

KNN, regresión lineal y regresión multilíneal

Andres Hernandez Moncada cod: 95663 Andres Mendoza cod: 86204 David Martinez cod: 81639 Jaime Gonzalez cod:33236 Juan Sebastian Rodriguez cod: 92699

2023-04-21

Predicción de una variable numérica

Adquisición de datos

Utilizamos un sensor de ultrasonido HC-SR04 y un sensor laser VL53L0X la adquisición de datos la realizamos utilizando Arduino uno el cual comunicamos por bluetooth al computador para capturar los datos utilizamos PLX-DAQ en Excel una vez obtenidas las lecturas procedemos a realizar el postprocesado y guardamos el archivo en formato .csv.

Adquisición de datos cada 2 cm rango de 10 cm a 60 cm

iniciamos la comunicación inalámbrica mediante bluetooth con el archivo PLX-DAQ y el robot, cuando se establece la comunicación procedemos a dejar el robot a una distancia de 10 cm del muro lo que da inicio a las lecturas simultaneas de los sensores realizamos tres lecturas y tomamos la distancia real con un flexómetro, cuando finalizan las cuatro lecturas el robot se desplaza de forma automática a la siguiente posición.

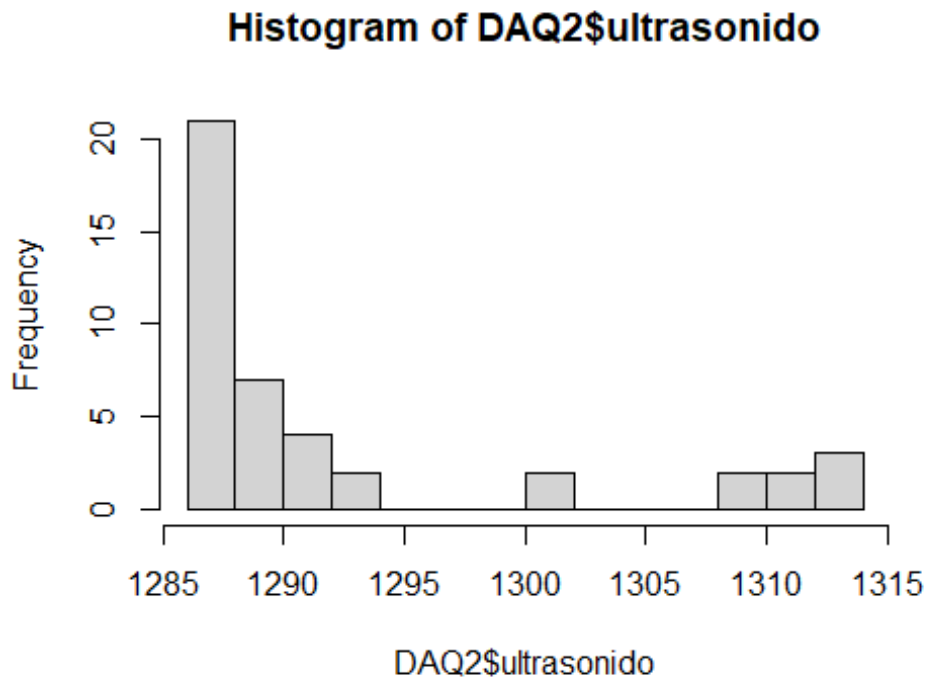
Modelo predictivo

Una vez realizado el pre-procesado de los datos procedemos a realizar el análisis de los mismos.

Análisis exploratorio de datos

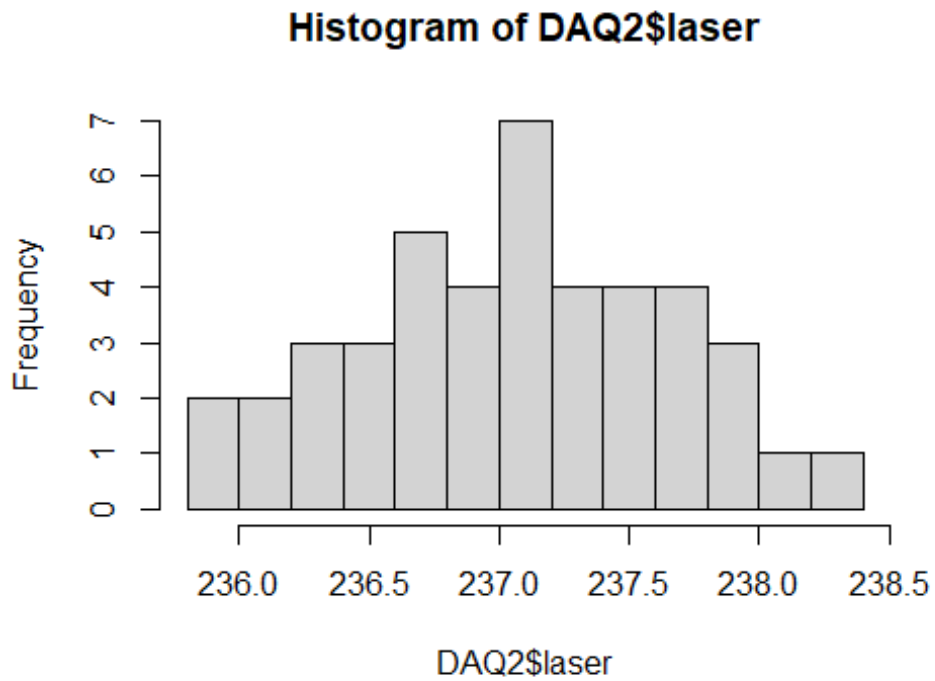
Histograma sensor ultrasonido a 20 cm de distancia.

En esta grafica Podemos evidenciar que en el intervalo comprendido entre los 1285 y 1294 microsegundos se obtubieron las mayoría de datos de respuesta con algunos datos de error por sobre los 1300 microsegundos. La distribucion de la grafica corresponde a una sesgada a la derecha (sesgo positivo).



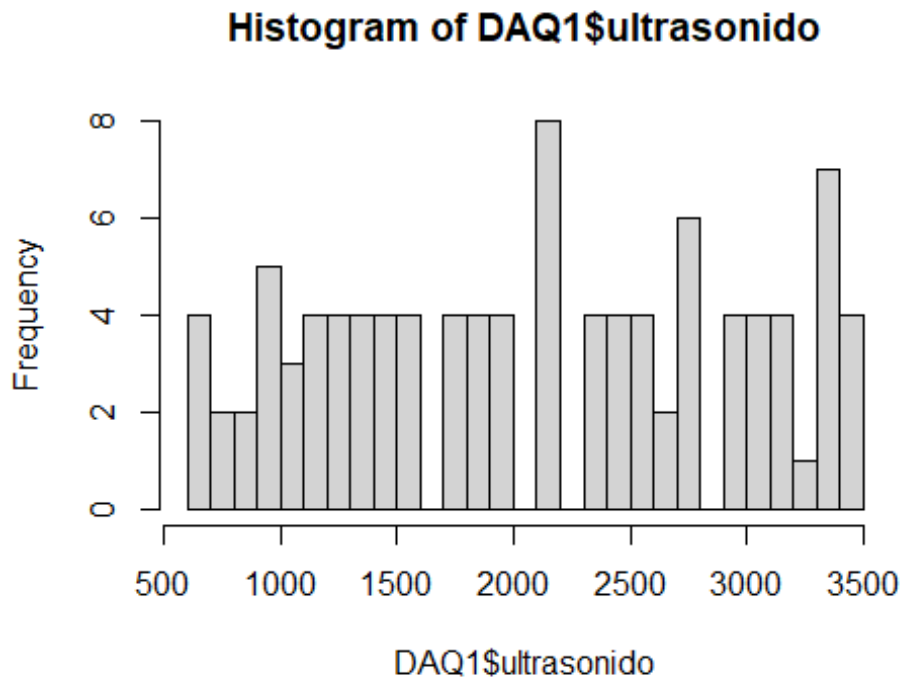
Histograma sensor laser 20 cm de distancia.

En este histograma encontramos que la mayoría de los datos se obtubieron en el Segundo y tercer cuartil comprendidos entre los 236 y 238 milímetros, se puede ver una distribucion normal de los datos con tendencia a una distribucion bimodal por los datos comrendidos en 236.8 y 237.1.

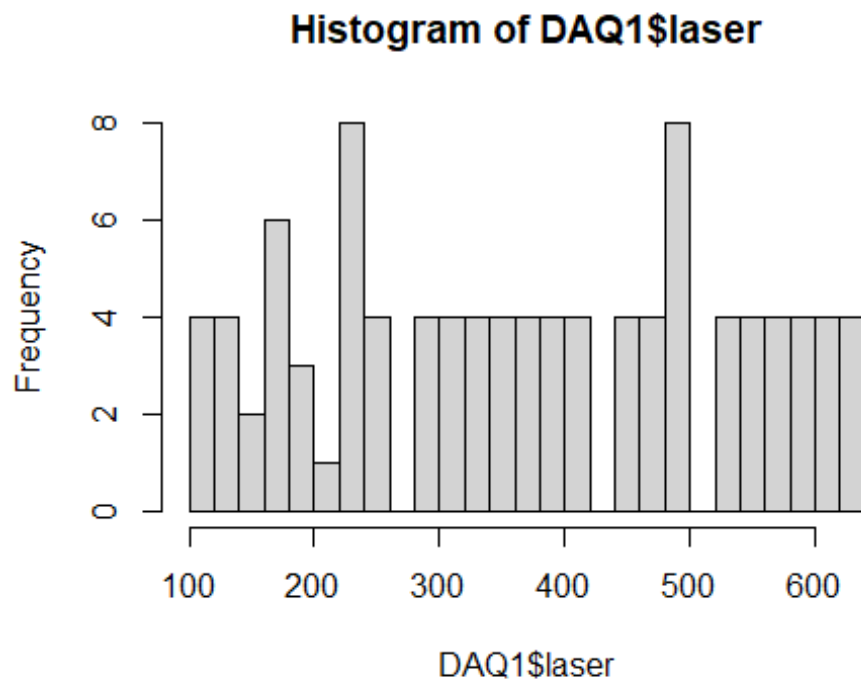


Histograma sensor ultrasonido rango de 10 cm a 60 cm de distancia.

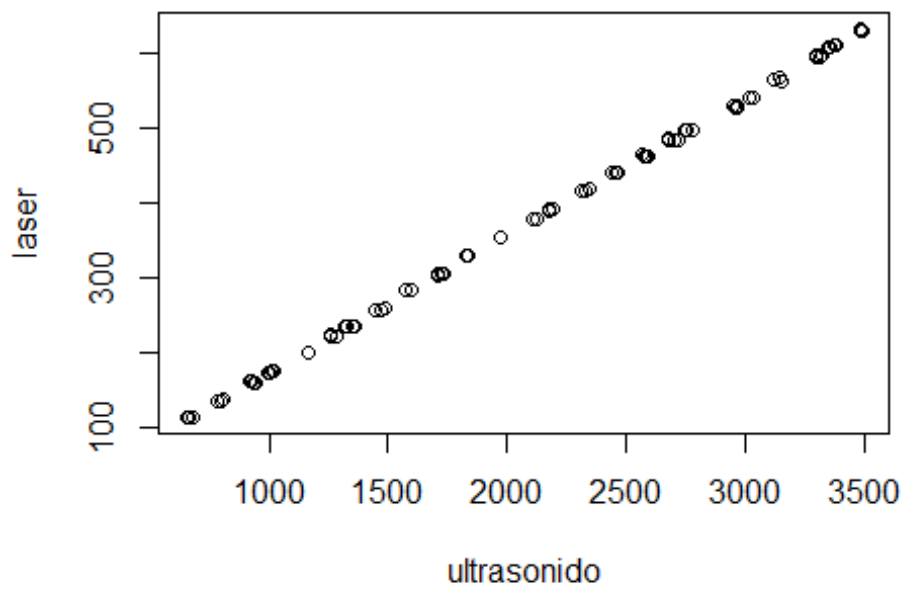
Como podemos apreciar en la siguiente grafica obtenemos lecturas aleatorias en microsegundos que representan el rango de medida, también es posible apreciar errores en el valor que entrega el sensor los cuales se representan con valores de frecuencia mayor a 4.



Histograma sensor laser rango de 10 cm a 60 cm de distancia. En la siguiente grafica obtenemos lecturas para el rango de 10 cm a 60 cm las cuales presentan errores visibles con las frecuencias mayores a 4, en comparación con el sensor de ultrasonido el sensor laser es más estable por lo que presenta menos variación en los datos.



Relación entre valores de los dos sensores en el rango de 10 cm a 60 cm.



Entrenamiento modelo lineal por sensor para predecir distancia

Modelo de regresión lineal minimos cuadrados para sensor ultrasonido HC 04-SR.

Al comparar el modelo de regresión del sensor de ultrasonido con la medida real vemos que los valores difieren en el orden de los milímetros las posibles causas para esta variación son falta de resolución en la toma del valor real y margen de error del sensor.

##	hora	ultrasonido	laser	real	regresion_ultrasonido
## 1	9:31:28 a. m.	678	114.6	10.0	9.846883
## 2	9:31:30 a. m.	651	114.4	10.0	9.368172
## 3	9:31:32 a. m.	667	113.8	10.0	9.651853
## 4	9:31:34 a. m.	678	114.5	10.0	9.846883
## 5	9:31:38 a. m.	803	135.5	12.0	12.063142
## 6	9:31:40 a. m.	779	135.1	12.0	11.637620
## 7	9:31:41 a. m.	805	136.6	12.0	12.098602
## 8	9:31:43 a. m.	798	135.7	12.0	11.974491
## 9	9:31:48 a. m.	944	159.2	14.5	14.563081
## 10	9:31:49 a. m.	933	159.6	14.5	14.368050
## 11	9:31:51 a. m.	923	161.4	14.5	14.190749
## 12	9:31:52 a. m.	920	161.2	14.5	14.137559
## 13	9:31:57 a. m.	1016	175.3	16.0	15.839646
## 14	9:31:58 a. m.	1004	174.2	16.0	15.626885
## 15	9:32:00 a. m.	995	174.0	16.0	15.467314
## 16	9:32:01 a. m.	1011	174.7	16.0	15.750995
## 17	9:32:06 a. m.	1164	199.8	18.5	18.463695
## 18	9:32:08 a. m.	1164	200.1	18.5	18.463695
## 19	9:32:09 a. m.	1164	198.9	18.5	18.463695
## 20	9:32:11 a. m.	1164	199.3	18.5	18.463695
## 21	9:32:15 a. m.	1282	221.7	20.0	20.555843
## 22	9:32:17 a. m.	1256	222.8	20.0	20.094861
## 23	9:32:19 a. m.	1257	222.7	20.0	20.112591
## 24	9:32:20 a. m.	1256	224.0	20.0	20.094861
## 25	9:32:24 a. m.	1329	235.5	22.0	21.389156
## 26	9:32:26 a. m.	1319	235.4	22.0	21.211855
## 27	9:32:28 a. m.	1360	234.6	22.0	21.938788
## 28	9:32:29 a. m.	1348	235.3	22.0	21.726027
## 29	9:32:34 a. m.	1468	258.3	24.0	23.853635
## 30	9:32:35 a. m.	1444	258.0	24.0	23.428113
## 31	9:32:37 a. m.	1443	257.7	24.0	23.410383
## 32	9:32:39 a. m.	1490	259.2	24.0	24.243696
## 33	9:32:43 a. m.	1598	283.1	26.0	26.158544
## 34	9:32:45 a. m.	1595	282.9	26.0	26.105353
## 35	9:32:46 a. m.	1596	282.8	26.0	26.123083
## 36	9:32:48 a. m.	1571	283.3	26.0	25.679832
## 37	9:32:53 a. m.	1722	305.0	28.0	28.357072
## 38	9:32:54 a. m.	1738	304.6	28.0	28.640753
## 39	9:32:56 a. m.	1710	304.3	28.0	28.144311
## 40	9:32:58 a. m.	1709	305.5	28.0	28.126581
## 41	9:33:02 a. m.	1833	330.0	30.0	30.325109

## 42	9:33:04 a. m.	1835	329.5	30.0	30.360569
## 43	9:33:05 a. m.	1837	330.8	30.0	30.396029
## 44	9:33:07 a. m.	1825	329.6	30.0	30.183268
## 45	9:33:12 a. m.	1974	354.8	32.0	32.825048
## 46	9:33:13 a. m.	1971	353.9	32.0	32.771858
## 47	9:33:15 a. m.	1970	354.8	32.0	32.754128
## 48	9:33:16 a. m.	1970	354.3	32.0	32.754128
## 49	9:33:21 a. m.	2129	377.8	35.0	35.573208
## 50	9:33:23 a. m.	2107	379.7	35.0	35.183147
## 51	9:33:24 a. m.	2125	378.7	35.0	35.502288
## 52	9:33:26 a. m.	2106	378.8	35.0	35.165417
## 53	9:33:30 a. m.	2192	391.8	36.0	36.690202
## 54	9:33:32 a. m.	2193	391.3	36.0	36.707932
## 55	9:33:33 a. m.	2172	392.0	36.0	36.335601
## 56	9:33:35 a. m.	2177	390.7	36.0	36.424251
## 57	9:33:40 a. m.	2309	417.0	39.0	38.764620
## 58	9:33:41 a. m.	2344	418.5	39.0	39.385172
## 59	9:33:43 a. m.	2309	417.7	39.0	38.764620
## 60	9:33:44 a. m.	2332	416.7	39.0	39.172411
## 61	9:33:49 a. m.	2465	441.2	41.0	41.530510
## 62	9:33:51 a. m.	2459	440.4	41.0	41.424130
## 63	9:33:52 a. m.	2443	441.8	41.0	41.140449
## 64	9:33:54 a. m.	2443	442.3	41.0	41.140449
## 65	9:33:58 a. m.	2588	462.7	44.0	43.711308
## 66	9:34:00 a. m.	2572	463.3	44.0	43.427627
## 67	9:34:02 a. m.	2592	462.8	44.0	43.782228
## 68	9:34:03 a. m.	2570	464.6	44.0	43.392167
## 69	9:34:08 a. m.	2679	486.7	46.0	45.324744
## 70	9:34:10 a. m.	2718	485.2	46.0	46.016217
## 71	9:34:11 a. m.	2681	485.6	46.0	45.360204
## 72	9:34:13 a. m.	2703	484.2	46.0	45.750266
## 73	9:34:17 a. m.	2782	497.6	47.0	47.150941
## 74	9:34:19 a. m.	2745	498.7	47.0	46.494928
## 75	9:34:20 a. m.	2745	498.9	47.0	46.494928
## 76	9:34:22 a. m.	2755	498.4	47.0	46.672229
## 77	9:34:27 a. m.	2947	530.1	49.0	50.076402
## 78	9:34:29 a. m.	2960	528.2	49.0	50.306892
## 79	9:34:30 a. m.	2964	529.8	49.0	50.377813
## 80	9:34:32 a. m.	2965	529.0	49.0	50.395543
## 81	9:34:36 a. m.	3020	541.0	51.0	51.370696
## 82	9:34:38 a. m.	3020	541.8	51.0	51.370696
## 83	9:34:39 a. m.	3035	542.2	51.0	51.636647
## 84	9:34:41 a. m.	3031	540.3	51.0	51.565727
## 85	9:34:46 a. m.	3152	563.4	54.0	53.711065
## 86	9:34:47 a. m.	3149	567.3	54.0	53.657875
## 87	9:34:49 a. m.	3122	566.3	54.0	53.179163
## 88	9:34:51 a. m.	3121	564.8	54.0	53.161433
## 89	9:34:56 a. m.	3299	599.2	57.0	56.317384
## 90	9:34:57 a. m.	3325	597.6	57.0	56.778366
## 91	9:34:59 a. m.	3301	596.1	57.0	56.352845

## 92	9:35:01 a. m.	3311	595.9	57.0	56.530145
## 93	9:35:05 a. m.	3359	608.2	58.0	57.381188
## 94	9:35:06 a. m.	3352	608.4	58.0	57.257078
## 95	9:35:08 a. m.	3374	610.8	58.0	57.647139
## 96	9:35:10 a. m.	3385	611.0	58.0	57.842170
## 97	9:35:14 a. m.	3492	631.4	60.0	59.739287
## 98	9:35:16 a. m.	3481	633.1	60.0	59.544256
## 99	9:35:18 a. m.	3487	633.5	60.0	59.650637
## 100	9:35:19 a. m.	3485	631.6	60.0	59.615177

Modelo lineal minimos cuadrados para sensor laser VL53L0X.

En algunos casos los datos capturados por el sensor laser difieren en 5 milímetros lo cual demuestra un porcentaje de error en la lectura que puede ser causado por factores físicos que afectan al sensor como la intensidad luminosa presente en el ambiente y también la falta de resolución en la medida real.

##	hora	ultrasonido	laser	real	regresion_laser
## 1	9:31:28 a. m.	678	114.6	10.0	9.847455
## 2	9:31:30 a. m.	651	114.4	10.0	9.828140
## 3	9:31:32 a. m.	667	113.8	10.0	9.770197
## 4	9:31:34 a. m.	678	114.5	10.0	9.837797
## 5	9:31:38 a. m.	803	135.5	12.0	11.865800
## 6	9:31:40 a. m.	779	135.1	12.0	11.827171
## 7	9:31:41 a. m.	805	136.6	12.0	11.972029
## 8	9:31:43 a. m.	798	135.7	12.0	11.885114
## 9	9:31:48 a. m.	944	159.2	14.5	14.154546
## 10	9:31:49 a. m.	933	159.6	14.5	14.193175
## 11	9:31:51 a. m.	923	161.4	14.5	14.367003
## 12	9:31:52 a. m.	920	161.2	14.5	14.347689
## 13	9:31:57 a. m.	1016	175.3	16.0	15.709348
## 14	9:31:58 a. m.	1004	174.2	16.0	15.603119
## 15	9:32:00 a. m.	995	174.0	16.0	15.583805
## 16	9:32:01 a. m.	1011	174.7	16.0	15.651405
## 17	9:32:06 a. m.	1164	199.8	18.5	18.075351
## 18	9:32:08 a. m.	1164	200.1	18.5	18.104323
## 19	9:32:09 a. m.	1164	198.9	18.5	17.988437
## 20	9:32:11 a. m.	1164	199.3	18.5	18.027066
## 21	9:32:15 a. m.	1282	221.7	20.0	20.190268
## 22	9:32:17 a. m.	1256	222.8	20.0	20.296497
## 23	9:32:19 a. m.	1257	222.7	20.0	20.286840
## 24	9:32:20 a. m.	1256	224.0	20.0	20.412383
## 25	9:32:24 a. m.	1329	235.5	22.0	21.522956
## 26	9:32:26 a. m.	1319	235.4	22.0	21.513299
## 27	9:32:28 a. m.	1360	234.6	22.0	21.436042
## 28	9:32:29 a. m.	1348	235.3	22.0	21.503642
## 29	9:32:34 a. m.	1468	258.3	24.0	23.724787
## 30	9:32:35 a. m.	1444	258.0	24.0	23.695816
## 31	9:32:37 a. m.	1443	257.7	24.0	23.666845
## 32	9:32:39 a. m.	1490	259.2	24.0	23.811702

## 33	9:32:43 a. m.	1598	283.1	26.0	26.119762
## 34	9:32:45 a. m.	1595	282.9	26.0	26.100448
## 35	9:32:46 a. m.	1596	282.8	26.0	26.090791
## 36	9:32:48 a. m.	1571	283.3	26.0	26.139076
## 37	9:32:53 a. m.	1722	305.0	28.0	28.234679
## 38	9:32:54 a. m.	1738	304.6	28.0	28.196051
## 39	9:32:56 a. m.	1710	304.3	28.0	28.167079
## 40	9:32:58 a. m.	1709	305.5	28.0	28.282965
## 41	9:33:02 a. m.	1833	330.0	30.0	30.648968
## 42	9:33:04 a. m.	1835	329.5	30.0	30.600682
## 43	9:33:05 a. m.	1837	330.8	30.0	30.726225
## 44	9:33:07 a. m.	1825	329.6	30.0	30.610340
## 45	9:33:12 a. m.	1974	354.8	32.0	33.043943
## 46	9:33:13 a. m.	1971	353.9	32.0	32.957028
## 47	9:33:15 a. m.	1970	354.8	32.0	33.043943
## 48	9:33:16 a. m.	1970	354.3	32.0	32.995657
## 49	9:33:21 a. m.	2129	377.8	35.0	35.265089
## 50	9:33:23 a. m.	2107	379.7	35.0	35.448575
## 51	9:33:24 a. m.	2125	378.7	35.0	35.352003
## 52	9:33:26 a. m.	2106	378.8	35.0	35.361660
## 53	9:33:30 a. m.	2192	391.8	36.0	36.617090
## 54	9:33:32 a. m.	2193	391.3	36.0	36.568805
## 55	9:33:33 a. m.	2172	392.0	36.0	36.636405
## 56	9:33:35 a. m.	2177	390.7	36.0	36.510862
## 57	9:33:40 a. m.	2309	417.0	39.0	39.050694
## 58	9:33:41 a. m.	2344	418.5	39.0	39.195551
## 59	9:33:43 a. m.	2309	417.7	39.0	39.118294
## 60	9:33:44 a. m.	2332	416.7	39.0	39.021722
## 61	9:33:49 a. m.	2465	441.2	41.0	41.387725
## 62	9:33:51 a. m.	2459	440.4	41.0	41.310468
## 63	9:33:52 a. m.	2443	441.8	41.0	41.445668
## 64	9:33:54 a. m.	2443	442.3	41.0	41.493954
## 65	9:33:58 a. m.	2588	462.7	44.0	43.464014
## 66	9:34:00 a. m.	2572	463.3	44.0	43.521957
## 67	9:34:02 a. m.	2592	462.8	44.0	43.473671
## 68	9:34:03 a. m.	2570	464.6	44.0	43.647500
## 69	9:34:08 a. m.	2679	486.7	46.0	45.781731
## 70	9:34:10 a. m.	2718	485.2	46.0	45.636874
## 71	9:34:11 a. m.	2681	485.6	46.0	45.675503
## 72	9:34:13 a. m.	2703	484.2	46.0	45.540302
## 73	9:34:17 a. m.	2782	497.6	47.0	46.834361
## 74	9:34:19 a. m.	2745	498.7	47.0	46.940590
## 75	9:34:20 a. m.	2745	498.9	47.0	46.959904
## 76	9:34:22 a. m.	2755	498.4	47.0	46.911619
## 77	9:34:27 a. m.	2947	530.1	49.0	49.972937
## 78	9:34:29 a. m.	2960	528.2	49.0	49.789451
## 79	9:34:30 a. m.	2964	529.8	49.0	49.943965
## 80	9:34:32 a. m.	2965	529.0	49.0	49.866708
## 81	9:34:36 a. m.	3020	541.0	51.0	51.025567
## 82	9:34:38 a. m.	3020	541.8	51.0	51.102824

## 83	9:34:39 a. m.	3035	542.2	51.0	51.141453
## 84	9:34:41 a. m.	3031	540.3	51.0	50.957967
## 85	9:34:46 a. m.	3152	563.4	54.0	53.188770
## 86	9:34:47 a. m.	3149	567.3	54.0	53.565399
## 87	9:34:49 a. m.	3122	566.3	54.0	53.468827
## 88	9:34:51 a. m.	3121	564.8	54.0	53.323970
## 89	9:34:56 a. m.	3299	599.2	57.0	56.646032
## 90	9:34:57 a. m.	3325	597.6	57.0	56.491517
## 91	9:34:59 a. m.	3301	596.1	57.0	56.346660
## 92	9:35:01 a. m.	3311	595.9	57.0	56.327345
## 93	9:35:05 a. m.	3359	608.2	58.0	57.515176
## 94	9:35:06 a. m.	3352	608.4	58.0	57.534490
## 95	9:35:08 a. m.	3374	610.8	58.0	57.766262
## 96	9:35:10 a. m.	3385	611.0	58.0	57.785576
## 97	9:35:14 a. m.	3492	631.4	60.0	59.755636
## 98	9:35:16 a. m.	3481	633.1	60.0	59.919807
## 99	9:35:18 a. m.	3487	633.5	60.0	59.958436
## 100	9:35:19 a. m.	3485	631.6	60.0	59.774950

Entrenamiento de modelo múltiple usando datos de dos sensores para predecir la distancia al muro.

En comparacion con los modelos anteriores el modelo de regresion multiple es mas estable y se hace mas a la medida real.

##	hora	ultrasonido	laser	real	regresion_ultrasonido
## 1	9:31:28 a. m.	678	114.6	10.0	9.846883
## 2	9:31:30 a. m.	651	114.4	10.0	9.368172
## 3	9:31:32 a. m.	667	113.8	10.0	9.651853
## 4	9:31:34 a. m.	678	114.5	10.0	9.846883
## 5	9:31:38 a. m.	803	135.5	12.0	12.063142
## 6	9:31:40 a. m.	779	135.1	12.0	11.637620
## 7	9:31:41 a. m.	805	136.6	12.0	12.098602
## 8	9:31:43 a. m.	798	135.7	12.0	11.974491
## 9	9:31:48 a. m.	944	159.2	14.5	14.563081
## 10	9:31:49 a. m.	933	159.6	14.5	14.368050
## 11	9:31:51 a. m.	923	161.4	14.5	14.190749
## 12	9:31:52 a. m.	920	161.2	14.5	14.137559
## 13	9:31:57 a. m.	1016	175.3	16.0	15.839646
## 14	9:31:58 a. m.	1004	174.2	16.0	15.626885
## 15	9:32:00 a. m.	995	174.0	16.0	15.467314
## 16	9:32:01 a. m.	1011	174.7	16.0	15.750995
## 17	9:32:06 a. m.	1164	199.8	18.5	18.463695
## 18	9:32:08 a. m.	1164	200.1	18.5	18.463695
## 19	9:32:09 a. m.	1164	198.9	18.5	18.463695
## 20	9:32:11 a. m.	1164	199.3	18.5	18.463695
## 21	9:32:15 a. m.	1282	221.7	20.0	20.555843
## 22	9:32:17 a. m.	1256	222.8	20.0	20.094861
## 23	9:32:19 a. m.	1257	222.7	20.0	20.112591
## 24	9:32:20 a. m.	1256	224.0	20.0	20.094861

## 25	9:32:24 a. m.	1329	235.5	22.0	21.389156
## 26	9:32:26 a. m.	1319	235.4	22.0	21.211855
## 27	9:32:28 a. m.	1360	234.6	22.0	21.938788
## 28	9:32:29 a. m.	1348	235.3	22.0	21.726027
## 29	9:32:34 a. m.	1468	258.3	24.0	23.853635
## 30	9:32:35 a. m.	1444	258.0	24.0	23.428113
## 31	9:32:37 a. m.	1443	257.7	24.0	23.410383
## 32	9:32:39 a. m.	1490	259.2	24.0	24.243696
## 33	9:32:43 a. m.	1598	283.1	26.0	26.158544
## 34	9:32:45 a. m.	1595	282.9	26.0	26.105353
## 35	9:32:46 a. m.	1596	282.8	26.0	26.123083
## 36	9:32:48 a. m.	1571	283.3	26.0	25.679832
## 37	9:32:53 a. m.	1722	305.0	28.0	28.357072
## 38	9:32:54 a. m.	1738	304.6	28.0	28.640753
## 39	9:32:56 a. m.	1710	304.3	28.0	28.144311
## 40	9:32:58 a. m.	1709	305.5	28.0	28.126581
## 41	9:33:02 a. m.	1833	330.0	30.0	30.325109
## 42	9:33:04 a. m.	1835	329.5	30.0	30.360569
## 43	9:33:05 a. m.	1837	330.8	30.0	30.396029
## 44	9:33:07 a. m.	1825	329.6	30.0	30.183268
## 45	9:33:12 a. m.	1974	354.8	32.0	32.825048
## 46	9:33:13 a. m.	1971	353.9	32.0	32.771858
## 47	9:33:15 a. m.	1970	354.8	32.0	32.754128
## 48	9:33:16 a. m.	1970	354.3	32.0	32.754128
## 49	9:33:21 a. m.	2129	377.8	35.0	35.573208
## 50	9:33:23 a. m.	2107	379.7	35.0	35.183147
## 51	9:33:24 a. m.	2125	378.7	35.0	35.502288
## 52	9:33:26 a. m.	2106	378.8	35.0	35.165417
## 53	9:33:30 a. m.	2192	391.8	36.0	36.690202
## 54	9:33:32 a. m.	2193	391.3	36.0	36.707932
## 55	9:33:33 a. m.	2172	392.0	36.0	36.335601
## 56	9:33:35 a. m.	2177	390.7	36.0	36.424251
## 57	9:33:40 a. m.	2309	417.0	39.0	38.764620
## 58	9:33:41 a. m.	2344	418.5	39.0	39.385172
## 59	9:33:43 a. m.	2309	417.7	39.0	38.764620
## 60	9:33:44 a. m.	2332	416.7	39.0	39.172411
## 61	9:33:49 a. m.	2465	441.2	41.0	41.530510
## 62	9:33:51 a. m.	2459	440.4	41.0	41.424130
## 63	9:33:52 a. m.	2443	441.8	41.0	41.140449
## 64	9:33:54 a. m.	2443	442.3	41.0	41.140449
## 65	9:33:58 a. m.	2588	462.7	44.0	43.711308
## 66	9:34:00 a. m.	2572	463.3	44.0	43.427627
## 67	9:34:02 a. m.	2592	462.8	44.0	43.782228
## 68	9:34:03 a. m.	2570	464.6	44.0	43.392167
## 69	9:34:08 a. m.	2679	486.7	46.0	45.324744
## 70	9:34:10 a. m.	2718	485.2	46.0	46.016217
## 71	9:34:11 a. m.	2681	485.6	46.0	45.360204
## 72	9:34:13 a. m.	2703	484.2	46.0	45.750266
## 73	9:34:17 a. m.	2782	497.6	47.0	47.150941
## 74	9:34:19 a. m.	2745	498.7	47.0	46.494928

## 75	9:34:20 a. m.	2745	498.9	47.0	46.494928
## 76	9:34:22 a. m.	2755	498.4	47.0	46.672229
## 77	9:34:27 a. m.	2947	530.1	49.0	50.076402
## 78	9:34:29 a. m.	2960	528.2	49.0	50.306892
## 79	9:34:30 a. m.	2964	529.8	49.0	50.377813
## 80	9:34:32 a. m.	2965	529.0	49.0	50.395543
## 81	9:34:36 a. m.	3020	541.0	51.0	51.370696
## 82	9:34:38 a. m.	3020	541.8	51.0	51.370696
## 83	9:34:39 a. m.	3035	542.2	51.0	51.636647
## 84	9:34:41 a. m.	3031	540.3	51.0	51.565727
## 85	9:34:46 a. m.	3152	563.4	54.0	53.711065
## 86	9:34:47 a. m.	3149	567.3	54.0	53.657875
## 87	9:34:49 a. m.	3122	566.3	54.0	53.179163
## 88	9:34:51 a. m.	3121	564.8	54.0	53.161433
## 89	9:34:56 a. m.	3299	599.2	57.0	56.317384
## 90	9:34:57 a. m.	3325	597.6	57.0	56.778366
## 91	9:34:59 a. m.	3301	596.1	57.0	56.352845
## 92	9:35:01 a. m.	3311	595.9	57.0	56.530145
## 93	9:35:05 a. m.	3359	608.2	58.0	57.381188
## 94	9:35:06 a. m.	3352	608.4	58.0	57.257078
## 95	9:35:08 a. m.	3374	610.8	58.0	57.647139
## 96	9:35:10 a. m.	3385	611.0	58.0	57.842170
## 97	9:35:14 a. m.	3492	631.4	60.0	59.739287
## 98	9:35:16 a. m.	3481	633.1	60.0	59.544256
## 99	9:35:18 a. m.	3487	633.5	60.0	59.650637
## 100	9:35:19 a. m.	3485	631.6	60.0	59.615177
##	regresion_mutiple				
## 1					9.845588
## 2					9.707493
## 3					9.737875
## 4					9.838427
## 5					11.915244
## 6					11.776580
## 7					12.003182
## 8					11.906645
## 9					14.258753
## 10					14.236970
## 11					14.320025
## 12					14.291950
## 13					15.741722
## 14					15.607942
## 15					15.552362
## 16					15.675836
## 17					18.174608
## 18					18.196090
## 19					18.110159
## 20					18.138803
## 21					20.283783
## 22					20.243364
## 23					20.240787

## 24	20.329295
## 25	21.487447
## 26	21.434444
## 27	21.565109
## 28	21.560225
## 29	23.757339
## 30	23.625835
## 31	23.599768
## 32	23.922639
## 33	26.129191
## 34	26.101117
## 35	26.098540
## 36	26.019740
## 37	28.265872
## 38	28.310576
## 39	28.160735
## 40	28.242082
## 41	30.564947
## 42	30.538311
## 43	30.640571
## 44	30.499629
## 45	32.987225
## 46	32.909025
## 47	32.968889
## 48	32.933084
## 49	35.344787
## 50	35.379992
## 51	35.390898
## 52	35.310959
## 53	36.636119
## 54	36.604899
## 55	36.558757
## 56	36.488586
## 57	38.977021
## 58	39.244881
## 59	39.027147
## 60	39.060974
## 61	41.425097
## 62	41.340304
## 63	41.367210
## 64	41.403015
## 65	43.528550
## 66	43.498168
## 67	43.554048
## 68	43.582092
## 69	45.664331
## 70	45.735701
## 71	45.594730
## 72	45.595329
## 73	46.917043

## 74	46.826198
## 75	46.840520
## 76	46.850557
## 77	50.000733
## 78	49.924271
## 79	50.057182
## 80	50.004479
## 81	51.115920
## 82	51.173207
## 83	51.270613
## 84	51.116219
## 85	53.325079
## 86	53.590602
## 87	53.395219
## 88	53.283221
## 89	56.562563
## 90	56.567178
## 91	56.349743
## 92	56.381263
## 93	57.482097
## 94	57.464330
## 95	57.737044
## 96	57.801792
## 97	59.753128
## 98	59.824437
## 99	59.880586
## 100	59.735360

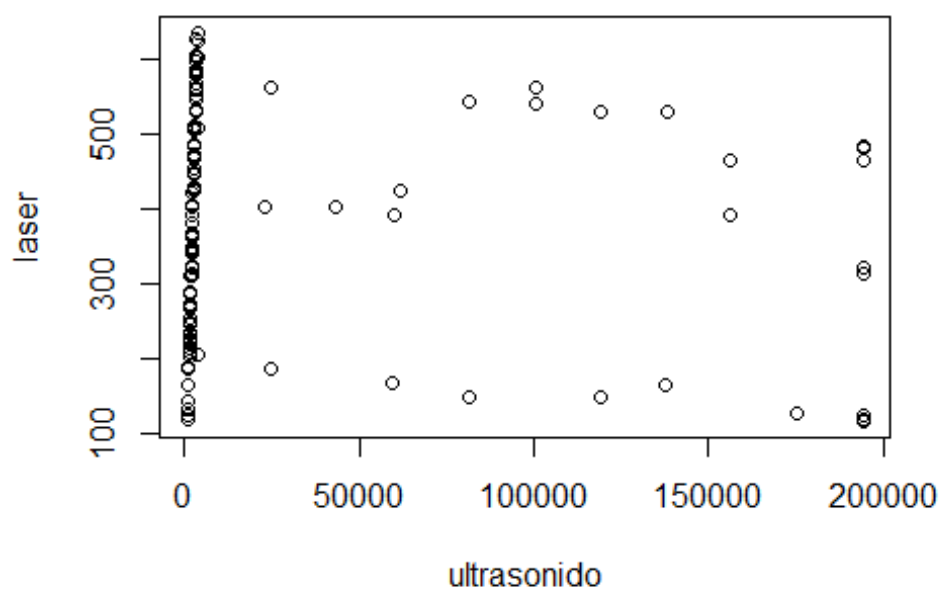
Por lo anterior para la validación del modelo vamos a utilizar el modelo de regresión lineal múltiple y para mejorar la predicción del algoritmo de machine learning utilizaremos modelos de regresión lineal independientes para cada sensor porque nos parece importante tener variables de regresión independientes por sensor para poder predecir correctamente la forma del muro.

Predicción de variable categorica

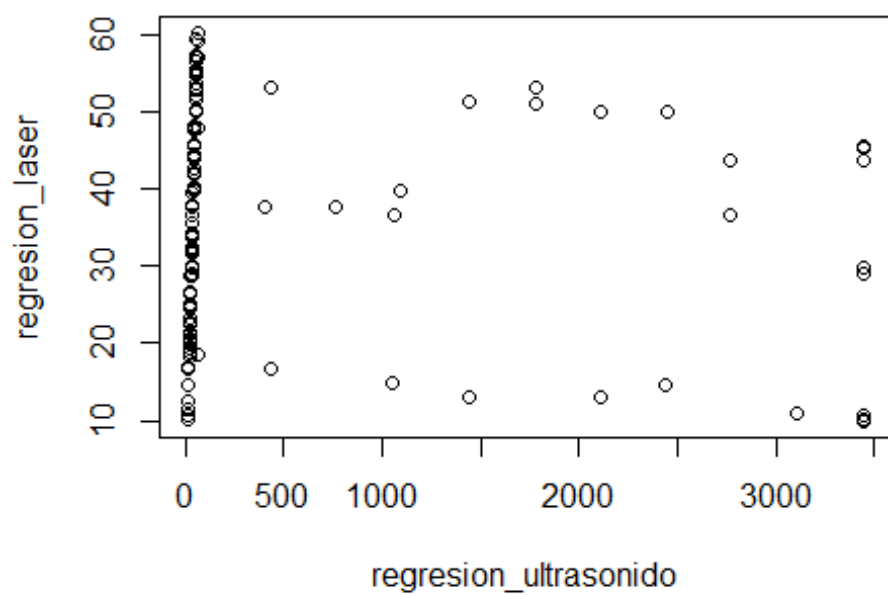
Adquisición de datos realizamos 162 lecturas a una distancia de 10 cm a 60 cm del muro, de las cuales tomamos 54 por cada tipo de muro (concavo, convexo y plano).

Análisis exploratorio de datos

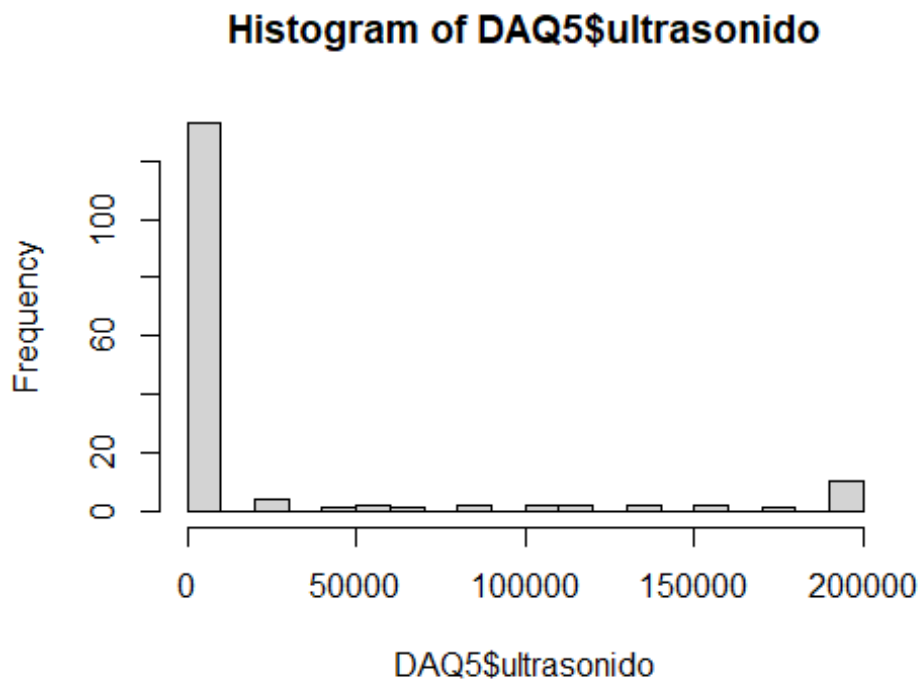
Relacion entre los valores que entregan los sensores



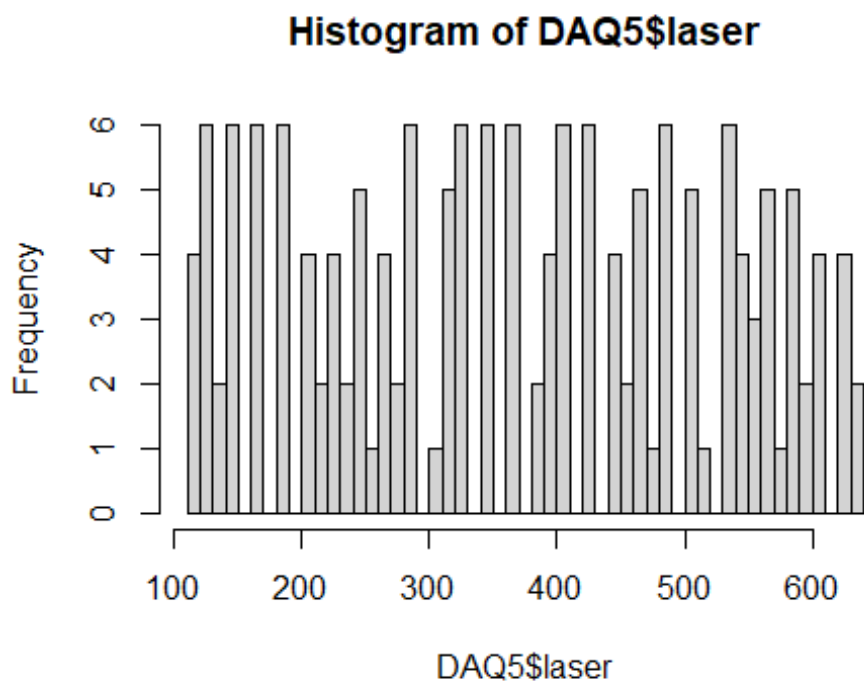
Relacion entre los valores predecidos para cada sensor



Histograma de frecuencias para el sensor de ultrasonido

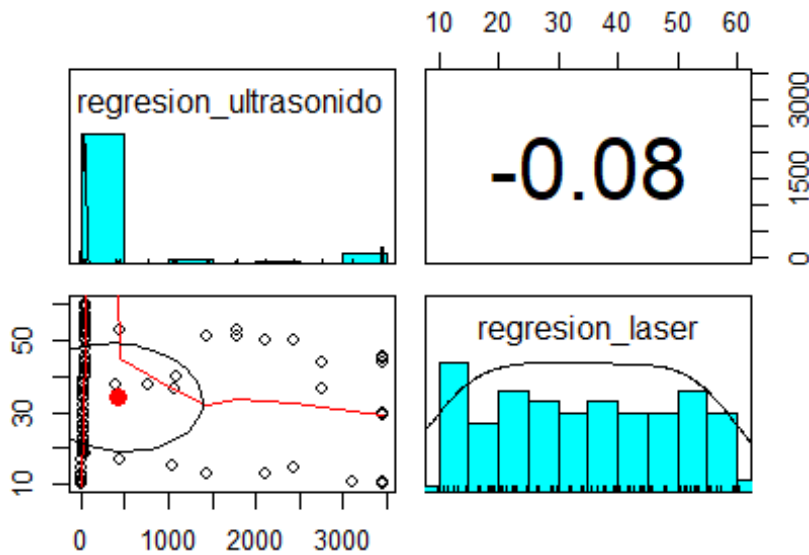


Histograma de frecuencias para el sensor de laser



Comparación con la variable categorica.

Concavo =rojo, convexo=verde, plano=azul



Utilizamos la funcion prop.table en los valores del modelo de regresión lineal de cada sensor para verificar que los datos capturados por los sensores sean los adecuados para machine learning y obtenemos valores pequeños lo que demuestra que los datos si son aptos para la técnica de machine learning que vamos a aplicar.

```
##
## 9.29725146702615 10.0951044025887 10.1128344678234 10.8929573381513
##      0.01234568      0.01851852      0.00617284      0.01234568
## 12.1163318393472 12.1340619045819 12.3468226873986 12.6127736659194
##      0.00617284      0.00617284      0.00617284      0.00617284
## 14.3503200589223 14.5453507765043 14.563080841739 14.8113017550251
##      0.00617284      0.00617284      0.00617284      0.00617284
## 16.8325291917836 17.0807501050697 19.048787346124 19.3679285203491
##      0.01234568      0.01234568      0.00617284      0.00617284
## 19.6693396293394 19.9352906078602 20.0239409340338 20.1835115211463
##      0.00617284      0.00617284      0.00617284      0.00617284
## 20.5558428910755 21.4068860223423 21.8146775227409 22.2401990883743
##      0.00617284      0.00617284      0.00617284      0.00617284
## 22.3111193493132 22.6302605235382 22.6657206540076 23.410383393866
##      0.00617284      0.00617284      0.00617284      0.00617284
## 23.6586043071521 24.1195860032549 24.2082363294286 24.6869480907661
##      0.00617284      0.00617284      0.00617284      0.00617284
## 24.7224082212355 25.9280526571967 25.9989729181356 26.0698931790745
##      0.00617284      0.00617284      0.00617284      0.00617284
## 26.3890343532995 26.4067644185343 26.424494483769 27.1691572236274
##      0.00617284      0.00617284      0.00617284      0.00617284
## 27.257807549801 28.0024702896594 28.1265807463024 28.4457219205275
```

##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	28.5875624424053	29.119464399447	29.3144951170289	29.5095258346109
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.01234568
##	30.2187284439998	30.6265199443984	31.7257839889513	32.4704467288097
##	0.00617284	0.00617284	0.01234568	0.00617284
##	32.5590970549833	33.2151094686681	33.5342506428931	33.6406310343014
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	33.8002016214139	34.7221650136196	35.1299565140182	35.271797035896
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.01234568
##	35.3072571663654	35.3249872316002	36.8852329722558	36.9206931027253
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	37.1689140160114	37.257564342185	38.3568283867379	38.4277486476768
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	38.8000800176059	39.0660309961268	40.5198963453741	40.7326571281908
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	41.5127799985186	41.6368904551617	41.8673813032131	42.7184244344798
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	43.3035165872257	43.3212466524604	43.5517375005118	43.7290381528591
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	44.438240762248	44.7751120017078	45.2360936978106	45.9275662419648
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	45.9630263724342	46.0694067638426	46.0871368290773	48.090634200601
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	48.3211250486524	49.0125975928067	49.1898982451539	49.4026590279706
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	50.147321767829	50.4132727463498	51.0338250295651	51.1224753557387
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	51.3884263342596	51.6011871170763	51.7075675084846	51.8848681608319
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	52.2926596612305	52.8422916835069	54.4025374241626	54.5089178155709
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	54.6152982069793	54.8989792507348	55.6791021210627	55.9273230343488
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	55.9627831648182	55.9982432952877	56.618795578503	56.6719857742072
##	0.00617284	0.00617284	0.01234568	0.00617284
##	57.0265870789016	58.6400230152615	58.8705138633129	59.0655445808948
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	59.8811275816921	60.1116184297435	60.1825386906824	62.0264654750937
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	62.0973857360326	62.8775086063604	63.6221713462188	405.209608158401
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	438.293909886395	438.825811843436	439.464094191886	767.346190577627
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	1054.67962777155	1059.02349375406	1086.98380662922	1443.25173745575
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	1443.73044921709	1775.67273054158	1775.74365080252	2107.89869290983
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	2110.09722099894	2441.86220167108	2442.26999317148	2760.61331446094
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	2761.94306935354	3109.23958717131	3440.98683777822	3441.04002797392

##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	3441.07548810439	3441.25278875674	3441.27051882197	3441.32370901768
##	0.00617284	0.00617284	0.01234568	0.00617284
##	3441.34143908291	3441.37689921338	3441.5896599962	
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	
##				
##	9.90539747724243	10.0309405027195	10.2627122420618	10.6683127859109
##	0.00617284	0.00617284	0.01234568	0.00617284
##	10.6972842533287	10.7069414091346	10.7359128765524	10.8228272788057
##	0.01234568	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	11.3925994713556	11.4215709387734	12.4452294542019	12.5031723890375
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	12.5611153238731	12.5900867912909	13.0632874257814	13.1019160490051
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	14.5215179524768	14.6084323547301	14.6180895105361	14.6374038221479
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	14.6663752895657	14.8208897824606	16.6171207623635	16.6654065413931
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	16.7426637878406	16.7523209436465	16.8875211249295	16.9068354365414
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	18.326437340013	18.4133517422664	18.8286094419214	18.8672380651451
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	19.3404386996357	19.3597530112475	20.2192398779752	20.2868399686167
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	20.5186117079591	20.5862117986006	21.2042697701801	21.3298127956571
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	22.4210714017272	22.5079858039806	22.7687290107407	22.7783861665466
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	22.7977004781584	23.1260437755601	24.5553028348376	24.5939314580614
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	24.642217237091	24.8353603532096	24.9319319112689	24.9802176902985
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	26.3611909705465	26.4770768402176	26.5543340866651	26.7185057353659
##	0.00617284	0.00617284	0.01234568	0.00617284
##	26.7281628911718	28.6692512081636	28.7658227662229	28.8623943242822
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	28.9106801033119	28.9589658823415	28.9686230381475	29.7025668793981
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	29.8377670606811	29.8957099955167	29.9246814629345	30.0598816442175
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	30.1467960464709	31.7402267544493	31.8078268450908	32.1168558308805
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	32.194113077328	32.2520560121635	32.2906846353873	33.6716579156352
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	33.8551438759478	34.0096583688427	34.0676013036783	34.2704015756028
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	34.3283445104384	35.5741176094033	35.5934319210152	36.5108617225785
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	36.5591475016081	36.57846181322	36.6267475922496	37.5634917054248

##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	37.5828060170367	37.6407489518722	37.7276633541256	37.9401207818561
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.01234568
##	39.4176656201633	39.4369799317752	39.6880659827293	39.726694605953
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	40.1129808381902	40.2481810194732	41.7257258577805	41.8029831042279
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	41.8995546622872	42.0540691551821	42.5176126338667	42.5852127245082
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	43.5798997725189	43.6088712399367	43.9082430699206	44.0337860953976
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	44.1303576534569	44.4104151718289	45.1636733246914	45.4244165314515
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	45.4727023104812	45.5306452453167	45.7817312962709	45.7913884520768
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	47.6552195226213	47.8676769503517	47.8966484177695	47.9739056642169
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	48.0221914432466	48.0801343780821	49.9729369160444	49.9922512276562
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	50.0984799415214	50.1371085647451	50.2626515902222	50.3592231482815
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	51.0062525872788	51.1704242359796	51.4697960659634	51.5180818449931
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	52.0202539469014	52.0299111027074	52.8411121904054	53.0535696181359
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	53.0825410855537	53.1404840203893	53.6040274990739	53.6329989664917
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	54.7918576632032	54.8787720654566	55.0719151815752	55.091229493187
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	55.5451158160657	55.6030587509013	56.5108313966587	56.6363744221358
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	57.1192322124323	57.157860835656	57.293061016939	57.3220324843568
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	59.2244921781249	59.2727779571546	59.4176352942435	59.4948925406909
##	0.00617284	0.00617284	0.00617284	0.00617284
##	60.1032933564645	60.2191792261357		
##	0.00617284	0.00617284		

Entrenamiento y prueba del algoritmo con cross-validation(70-30).

```
##
##
##      Cell Contents
## |-----|
## |                                N |
## | Chi-square contribution |
## |      N / Row Total |
## |      N / Col Total |
## |      N / Table Total |
## |-----|
```

```
##
##
## Total Observations in Table:  49
##
##
## predictions
## test.data$muro | concavo | convexo | plano | Row Total |
## -----|-----|-----|-----|-----|
## concavo | 10 | 2 | 1 | 13 |
## | 6.682 | 0.289 | 3.751 | |
## | 0.769 | 0.154 | 0.077 | 0.265 |
## | 0.588 | 0.182 | 0.048 | |
## | 0.204 | 0.041 | 0.020 | |
## -----|-----|-----|-----|
## convexo | 5 | 7 | 5 | 17 |
## | 0.137 | 2.656 | 0.717 | |
## | 0.294 | 0.412 | 0.294 | 0.347 |
## | 0.294 | 0.636 | 0.238 | |
## | 0.102 | 0.143 | 0.102 | |
## -----|-----|-----|-----|
## plano | 2 | 2 | 15 | 19 |
## | 3.199 | 1.203 | 5.774 | |
## | 0.105 | 0.105 | 0.789 | 0.388 |
## | 0.118 | 0.182 | 0.714 | |
## | 0.041 | 0.041 | 0.306 | |
## -----|-----|-----|-----|
## Column Total | 17 | 11 | 21 | 49 |
## | 0.347 | 0.224 | 0.429 | |
## -----|-----|-----|-----|
##
##
```

Realizamos pruebas al algoritmo de machine learning con k (1, 2, 3) con el valor de k que mayores predicciones correctas por el algoritmo fue 1.