



PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATOLICA
DE VALPARAISO

Predicción del Índice de Choques a Postes por Calle

Juan Carlos Castro, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
j.c.castro.arredondo@gmail.com

Cecilia Montt, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
cecilia.montt@pucv.cl

Jorge Mendoza, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
jorge.mendoza@pucv.cl

Temario:

- Introducción
- Objetivos
- Metodología
- Resultados Obtenidos
- Conclusiones



Introducción.-

Los accidentes no son en absoluto acontecimientos fortuitos, inevitables, impredecibles dependientes de la suerte, sino que por el contrario de la inmensa mayoría de los casos siguen parámetros característicos del escenario donde ocurre; es decir, el accidente globalmente es siempre una consecuencia de algún fallo evitable y hasta cierto punto predecible del sistema.

Choque de micro a poste calle Parque, Playa Ancha, Antes/Después del Choque



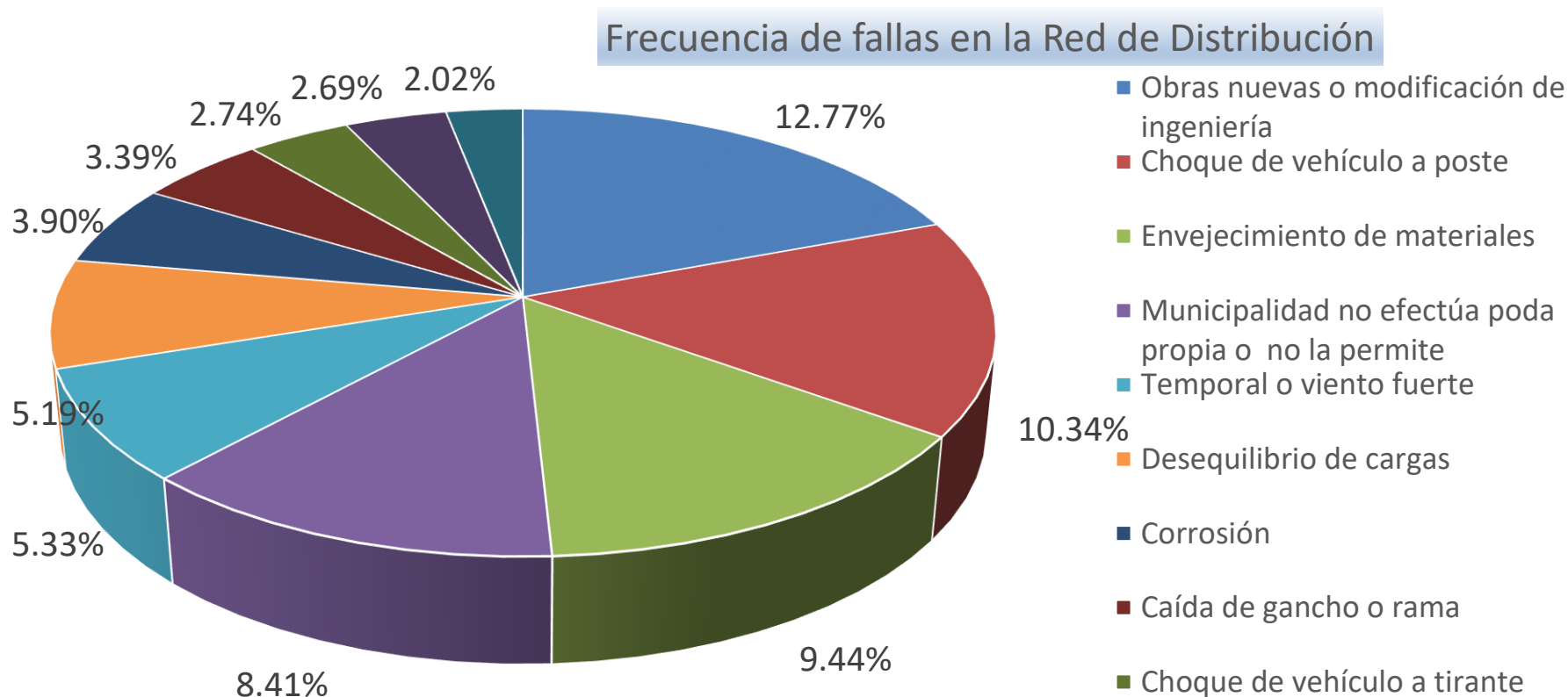
Objetivo.-

En este trabajo se trata de predecir los choques de postes en puntos de interés en la Región de Valparaíso mediante un modelo matemático clásico y otro basado en redes neuronales.

METODOLOGÍA.-

Obtención de datos

De Chilquinta Energía (2018) se obtuvo que:



Obtención de datos para la Predicción de Choques

De Chilquinta (2018) y CONASET (2018) se obtuvieron que las 10 causas mas frecuentes en accidentes de transito son (años 2016, 2017,2018):

- Numero de curvas
- Zona (rural, urbana)
- Calzada (bidireccional, bidireccional con bandejon o unidireccional)
- Material de la calzada (concreto, asfalto, adoquín, mixto, ripio o tierra)
- N° de cruces
- Inclinación máxima (°)
- Inclinación promedio (°)
- Longitud (km)
- N° de Escuelas
- N° de Choques

Se hizo una muestra de 230 calles pertenecientes a la Comuna de Valparaíso junto con las variables mencionadas anteriormente y su registro de choques de postes durante 3 años (2016, 2017, 2018).

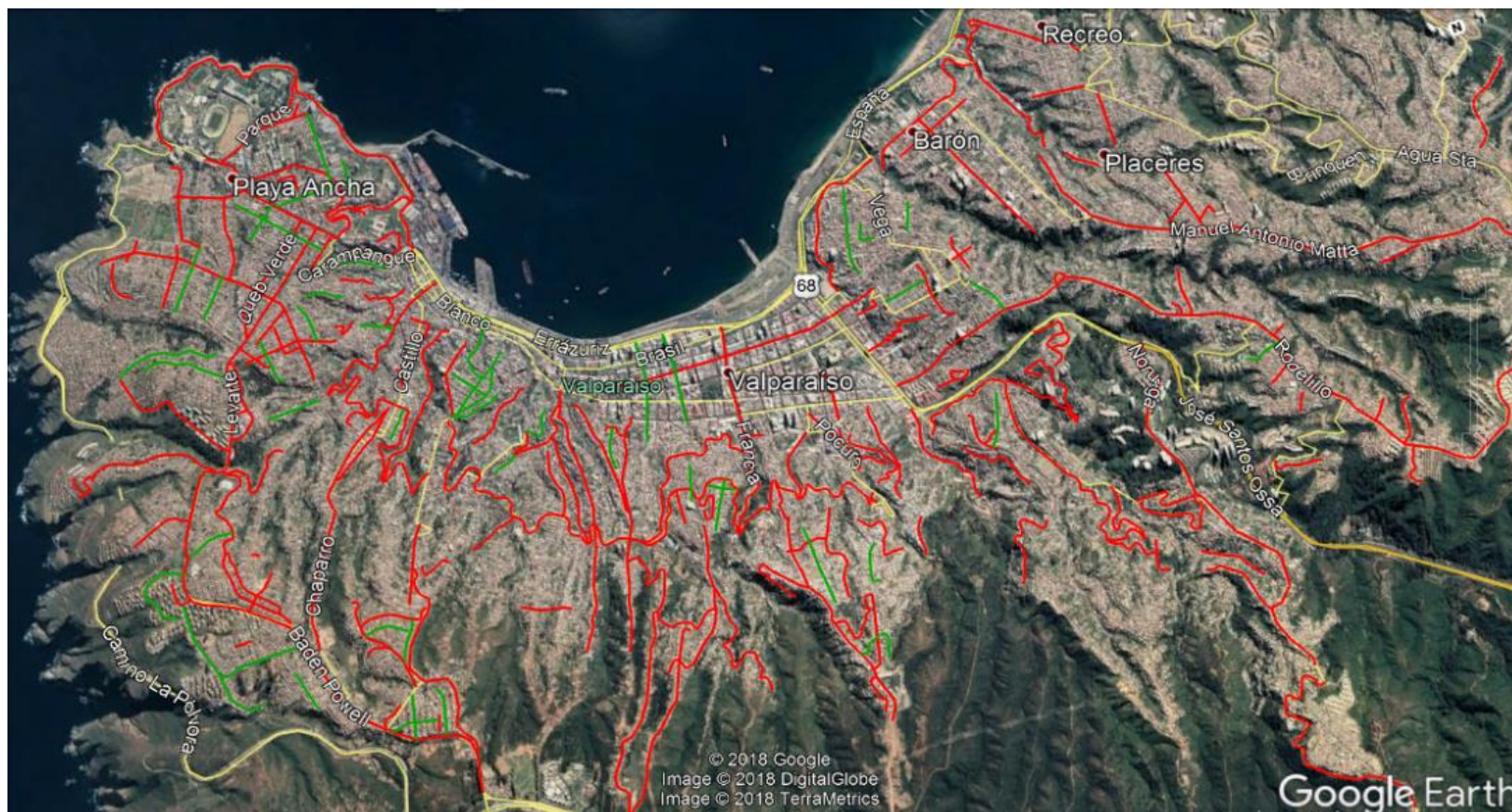


Red Aérea, calle Diego Portales,
Valparaíso
Google Maps, Street View



Calle del Estado de
Massachusetts, Estados Unidos
Gagne, (2008)

Calles con y sin Registro de Choques en sus Postes



Red eléctrica de Chilquinta Energía descrita en Google Earth

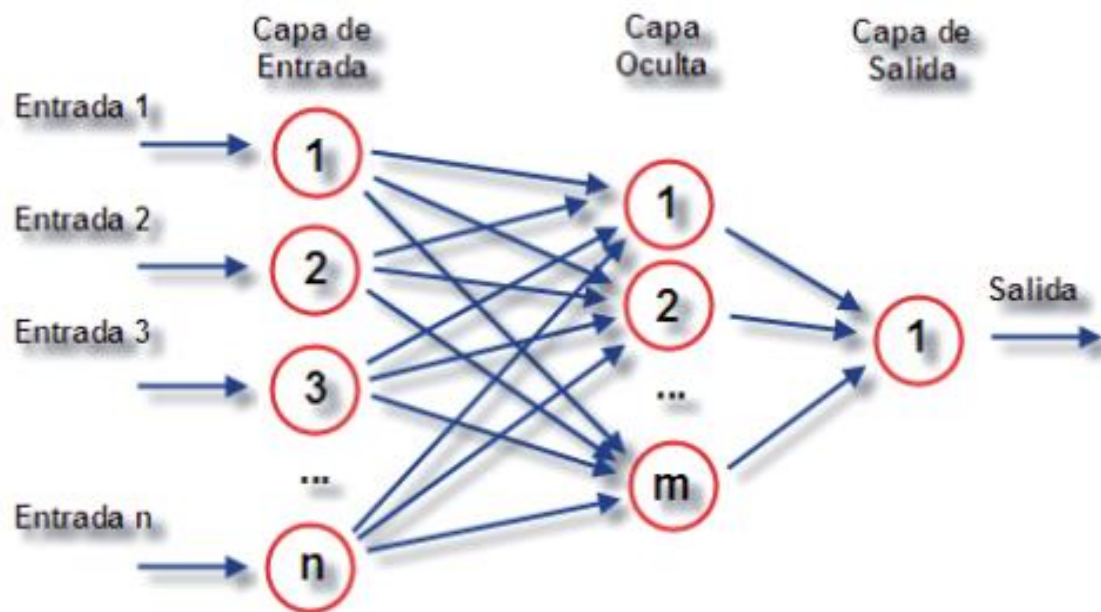
Método de Redes Neuronales

Aprendizaje de Una Red Neuronal

- Fase de entrenamiento
- Fase de Ejecución

$$E = \sqrt{\frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N (d_i(n) - y_i(n))^2}$$

Error cuadrático medio



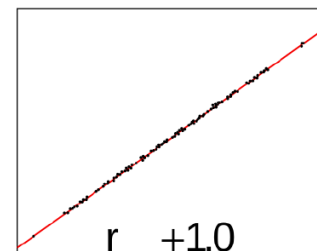
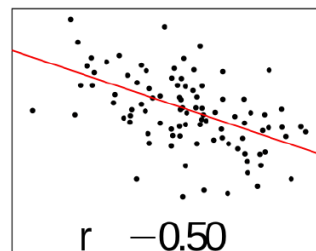
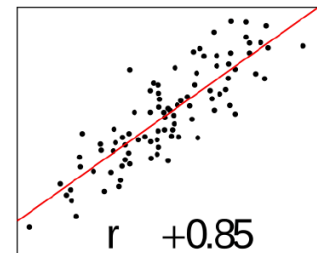
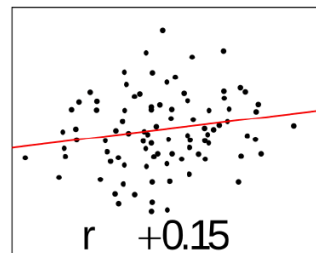
Red Neuronal de una Capa Oculta

Función de Entrenamiento:

- Levenberg-Marquardt (LM)
- Retro-Propagación Resistente (RP)
- Gradiente Conjugado Resistente (SCG)

Rendimiento de la Red Neuronal:

- Coeficiente de Pearson



Sensibilidad de RNA

Una queja frecuente es la falta de información, para interpretar los resultados entregados.

Pero esta última información obtenida es de poca utilidad para los analistas y gerentes que desean interpretar los resultados que han recibido.

Pero se desarrolló una medida de la importancia relativa de los diversos elementos de entrada, con el fin interpretar la contribución de estos componentes a los resultados de la red neuronal. (Olden, 2004)

Esta se basa a la siguiente ecuación:

$$S_i = \sum_{j=1}^J w_{ij} v_{jk}$$

i= variable a analizar sensibilidad (las que se utilizaron para entrenar la red, variables de entrada)

J=número de neuronas en capa oculta

K=número de salidas del modelo

w=pesos entre capa de entrada y capa oculta

v= pesos entre capa oculta y capa de salida

Método de Regresión no Lineal

Se Utilizó la siguiente formulación:

$$Y(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = a + b \cdot f(x_1) + c \cdot f(x_2) + d \cdot f(x_3) + \dots + a_n \cdot f(x_n)$$

Las funciones y coeficientes se obtienen a través de iteraciones matemáticas las cuales para facilitar el trabajo se utilizó la herramienta Aproximación de Funciones No Lineales con el software Minitab.



Minitab®

Modelo Regresiones No Lineales

	Variable	Función
A	N° de Curvas	polinomio grado 6
B	Zona	lineal
C	Calzada	polinomio grado 2
D	Material Calzada	polinomio grado 2
E	N° de Cruces	polinomio grado 3
F	Inclinación Máxima	polinomio grado 6
G	Inclinación Promedio	polinomio grado 6
H	Longitud	polinomio grado 4
I	N° Escuelas	polinomio grado 4

$$\begin{aligned}
 y = & 12889.8 + 0.000211727 E^3 + 0.00872022 E^2 - 0.0168694 * E \\
 & - 0.0000615644 A^6 + 0.00219875 A^5 - 0.0292012 A^4 \\
 & + 0.177945 A^3 - 0.483011 A^2 + 0.740802 A - 0.0679519 H^4 \\
 & + 0.187047 H^3 - 0.196681 H^2 + 22136.8 D^2 - 33781.8 D \\
 & + 0.381264 I^4 - 3.34419 I^3 + 8.52782 I^2 - 5.26284 I \\
 & + 0.262374 C^2 - 0.628695 C - 0.00000000987981 F^6 \\
 & - 0.00000086429 F^5 + 0.000150924 F^4 - 0.00683017 F^3 \\
 & + 0.137551 F^2 - 1.27352 F
 \end{aligned}$$

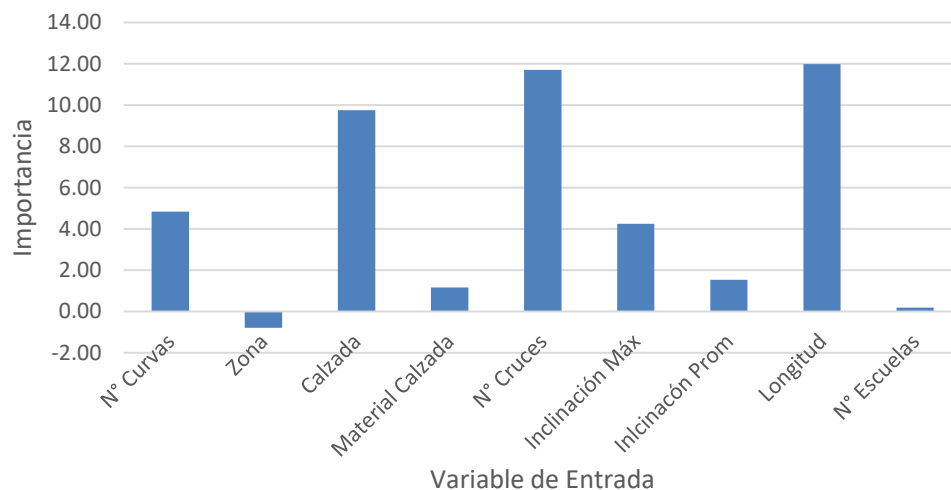
RESULTADOS OBTENIDOS.-

RNA VS Modelo Matemático

	RNA		Modelo No Lineal	
	Grupo A	Grupo B	Grupo A	Grupo B
Coeficiente de correlación	0,85	0,64	0,78	0,56
Nº de fallas en predicción	3%	4,3%	5%	13%

Análisis de Sensibilidad

Sensibilidad de Entradas en el Modelo



Ranking de sensibilidad

Entrada	Importancia	Ranking
N° Curvas	4.83	4
Zona	-0.80	9
Calzada	9.75	3
Material Calzada	1.17	7
N° Cruces	11.71	2
Inclinação Máx	4.25	5
Inclinação Prom	1.53	6
Longitud	11.98	1
N° Escuelas	0.18	8

Comprobación de Variables Sensibles

Variables Iniciales VS Variables mas Sensibles

Entradas utilizadas en el entrenamiento (cantidad)	Coeficiente de correlación	
	Grupo A	Grupo B
Todas (9)	0.851	0.645
Mas sensibles (5)	0.845	0.638

Predicciones en Grupo A (RNA)

Calle	N° de Curvas	Zona	Calzada	Material Calzada	N° de Cruces	Inclinación Máxima[°]	Inclinación Promedio[°]	longitud [km]	N° Escuelas	N° de Choques	Predicción
LOS CASTAÑOS	1	1	1	0.775	4	18.5	10.6	0.336	0	0	0.651
AVENIDA NORUEGA	2	1	2	0.775	5	12.3	7.5	0.657	1	1	0.963
JOSE MORA	0	1	2	0.775	3	13.1	11.8	0.3	0	2	0.739
CHORRILLOS	1	1	1	0.775	4	23	18.1	0.222	0	0	0.625
TIERRAS ROJAS	1	1	1	0.775	1	14.7	9.2	0.263	0	0	0.191
DECIMA	0	1	3	0.75	0	20	16	0.197	0	2	1.820
ERNESTO MAZZEY	1	1	2	0.775	3	15.4	12.7	0.152	0	3	1.040
HELINSKY	1	1	1	0.775	1	8.1	6.2	0.284	1	0	0.535
ALFREDO VARGAS STOLLER	3	1	2	0.775	8	25.1	10.1	0.758	1	2	2.043
CORONEL ROBERTO SOUPER	0	1	2	0.75	4	20.8	15.2	0.454	1	1	1.184
AVENIDA PALAZUELOS	1	1	2	0.75	8	27.2	9.2	0.57	0	1	1.2493
MIGUEL SEMIR	2	1	1	0.775	1	19.2	19.1	0.131	0	1	0.536
EL LITRE	3	1	2	0.775	2	28.7	18.4	0.494	0	2	1.009
GUILLERMO MUNNICH	1	1	2	0.75	6	22	11.9	0.734	4	0	2.218
TEMPLEMAN	0	1	1	0.775	9	16.1	10	0.486	0	0	0.332
NAYLOR	0	1	2	0.75	5	24.5	18.6	0.799	0	2	1.900
QUINTA DEL SUR	0	1	3	0.75	2	9.9	4.8	0.342	0	1	1.191
EMERSON	1	1	2	0.75	1	21.9	18.4	0.165	0	1	1.103

Predicciones a Grupo B (RNA)



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

Calle	N° de Curvas	Zona	Calzada	Material Calzada	N° de Cruces	Inclinación Máxima[°]	Inclinación Promedio[°]	longitud [km]	N° Escuelas	N° de Choques	Predicción
AVENIDA BAQUEDANO	5	2	1	0.775	7	26	11.6	1.34	1	3	4.190
ANTONIO VARAS	1	1	2	0.75	2	8.8	4.4	0.374	0	1	1.930
AVENIDA JOSE MARIA CARO	1	1	2	0.775	7	17.6	8.1	0.875	1	1	1.625
IBERIA	2	1	2	0.775	1	22.5	17.1	0.287	0	1	0.701
AV TUPUNGATO	1	1	1	0.775	4	8.2	3.7	1.72	0	2	0.941
JORGE KENRICK	1	1	2	0.775	4	10.3	7.8	0.517	0	1	0.849
VICTOR PIVET	0	1	2	0.775	1	12.9	9.4	0.338	0	1	0.801
AVENIDA SUAREZ	1	1	2	0.775	2	14.6	14.4	0.235	0	1	0.809
RODOLFO PHILIPPI	6	1	2	0.775	3	22	9.4	0.842	0	4	1.826
HUASCO	2	1	3	0.775	5	11.6	7.8	0.45	0	1	0.946
CHACABUCO	0	1	1	0.75	13	2.6	0.9	1.44	1	2	2.641
AVENIDA QUEBRADA VERDE	1	1	1	0.775	7	10.3	8.5	0.899	1	2	1.035
EL BOSQUE	4	1	3	0.75	1	27.7	15.5	0.69	0	1	0.965
RIO BUENO	2	2	2	0.75	3	15.8	10.4	0.444	0	1	2.154
TRINQUETE	8	1	2	0.75	8	27.9	15.9	1.223	0	3	3.146
LAS CAMELIAS	5	1	2	0.775	3	19.2	9.2	0.931	0	1	1.395

Predicciones realizadas a Grupo A Regresion No Lineal

Tabla 11-4 Predicciones del modelo matemático con el grupo A

Calle	N° de Curvas	Zona	Calzada	Material Calzada	N° de Cruces	Inclinacion Maxima[°]	Inclinacion Promedio[°]	longitud [km]	N° Escuelas	N° de Choques	Predicción
LOS CASTAÑOS	1	1	1	0.775	4	18.5	10.6	0.336	0	0	0.612
AVENIDA NORUEGA	2	1	2	0.775	5	12.3	7.5	0.657	1	1	1.215
JOSE MORA	0	1	2	0.775	3	13.1	11.8	0.3	0	2	0.261
CHORRILLOS	1	1	1	0.775	4	23	18.1	0.222	0	0	0.520
TIERRAS ROJAS	1	1	1	0.775	1	14.7	9.2	0.263	0	0	0.505
DECIMA	0	1	3	0.750	0	20	16	0.197	0	2	1.527
ERNESTO MAZZEY	1	1	2	0.775	3	15.4	12.7	0.152	0	3	0.723
HELSINSKY	1	1	1	0.775	1	8.1	6.2	0.284	1	0	0.841
ALFREDO VARGAS STOLLER	3	1	2	0.775	8	25.1	10.1	0.758	1	2	1.704
CORONEL ROBERTO SOUPER	0	1	2	0.750	4	20.8	15.2	0.454	1	1	1.195
AVENIDA PALAZUELOS	1	1	2	0.750	8	27.2	9.2	0.57	0	1	1.515
MIGUEL SEMIR	2	1	1	0.775	1	19.2	19.1	0.131	0	1	0.687
EL LITRE	3	1	2	0.775	2	28.7	18.4	0.494	0	2	0.720
GUILLERMO MUNNICH	1	1	2	0.750	6	22	11.9	0.734	4	0	0.386
TEMPLEMAN	0	1	1	0.775	9	16.1	10	0.486	0	0	0.814
NAYLOR	0	1	2	0.750	5	24.5	18.6	0.799	0	2	0.824
QUINTA DEL SUR	0	1	3	0.750	2	9.9	4.8	0.342	0	1	1.466
EMERSON	1	1	2	0.750	1	21.9	18.4	0.165	0	1	1.201
FEDERICO COSTA	5	2	1	0.775	1	26.6	11.8	0.553	0	1	1.389

Predicciones realizadas a Grupo B

Regresion No Lineal



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

Calle	N° de Curvas	Zona	Calzada	Material Calzada	N° de Cruces	Inclinacion Maxima[°]	Inclinacion Promedio[°]	longitud [km]	N° Escuelas	N° de Choques	Predicción
AVENIDA BAQUEDANO	5	2	1	0.775	7	26	11.6	1.34	1	3	2.019
ANTONIO VARAS	1	1	2	0.750	2	8.8	4.4	0.374	0	1	1.229
AVENIDA JOSE MARIA CARO	1	1	2	0.775	7	17.6	8.1	0.875	1	1	1.325
IBERIA	2	1	2	0.775	1	22.5	17.1	0.287	0	1	0.760
AV TUPUNGATO	1	1	1	0.775	4	8.2	3.7	1.72	0	2	0.411
JORGE KENRICK	1	1	2	0.775	4	10.3	7.8	0.517	0	1	0.673
VICTOR PIVET	0	1	2	0.775	1	12.9	9.4	0.338	0	1	0.212
AVENIDA SUAREZ	1	1	2	0.775	2	14.6	14.4	0.235	0	1	0.674
RODOLFO PHILIPPI	6	1	2	0.775	3	22	9.4	0.842	0	4	2.067
HUASCO	2	1	3	0.775	5	11.6	7.8	0.45	0	1	1.604
CHACABUCO	0	1	1	0.750	13	2.6	0.9	1.44	1	2	4.419
AVENIDA QUEBRADA VERDE	1	1	1	0.775	7	10.3	8.5	0.899	1	2	1.077
EL BOSQUE	4	1	3	0.750	1	27.7	15.5	0.69	0	1	2.360
RIO BUENO	2	2	2	0.750	3	15.8	10.4	0.444	0	1	1.450
TRINQUETE	8	1	2	0.750	8	27.9	15.9	1.223	0	3	3.424
LAS CAMELIAS	5	1	2	0.775	3	19.2	9.2	0.931	0	1	1.777
BOYACA	3	1	1	0.775	3	15.5	7	0.571	0	1	0.928
SANTO DOMINGO	2	1	2	0.750	1	20.9	14.3	0.32	0	1	1.380
IRENE FREI	2	1	1	0.775	5	23	12.8	0.75	0	1	0.713
PASAJE TREINTA Y DOS	1	1	2	0.775	0	20	20	0.152	0	1	0.675
NECOCHEA	0	1	2	0.775	7	8.7	6.6	0.524	0	0	0.613
JIMÉNEZ	1	1	2	0.775	4	16	10	0.232	0	0	0.777
STA MARÍA	0	1	1	0.775	2	22.3	12	0.247	0	0	0.048

Conclusiones

En este trabajo se revisaron distintas técnicas de predicción de choques de postes, en donde las Redes Neuronales entregan predicción de eventos y análisis estadísticos, donde cabe enfatizar la recopilación de información, que es vital para su aprendizaje y entrenamiento.

Con el análisis de sensibilidad se comprobó la efectividad de la red neuronal, de considerar o anular variables que aportan o no, al rendimiento de la predicción respectivamente.

Finalmente, se obtuvo que los choques vehiculares a postes de tendidos eléctricos, no califican como sucesos estocásticos, sino como eventos directamente relacionados con las características del entorno donde está situado.

Gracias a esto, el proyectista ya podrá discriminar en que calle instalar o no el poste. Así la problemática ya puede ser tratada eficientemente, con un 95.7% de probabilidad de obtener una predicción aceptable.

Dado lo anterior se estudiará en el futuro la predicción utilizando variables estado del tiempo y lugar de instalación del poste, hora y otros. Con el fin de disminuir aun mas el mínimo error promedio resultante



Muchas Gracias