

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

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

Grupo·epm



# 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

## ¿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)

22: 01  
19. 09. 17  
CL1: + 0028.40 m

Página 1 de 57



# Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

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

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

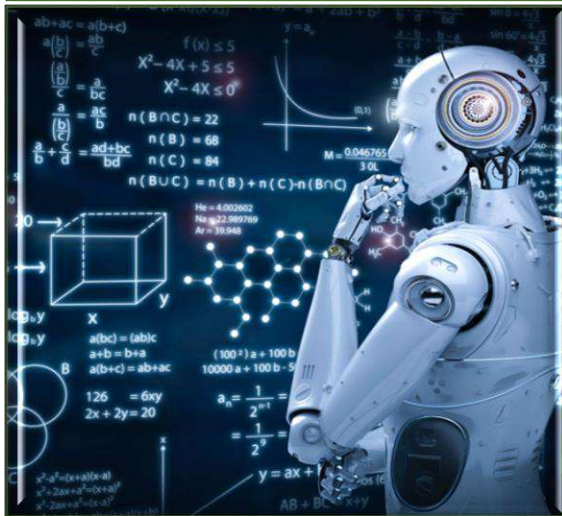
## Inspecciones con CCTV



# Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

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

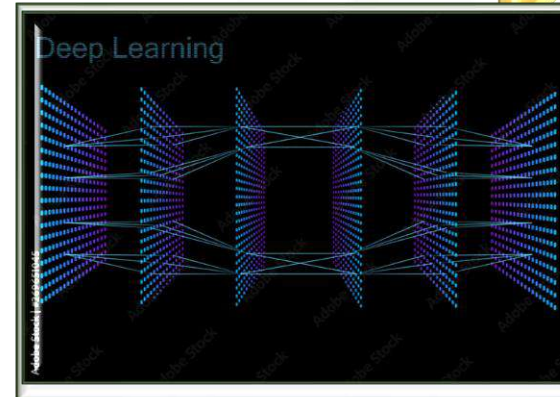
## Inteligencia Artificial



## Aprendizaje de Máquina



## Aprendizaje Profundo



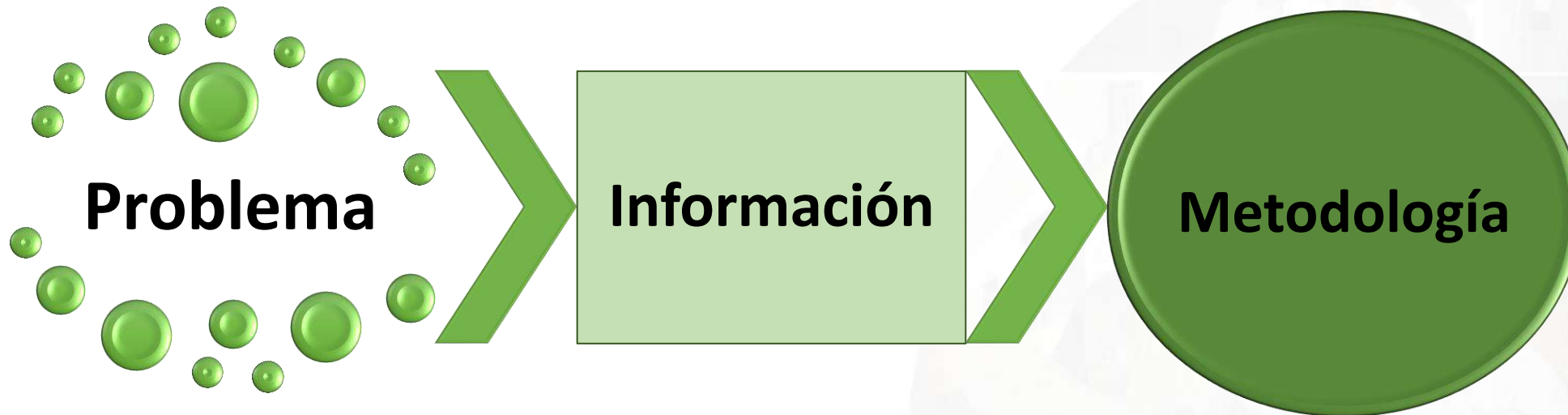
## Ciencia de Datos



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://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

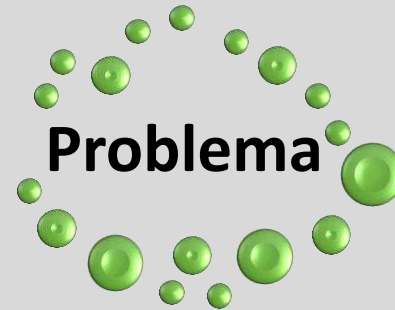
### Accesos para

Funcionarios administrativos	Todos los funcionarios	Funcionarios directivos y gestores	Accesos de interés
<ul style="list-style-type: none"><li>Mercurio</li><li>Enter</li><li>One World</li><li>Memorando electrónico</li><li>Cabezotes correos electrónicos corporativos</li><li>Sitio web EPM</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Autoservicio del empleado</li><li>Gestión del talento humano</li><li>Mi Catálogo</li><li>Conecta</li><li>Aniba</li><li>Restablecimiento de contraseña</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>One World</li><li>Agenda Regional y Nacional</li><li>Ágora</li><li>Reporte de tiempo</li><li>Neon</li><li>Portal de Arquitectura Empresarial</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Terceización</li><li>Manual de conducta empresarial de Grupo EPM</li><li>Gestión ética Grupo EPM</li><li>Servicio Médico</li><li>PADEC</li><li>Informe de Sostenibilidad 2020</li></ul>

### 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

Información

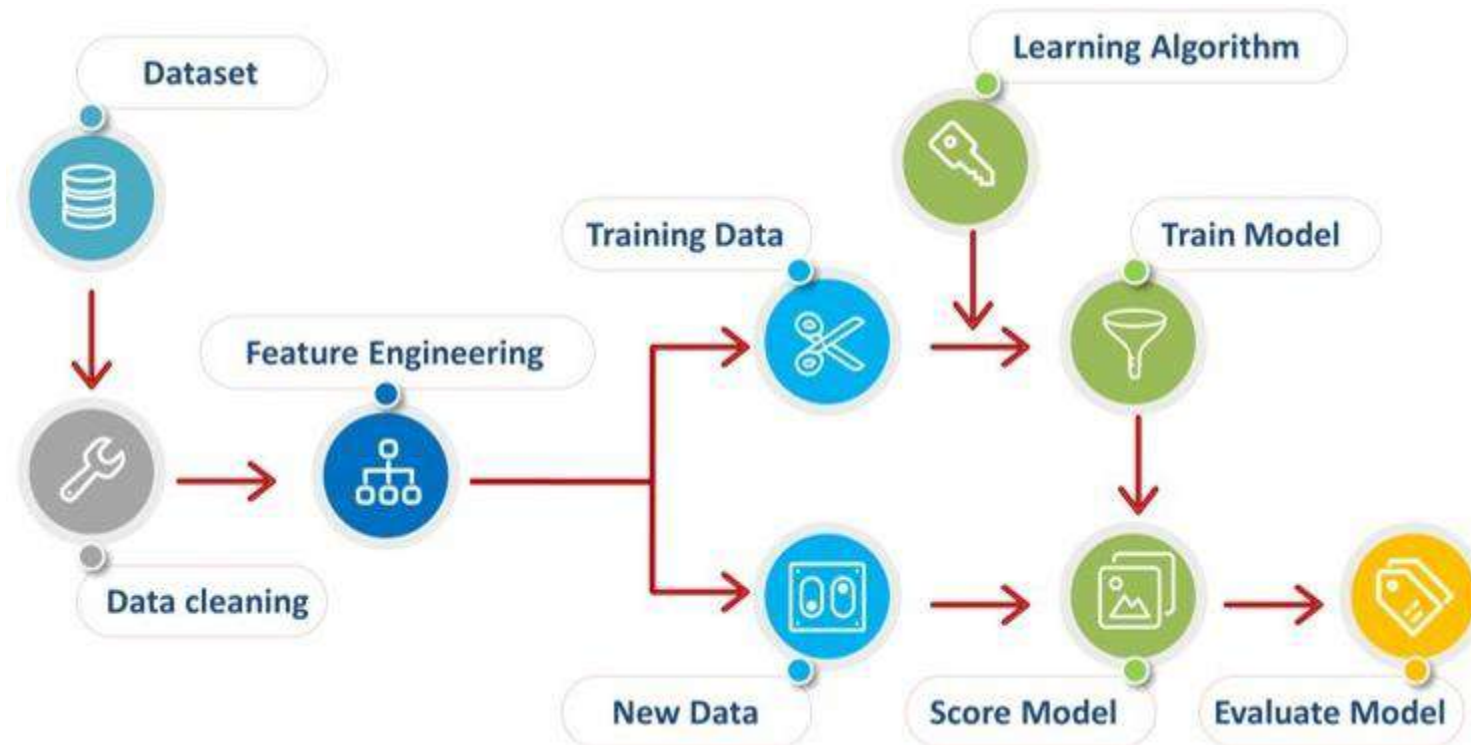
- Base de datos con CCTV históricos
- Base de datos de tuberías de alcantarillado

```
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
```



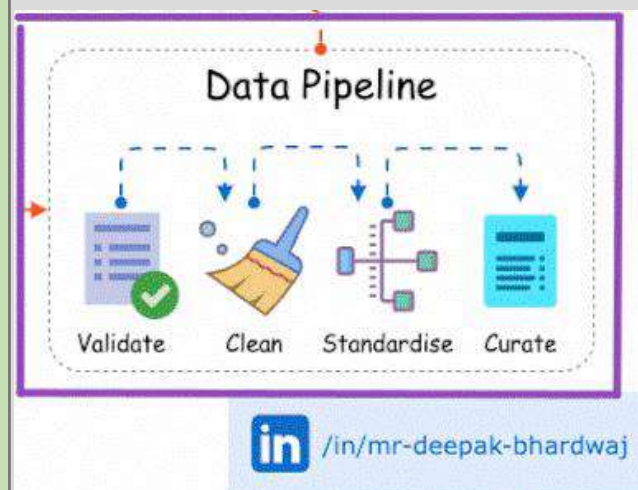
# Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA



Base de datos de tuberías de alcantarillado



# Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA



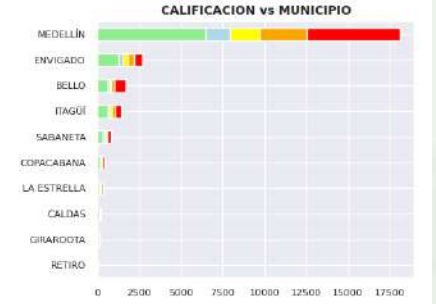
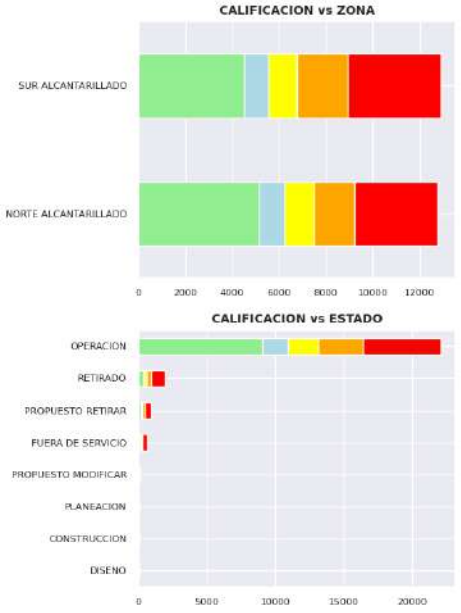
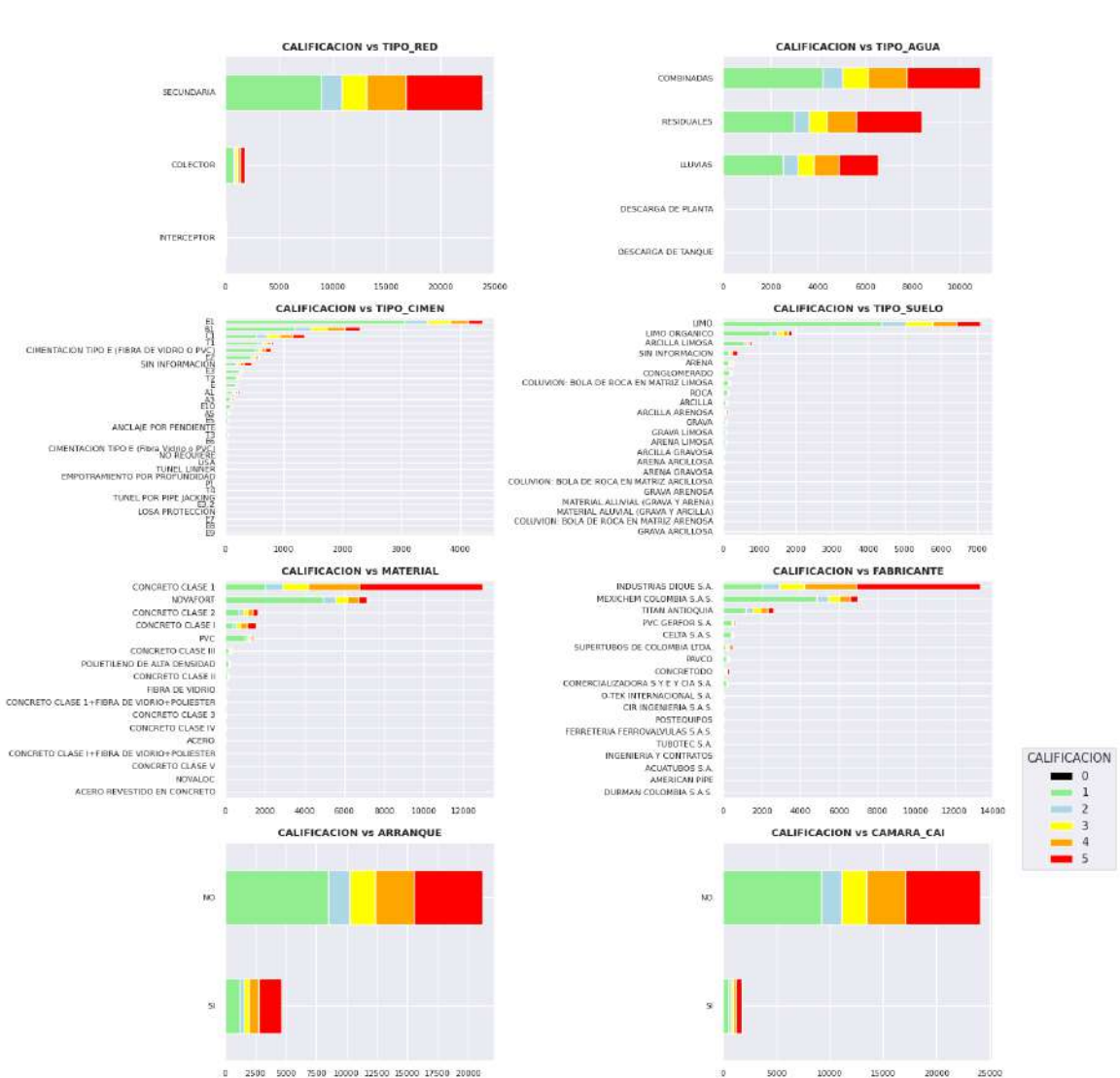
## Transformaciones

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

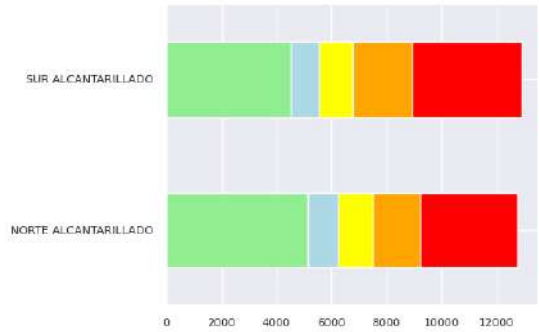
Distribución de variables categóricas ANTES de preprocesamiento



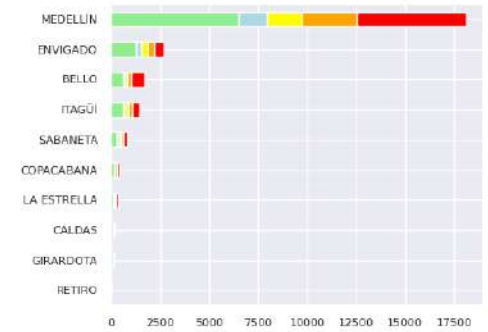
# Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

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

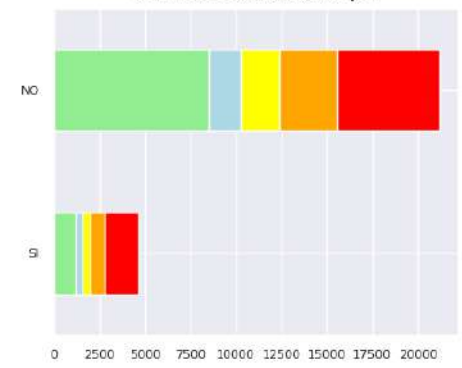
CALIFICACION vs ZONA



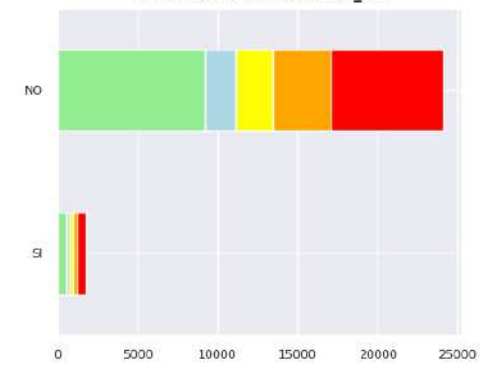
CALIFICACION vs MUNICIPIO



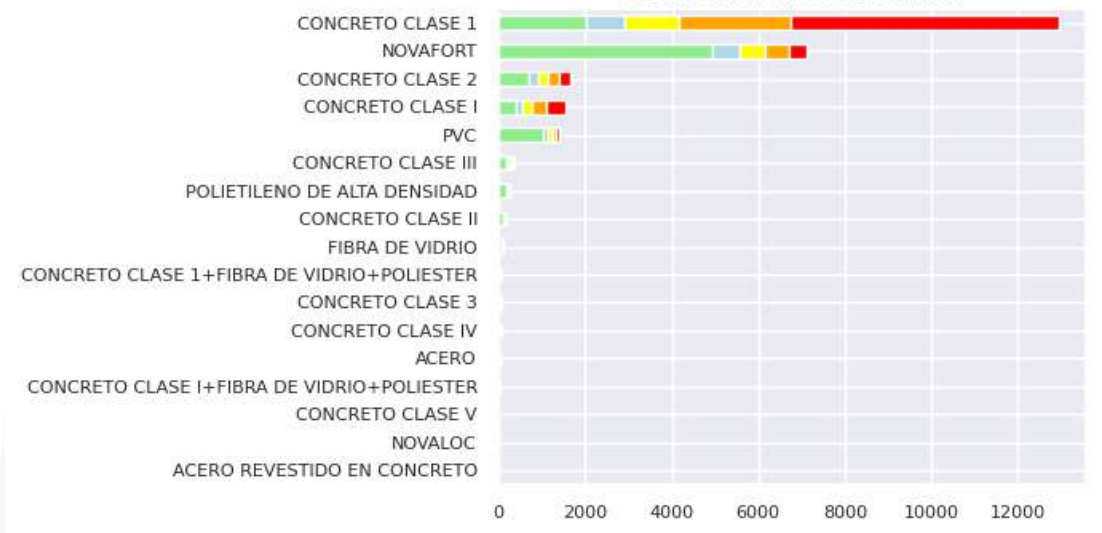
CALIFICACION vs ARRANQUE



CALIFICACION vs CAMARA\_CAI



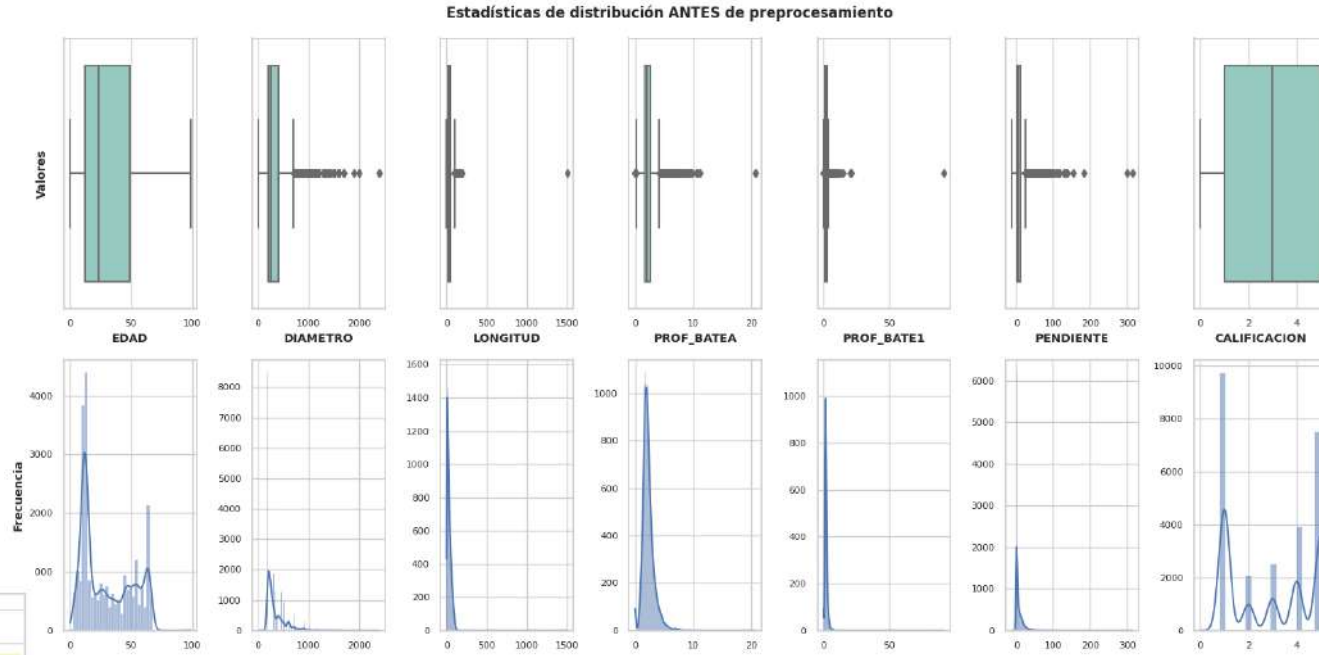
CALIFICACION vs MATERIAL



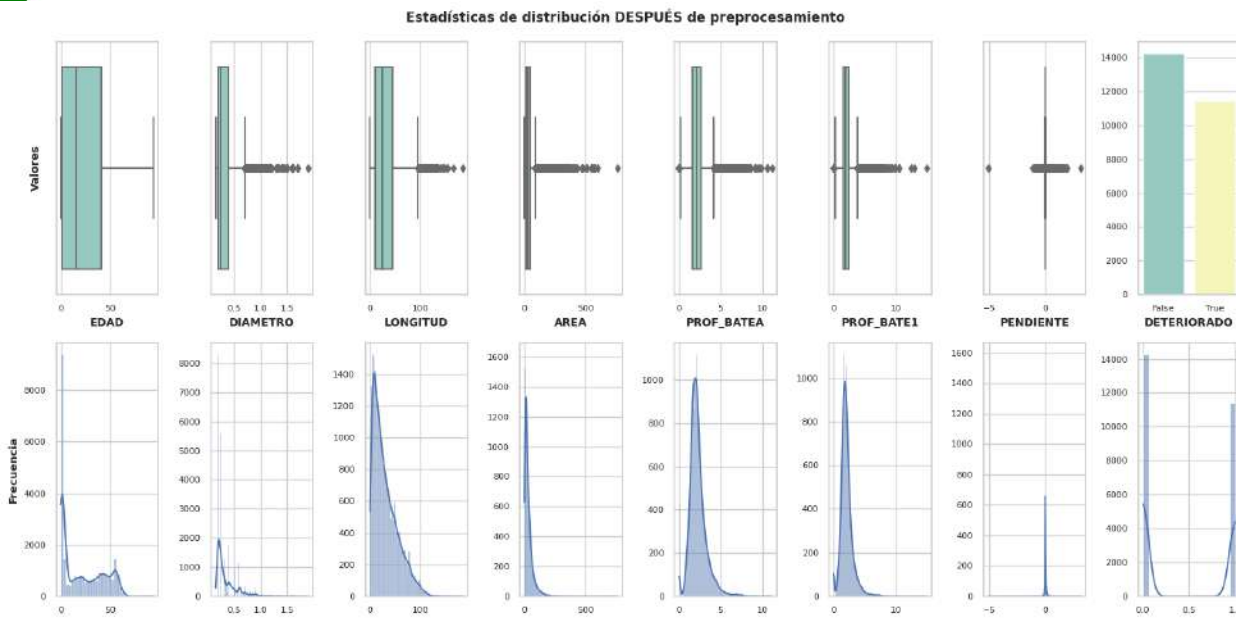
# Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

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

Antes

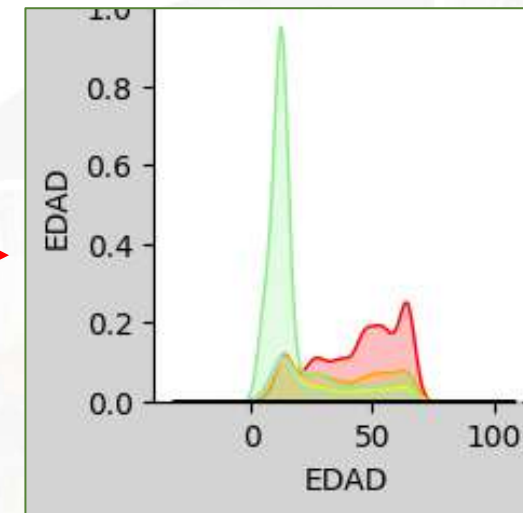
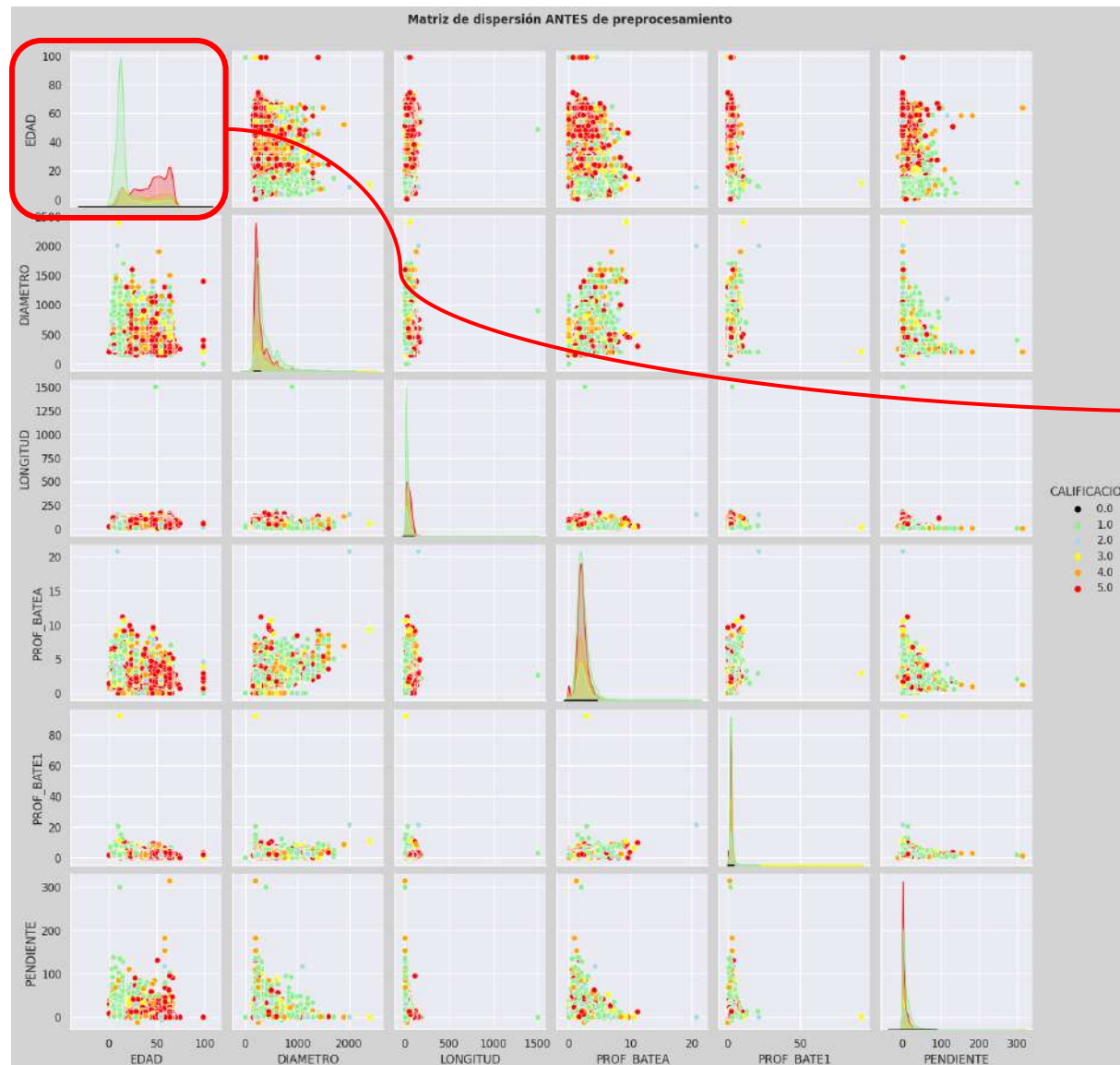


Después



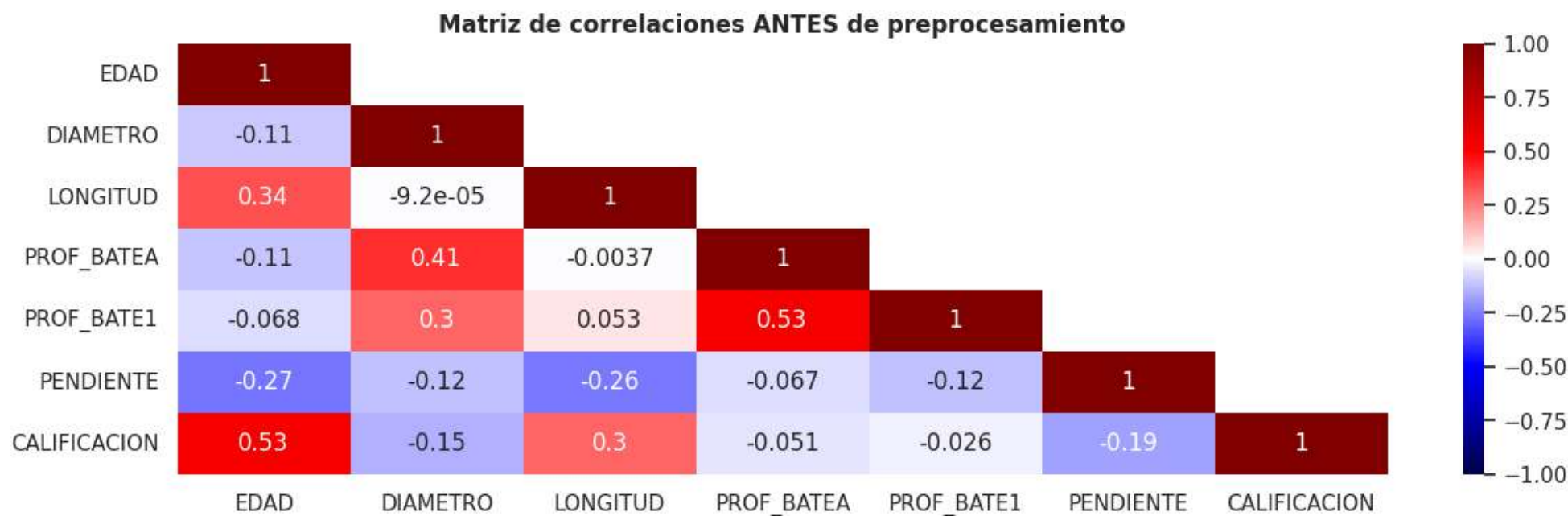
# Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

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



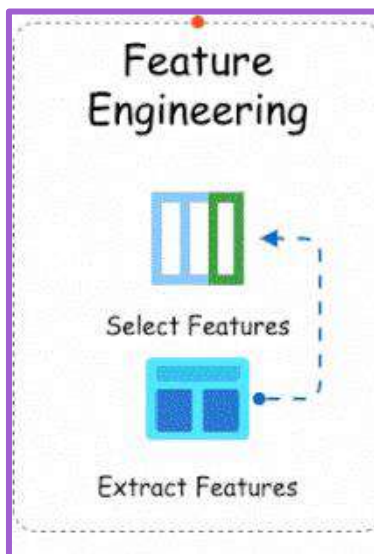
# Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

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

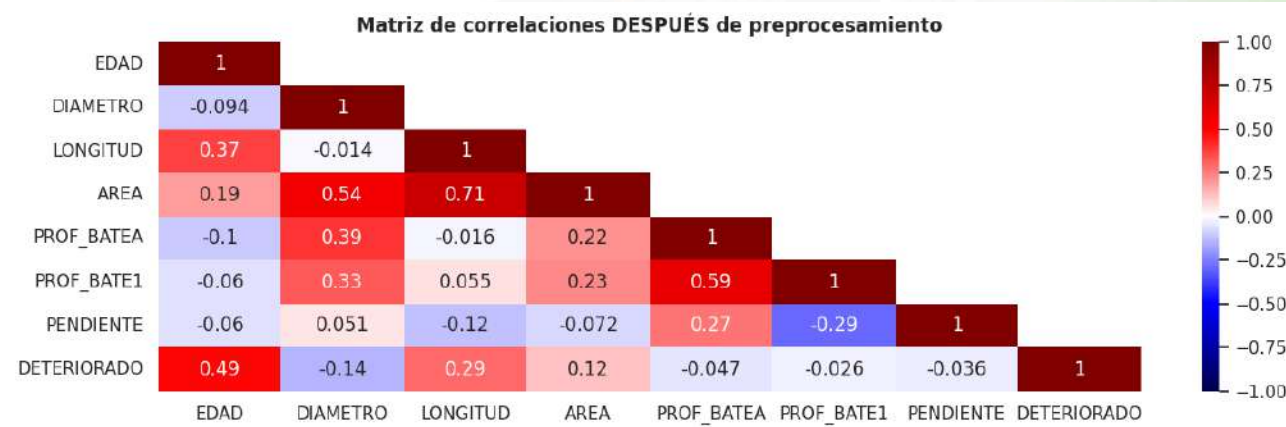


# Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

## 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

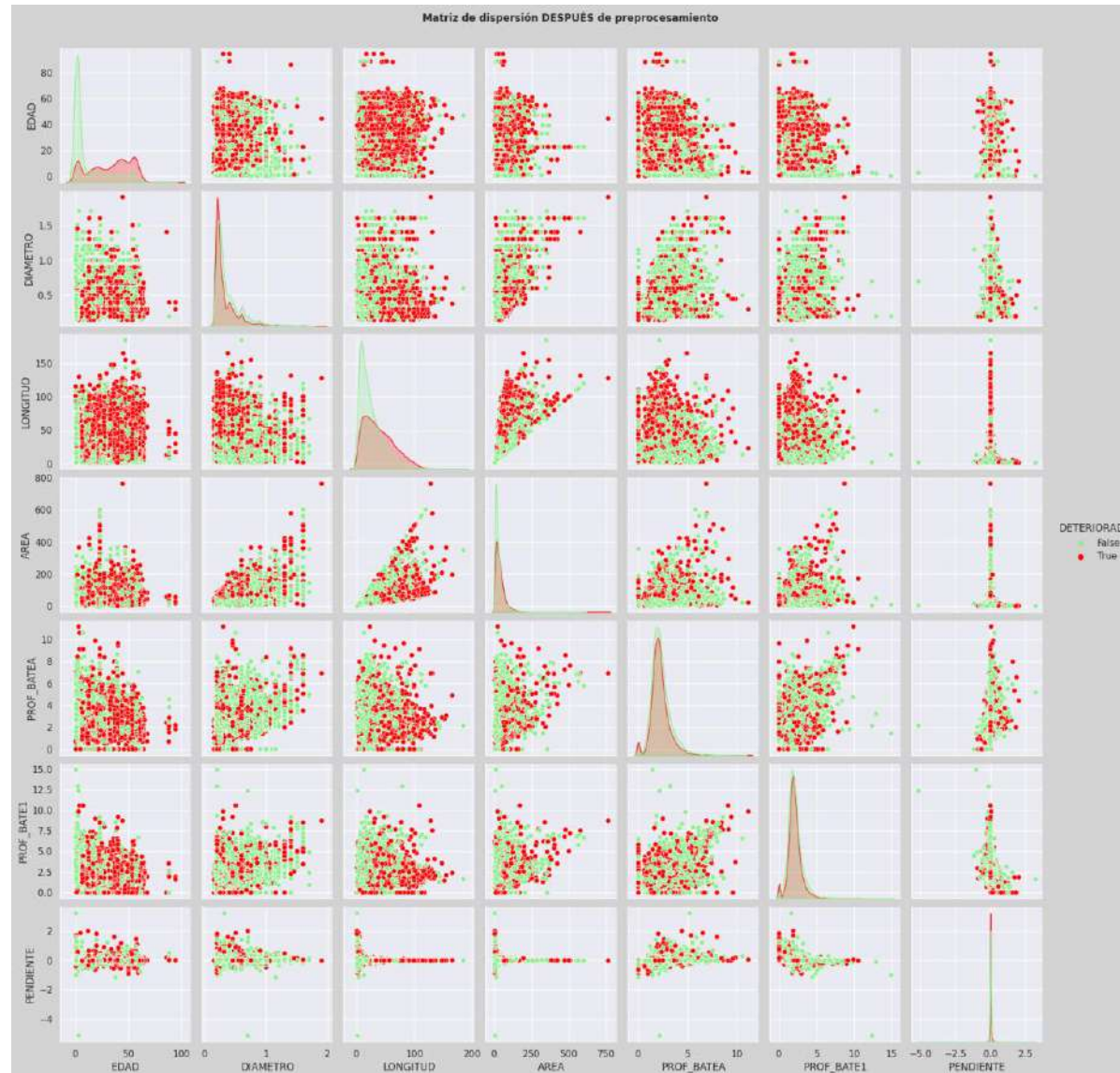




# Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

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

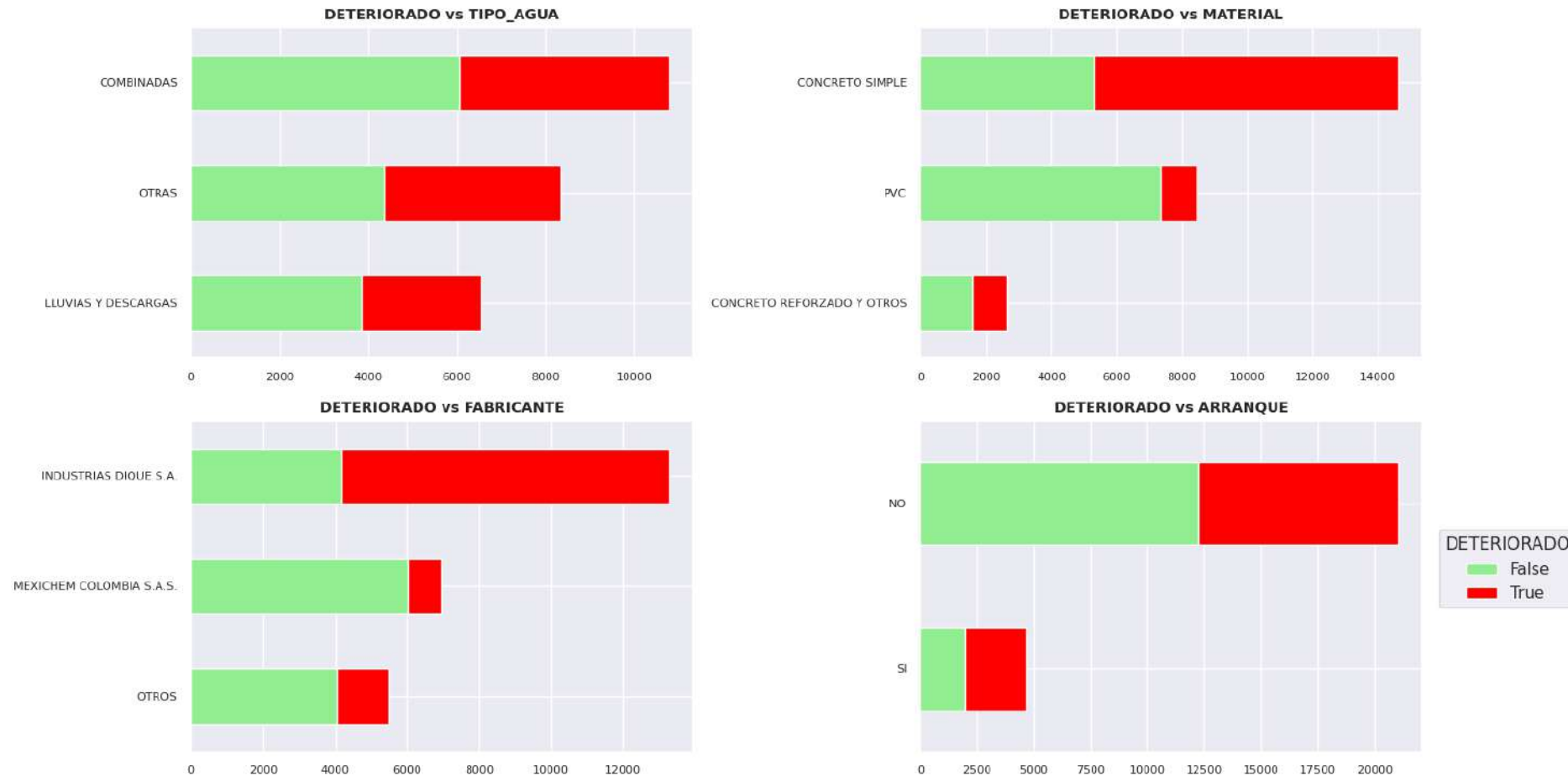
- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



# Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

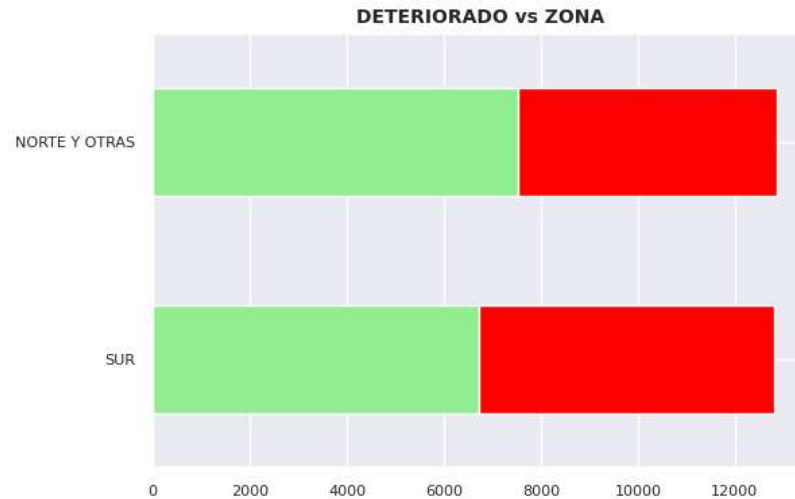
- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

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

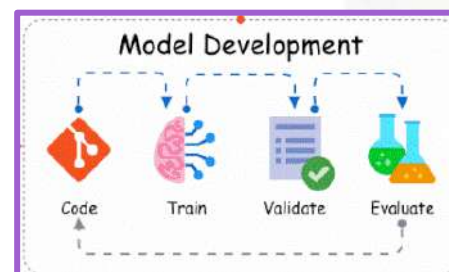
HistGradient Boosting Classifier

## 2. Búsqueda de hiper-parámetros de cada modelo

## 3. Entrenamiento:

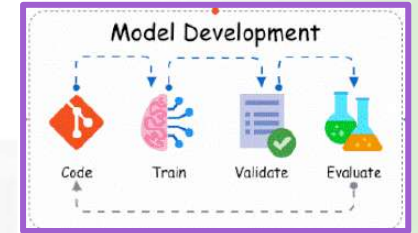
$x_{train}$ ,  $x_{test}$ ,  $y_{train}$ ,  $y_{test}$

Validación cruzada

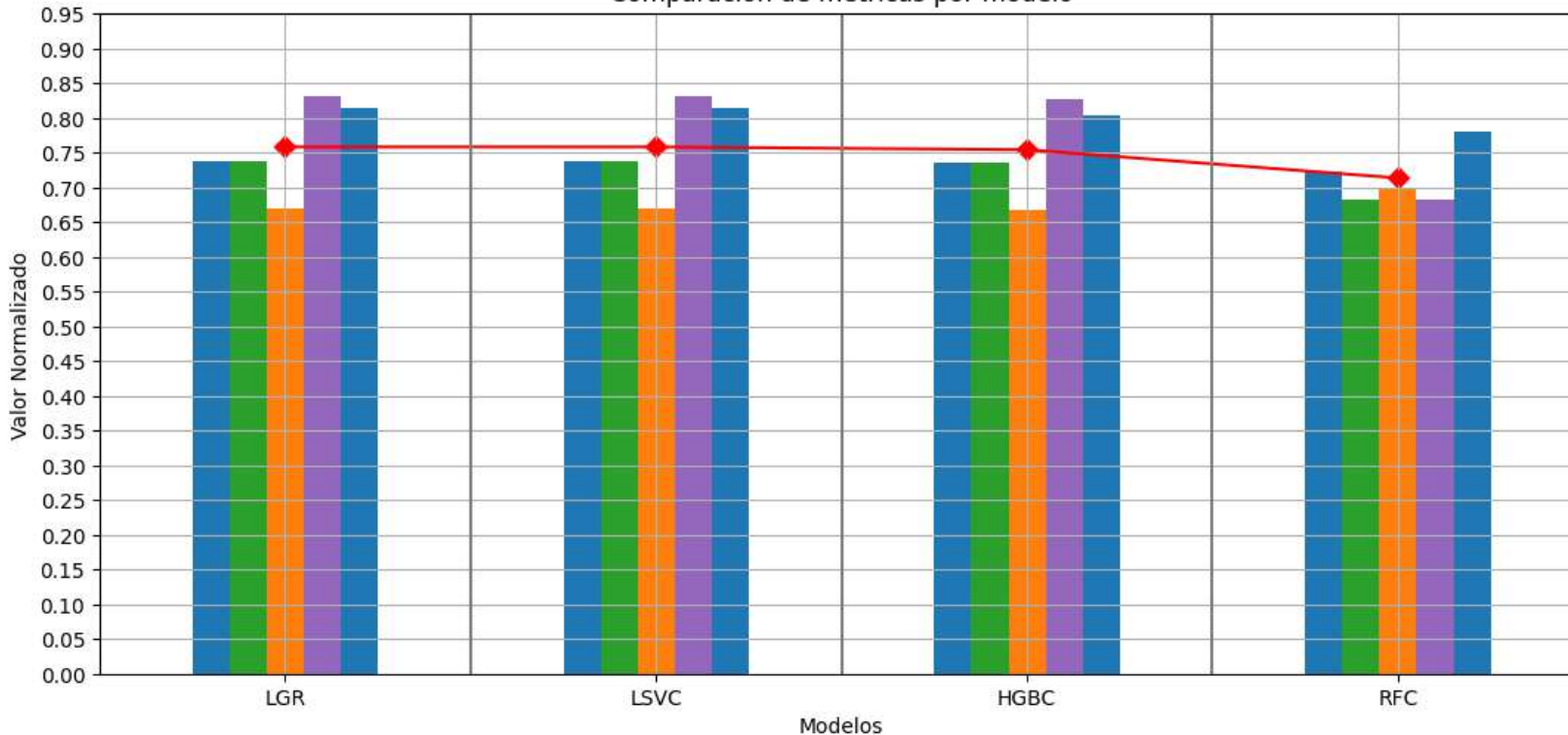


# Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

- 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

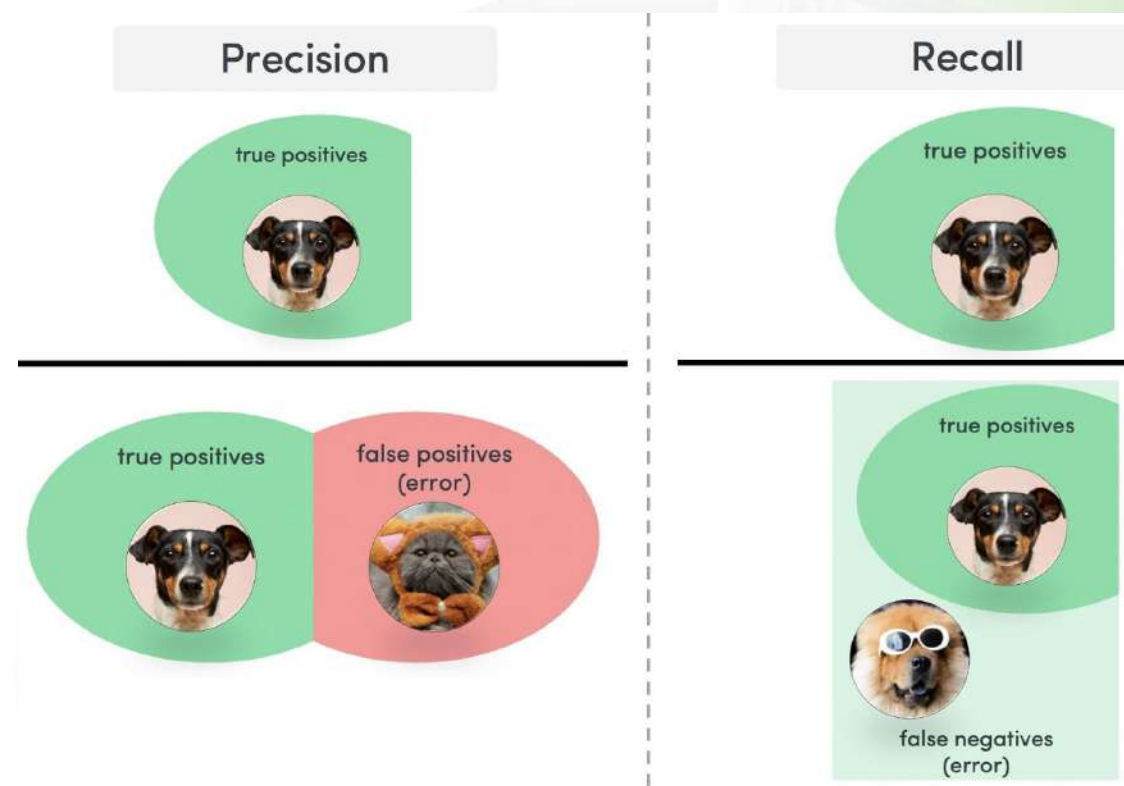
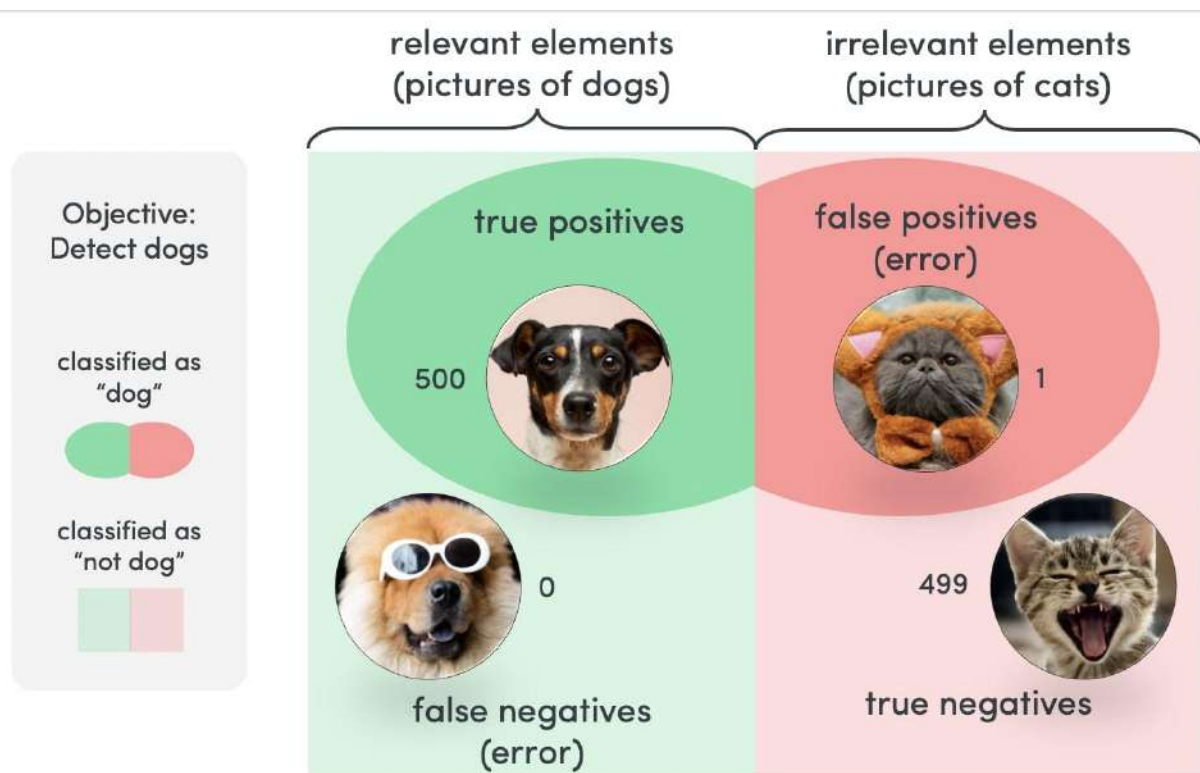
LSVC= linear support vector machines

HGBC= HistGradientBoostingClassifier

RFC= Random Forest Classifier

# Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

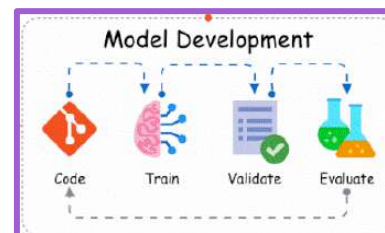
¿Cuál métrica usar?



# Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

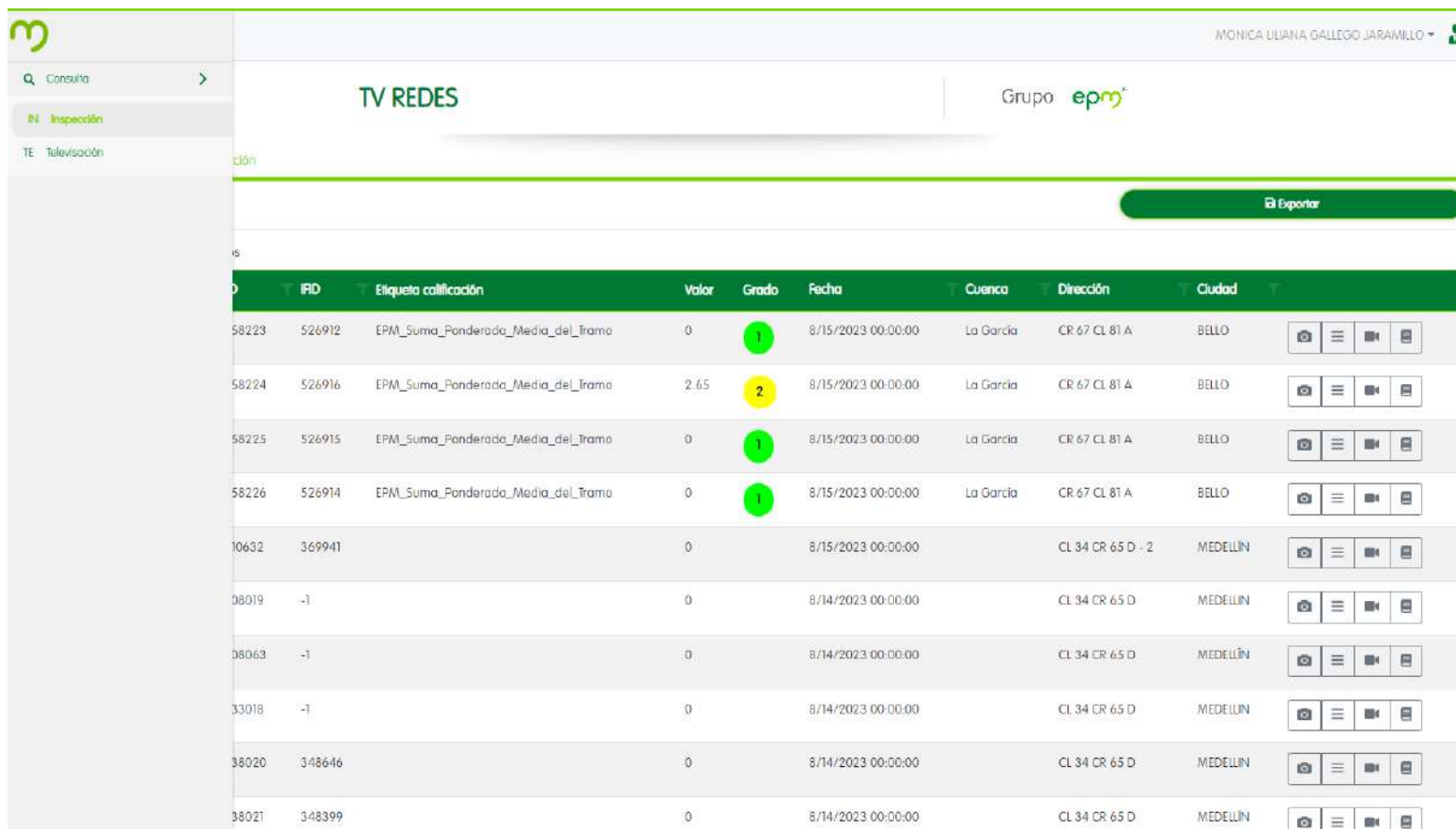
## Validación del modelo = Logistic Regression

	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



MONICA LILIANA GALLEGO JARAMILLO

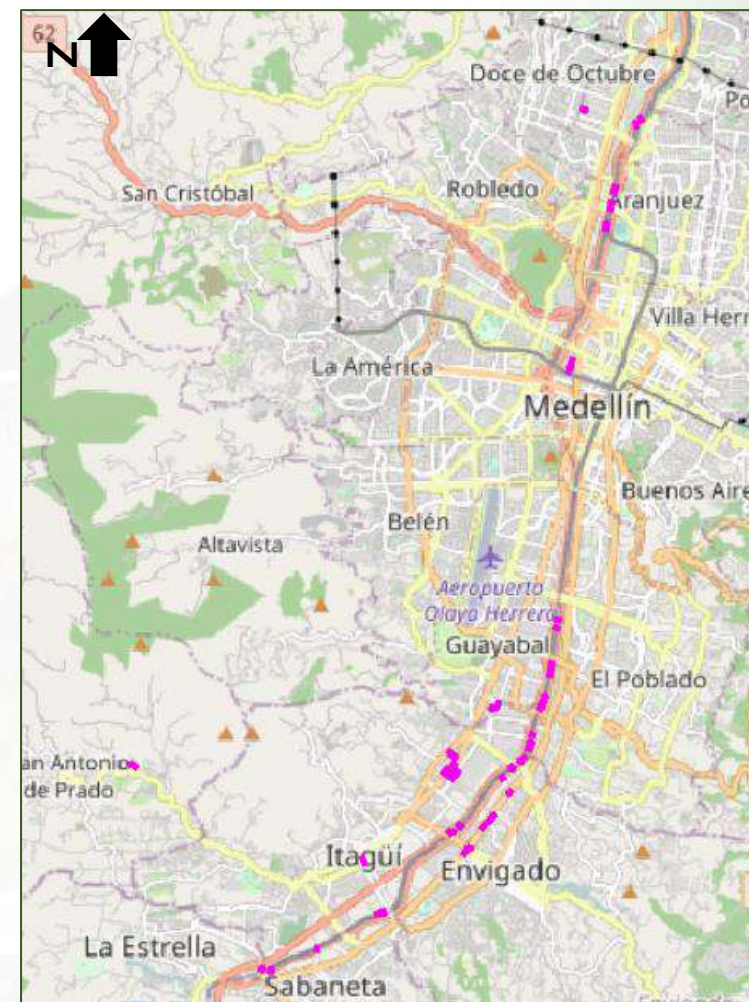
TV REDES Grupo epm

Exportar

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	
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	
58225	526915	EPM_Suma_Ponderada_Media_del_Tramo	0	1	8/15/2023 00:00:00	La García	CR 67 CL 81 A	BELLO	
58226	526914	EPM_Suma_Ponderada_Media_del_Tramo	0	1	8/15/2023 00:00:00	La García	CR 67 CL 81 A	BELLO	
10632	369941		0		8/15/2023 00:00:00		CL 34 CR 65 D - 2	MEDELLÍN	
08019	-1		0		8/14/2023 00:00:00		CL 34 CR 65 D	MEDELLÍN	
08063	-1		0		8/14/2023 00:00:00		CL 34 CR 65 D	MEDELLÍN	
33018	-1		0		8/14/2023 00:00:00		CL 34 CR 65 D	MEDELLÍN	
38020	348646		0		8/14/2023 00:00:00		CL 34 CR 65 D	MEDELLÍN	
38021	348399		0		8/14/2023 00:00:00		CL 34 CR 65 D	MEDELLÍN	

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

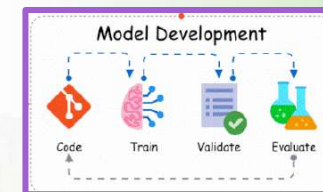
- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital





# Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

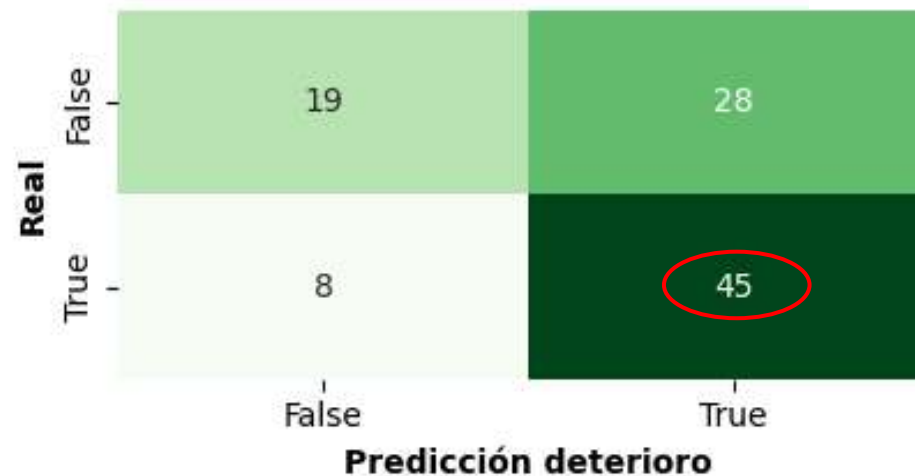
- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



## 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

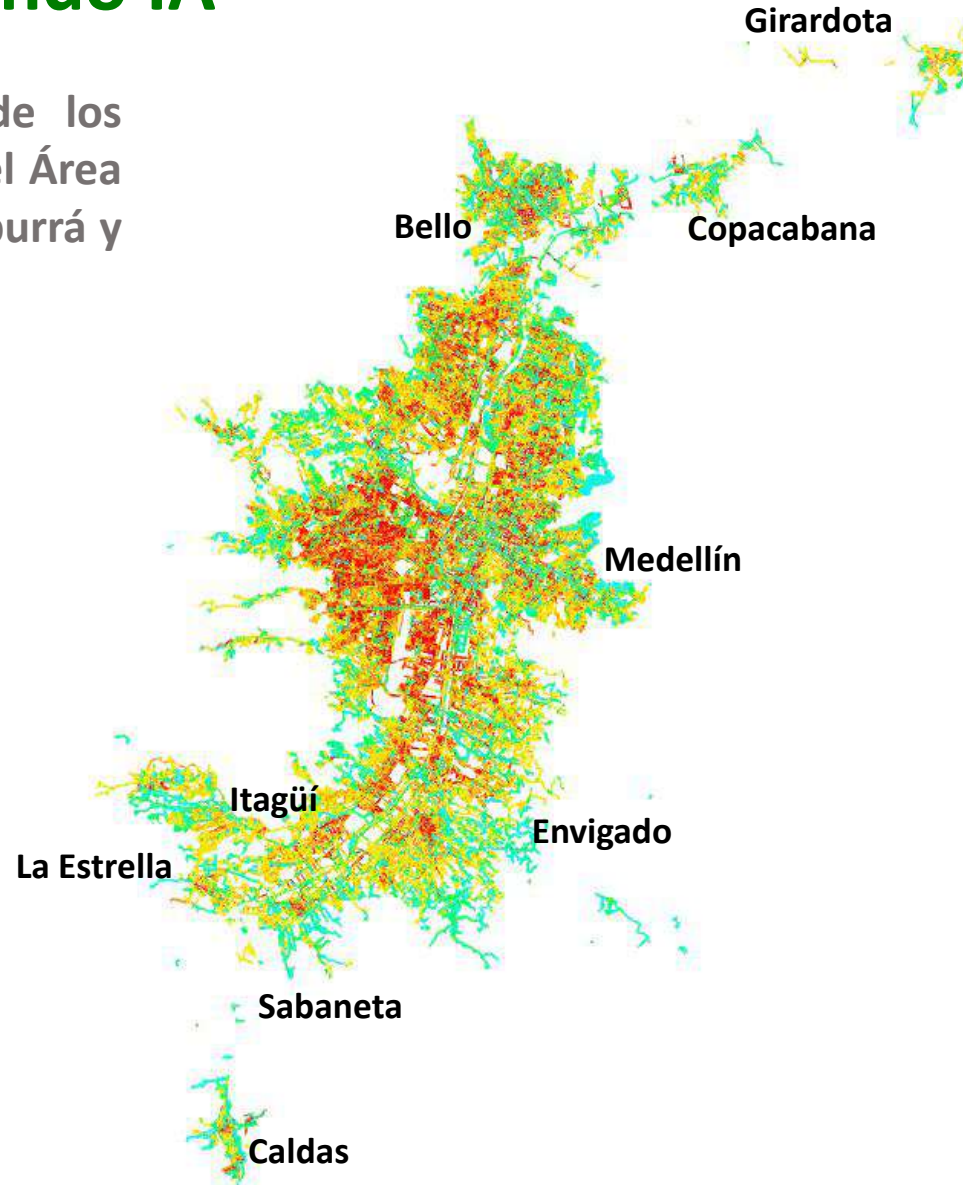
Matriz de confusión - Datos de validación





# 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

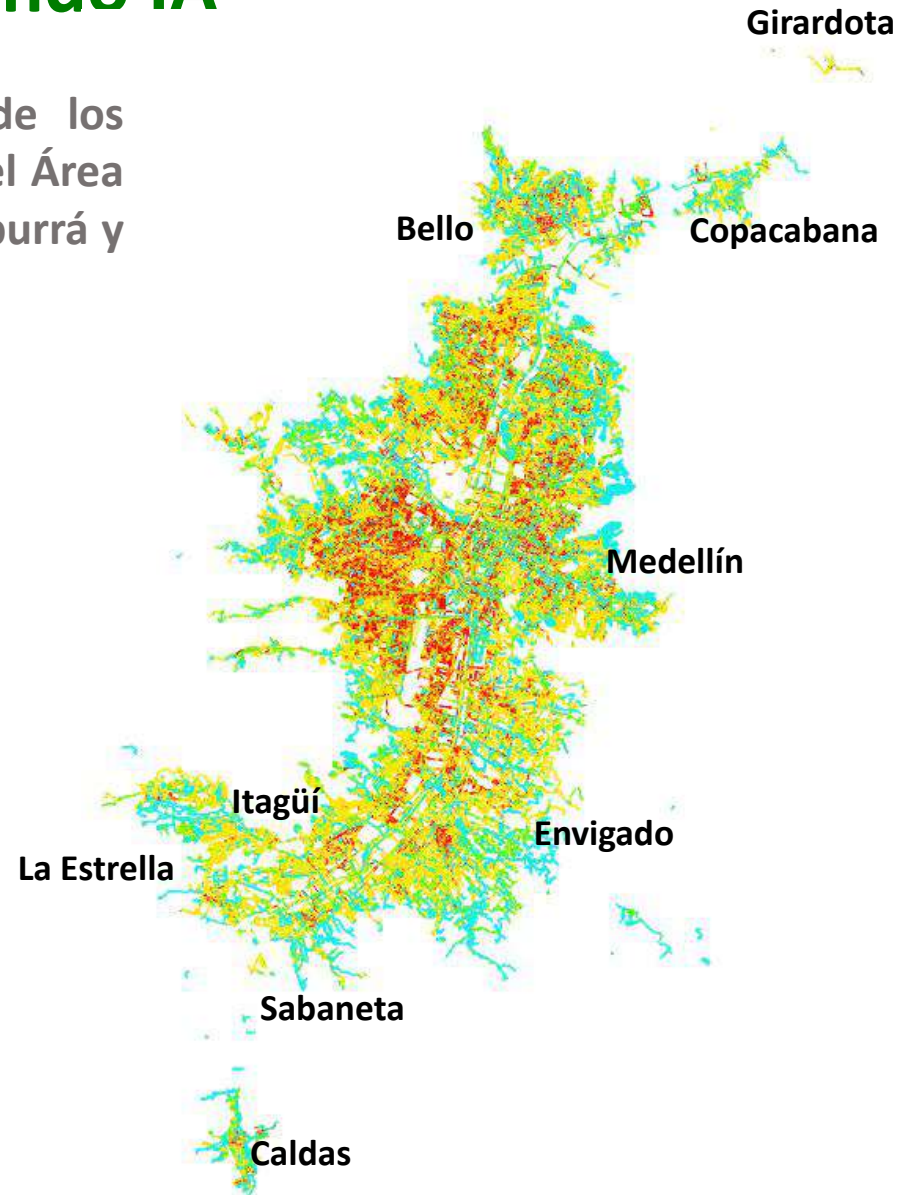


# Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA

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