

Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

10° Encuentro
de Proveedores y Contratistas Grupo EPM
V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

MÓNICA LILIANA GALLEGO JARAMILLO

Unidad Ingeniería de proyectos 1

Gerencia CET

EPM

JUAN MANUEL DE VILLEROS ARIAS

Externo



<https://areajugones.sport.es/cine/matrix-4-filtrado-un-nuevo-video-en-el-que-se-puede-ver-a-neo-y-trinity/>

Grupo **epm**

Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

¿Cómo conocemos el deterioro de una tubería de alcantarillado?

NC-AS-IL-02-31 Evaluación de tuberías de alcantarillado con CCTV y otras técnicas de inspección

Norma Técnica de Construcción
NC-AS-IL02-31
Evaluación de tuberías de alcantarillado con CCTV y otras técnicas de inspección

10/28/2021		Elaboración			LFAS
Fecha	Revisión	Naturaleza del cambio	Elaboró	Revisó	Aprobó

*Elaboró:

Nombre completo	Dependencia a la que pertenece
Diego Natal Calderón Ballesteros	Consultor asesor.
Smith Farley Rangel Sanabria	Consultor asesor.

*Revisó:

- ✓ **Unidad Mantenimiento Redes Aguas Residuales**
(María Isabel Villa Morales, María Carmenza Calle Rueda, Fernando de Jesús García Zapata, Claudia Patricia Babilonia Reyes)
- ✓ **Unidad Operación Integrada Agua y Saneamiento**
(Lina Julieth Cano Casas, Angolica María Orozco Gómez)
- ✓ **Unidad CET Normalización y Laboratorios**
(Catalina Botero Velásquez, Sergio Andrés Otálvaro Velásquez)

Página 1 de 57



Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

Simbología	Clasificación	Diagnóstico
	0	Sección de tubería no inspeccionada
	1	Sin defectos o los encontrados no comprometen la estabilidad del tramo
	2	Los defectos encontrados no comprometen la estabilidad del tramo a corto plazo
	3	Los defectos encontrados comprometen la estabilidad del tramo se deben tomar acciones preventivas o correctivas
	4	Los defectos encontrados comprometen la estabilidad del tramo
	5	Defectos de gran importancia que requieren de intervención inmediata

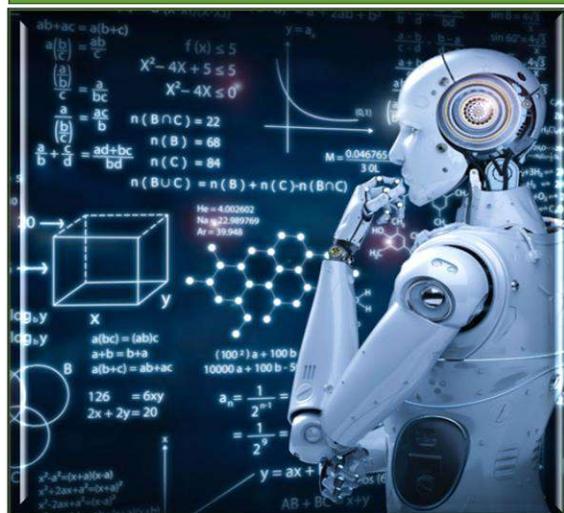
Inspecciones con CCTV



Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

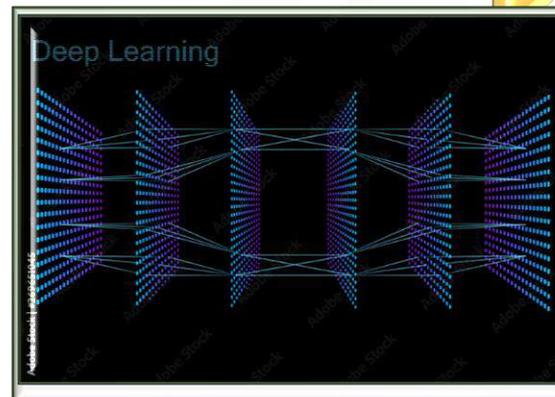
Inteligencia Artificial



Aprendizaje de Máquina



Aprendizaje Profundo



Ciencia de Datos



Fuentes:

https://stock.adobe.com/co/search?get_facets=1&order=relevance&safe_search=1&k=deep+learning&clickref=1100lxzWDBg&mv=affiliate&mv2=Freepik&as_camptype=&as_channel=affiliate&as_source=partnerize&as_campaign=Freepik&as_content=pop-up&as_audience=srp&sdid=6WTV6YJ5&asset_id=269651045
<https://www.freepik.es/search?format=search&query=detective%20de%20n%C3%BAmeros&type=photo>

Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA



Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

10° Encuentro
de Proveedores y Contratistas Grupo EPM
V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

SharePoint

MONICA LILIANA GALLEGO JARAMILLO

COMPARTIR SEGUIR

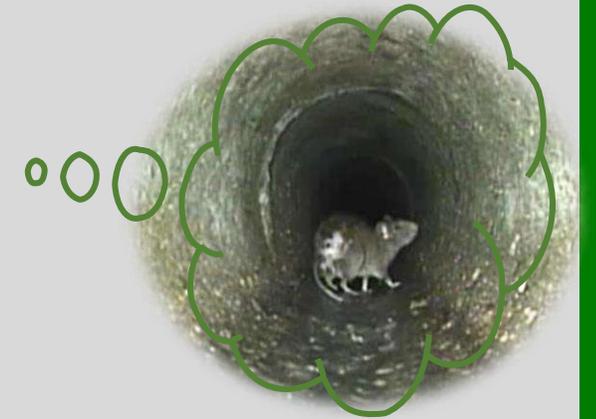
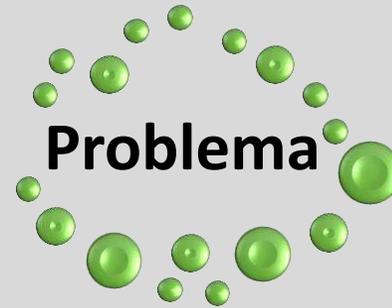
Accesos para

Funcionarios administrativos	Todos los funcionarios	Funcionarios directivos y gestores	Accesos de interés
<ul style="list-style-type: none">MercurioEnterOne WorldMemorando electrónicoCabezotes correos electrónicos corporativosSitio web EPM	<ul style="list-style-type: none">Autoservicio del empleadoGestión del talento humanoMi CatálogoConectaAnibaRestablecimiento de contraseña	<ul style="list-style-type: none">One WorldAgenda Regional y NacionalÁgoraReporte de tiempoNeonPortal de Arquitectura Empresarial	<ul style="list-style-type: none">TerceizaciónManual de conducta empresarial de Grupo EPMGestión ética Grupo EPMServicio MédicoPADECInforme de Sostenibilidad 2020

Accede más rápido a

Informe de novedad operacional (INOS)	Gestión de la Covid-19	Geoportail	Generalidades del Régimen Disciplinario
---------------------------------------	------------------------	------------	---

Pasa la voz EPM



**Inferir el deterioro
de las tuberías de
alcantarillado que **no**
cuentan con CCTV.**

Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

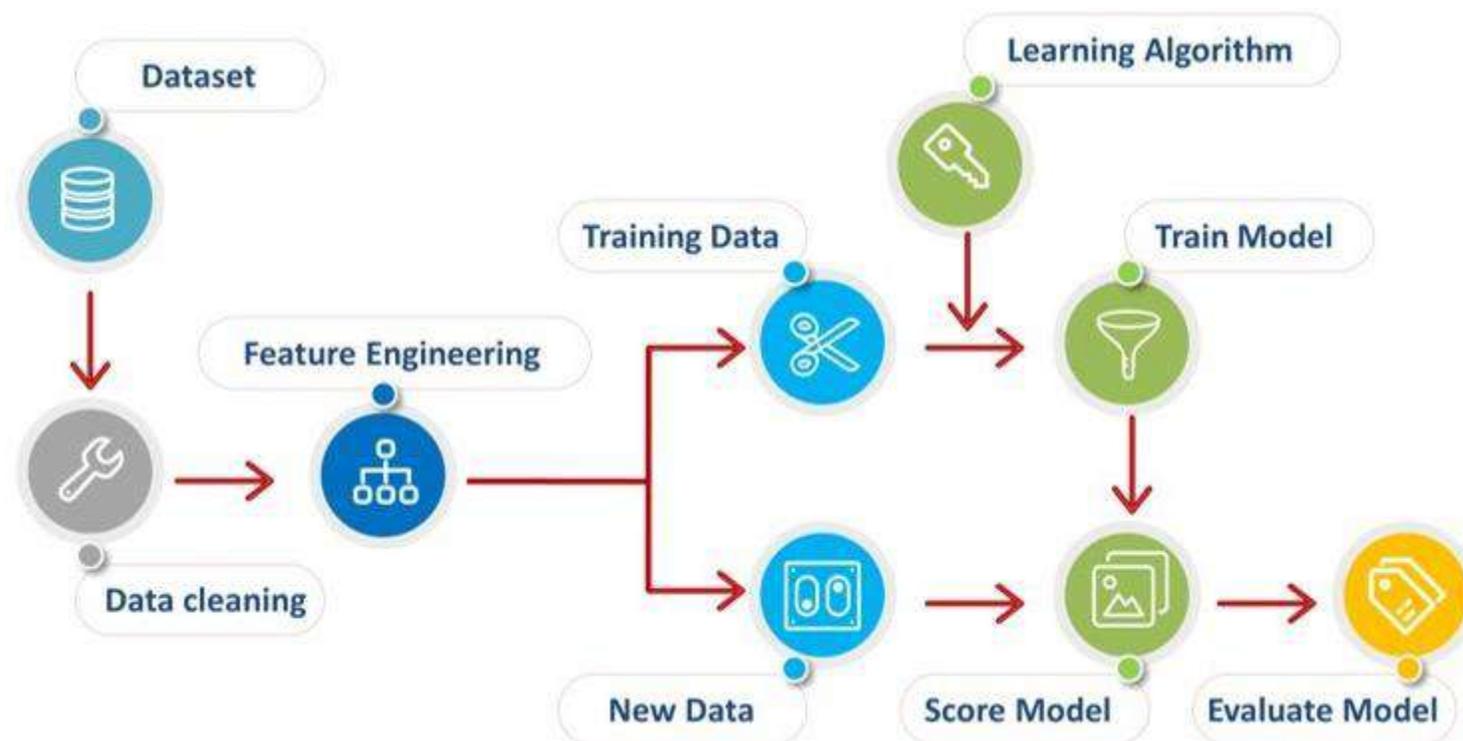


- Base de datos con CCTV históricos
- Base de datos de tuberías de alcantarillado

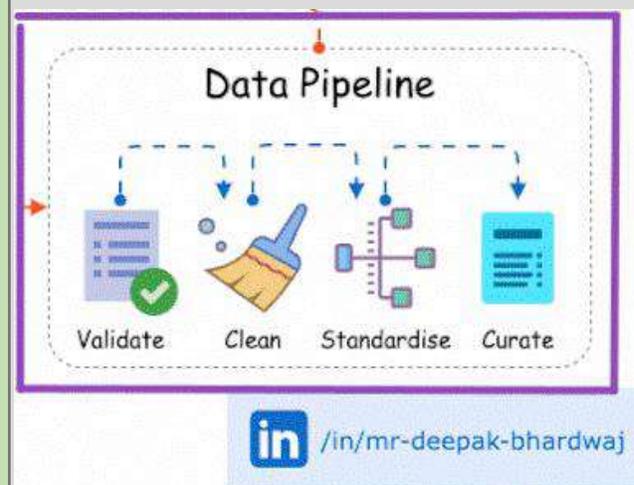
```
RangeIndex: 27079 entries, 0 to 27078  
Data columns (total 11 columns):  
# Column Non-Null Count Dtype  
--- ---  
0 Id 27079 non-null object  
1 Televisacion 27079 non-null object  
2 Ipid 27079 non-null int64  
3 Ifid 27079 non-null int64  
4 EtiquetaCalificacionPrincipal 26633 non-null object  
5 ValorCalificacionPrincipal 27079 non-null object  
6 GradoCalificacionPrincipal 26633 non-null float64  
7 Fecha 27079 non-null object  
8 Cuenca 27079 non-null object  
9 Direccion 27033 non-null object  
10 Ciudad 27050 non-null object
```

```
RangeIndex: 205754 entries, 0 to 205753  
Data columns (total 48 columns):  
# Column Non-Null Count Dtype  
--- ---  
0 DIAMETRO 205754 non-null int64  
1 CAMARA_CAI 205754 non-null object  
2 CONEXIONES 97049 non-null object  
3 MATERIAL 205377 non-null object  
4 TUBERIA_EL 197356 non-null object  
5 VIDA_UTIL 195982 non-null float64  
6 FABRICANTE 190888 non-null object  
7 TIPO_CIMEN 83807 non-null object  
8 TIPO_SUELO 65523 non-null object  
9 TIPO_RED 205754 non-null object  
10 PROF_BATEA 204504 non-null float64  
11 PROF_BATE1 204369 non-null float64  
12 COTA_BATEA 202933 non-null float64  
13 COTA_BATE1 202919 non-null float64  
14 IPIID 205754 non-null int64  
15 ESTADO 205754 non-null object  
16 GRUPO 205754 non-null object  
17 PROPIETARI 205734 non-null object  
18 OPERADOR 205512 non-null object  
19 EMPRESA 205754 non-null object  
20 COD_MUNICI 205754 non-null int64
```

Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA



Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA



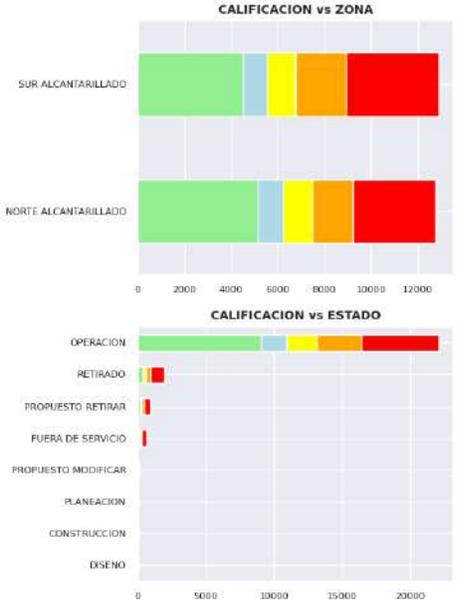
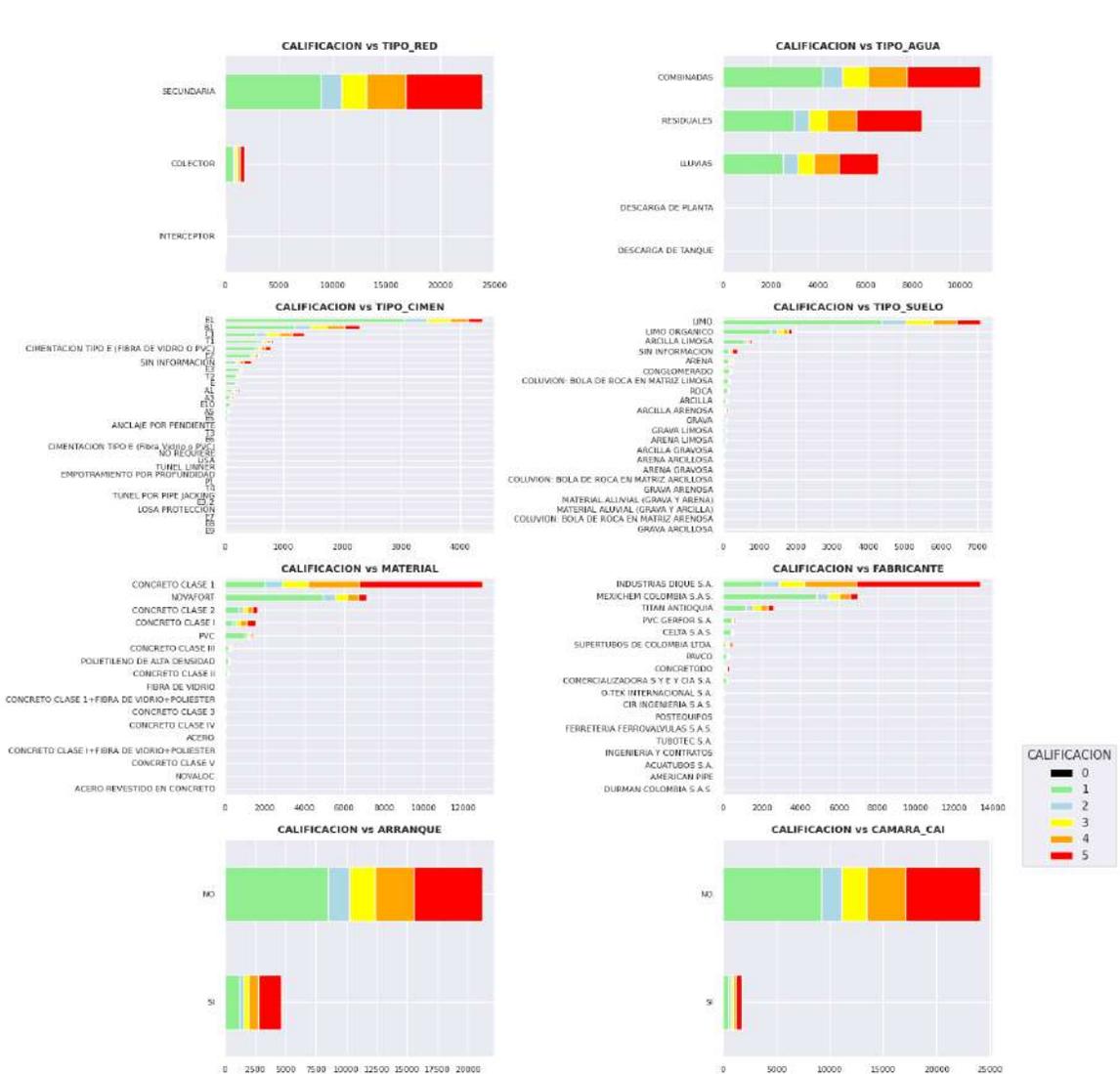
Transformaciones

Convertir tipo de datos ...
Validar rango de datos ...
Unificar unidades a metros ...
Reasignar tipo de agua ...
Reasignar materiales ...
Reasignar fabricantes ...
Reasignar zonas ...
Reasignar municipios ...
Agregar edad de tramos ...
Agregar área de tramos ...
Recalcular pendientes ...
Binarizar calificación ...
Seleccionar columnas útiles ...
Normalizar numéricas ...

Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

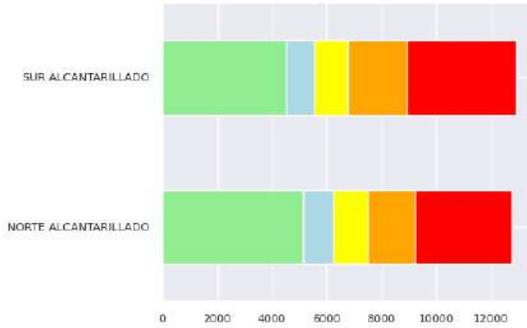
Distribución de variables categóricas ANTES de preprocesamiento



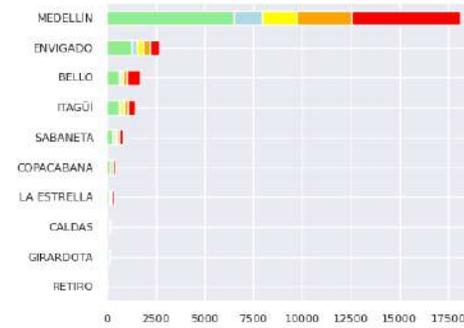
Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

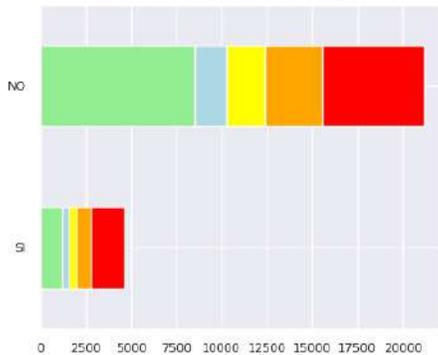
CALIFICACION vs ZONA



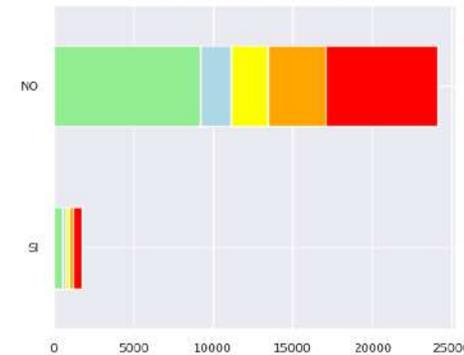
CALIFICACION vs MUNICIPIO



CALIFICACION vs ARRANQUE



CALIFICACION vs CAMARA_CAI



CALIFICACION vs MATERIAL

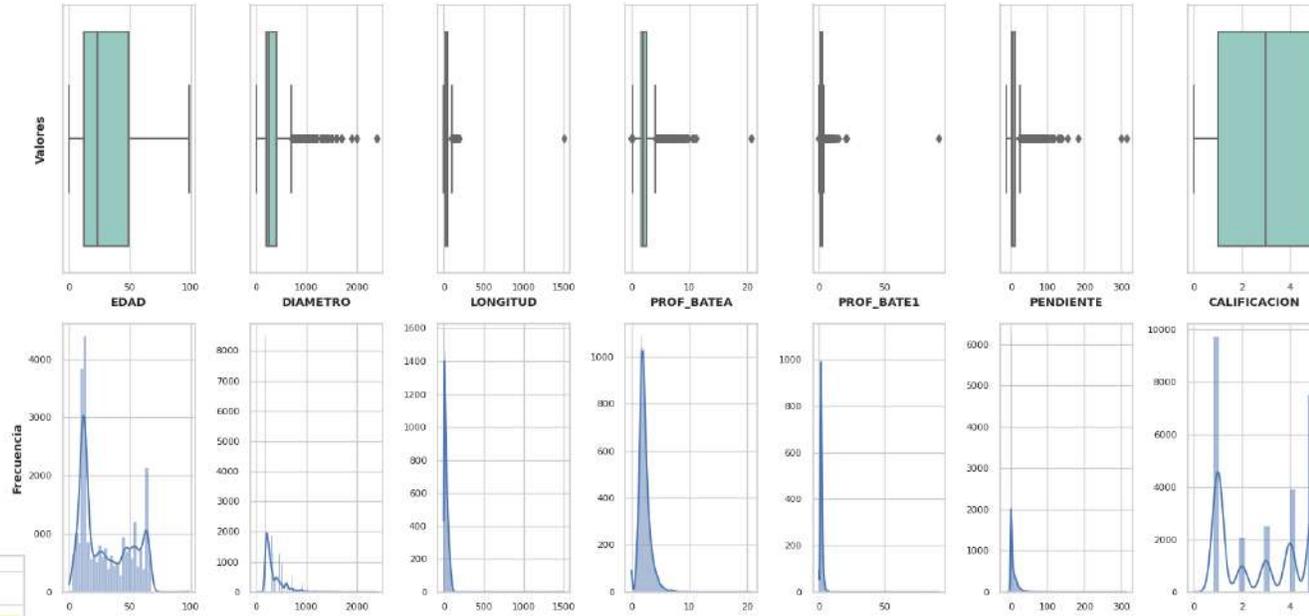


Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

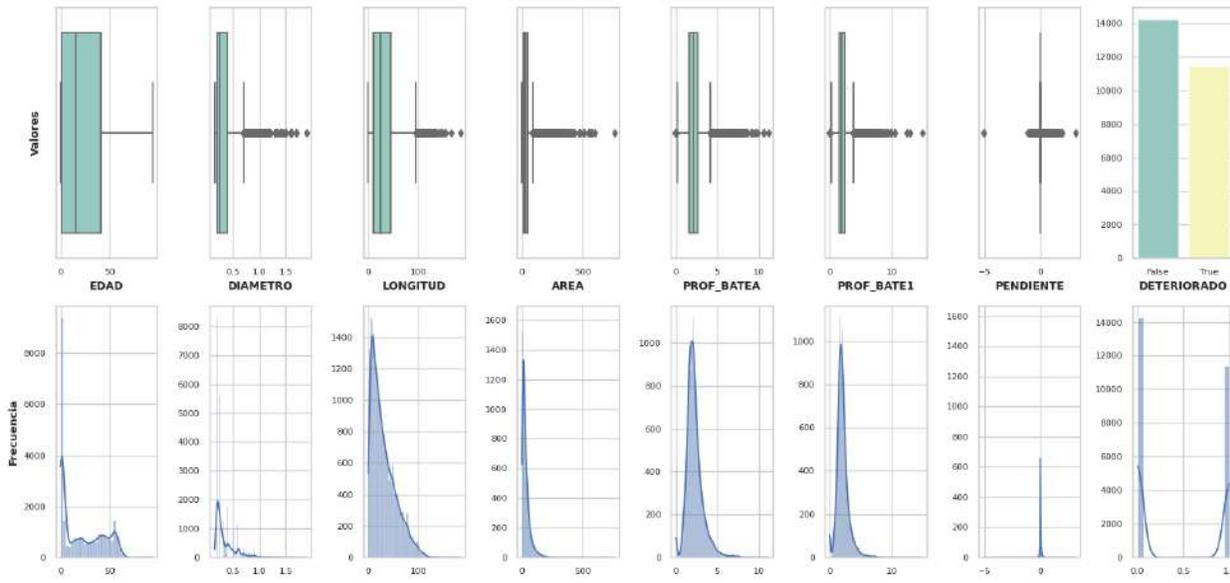
- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

Antes

Estadísticas de distribución ANTES de preprocesamiento



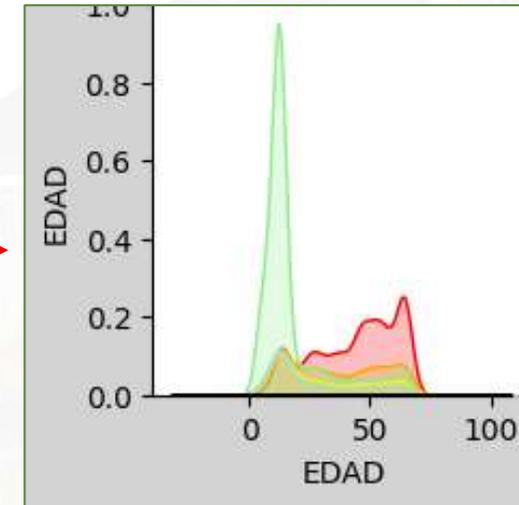
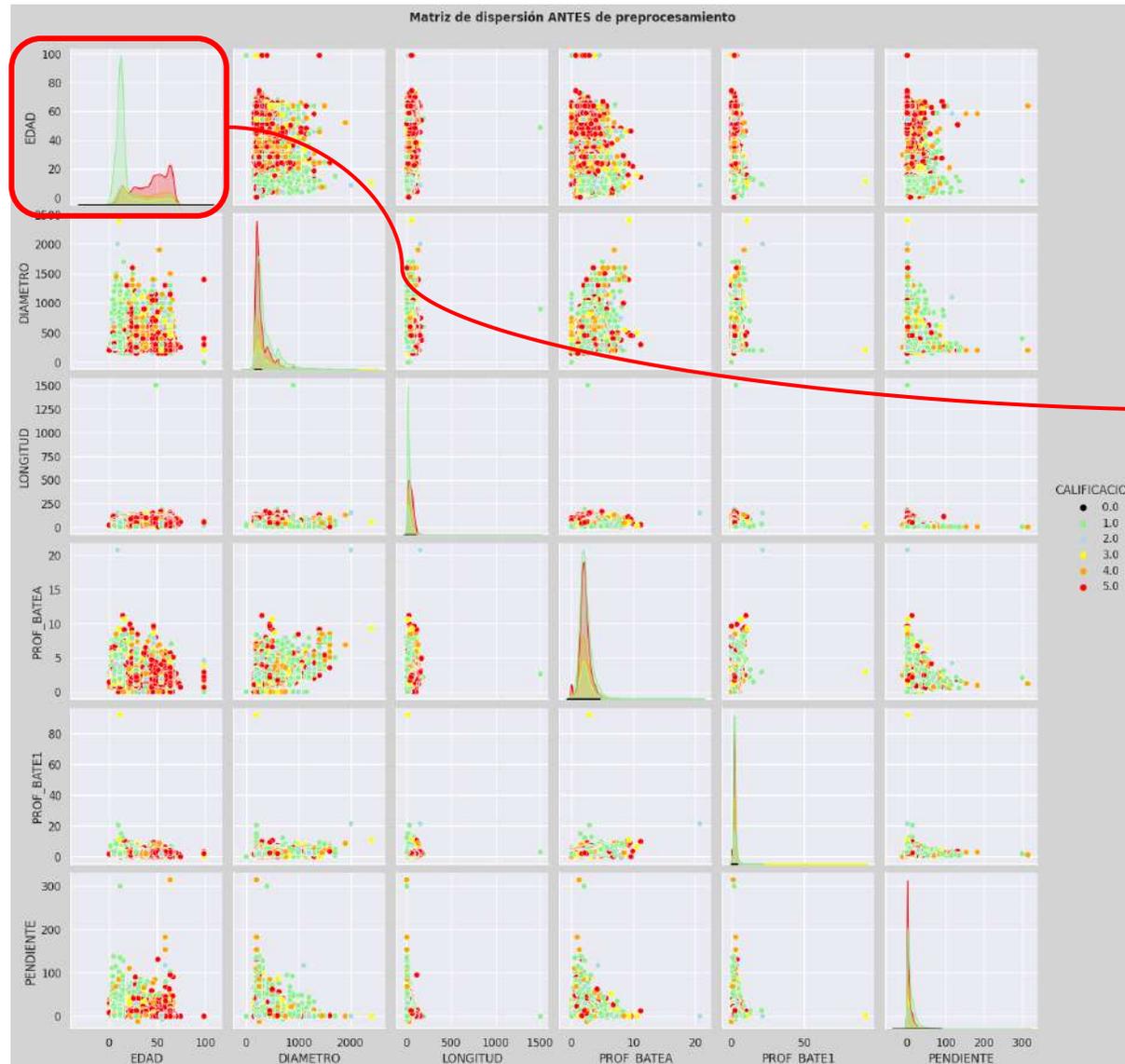
Estadísticas de distribución DESPUÉS de preprocesamiento



Después

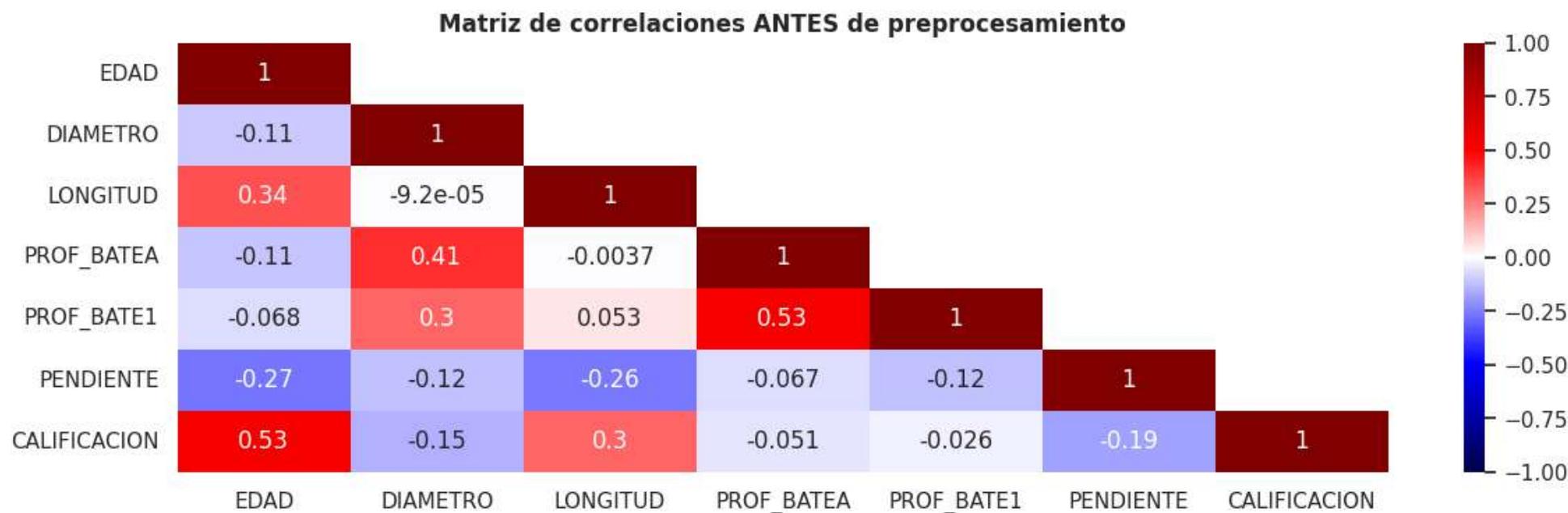
Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



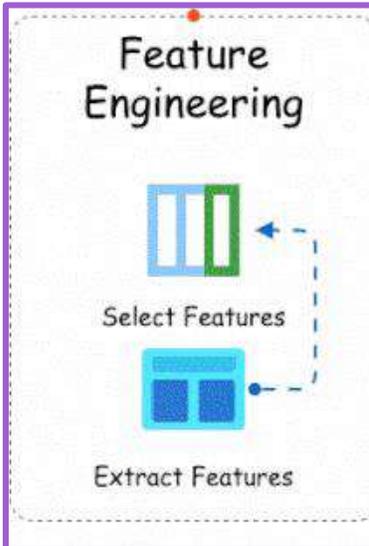
Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

Identificación de correlaciones entre características y de cada característica con la calificación

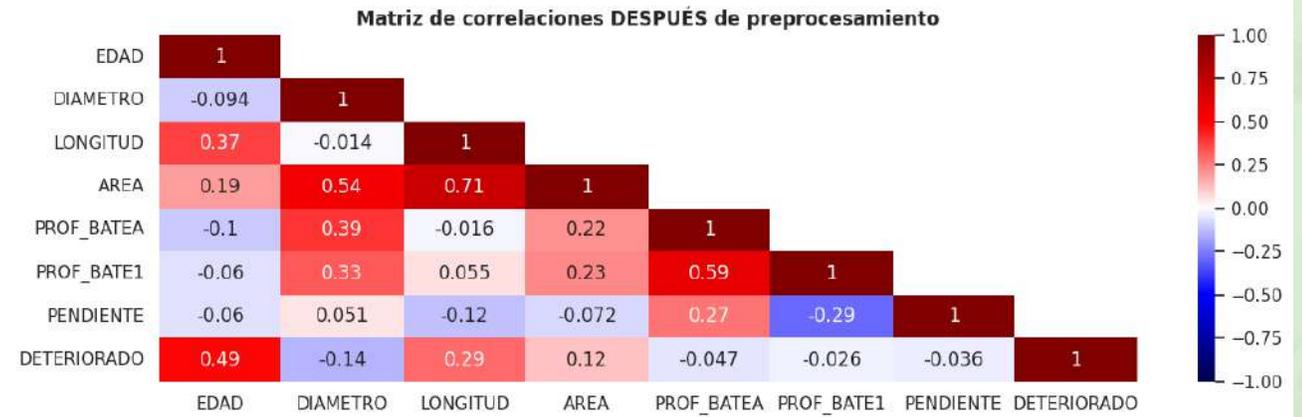


Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

Características Seleccionadas



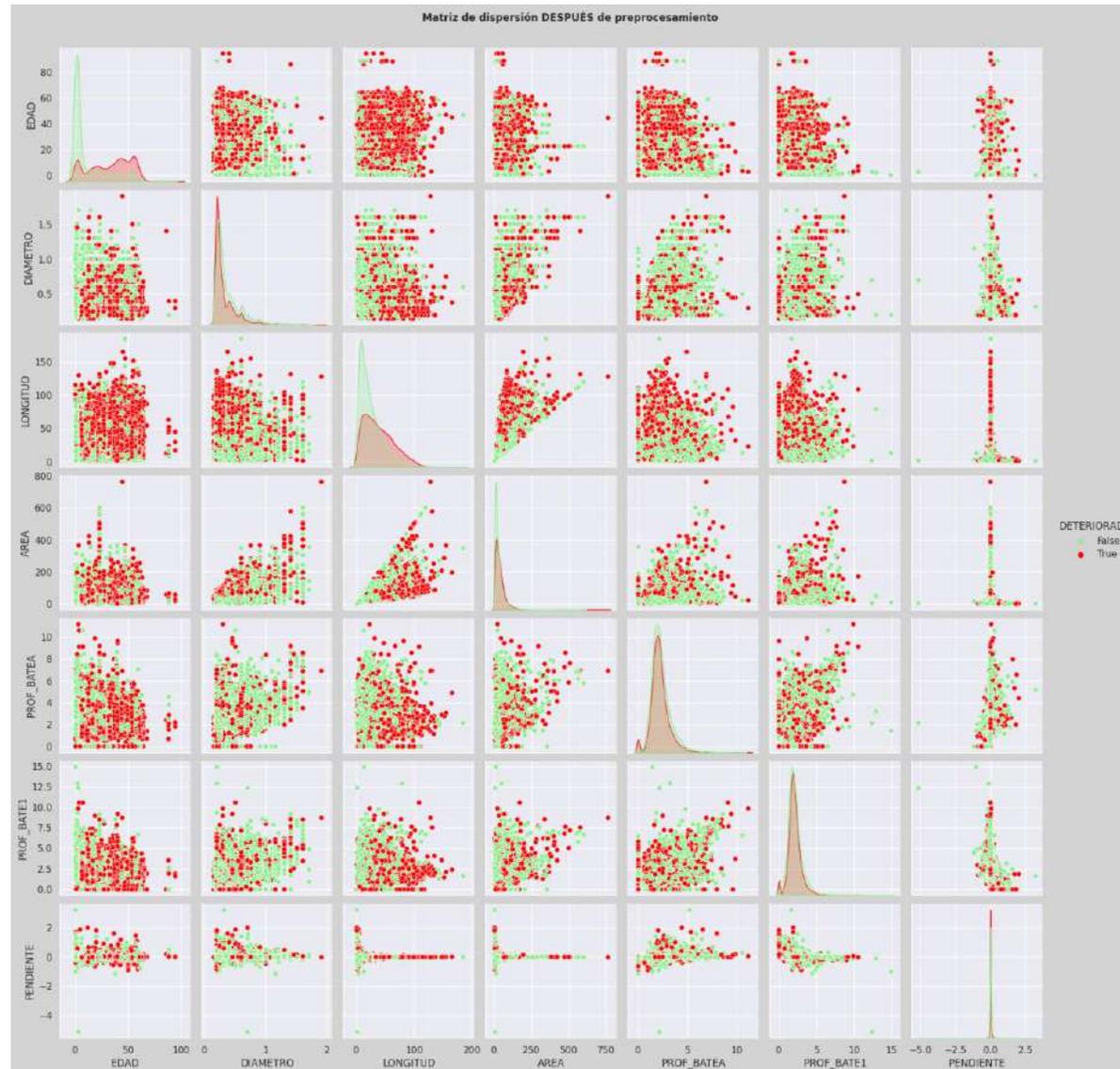
EDAD
 DIAMETRO
 LONGITUD
AREA
 PROF_BATEA
 PROF_BATE1
 PENDIENTE
 TIPO_AGUA_COMBINADAS
 TIPO_AGUA_LLUVIAS Y DESCARGAS
TIPO_AGUA_OTRAS
MATERIAL_CONCRETO_REFORZADO Y OTROS
 MATERIAL_CONCRETO_SIMPLE
 MATERIAL_PVC
 FABRICANTE_INDUSTRIAS DIQUE S.A.
 FABRICANTE_MEXICHEM COLOMBIA S.A.S.
FABRICANTE_OTROS
 ARRANQUE_NO
 ARRANQUE_SI
ZONA_NORTE Y OTRAS
 ZONA_SUR
 MUNICIPIO_MEDELLÍN
MUNICIPIO_OTRO
 ESTADO_OPERACION
ESTADO_OTRO



Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

10° Encuentro
de Proveedores y Contratistas Grupo EPM
V Edición Jornadas Técnicas

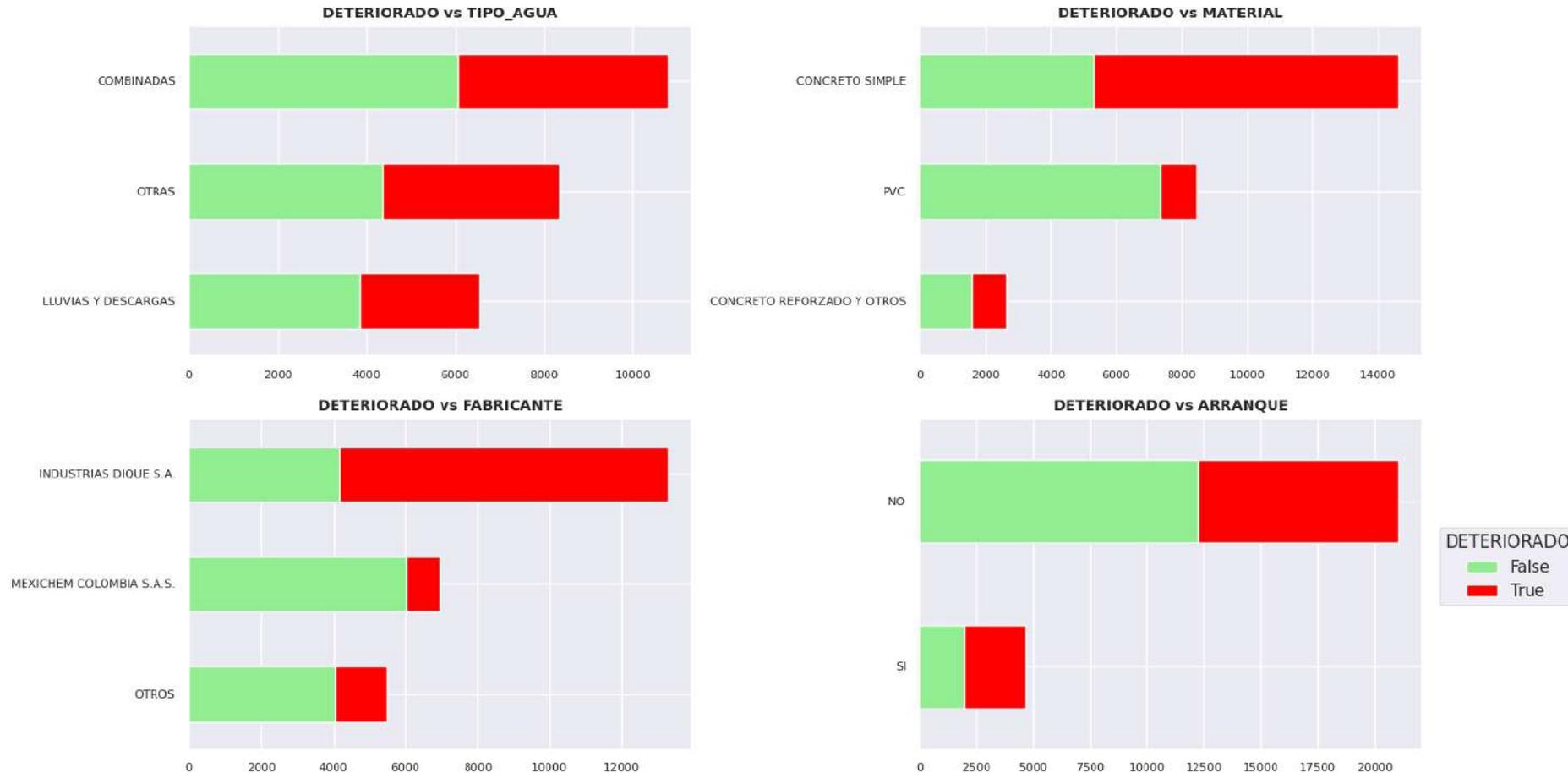
- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

Distribución de variables categóricas DESPUÉS de preprocesamiento



Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



DETERIORADO
False
True

Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

1. Evaluación de Modelos:

Random Forest Classifier

Regresión Logística

Linear Support Vector Machines

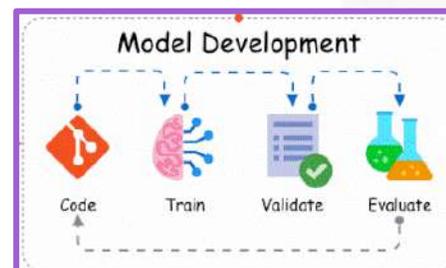
HistGradient Boosting Classifier

2. Búsqueda de hiper-parámetros de cada modelo

3. Entrenamiento:

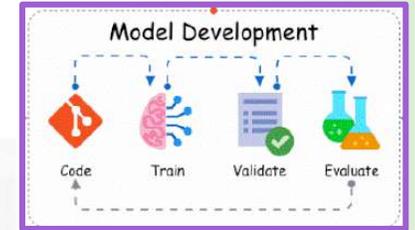
x_{train} , x_{test} , y_{train} , y_{test}

Validación cruzada

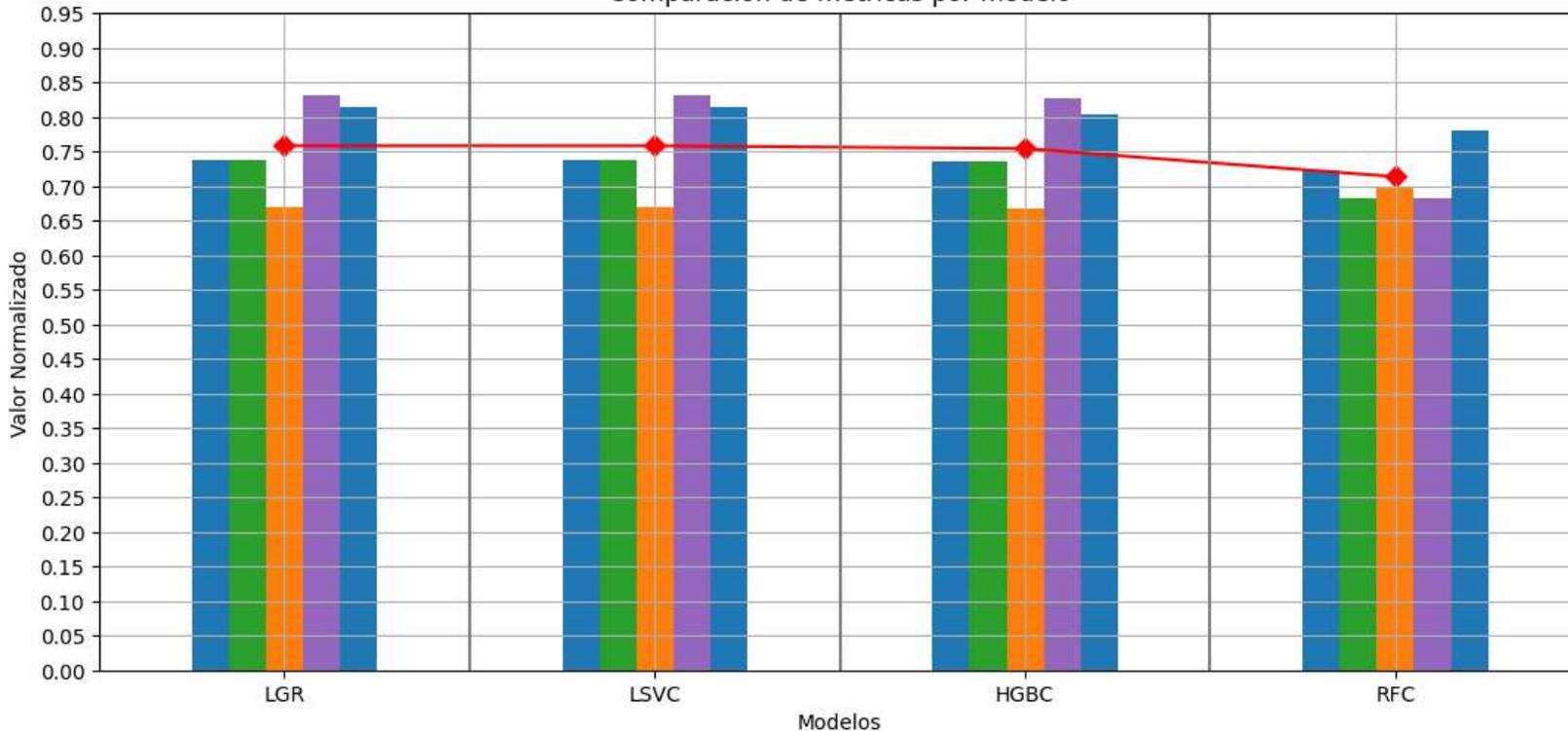


Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



Comparación de métricas por modelo

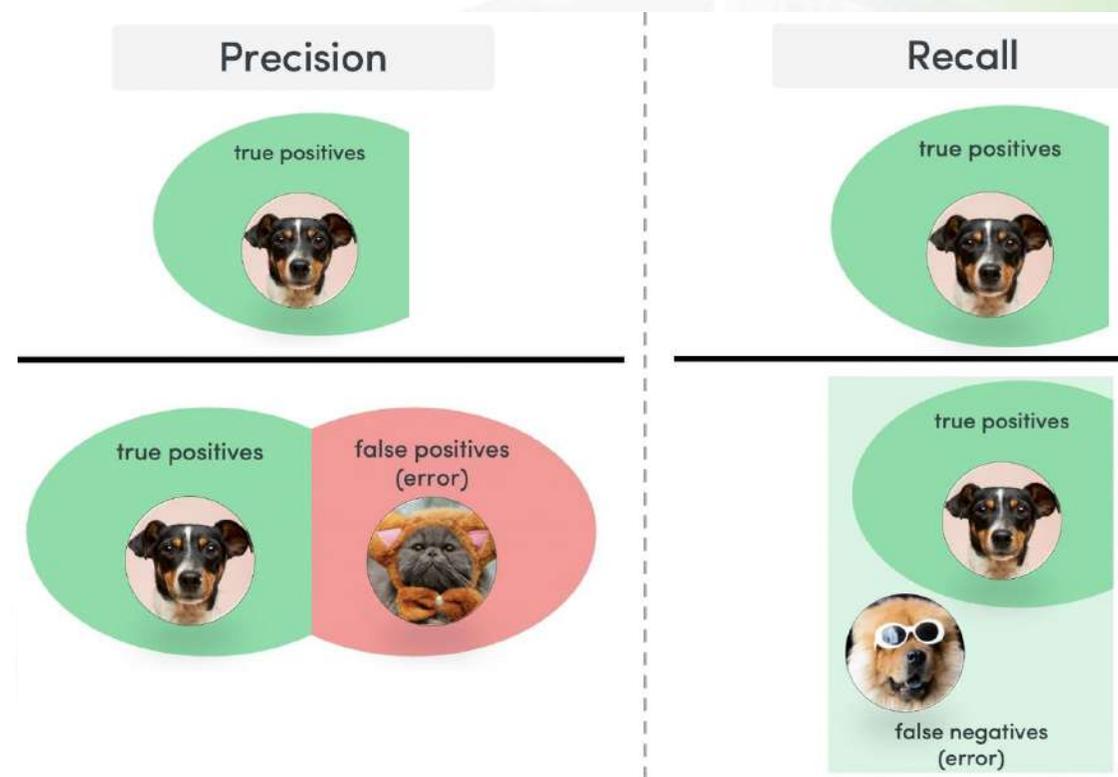
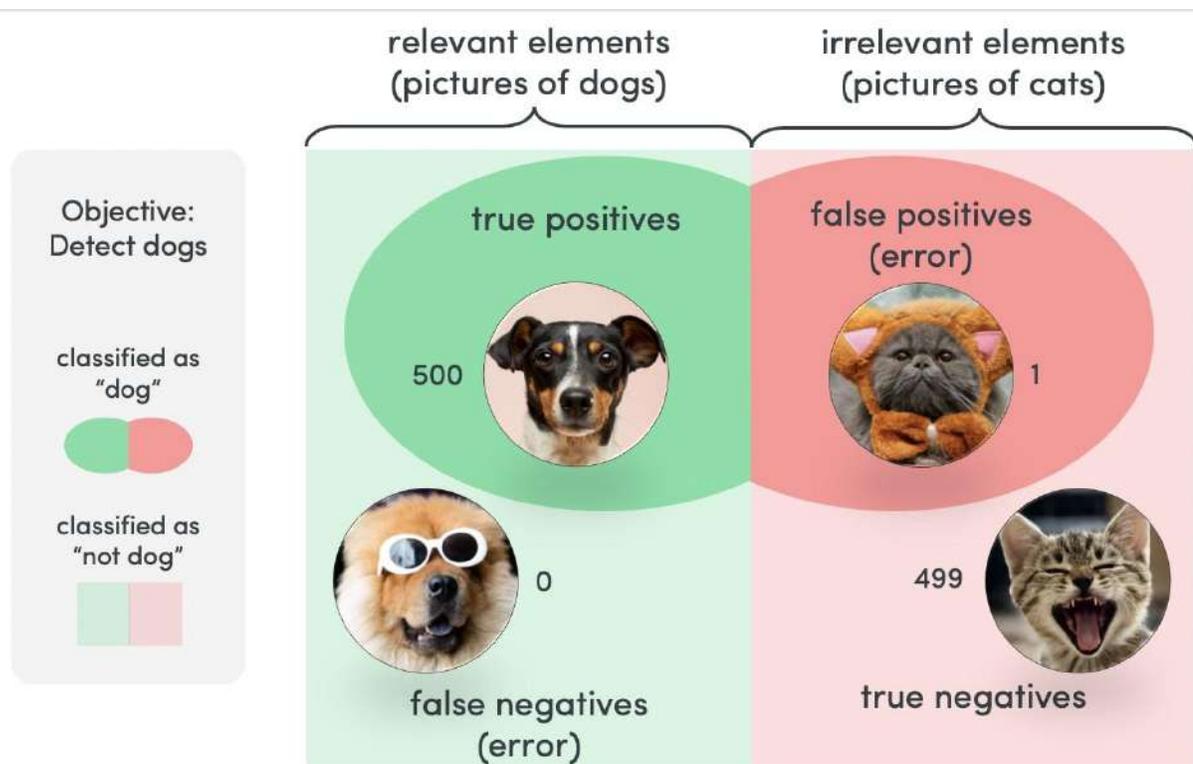


- Métricas
- test_accuracy
 - test_f1
 - test_precision
 - test_recall
 - test_roc_auc

LGR= Regresión logística
LSVC= linear support vector machines
HGBC= HistGradientBoostingClassifier
RFC= Random Forest Classifier

Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

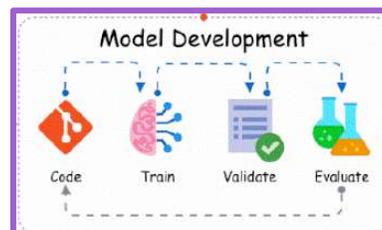
¿Cuál métrica usar?



Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

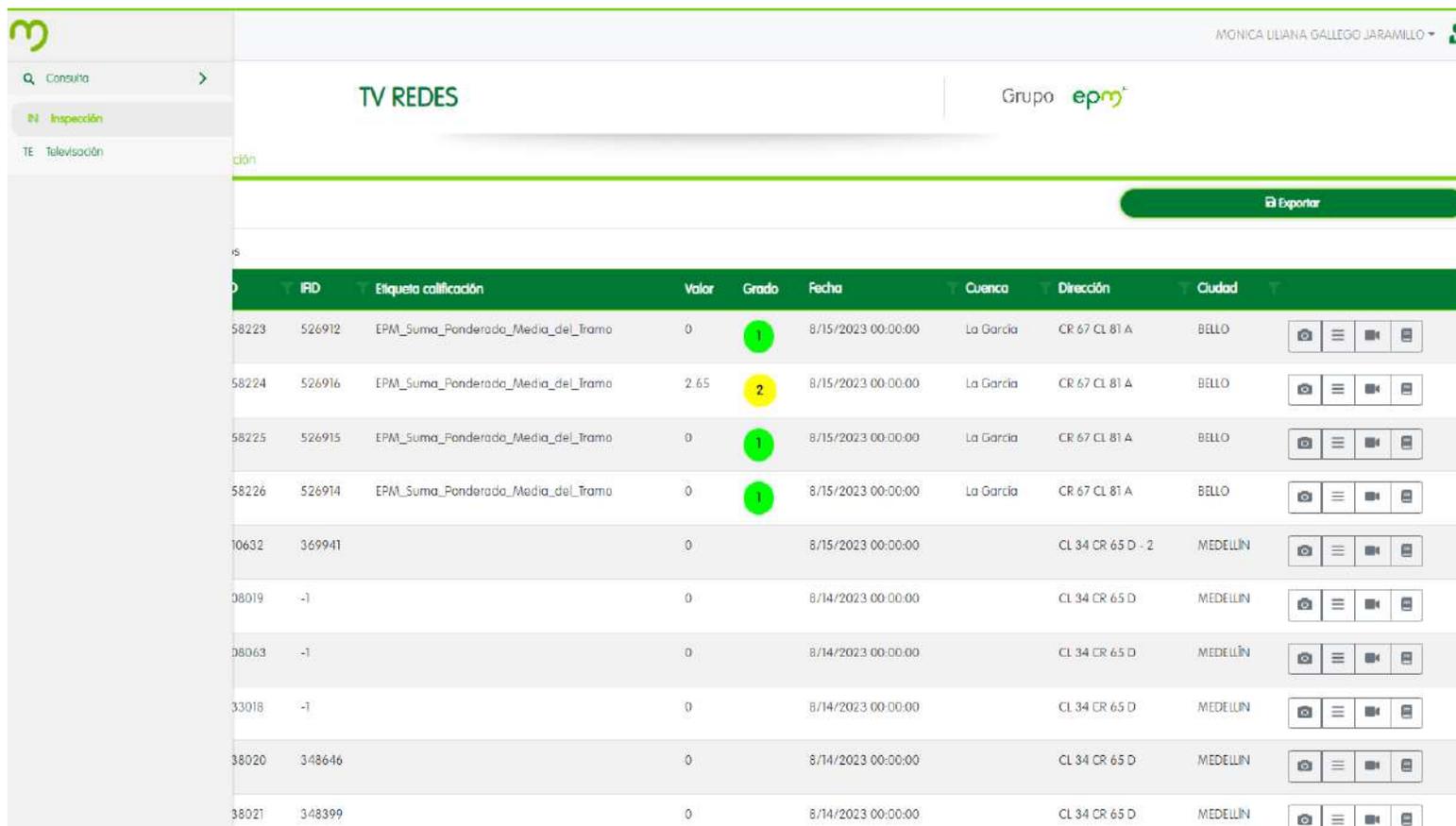
Validación del modelo = Logistic Regression

	precision	recall	f1-score	support
False	0.84	0.65	0.73	3550
True	0.66	0.84	0.74	2869
accuracy			0.74	6419
macro avg	0.75	0.75	0.74	6419
weighted avg	0.76	0.74	0.74	6419



Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

Evaluación del modelo usando 100 tramos televisados entre mayo y julio de 2023

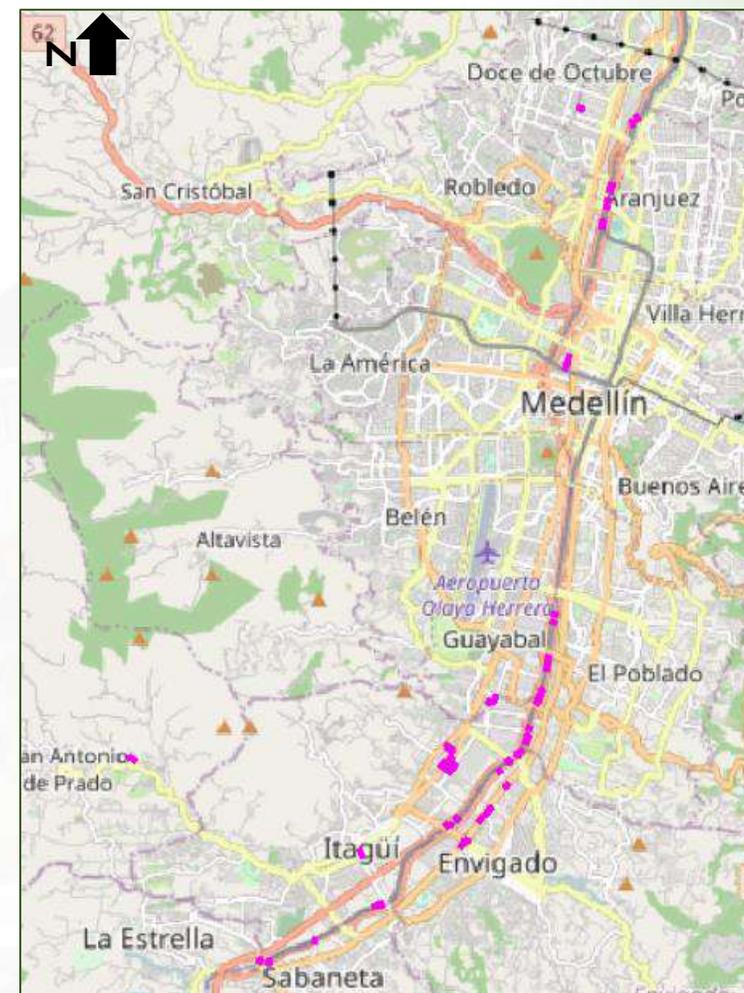


The screenshot shows the 'TV REDES' application interface. At the top, there is a search bar with 'Consulta' and a right arrow, and a user profile for 'MONICA LILIANA GALLEGO JARAMILLO'. Below the search bar, there are navigation tabs for 'Inspección' and 'Televisación'. The main content area displays a table with the following columns: ID, IRD, Etiqueta calificación, Valor, Grado, Fecha, Cuenca, Dirección, Ciudad, and a set of icons for each row. The table contains 12 rows of data, with the first four rows having a 'Grado' of 1 or 2, and the remaining eight rows having a 'Grado' of -1.

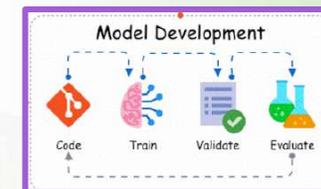
ID	IRD	Etiqueta calificación	Valor	Grado	Fecha	Cuenca	Dirección	Ciudad	
58223	526912	EPM_Suma_Ponderada_Media_del_Tramo	0	1	8/15/2023 00:00:00	La García	CR 67 CL 81 A	BELLO	[Icons]
58224	526916	EPM_Suma_Ponderada_Media_del_Tramo	2.65	2	8/15/2023 00:00:00	La García	CR 67 CL 81 A	BELLO	[Icons]
58225	526915	EPM_Suma_Ponderada_Media_del_Tramo	0	1	8/15/2023 00:00:00	La García	CR 67 CL 81 A	BELLO	[Icons]
58226	526914	EPM_Suma_Ponderada_Media_del_Tramo	0	1	8/15/2023 00:00:00	La García	CR 67 CL 81 A	BELLO	[Icons]
10632	369941		0		8/15/2023 00:00:00		CL 34 CR 65 D - 2	MEDELLÍN	[Icons]
08019	-1		0		8/14/2023 00:00:00		CL 34 CR 65 D	MEDELLÍN	[Icons]
08063	-1		0		8/14/2023 00:00:00		CL 34 CR 65 D	MEDELLÍN	[Icons]
33018	-1		0		8/14/2023 00:00:00		CL 34 CR 65 D	MEDELLÍN	[Icons]
38020	348646		0		8/14/2023 00:00:00		CL 34 CR 65 D	MEDELLÍN	[Icons]
38021	348399		0		8/14/2023 00:00:00		CL 34 CR 65 D	MEDELLÍN	[Icons]

10° Encuentro de Proveedores y Contratistas Grupo EPM V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



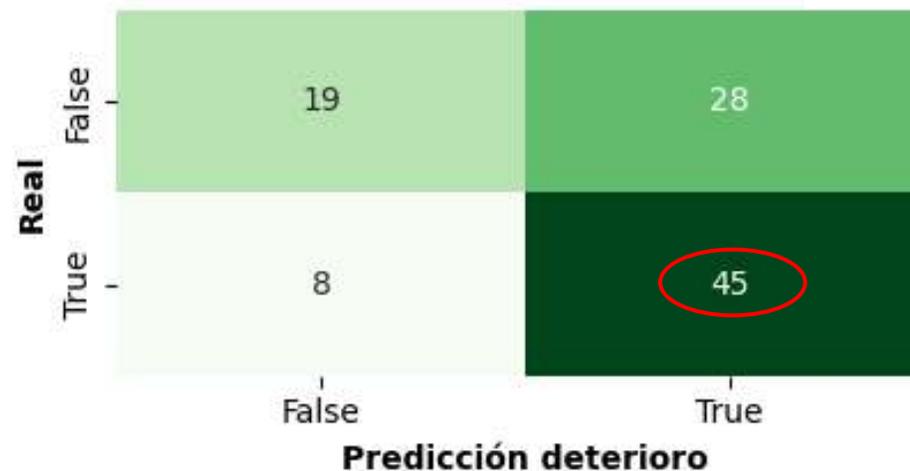
Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA



Métricas

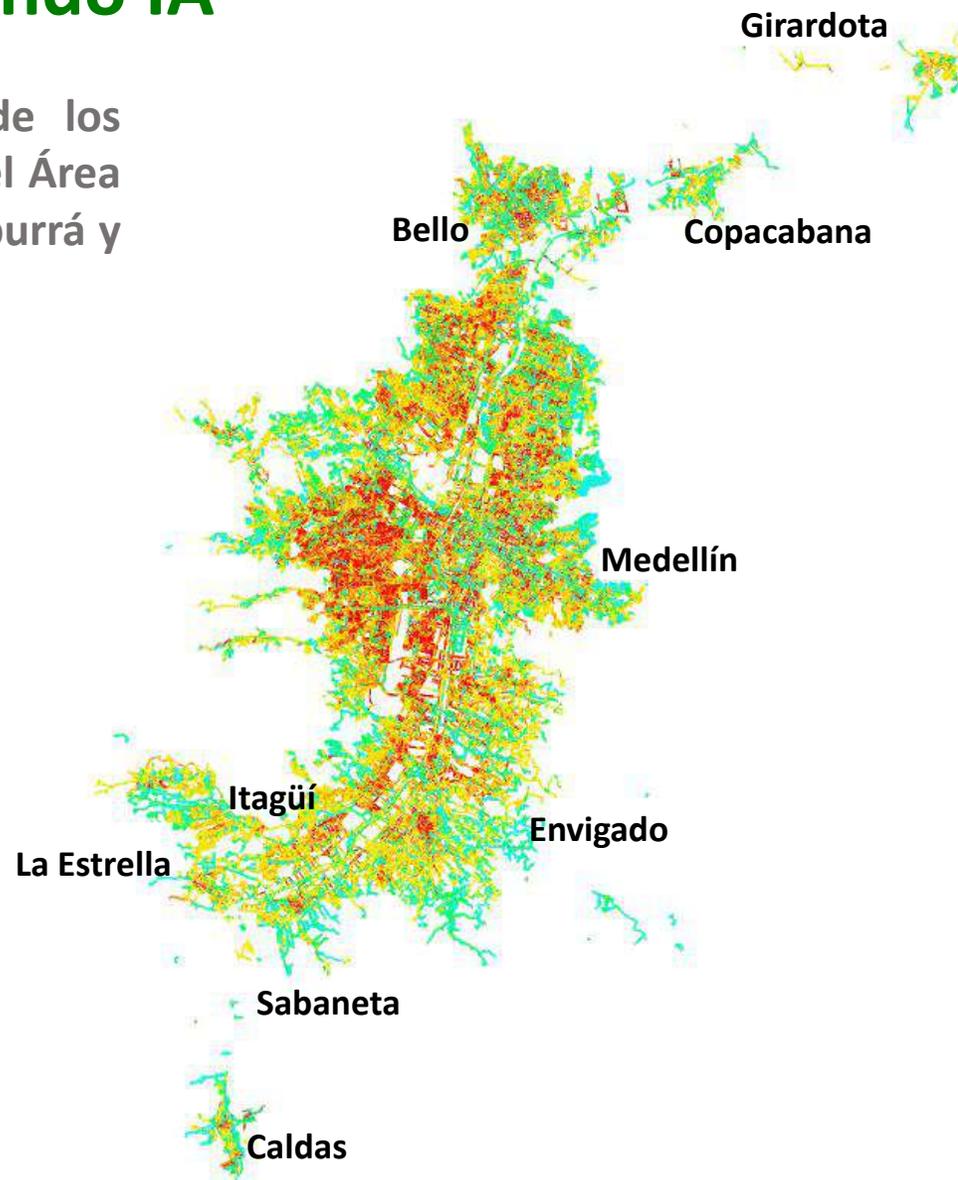
	precision	recall	f1-score	support
False	0.70	0.40	0.51	47
True	0.62	0.85	0.71	53
accuracy			0.64	100
macro avg	0.66	0.63	0.61	100
weighted avg	0.66	0.64	0.62	100

Matriz de confusión - Datos de validación



Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

Probabilidad de Deterioro de los Tramos de Alcantarillado en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y El Retiro



Probabilidad de Deterioro

- 0 - 0.25
- 0.25 - 0.5
- 0.5 - 0.85
- 0.85 - 0.9
- 0.9 - 0.996

10° Encuentro de Proveedores y Contratistas Grupo EPM V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

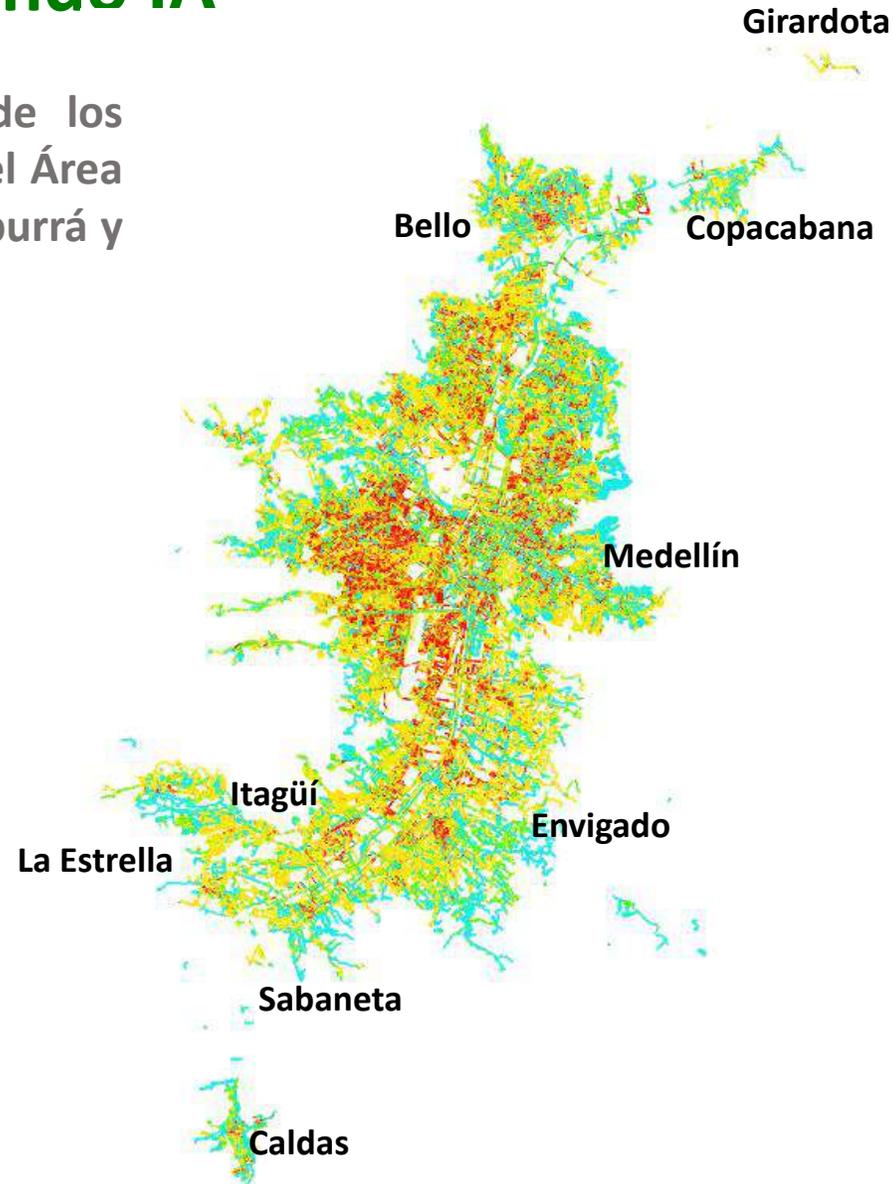


Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

Probabilidad de Deterioro de los Tramos de Alcantarillado en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y El Retiro

Probabilidad de Deterioro

- 0 - 0.35
- 0.35 - 0.6
- 0.6 - 0.9
- 0.9 - 1



10° Encuentro de Proveedores y Contratistas Grupo EPM V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

¿Qué hacer con el modelo de predicción?

- Priorizar las inspecciones del mantenimiento preventivo.
- Complementar la identificación de meta física de reposiciones de alcantarillado.
- Insumo para calcular la criticidad de tramos de alcantarillado.
- Dimensionamiento de contratos para inspecciones.
- En la gestión de activos, para analizar variables que influyen sobre el deterioro (materiales, tipo de agua, ubicación, etc).
- Chequeo de los criterios del operador del equipo CCTV.

10° Encuentro de Proveedores y Contratistas Grupo EPM V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

¡Gracias!

Grupo·epm