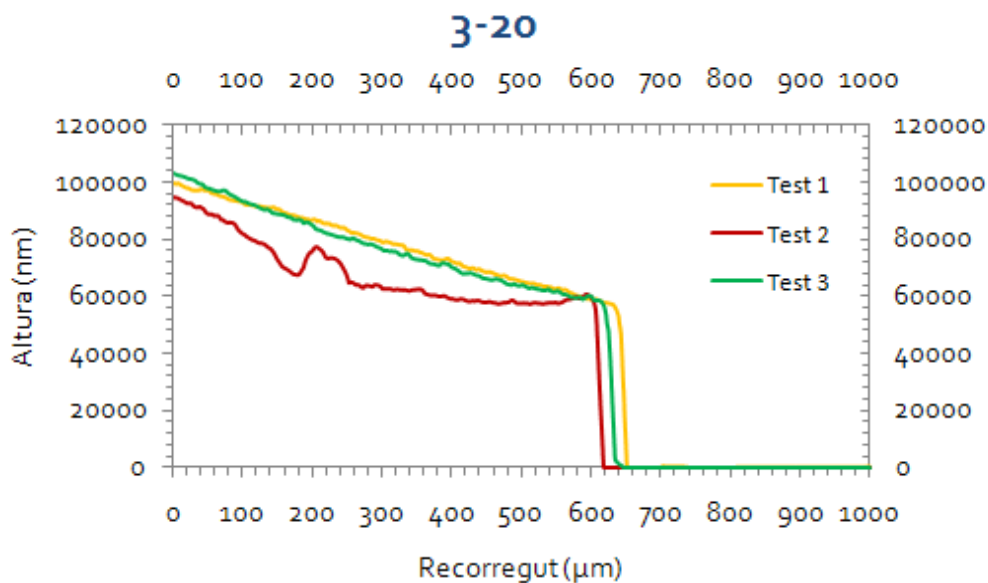
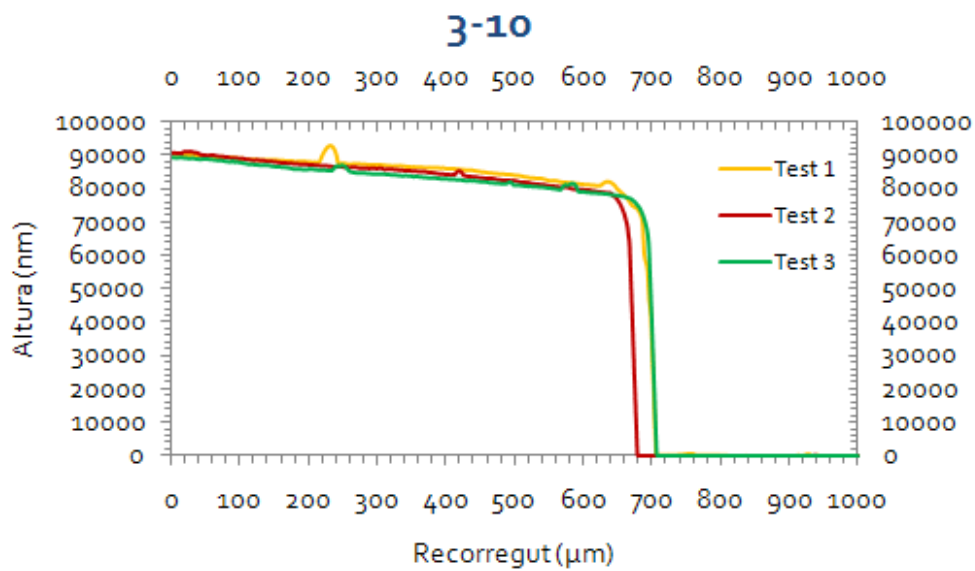
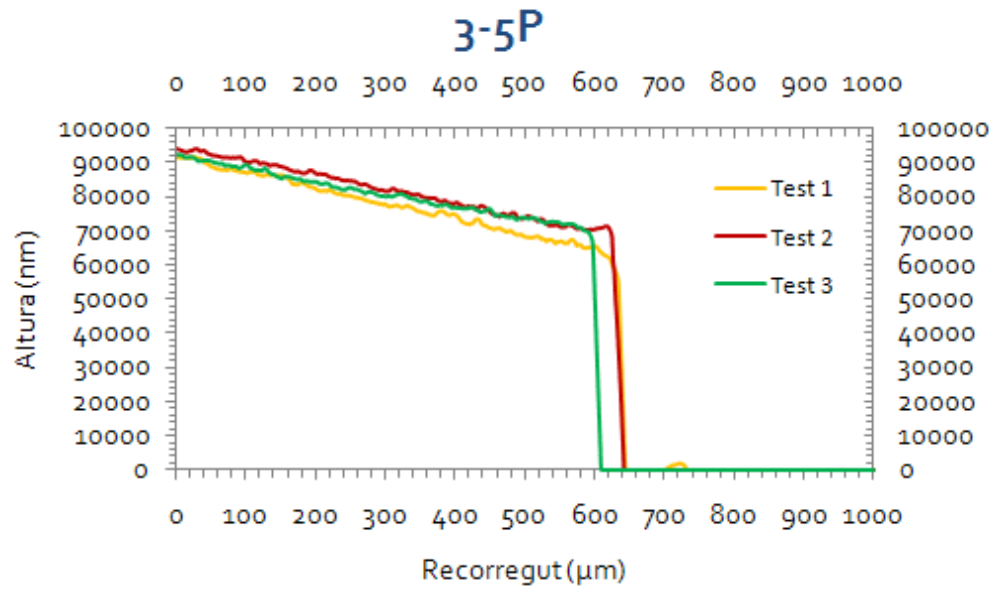


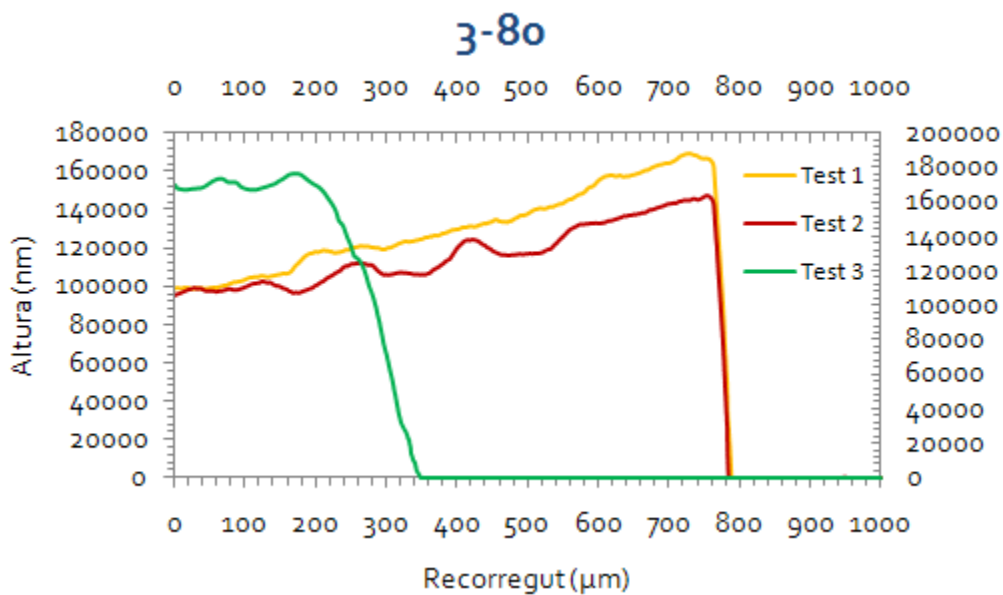
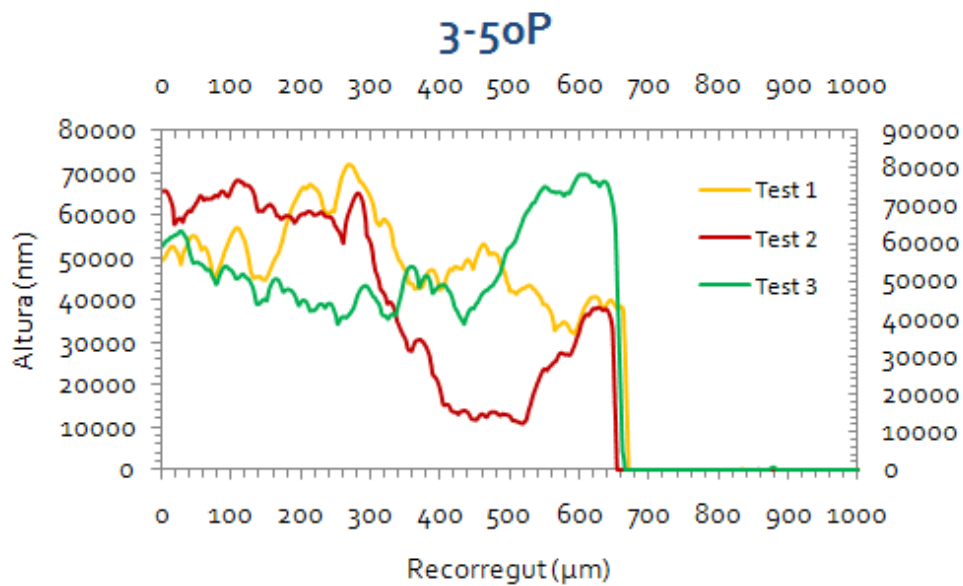
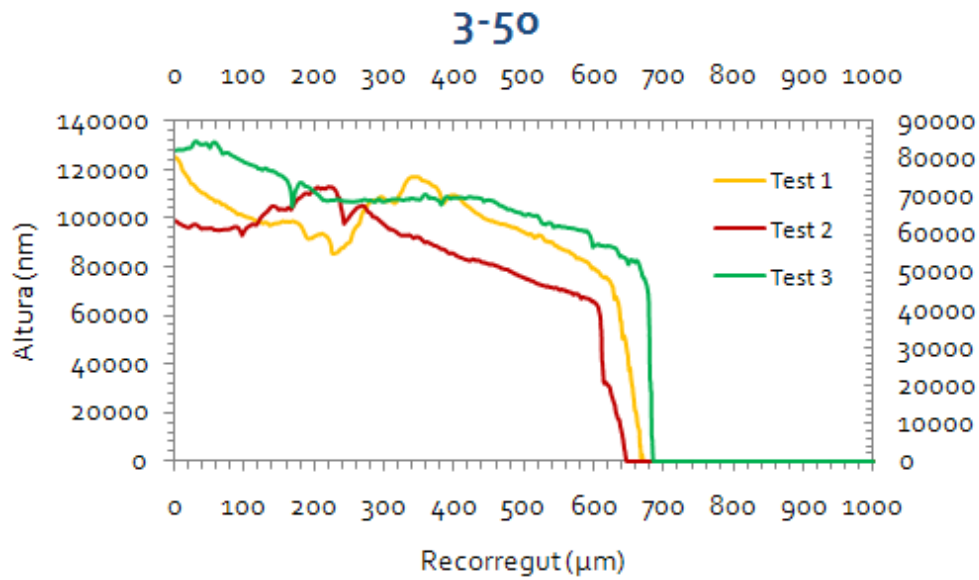
2-80



3-5







ANNEX 4

Càlcul d'errors en les conductivitats elèctriques i perfilometries

Moltes vegades s'ha de determinar el valor d'una magnitud a partir de la mesura d'altres magnituds, el que s'anomena una mesura indirecta. Com és per exemple, el càlcul de la resistència a partir del voltatge i la intensitat, de les quals sabem la seva incertesa, l'error instrumental. Per a determinar la incertesa de la mesura indirecta s'utilitza el mètode de la propagació d'errors.

Tenint diverses variables conegudes i una funció que les relacioni amb la magnitud que es busca, tenim que:

$$f(x, y, \dots, n) = \begin{cases} x = X_1 + \Delta x \\ y = Y_1 + \Delta y \\ \vdots \\ n = N_1 + \Delta n \end{cases} \rightarrow \Delta f = \sqrt{\left(\frac{df}{dx} \Delta x\right)^2 + \left(\frac{df}{dy} \Delta y\right)^2 + \dots + \left(\frac{df}{dn} \Delta n\right)^2}$$

En l'obtenció de la resistència a partir del voltatge i la intensitat:

$$R = \frac{V}{I} \text{ on } \begin{cases} V = V_1 + \Delta V \\ I = I_1 + \Delta I \end{cases} \rightarrow \Delta R = \sqrt{\left(\frac{dR}{dV} \Delta V\right)^2 + \left(\frac{dR}{dI} \Delta I\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{I} \Delta V\right)^2 + \left(-\frac{V}{I^2} \Delta I\right)^2}$$

Mostra	Intensitat (mA)	Error Intensitat (mA)	Voltaje (mV)	Error Voltatge (mV)	Resistència de quadre (Ω)	Error Resistència (Ω)
1-20	0,00140	0,00001	2,04	0,01	6604,30	12,62
	0,00450	0,00001	8,46	0,01	8520,84	4,73
	0,00170	0,00001	4,24	0,01	11304,24	15,81
1-50	0,40000	0,00001	1930,00	0,01	21868,64	0,12
	0,10000	0,00001	1521,00	0,01	68937,20	1,52
	0,10000	0,00001	432,00	0,01	19579,80	0,44
1-80	0,93000	0,00001	246,00	0,01	1198,88	0,01
	9,98000	0,00001	2450,00	0,01	1112,65	0,00
	6,94000	0,00001	2317,00	0,01	1513,18	0,00
1-20P	0,00180	0,00001	9,80	0,01	24676,18	30,75
	0,00460	0,00001	5,02	0,01	4946,18	3,22
	0,00240	0,00001	6,60	0,01	12463,99	12,19
1-50P	0,10000	0,00001	434,00	0,01	19670,44	0,45
	0,10000	0,00001	484,00	0,01	21936,62	0,49
	0,10000	0,00001	460,00	0,01	20848,86	0,47
2-20	0,01650	0,00001	2,92	0,01	802,09	0,62
	0,01110	0,00001	2,55	0,01	1041,22	0,92
	0,01700	0,00001	2,67	0,01	711,85	0,60
2-50	0,07620	0,00001	2,53	0,01	150,48	0,13
	0,03360	0,00001	1,37	0,01	184,80	0,30

	0,10000	0,00001	0,71	0,01	32,18	0,10
2-80	100,10000	0,00001	68,67	0,01	3,11	0,00
	100,20000	0,00001	34,32	0,01	1,55	0,00
	100,20000	0,00001	73,42	0,01	3,32	0,00
	100,10000	0,00001	805,00	0,01	36,45	0,00
2-50P	97,80000	0,00001	1317,00	0,01	61,03	0,00
	100,00000	0,00001	1117,00	0,01	50,63	0,00
3-5	0,00030	0,00001	2320,00	0,01	35050251,76	257777,78
	0,00200	0,00001	6640,00	0,01	15047435,67	16600,00
	0,00130	0,00001	2110,00	0,01	7356369,15	12485,21
3-10	0,00440	0,00001	2380,00	0,01	2451594,80	1229,34
	0,00630	0,00001	2630,00	0,01	1892080,50	662,64
	0,00630	0,00001	2800,00	0,01	2014382,29	705,47
3-20	0,00690	0,00001	2400,00	0,01	1576473,09	504,10
	0,00480	0,00001	2750,00	0,01	2596664,66	1193,58
	0,00870	0,00001	2400,00	0,01	1250306,25	317,08
3-50	0,10000	0,00001	713,00	0,01	32315,73	0,72
	0,10000	0,00001	834,00	0,01	37799,88	0,84
	0,10000	0,00001	1011,00	0,01	45822,16	1,02
3-80	0,10070	0,00001	154,43	0,01	6950,67	0,18
	0,10000	0,00001	180,51	0,01	8181,36	0,21
	0,10000	0,00001	160,64	0,01	7280,78	0,19
3-5P	0,00030	0,00001	15,10	0,01	228128,79	1678,11
	0,00020	0,00001	2,22	0,01	50309,20	557,25
	0,00020	0,00001	3,50	0,01	79316,30	876,43
3-50P	25,20000	0,00001	518,00	0,01	93,17	0,00
	19,70000	0,00001	296,50	0,01	68,22	0,00
	67,00000	0,00001	910,00	0,01	61,56	0,00

En l'obtenció de la resistivitat a partir de la resistència de quadre i el gruix de les mostres tenim:

$$\rho = Rx = \text{on} \begin{cases} R = R_1 + \Delta R \\ x = x_1 + \Delta x \end{cases} \rightarrow \Delta\rho = \sqrt{\left(\frac{d\rho}{dR} \Delta R\right)^2 + \left(\frac{d\rho}{dx} \Delta x\right)^2} = \sqrt{(x\Delta R)^2 + (R\Delta x)^2}$$

Mostra	Gruix (m)	Error Gruix (m)	Resistivitat (Ωm)	Error Resistivitat (Ωm)	Conductivitat (S/m)	Error conductivitat (S/m)
1-20	8,82E-05	1,00E-05	7,77E-01	8,81E-02	1,29E+00	8,81E-02
1-50	5,75E-05	1,00E-05	2,11E+00	3,68E-01	4,73E-01	3,68E-01
1-80	1,08E-04	1,00E-05	1,38E-01	1,27E-02	7,27E+00	1,27E-02
1-20P	1,05E-04	1,00E-05	1,48E+00	1,40E-01	6,76E-01	1,40E-01
1-50P	8,47E-05	1,00E-05	1,76E+00	2,08E-01	5,67E-01	2,08E-01
2-20	1,08E-04	1,00E-05	9,20E-02	8,52E-03	1,09E+01	8,52E-03
2-50	8,05E-05	1,00E-05	9,86E-03	1,22E-03	1,01E+02	1,22E-03
2-80	6,63E-05	1,00E-05	1,76E-04	2,66E-05	5,67E+03	2,66E-05
2-50P	9,67E-05	1,00E-05	4,78E-03	4,94E-04	2,09E+02	4,94E-04
3-5	7,39E-05	1,00E-05	1,42E+03	1,92E+02	7,06E-04	1,92E+02
3-10	8,51E-05	1,00E-05	1,80E+02	2,12E+01	5,54E-03	2,12E+01
3-20	7,59E-05	1,00E-05	1,37E+02	1,81E+01	7,29E-03	1,81E+01
3-50	8,81E-05	1,00E-05	3,41E+00	3,86E-01	2,94E-01	3,86E-01
3-80	1,38E-04	1,00E-05	1,03E+00	7,47E-02	9,73E-01	7,47E-02
3-5P	8,10E-05	1,00E-05	9,66E+00	1,20E+00	1,04E-01	1,20E+00
3-50P	4,55E-05	1,00E-05	3,38E-03	7,43E-04	2,96E+02	7,43E-04

En l'obtenció de la potència a partir del voltatge i la intensitat:

$$P = IV = on \left\{ \begin{array}{l} I = I_1 + \Delta I \\ V = V_1 + \Delta V \end{array} \right\} \rightarrow \Delta P = \sqrt{\left(\frac{dP}{dI} \Delta I\right)^2 + \left(\frac{dP}{dV} \Delta V\right)^2} = \sqrt{(V\Delta I)^2 + (I\Delta V)^2}$$

Mostra	Voltatge (V)	Error Voltatge (V)	Intesitat (A)	Error Intesitat (A)	Potència (W)	Error Potència (W)
1-80	5	0,1	0,002	0,001	0,010	0,005
	6	0,1	0,003	0,001	0,018	0,006
	7	0,1	0,003	0,001	0,021	0,007
	8	0,1	0,004	0,001	0,032	0,008
	9	0,1	0,008	0,001	0,072	0,009
	10	0,1	0,009	0,001	0,090	0,010
	11	0,1	0,011	0,001	0,121	0,011
	12	0,1	0,012	0,001	0,144	0,012
	13	0,1	0,013	0,001	0,169	0,013
	14	0,1	0,015	0,001	0,210	0,014
	15	0,1	0,016	0,001	0,240	0,015
	16	0,1	0,017	0,001	0,272	0,016
	17	0,1	0,018	0,001	0,306	0,017
	18	0,1	0,018	0,001	0,324	0,018
	19	0,1	0,018	0,001	0,342	0,019

Mostra	Voltatge (V)	Error Voltatge (V)	Intesitat (A)	Error Intesitat (A)	Potència (W)	Error Potència (W)
2-80	6	0,1	0,001	0,001	0,006	0,006
	7	0,1	0,002	0,001	0,014	0,007
	8	0,1	0,002	0,001	0,016	0,008
	9	0,1	0,002	0,001	0,018	0,009
	10	0,1	0,003	0,001	0,03	0,010
	11	0,1	0,003	0,001	0,033	0,011
	12	0,1	0,003	0,001	0,036	0,012
	13	0,1	0,004	0,001	0,052	0,013
	14	0,1	0,004	0,001	0,056	0,014
	15	0,1	0,004	0,001	0,06	0,015
	16	0,1	0,005	0,001	0,08	0,016
	17	0,1	0,005	0,001	0,085	0,017
	18	0,1	0,006	0,001	0,108	0,018
	19	0,1	0,006	0,001	0,114	0,019
	20	0,1	0,006	0,001	0,12	0,020
	21	0,1	0,007	0,001	0,147	0,021
	22	0,1	0,007	0,001	0,154	0,022
	23	0,1	0,007	0,001	0,161	0,023
	24	0,1	0,008	0,001	0,192	0,024
	25	0,1	0,008	0,001	0,2	0,025

